



# Heitsoojuse ja heitjahutuse kasutamise võimalused kütte- ja/või jahutus sektoris ning Eesti tõhusa kaugkütte ja -jahutuse potentsiaali hindamine

---

Lõpparuanne



# Sisukord

1	Eessõna	5
2	Lühikokkuvõte	6
3	Sissejuhatus	9
3.1	Uuringu taust	9
3.2	Uuringu eesmärk	9
3.3	Aruande ülesehitus	9
3.4	Mõisted ja lühendid	10
4	Heitsoojuse määratlus ja allikad	12
4.1	Heitsoojuse määratlus	12
4.2	Heitsoojuse allikad	13
4.3	Heitsoojus elamumajanduses	15
4.4	Tööstuslik heitsoojus	20
4.5	Andmekeskuste heitsoojus	21
4.5.1	Üldist, ülevaade mõnedest uuringutest	21
4.5.2	Andmekeskuste heitsoojuse kasutusvõimalusi Eestis	23
4.6	Tööstusliku heitsoojuse tuvastamise meetodid	24
4.7	Heitsoojuse potentsiaali määratlus	27
4.8	Heitsoojuse kasutuselevõtu künnis (soojusseadme nimivõimsus, soojuskandja temperatuur)	28
4.9	Takistused heitsoojuse kasutamisel	29
4.10	Üleminek madalatemperatuurilisele kaugküttevõrgule kui heitsoojuse potentsiaali rakendamise eeldus	30
4.11	Kokkuvõte heitsoojuse potentsiaali hindamisest	32
5	Heitsoojuse allikatest laiemalt	33
5.1	Kaugküttesüsteemide heitsoojus	33

5.2	Tööstusettevõtetest ja teenindussfäärist saadav heitsoojus	35
5.3	Kokkuvõtte ja mõned olulised järeldused	36
5.4	Institutsionaalsed ja õiguslikud küsimused seoses heitsoojuse kasutamisega	37
5.5	Ettevõtete heitsoojuse allikad ja nende heitsoojuse kandjad	39
5.6	Heitsoojuse (peamiselt madalatemperatuurilise) kasutamise võimalused väljaspool seda omavaid ettevõtteid	40
5.7	Heitsoojuse ligikaudse hulga arvutused	41
5.8	Heitsoojuse kasutamise võimalusi ja tehnoloogilisi lahendusi Eestis	42
5.9	Soovitused ja lahendused heitsoojuse kasutamise probleemidele	45
6	Kokkuvõtte küsitluse ja intervjuude tulemustest	47
6.1	Küsitluse metoodikast ja läbiviimisest	47
6.2	Intervjueeritavate ettevõtete kategoriseerimine	48
6.3	Küsitluse ja intervjuude tulemustest üldisemalt	50
6.4	Kokkuvõtte küsitluse ja intervjuude tehnilise osa tulemustest	51
6.5	Kokkuvõtte küsitluse ja intervjuude majandusliku osa tulemustest	53
7	Kütte- ja jahutusnõudlus	56
8	Kütte ja jahutuse tarnijad ja tarne mahud	64
8.1	Kütte ja jahutuse jooksva tarnimise maht tehnoloogiate kaupa	64
8.1.1	Tõhus kaugküte ja kaugjahutus Eestis	64
8.2	Jaamad, mis toodavad heitsoojus- või heitjahutusenergiat ning nende potentsiaalne kütte- või jahutustarne	67
8.3	Taastuvatest energiaallikatest ning heitsoojusest või heitjahutusest toodetud energia osakaal kaugküte ja -jahutussektori lõplikus energiatarbimises	69
9	Andmete visualiseerimine kaartidel	79
9.1	Töö käigus leitud kütte- ja jahutusvajadusega piirkonnad, kasutades ühtseid kriteeriume, et keskenduda energiatihedatele aladele omavalitsustes ja linnastutes	79

10	Kütte ja jahutuse nõudluse suundumuste prognoos	83
11	Eestis realselt kasutatud heitsoojus- ja heitjahutusenergia 2019. a seisuga	95
12	Seni kasutamata heitsoojus- ja heitjahutusenergia realselt rakendatav potentsiaal kütte- või jahutusenergia sektoris ning selle potentsiaali rakendamise mõju primaarenergia säästule	97
13	Tõhusa kaugkütte ja -jahutuse osakaal kogu kaugkütte ja -jahutuse sektorist 2019. a seisuga	99
14	Tõhusa kaugkütte ja -jahutuse seni kasutamata potentsiaal ning selle potentsiaali rakendamise mõju primaarenergia säästule	100
15	Kütte ja jahutuse tõhususe majandusliku potentsiaali analüüs	101
15.1		Kaalutlused 105
15.2		Kulud ja tulud 105
15.3	Lähtestsenaariumi suhtes asjakohased stsenaariumid	107
15.4	Piirid ja integreeritud lähenemisviis	115
15.5		Eeldused 115
15.6		Tundlikkusanalüüs 117
15.7	Seni kasutamata potentsiaali rakendamise majanduslik mõju soojuse ja jahutuse tarbijahinnale	121
16	Kasutatud materjalid	123

# 1 Eessõna

Käesolevas aruandes esitatakse analüüsi tulemused vastavalt Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi hanke „Heitsoojus- ja heitjahutusenergia kasutamise võimalused kütte- või jahutusenergia sektoris ning Eesti töhusa kaugkütte ja -jahutuse potentsiaali hindamine“ lähteülesandele. Analüüs on koostatud lähtuvalt Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiivi nr 2012/27/EL (edaspidi energiatõhususe direktiiv) lisa VIII toodud ülesehitusest ning vastab direktiivi lisa VIII punktides 1-4 ning 7 ja 8 toodud küsimustele.

Analüüsi on koostanud KPMG Baltics OÜ, koostöös energeetikasektori nõustajatega OÜ Pilvero (Ülo Kask), Arton Energy OÜ (Siim Link) ja Tepslī OÜ (Siim Meeliste). Analüüsi valmimisele aitasid kaasa küsitluses ja intervjuudes osalenud ettevõtjad.

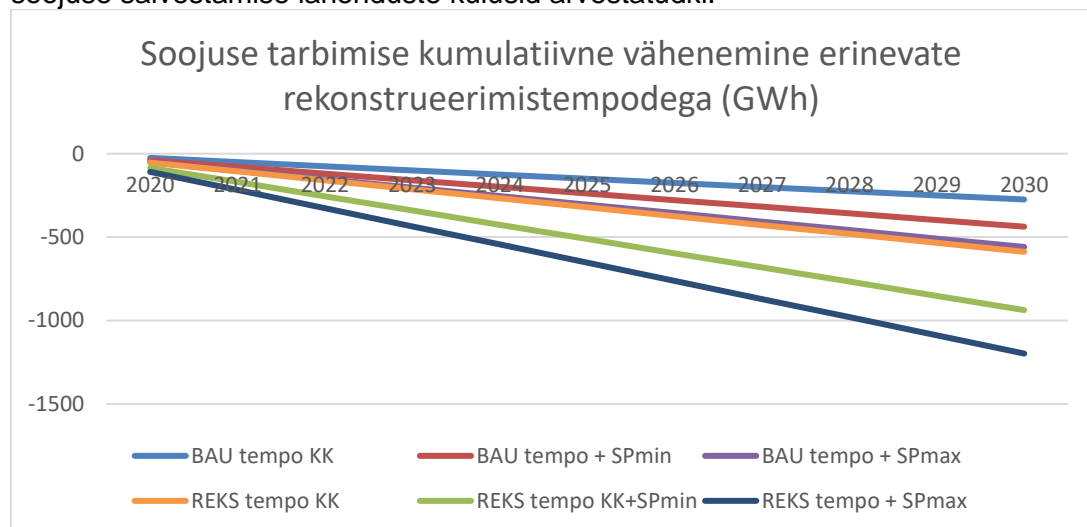
# 2 Lühikokkuvõte

Käesolev analüüs on osa energiatõhususe direktiivi artiklis 14 nimetatud tõhusa koostootmise ja tõhusa kaugkütte ja -jahutuse kohaldamise võimaluste kohta läbiviidavast hindamisest. Lisaks on täiendavalt analüüsitud küsimusi, mis puudutavad kasutatavat heitsoojust ja heitjahutust ning nende potentsiaali, samuti tõhusat kaugkütet ja -jahutust ning nende potentsiaali. Käesolevas töös käsitletakse nii elamumajanduses, ärikinnisvaras, teenusmajanduses kui ka tööstusettevõtetes tekkivat heitsoojust. Töö autorid lähtusid künnise seadmisel heitsoojusallika võimsuse piirist alates 5 MW.

## Olulisemad järeldused:

1. Kaugküttes ja -jahutuses heitsoojusallikate kasutuselevõtmiseks ei ole lihtsaid ja kiireid lahendusi, vaid tulemuseni viivad tänased põhimõttelised otsused ja pikaajaline mõtestatud töö. Lahendused peavad olema terviklikud, eriti toetusmeetmete mõttes, ehk lisaks sobivale ülekandetaristule peaks elamumajanduses soodustama madalatemperatuurilise soojuse vastuvõtmiseks sobiliku taristu väljaehitamist.
2. Küsitlustest ja küsitlusi täiendanud intervjuudest selgus, et kaugkütteettevõtted on tõenäoliselt parimas positsioonis ettevõttesisesel heitsoojuse ära kasutamisel ja investeringud on isetasuvad madalamate kulude tõttu. Alginvesteering heitsoojuse kasutamiseks ümber arvatuna energiaühikule oli ettevõtetel suurusjärgus 60-80 eurot (MWh kohta esimesel aastal), samal ajal kui tööstusettevõtetel oli see 120-300 eurot. Kaugkütteettevõtetel olid ka head väljavaated saada heitsoojuse ära kasutamise otseselt (harvemini) või kaudselt tulu. Käesoleva analüüsi tulemusena on hinnatud kaugkütteettevõtete võimalusi täiendavalt heitsoojust ära kasutada 485 GWh/a. Töös läbiviidud arvutused näitavad, et energia ühikuhinnast lähtudes on suitsugaaside kondensaatorite rakendamine tasuv kaugküttekatalamajades ning soojuse ja elektri koostootmisjaamades.
3. Käesolevas uurimustöös läbiviidud ulatuslik andmekorje ei osutunud piisavaks andmaks üleriigilist hinnangut ära kasutamata heitsoojuse potentsiaali kohta sektorite lõikes ning juhul kui detailsed andmed osutuvad vajalikuks, siis tuleks see küsimus lahendada edasise analüüsi käigus. Mitmesuguses muus täpsustamata tootvas tööstuses ei ole heitsoojuse potentsiaali täpne hindamine andmete puudumisel võimalik, kuid selle suurus võib olla tõenäoliselt üle 400 GWh/a.
4. Üksikutel juhtudel on ettevõtete heitsoojus juba Eestis kasutusele võetud või võimalik kasutusele võtta, kus selle parameetrid on sobivad kaugküttevõrgu pealevoolutorustikku edastamiseks (kas otse soojusvaheti või soojuspumba vahendusel), ühtlane ja aastaringne saadavus on garanteeritud ning ettevõtte asub lähedal kaugküttevõrgule. Heitsoojuse kogumine ja kasulikult kasutamine nõuab pingutusi, tööd ja rahalisi vahendeid, kuid potentsiaali sellel siiski on. Kahjuks ei ole kaugküttes heitsoojuse kasutamiseks seda sageli pidevalt, piisavalt või on tehniliselt raske suunata seda kaugküttevõrku, samuti ei pruugi see olla majanduslikult mõttekas, sest investeeringu maksumus on suur ja võrk asub kaugel. Seda enam tuleks leida heitsoojusele kasutust ettevõtte siseselt.
5. Suurimat madalatemperatuurilise heitsoojuse potentsiaali omavad reoveepuhastusjaamad, andmekeskused, suitsugaaside kondenseerimine ja madalatemperatuurilise kaugkütte piirkondade (saarte) väljaarendamine, kui see saab toite olemasolevate kaugküttevõrkude tagasivoolu liinilt.
6. Perspektiivikam on madalatemperatuurilisi soojusallikaid ning võrke arendada elamumajanduses. Selleks on olemas nii lõplikud kui ka üleminekufaasi lahendused.

Heitsoojuse laialdasem kasutamine kaugküttesüsteemides eeldab selleks sobiva taristu ehk madalatemperatuurilise kaugküttevõrgu olemasolu. Olemasolevate kaugküttesüsteemide ümberehitamine on pikaldane, kuid potentsiaalselt ühiskonnale positiivne protsess, mistõttu vajaks eraldi detailsemat analüüsi, mil viisil oleks võimalik olemasoleva taristu juures võrgu temperatuuri alandamine, tagasivoolutorustikule tarbijate liitmine ning uutes arenduspiirkondades madalatemperatuurilise võrgu rajamine olemasolevate torustike baasil. Uurimustööde analüüsi tulemusena leidis kinnitust, et olemasolev elamufond, eriti mis koosneb suurematest kortermajadest, on osalt üle viidav soojuspumpadele (SP) põhinevale tõhusatele lahendustele (ventilatsiooniõhu SP). Käesoleva uurimistöö hinnangul saaks sellise üleviimise ette võtta järk-järgult koos hoonete rekonstrueerimisega, mille käigus hooneid soojustatakse ja moderniseeritakse. Olemasoleva elamufondi üleviimine tõhusale küttele nõuaks küllalt suuri investeeringuid ning ei oleks majanduslik tasuv, kuid viimase tingib eeskätt hoone rekonstrueerimise osa. Investeeringud soojuspumpadesse ja kaasnevasse seadmetikku oleksid teoreetiliselt isetasuvad, kui tulu sihiks on soojuse keskmine hind (käesolevas töös on selleks loetud 65 eurot MWh kohta) ning kulused hoonete moderniseerimiseks vaadeldakse eraldi. Olenevalt sellest, kui aktiivselt investeerida, saaks elamufondi kütteleahenduste tõhustamise teel säästa primaarenergiat 39,7 kuni 85,21 MWh/a. Investeeringud ei ole isetasuvad ühegi stsenaariumi puhul ning kõige agressiivsema stsenaariumi osas ei ole kaugküttevõrgu ja soojuse salvestamise lahenduste kulused arvestatudki.



**Joonis 2.1. Soojuse tarbimise kumulatiivne vähenemine erinevate rekonstrueerimistempodega (GWh)**

Oluliselt lihtsama ja tasuvama olukorraga on tegu täiesti uute elamu-, aga ka madala intensiivsusega majandustegevuseks mõeldud suuremate hoonete puhul. Käesolevas töös tuginetakse uurimustööle, mis käsitleb põhjalikult kütteleahendusi ühele Tallinna uusarenduspiirkonnale ja arvutab välja, et gaasikütte ja soojuspumpade kombinatsioonil põhinev kõrge tõhususega kütteleahendus on majanduslikult isetasuv. Algaasis kallimad nõ nutikad kütteleahendused on, võrreldes klassikaliste küttesüsteemidega, isetasuvad mõne aasta järele tänu suurele kütuse kokkuhoiule.

7. Kasutuseta või veel vähesel määral on kasutatud valdavalt madalatemperatuurilist (alla 100°C) heitsoojust nii tööstusettevõtetes, teenindusettevõtetes kui elamumajanduses. Neis valdav on soojuse taaskasutus hoonesse imetava ventilatsiooniõhu ette soojendamiseks, heitvee soojuse taaskasutus ja tarbevee soojendamine. Käesolevas töös on modelleeritud teatud kõrge potentsiaaliga madalatemperatuurilise heitsoojuse kasutamist ning on selle tulemusena hinnatud saadavat energiasäästu, isetasuvust ning mõju CO<sub>2</sub> heite ja taastuvenergia osakaalule.

8. Seoses ressursitõhususe meetmega, millest osaliselt (kuni 50% ulatuses) finantseeritakse ettevõtete ressursitõhususe projekte, on hakatud heitsoojust kasutama peamiselt ettevõttesiseselt.
9. Puitkütuse kateldes, alates võimsusest 5,1 MW (kõik sektorid kokku), kasutatakse juba heitsoojust 253 GWh/a ja teoreetiline vaba heitsoojuse potentsiaal kokku oleks 234 GWh/a. Maagaasi kateldes, alates võimsusest 5,1 MW (kõik sektorid kokku) kasutatakse teadaolevalt juba heitsoojust 333 GWh/a ja teoreetiline vaba heitsoojuse potentsiaal kokku oleks 251 GWh/a. Mõlema kütuse põletamisest juba hinnanguliselt saadud heitsoojuse (suitsugaaside kondenseerimisest saadav) kogus on 586 GWh ja veel saada olev teoreetiline potentsiaal kokku oleks 485 GWh aastas.
10. Eesti reoveepuhastitest võiks teoreetiliselt saada kokku 5 276 TJ/a ehk 1 466 GWh/a heitsoojust (sellele vastav niiske hakkepuidu sääst oleks hinnanguliselt 2,3 mln pm<sup>3</sup> aastas). Üksnes Tallinna Vesi AS-i heitvee kogustele ja -omadustele tuginedes on saada kuni 450 GWh/a potentsiaalset heitsoojust suunamiseks nt lähedalasuvate tulevaste elamuarenduspiirkondade soojusega varustamiseks või suunamiseks Tallinna kaugküttevõrku. Tegu on madalatemperatuurilise heitsoojusega, mille ärakasutamiseks on vaja soojuspumpasid. Nagu soojuspumpade puhul üldiselt, saab sellist projekti lugeda isetasuvaks, kui projektiga saadakse piisavalt tulu. Käesoleval juhul on asjakohane soojuse keskmine arvutuslik hulgihind (hinnanguliselt 20 kuni 25 eurot MWh kohta). Sellisel juhul on investering majanduslikult tasuv, kuid seda siiski arvestamata võimalikke investeringuid kaugküttevõrku.
11. Harjumaale rajatakse Eesti mõistes väga suurt andmekeskust (serveriparki). Esialgseks elektriliseks võimsuseks on kavandatud 6 MW (~50 GWh heitsoojust aastas, kui töötab aasta ringi ühtlaselt täisvõimsusel), mida hiljem vajaduse korral suurendatakse 20 MW-ni ning seda veelgi hilisema lisamise võimalusega (kuni 32 MW). Seda heitsoojust oleks põhimõtteliselt võimalik ligi 5 km torustiku kaudu juhtida Tallinna linna kaugküttevõrku (Õismäel). Üksnes ühe nädiskaasusena kasutatud andmekeskuse poolt aastas genereeritav soojuse hulk on 150 GWh/a ning on olemas eeldused järgmiste taoliste keskuste loomiseks. Tuginedes tasuvusuuringule, mida jagas käesoleva töö autoritega andmekeskuse omanik, leiame, et andmekeskuse heitsoojuse ärakasutamine on isetasuv. Andmekeskuse andmetel põhinev NPV on positiivne nii kaua, kui ignoreeritakse ühenduste puudumist sobiva kaugküttevõrguga. Juba nimetatud tasuvusuuringus on erinevate kaugküttevõrkudega liitumise kulude hindamised tehtud ning nad muudavad NPV-d iga stsenaariumi puhul tugevasti negatiivseks.
12. Eespool kirjeldatud soojuspumpasid kasutavad lähenemised nii tööstuses (veemajandus, pilveandmemajandus) kui ka majapidamistes (olemasolev ja uus elamufond) võimaldavad efektiivsemalt ära kasutada madalama temperatuuriga soojusallikaid vähendades küll energiatarbimist, kuid nad ei pruugi vähendada taastuvenergia osakaalu, seda siis sellepärast, et soojuspumpadel on olemas märkimisväärne elektri omanarve.
13. Kehtiva regulatsiooni kohaselt käsitletakse olemasolevasse kaugküttevõrku heitsoojusallika lisamist soojusettevõtja-poolse soojuse ostmisena. Selline lähenemisviis ei arvesta majandusülest vajadust heitsoojuse kasutamist suurendada. Heitsoojuse temaatika tuleks detailsemalt kajastada kaugkütteseaduses ja/või sellega seotud määrustes, alustades sellest, et õigusaktides defineeritakse heitsoojuse mõiste ning luuakse kolmandatele osapooltele ühetaolised ning läbipaistvad aluspõhimõtted kaugküttevõrguga liitumiseks.
14. Tõstmaks taastuvenergia/heitsoojuse osakaalu vähemalt ühe protsendipunkti võrra aastas, võiks kaaluda minimaalse meetmetena pädeva asutuse määramist koos piiratud volitustega täiendavate meetmete rakendamiseks. Nimetatud pädev asutus võiks välja töötada ja avaldada ka eelpoolnimetatud punktis mainitud mittediskrimineerivad ning läbipaistvad kriteeriumid, mille alusel oleks võimalik heitsoojusallikaid kaugküttevõrguga ühendada.



# 3 Sissejuhatus

## 3.1 Uuringu taust

Käesolev analüüs on osa energiatõhususe direktiivi artiklis 14 mainitud tõhusa koostootmise ja tõhusa kaugkütte ja -jahutuse kohaldamise võimaluste kohta läbiviidavast hindamisest.

## 3.2 Uuringu eesmärk

Uuringu eesmärk oli koostada analüüs, mis vastab Euroopa Komisjoni poolt etteantud nõuetele. Analüüs on koostatud lähtuvalt energiatõhususe direktiivi lisa VIII toodud ülesehitusest ning vastab lisa VIII punktides 1-4 ning 7 ja 8 püstitatud küsimustele. Pakkuja on analüüsi käigus hinnanud riikliku kütte- ja jahutuspotentsiaali järgides järgmisi punkte:

- Kütte ja jahutuse ülevaade;
- Kütte ja jahutuse tõhususe majandusliku potentsiaali analüüs.

Muuhulgas selgub analüüsi tulemusena:

- 1) Eestis reaalselt kasutatud heitsoojus- ja heitjahutusenergia 2019. a seisuga;
- 2) Seni kasutamata heitsoojus- ja heitjahutusenergia reaalselt rakendatav potentsiaal kütte- või jahutusenergia sektoris ning selle potentsiaali rakendamise mõju primaarenergia säästule;
- 3) Tõhusa kaugkütte ja -jahutuse osakaal kogu kaugkütte ja -jahutuse sektorist 2019. a seisuga;
- 4) Tõhusa kaugkütte ja -jahutuse seni kasutamata potentsiaal ning selle potentsiaali rakendamise mõju primaarenergia säästule;
- 5) Punktis 2 ja 4 nimetatud potentsiaali rakendamise majanduslik mõju soojuse ja jahutuse tarbijahinnale.

## 3.3 Aruande ülesehitus

Aruanne on üles ehitatud järgnevalt:

- |           |   |
|-----------|---|
| Peatükk 4 | Käsitleb heitsoojuse määratlust ja allikaid             |
| Peatükk 5 | Kirjeldab heitsoojuse allikaid laiemalt                 |
| Peatükk 6 | Teeb kokkuvõtte läbiviidud küsitlusest ja intervjuudest |
| Peatükk 7 | Analüüsitakse kütte- ja jahutusnõudlust                 |
| Peatükk 8 | Uuritakse kütte ja jahutuse tarnijaid ja tarne mahte    |
| Peatükk 9 | Visualiseeritakse kogu riigi territooriumi kaart        |

- Peatükk 10 Proгноositakse kütte ja jahutuse nõudluse suundumusi
- Peatükk 11 Hinnatakse Eestis realselt kasutatud heitsoojus- ja heitjahutusenergiat 2019. a seisuga
- Peatükk 12 Tuvastatakse seni kasutamata heitsoojus- ja heitjahutusenergia realselt rakendatav potentsiaal kütte- või jahutusenergia sektoris ning selle potentsiaali rakendamise mõju primaarenergia säästule
- Peatükk 13 Kirjeldatakse töhusa kaugkütte ja -jahutuse osakaal kogu kaugkütte ja -jahutuse sektorist 2019. a seisuga
- Peatükk 14 Hinnatakse töhusa kaugkütte ja -jahutuse seni kasutamata potentsiaali ning selle potentsiaali rakendamise mõju primaarenergia säästule
- Peatükk 15 Viiakse läbi kütte ja jahutuse tõhususe majandusliku potentsiaali analüüs

Analüüsil on järgnevad lisad:

- Lisa 1 Lühikokkuvõte
- Lisa 2 Heitsoojuse kasutamise tehnoloogiad ja seadmed
- Lisa 3 Heitsoojuse kasutamise näiteid mujal riikides
- Lisa 4 Majandusliku potentsiaali tabelarvutused
- Lisa 5 Kaart. Soojuse tarbimise intensiivsus.
- Lisa 6 Kaart. Soojuse tarbimise intensiivsus äri
- Lisa 7 Kaart. Jahutusvajadus
- Lisa 8 Kaart. Heitsoojus kaardil

## 3.4 Mõisted ja lühendid

Töös kasutatavad mõisted:

**Heitsoojus** on kõik soojuse vormid (nii varjatud kui ka ilmne e tajutav), mis eralduvad süsteemist ja ei ole süsteemis eesmärgipäraselt kasutatav.

**CO<sub>2</sub> heite ekvivalent** on üks tonn CO<sub>2</sub> või sellega samaväärse globaalse soojenemise teguriga kogus mistahes muud Kyoto protokollis lisas A loetletud kasvuhoonegaasi.

**Maagaas** on orgaanilise aine lagunemise tagajärjel tekkinud gaasiliste süsivesinike segu, mis asub maakooretühikuis ja poorseis kihtides. Maagaas koosneb suures osas metaanist (CH<sub>4</sub>). Maagaas on lõhnatu, värvitu ja maitsetu gaasisegu. Maagaasi lõhnastamiseks kasutatakse spetsiaalset lõhnaainet (THT, 10...15 mg/m<sup>3</sup>).

**Biogaas** on anaeroobse kääritamise teel saadud gaasiline kütus, mis koosneb 50 –70% metaanist (CH<sub>4</sub>), 30 –40% süsinikdioksiidist (CO<sub>2</sub>) ja teistest komponentidest nagu N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S. Biogaasi on võimalik saada loomuliku protsessi käigus soodest, rabadest ja prügilatest ning spetsiaalselt kääritades, kasutades sõnnikut, reovett, rohtset biomassi ja teisi biolagunevaid jäätmeid.

**Biometaan** on puhastatud biogaas, mis sisaldab 96-99% metaani ja on maagaasiga võrdse kütteväärtusega, olles kasutatav kõikjal, kus täna kasutatakse maagaasi.

**Hakkpuit** on võsast, raiejäätmetest või muust tarbepuiduks sobimatust puitmaterjalist toodetud, hakkuriga peenestatud kütteaine.

**Freesturvas** on freesmasina abil toodetud puruturvas.

**Põlevkiviõli** on erinevate küllastatud ja küllastamata alifaatsete, tsükliliste ja aromaatsete süsivesinike ning muude orgaaniliste ühendite segu, mis saadakse põlevkivi utmisel ehk poolkoksistamisel ja põlevkivi koksistamisel.

**Tasandatud NPV** on nüüdispuhasväärtus (eurodes), mis on tasandatud heitsoojust genereeriva käitise eluea jooksul toodetud või realiseeritud heitsoojuse kogusele (MWh-des) või köetud pinna kogusele (m<sup>2</sup>-tes).

Töös kasutatavad lühendid:

°C	-	Celsiuse kraad
CH <sub>4</sub>	-	metaan
CO <sub>2</sub>	-	süsinikdioksiid
BGJ	-	biogaasijaam
COP	-	coefficient of performance ehk soojustegur
DN	-	torustiku diameeter (mm)
DH	-	district heating ehk kaugküte
EJKÜ	-	Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühing
EL	-	Euroopa Liit
ENMAK	-	Energiamajanduse arengukava aastani 2030, visiooniga 2050
EnKS	-	Energiamajanduse korralduse seadus
ESA	-	Eesti Statistikaamet
ETEK	-	Eesti Taastuvenergia Koda
GWh	-	gigavatt-tund
IEA	-	Rahvusvaheline Energiaagentuur
K	-	kaugkütteks
KV	-	kaugküttevõrk
KWh	-	kilovatt-tund
mln	-	miljon
Mt <sub>oe</sub>	-	miljon tonni õliekvivalenti
MTK	-	madalatemperatuurilise kaugküttevõrgu piirkond
MWh	-	megavatt-tund
MW <sub>el</sub>	-	megavatt elektrilist võimsust
NPV	-	nüüdispuhasväärtus ( <i>net present value</i> )
O	-	omatarbeks
SEK	-	soojuse ja elektri koostootmine
SP	-	soojuspump
TWh	-	teravatt-tund
V	-	vee soojendamine
Õ	-	õhu soojendamine

# 4 Heitsoojuse määratlus ja allikad

Käesolevas töös käsitletakse nii elamumajanduses, ärikinnisvaras, teenusmajanduses kui ka tööstusettevõtetes tekkivat heitsoojust.

Tööstus kasutab kogu maailmas ~38% energia lõpptarbimisest ehk üle 58 600 TWh (2010).<sup>1</sup> Sellepärast tuleks tööstusprotsesside energiatarbimist vähendada nii palju kui võimalik. Kuid isegi optimeeritud süsteemides vabaneb heitsoojus, mida mõnel juhul saab veel kasutada madalama temperatuurinõudlusega protsesside läbiviimiseks. Peale sellisele otsesele taaskasutusele on ka võimalus kasutada tööstuslikku heitsoojust külma ja jahutuse, soojuse ja elektri tootmiseks mitmete tehnoloogiate ja seadmete abil nagu seda tehakse elektrijaamades. Tööstuslik heitsoojus on pikka aega tähelepanuta jäänud, kuna ettevõtted paiknevad hajutatult ning saadavad heitsoojuse hulgad ja parameetrid on väga erinevad, võrreldes elektritootmisel tekkivate heitsoojuse hulkadega. Kuni tööstussektor kasutab 38% lõppenergiast, on heitsoojuse potentsiaal märkimisväärne ja selle kasutuselevõtmise võimalusi tuleks uurida. Suurimad heitsoojuse kogused leiduvad tavaliselt järgmistes tööstusharudes: metallurgiatööstuses, keemiatööstuses, mittemetallsete mineraalide, toidu- ja tubakatoodete ning tselluloosi- ja paberitööstuses. Eestis metallurgia ja mittemetallsete mineraalide tööstus praktiliselt puudub ja tsemenditööstus on lõpetanud klinkri põletamise.

Elamutes saab käsitleda heitsoojuse tekkimist ja kasutamist seotuna soojuse tootmise, õhuvahetuse ja sooja tarbevee kasutamisega. Järjest täienevate energiatarbimise nõuete rakendamine elamusektoris on loonud olukorra, kus uute hoonete püstitamisel ja olemasolevate hoonete rekonstrueerimisel üritatakse saavutada võimalikult energiatarbimise tulemus, mistõttu on järjest parema realiseerimispotentsiaaliga lahendused, mis aitavad heitsoojust koguda ja kasutusele võtta selle tekkekohas, kuna sel tulemusel väheneb hoonesse täiendavalt tarnitud energia hulk ning paraneb energiaklass hoone energiamärgisel. Elamumajanduse poolel on käesolevas töös käsitletud ka olukorda, kus elamud on võimelised stabiilselt tekkivat heitsoojust kasutusele võtma ja hetkedel, mil puudub lokaalne tarbimine, võiksid seda suunata kaugküttevõrku. Sellise stsenaariumi realiseerimise eeltingimusi ning võimalikke mõjusid on edaspidi töös kirjeldatud.

## 4.1 Heitsoojuse määratlus

Väliskirjanduses ja eri keeltes on tehnoloogilistest protsessidest ja tehnilistest seadmetest protsesside läbiviimisest ülejäävat ehk liigset soojust nimetatud mitmeti (nt ingl *waste heat*, *residual heat and excess heat*, sarnane teistes keeltes, vt allpool). Eesti keeles soovitaksime kasutada vaid ühte mõistet – **heitsoojus**, - sest sisuliselt on need mõisted suhteliselt

<sup>1</sup> Sarah Brueckner, Laia Miró, Luisa F. Cabeza, Martin Pehnt, Eberhard Laevemann (2014) Methods to estimate the industrial waste heat potential of regions – A categorization and literature review. Elsevier. Renewable and Sustainable Energy Reviews 38 (2014) 164-171.

sarnased ja hakata neis vahet tegema võib viia ebakõladele õigusaktides ja raskendaks mõistmist tavakeeleski.

- **Heitsoojus** (*waste heat, excess heat, Abwärme (f), hukkalämpö, бросовое тепло*) - tootmisprotsessis vabanev ja seal kasutust mitteleidv soojus. Heitsoojuse teke on mis tahes energiamuundumises termodünaamiliselt paratamatu. Heitsoojuse tagasisuunamine tootmisse, kasutamine kütteks või vee soojendamiseks võimaldab kokku hoida loodusvarasid (peamiselt kütuseid) ja vähendada üldist saastust.<sup>2</sup>
- **Jääksoojus** (*residual heat, Restwärme, остаточное тепло*) - jääksoojus tekib (domineerib) tuumareaktorite väljalülitusrežiimis. Reaktori seiskamise järgsete protsessidest arusaamiseks on võetud kasutusele mõiste „jääksoojus“.<sup>3</sup>
- **Liigsoojus ehk üleliigne soojus** (*excess heat, überschüssige Wärme, избыток тепла*) – eesti keeles sisuliselt sama, mis heitsoojus. Mõned näited, kuidas kasutatakse inglise keeles seda väljendit: *The excess heat from the combustion, can efficiently be used for the drying process* (Põlemisel tekkivat liigset soojust e heitsoojust saab tõhusalt kasutada kuivatusprotsessis); *Recovery of excess heat from the cooling zone is applicable when grate coolers are used* (Jahutustsooni liigsoojust e heitsoojust saab taaskasutusse võtta vastavate restjahutitega); *Cooling the photovoltaic constrains to store the excess heat in the garden* (Fotogalvaaniliste elementide (PV-elementide) ülekuumenemise piiramiseks jahutatakse neid ja seda üleliigset soojust e heitsoojust saaks salvestada aias (pinnases) ning taaskasutada maasoojuspumpade abil).<sup>4</sup>

Selles töös käsitletakse heitsoojust kõigi soojuse vormidena (nii varjatud kui ka ilmne e tajutav), mis eraldub süsteemist ja ei ole süsteemis eesmärgipäraselt kasutatav. Heitsoojuse allikad tööstustes võivad olla üksikud masinad või terved süsteemid, mis eraldavad soojust keskkonda. Selliste allikate hulka kuuluvad nt ahjud, ka pesemis-, kuivatamis- või jahutusprotsessides ja olmes tekkiv reovesi, jahutussüsteemid, mootorid või tootmisel tekkiv heitõhk tootmisruumides<sup>5</sup>. Heitsoojus eraldub kas soojusjuhtivuse teel kiirgusena või konvektsiooni abil või soojuskandja kaudu nagu heitgaas, jahutusvedelikud või aur.<sup>6</sup> Käesolevas töös soojusjuhtivuse teel eraldunud heitsoojust (hajussoojust) ei arvestata.

## 4.2 Heitsoojuse allikad

Heitsoojus eraldub mitmesuguste protsesside kõrvalproduktina, näiteks: atmosfääri juhitud põlemisgaasid (koostootmisjaamade sisepõlemismootoritest, turbiinidest, küttekateldest jm), keskkonda sattunud kuumutatud vesi, õhk ja kondenseerunud aur (tööstusprotsesse läbinud ja kondenseerumata või kondenseerunud aur, jahutusõhk ja -vesi jm), kuumutatud tooted, mis väljuvad tööstusprotsessidest (tellised ahjust, terastooted lõõmutusahjust jpm), ja

<sup>2</sup> <http://www.seit.ee/sass/print.php?keel=ee&type=tapne&word=heitsoojus>

<sup>3</sup> *Reaktori füüsika* <https://www.reactor-physics.com/what-is-residual-heat-definition>.

Vt ka <https://glosbe.com/en/en/residual%20heat>

<sup>4</sup> Märkus: tõlge eesti keelde on vaba ja paremaks mõistmiseks pikemalt selgitatud.

<sup>5</sup> De Beer J., Worrel E., Blok K. Long-term energy efficiency improvements in the paper and board industry. *Energy* 1998;23:21–42.

<sup>6</sup> Pehnt M, Boedekery J, Arens M, Jochem E, Idrissora F. Die Nutzung industrieller Abwärme-technisch-wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung Wissenschaftliche Begleitforschung zu uebergreifenden technischen, oekologischen, oekonomischen und strategischen Aspektendes nationalen Teilsder Klimaschutzinitiative FKZ03KSW016A und B; 2010

soojusülekanne kuumade seadmete pindadelt (nt tsemendi ja lubja ahjud jm). Sellisena erinevad heitsoojuse allikad oleku (peamiselt vedeliku ja gaasi (õhu) voolused), temperatuurivahemiku (allika ja ümbritseva keskkonna vahel), temperatuuri muutumise ja soojussisalduse (soojushulga) poolest.

Tööstusharudest ja majandussektoritest võiksid heitsoojuse allikana Eestis vaatluse alla tulla järgmised:

1. Energiatootmine (elekter ja soojus), sh kaugküttevõrkude tagastuva vee soojuse kasutamine madalatemperatuuriliste võrgupiirkondade soojusega varustamiseks, et alandada kaugküttevõrgus tagastuva vee temperatuuri. Suitsugaasides oleva veeauru kondenseerimine, kondensaadi soojuse kasutamine;
2. Mineraalõli rafineerimine, põlevkiviõli tootmine;
3. Tsemendiklinkri tootmine (Eestis on klinkri põletamine lõpetatud 03.2020);
4. Lubja tootmine;
5. Klaasi tootmine;
6. Paberimassi tootmine;
7. Paberi või papi tootmine;
8. Keraamiliste toodete valmistamine;
9. Keemiatööstuse toodete tootmine (ammoniaak, Nitrofert AS peatas tootmise 08.2013);
10. Ehitusmaterjalide tootmine;
11. Toiduainete ja joogitööstus;
12. Puidu- ja mööblitööstus (kuivatid);
13. Reoveepuhastus (heitvee soojuse kasutamine (soojuspumpade (SP) vahendusel) madalatemperatuurilistes kaugküttevõrkudes);
14. Teenussektor (hotellid, spaad, suured kaubandus- ja spordihallid jm hooned, kus on palju ventilatsiooni heitsoojust);
15. Põllumajandus (nt piima jahutamine lautade juures, biogaasijaamad, sõnnikuhoidlad);
16. Andmekeskused (serveripargid).

Nendes sektorites Eestis kuuluvad EL-i heitkoguste kauplemise süsteemi käitised, mille tegevusalad vastavad Vabariigi Valitsuse 01.12.2016 määruse nr 134<sup>7</sup> §-is 2 toodud nõuetele. Kokku on süsteemis ligi 50 Eesti käitist ja millede nimisoojusvõimsus on üle 20 MW (nimekirjas esimesed 9 valdkonda). Viimased seitse valdkonda on lisatud autorite poolt juurde, kus võib olla soojusallikaid nimisoojusvõimsusega üle 5 MW.

Kõikide antud töös vaatluse alla tulevate ettevõtete arv Eestis jääb vahemikku 1000 – 2000 tk.

Alljärgnevas Tabel 4.1 on toodud ainult energiatootjad (soojus, elekter ja koostootmine), varjutatud tumesiniselt ja tööstusettevõtted, varjutatud helesiniselt, kelle seadme(te) ühikvõimsus ületab hinnanguliselt 20 MW. Siintoodud ettevõtete seadmed peaksid sisalduma ka Statistikaameti (ESA) tabelis (KE044 Katlad). Tabel 4.1 esitatutest suunavad heitsoojust kaugküttevõrkudesse järgmised ettevõtted: Enefit Energiatootmine AS (Balti EJ) Narva linna kaugküttevõrku; OÜ VKG Energia Kohtla-Järve, Ahtme ja Jõhvi linna kaugküttevõrku; Enefit Green AS (Iru EJ) Tallinna ja Maardu linna kaugküttevõrku; Silpower AS (Sillamäe EJ) Sillamäe linna kaugküttevõrku; AS Utilitas Tallinn (Mustamäe KM ja SEK) Tallinna linna

<sup>7</sup> Vabariigi Valitsuse 01.12.2016 määrus nr 134, Kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega kauplemise süsteemi kuuluvate käitajate tegevusalade loetelu, RT I, 07.08.2018, 3.

kaugküttevõrku, OÜ Utilitas Tallinna Elektri jaam Tallinna kaugküttevõrku; Fortum Eesti AS (Pärnu SEK jaam) Pärnu linna kaugküttevõrku; AS Anne Soojus (Tartu SEK jaam) Tartu linna kaugküttevõrku; OÜ Utilitas Tallinna Elektri jaam, II osa Tallinna kaugküttevõrku. Tööstusettevõtetest kasutatakse Kiviõli Keemiatööstuse OÜ SEKi soojust Kiviõli linna soojusega varustamiseks. O-I Estonia AS varustab heitsoojusega Järvakandi alevi kaugküttevõrgu tarbijaid. Eesti Elektri jaama ja Auvere Elektri jaama heitsoojust kaugküttevõrkudes kasutada ei ole tänapäeval võimalik, teiseks ei ole kindel, kui kaua põlevkivijaamad saavad veel töötada. Teised tööstusettevõtted peale eelnimetatute asuvad samuti linnade/alevike kaugküttevõrkudest suhteliselt kaugel või ei ole neil olnud huvi/vajadust heitsoojust müüa (AS Nordkalk (Rakke); Wienerberger AS (Aseri alevik); Horizon Tselluloosi ja Paberi AS (Kehra)).

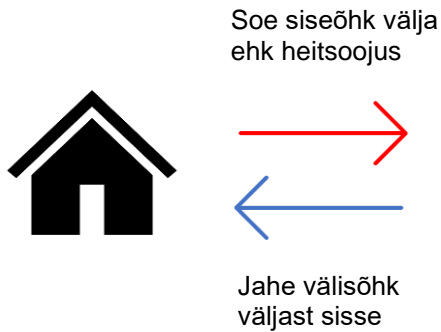
**Tabel 4.1 Tasuta CO<sub>2</sub> heitkoguste ühikute saajad Eestis**

Energiatootja/tööstusettevõtte nimi ja asukoht
Enefit Energiatootmine AS (Balti EJ), Narva
Enefit Energiatootmine AS (Eesti EJ), Auvere
Enefit Green AS (Iru EJ), Maardu
OÜ VKG Energia (Kohtla-Järve, Ahtme, Jõhvi)
Liwathon E.O.S. AS (Maardu)
VKG Oil AS (Kohtla-Järve)
Kiviõli Keemiatööstuse OÜ (KKT Oil OÜ) (Kiviõli)
Silpower AS (Sillamäe EJ), Sillamäe
Fortum Eesti AS (Pärnu KM), Pärnu
AS Anne Soojus (Anne KM, Tartu)
AS Utilitas Tallinn (Mustamäe KM ja SEK), Tallinn
AS Utilitas Tallinn (Kristiine KM), Tallinn
AS Nordkalk (Rakke)
O-I Estonia AS (Järvakandi)
Horizon Tselluloosi ja Paberi AS (Kehra)
AS Estonian Cell (Kunda lähedal)
Wienerberger AS (Aseri alevik)
OÜ Utilitas Tallinna Elektri jaam (Tallinn, Väo)
Fortum Eesti AS (Pärnu SEK jaam), Pärnu
AS Anne Soojus (Tartu SEK jaam), Tartu, Lohkva
VKG Oil AS, Kohtla-Järve
OÜ Utilitas Tallinna Elektri jaam, II osa, Tallinn, Väo
Enefit Energiatootmine AS (Õlitööstus), Auvere
Enefit Energiatootmine AS (Auvere EJ), Auvere

## 4.3 Heitsoojus elamumajanduses

Korterelamutesse tarnitakse soojus eelkõige kaugküttevõrgust, mistõttu tuleks heitsoojuse ammutamise võimalusi otsida eelkõige soojuse tootmise poolel. Seda on käsitletud töö teistes peatükkides, mis puudutavad energiatootmisseadmete heitsoojust. Tarbija poolel võib heitsoojusena käsitleda ventilatsioonisüsteemist välja heidetavas õhus (heitõhus) sisalduvat soojust (vt Joonis 4.1). Suur osa olemasolevast hoonefondist on ehitatud soojustagastuseta

ventilatsioonita. Õhuvahetus ruumides toimub kas loomuliku või mehaanilise ventilatsiooniga ja heitõhu temperatuur vastab siseruumide temperatuurile, ca 21-23°C.



Joonis 4.1. Heitsoojuse teke ventilatsiooniõhust elamusektoris

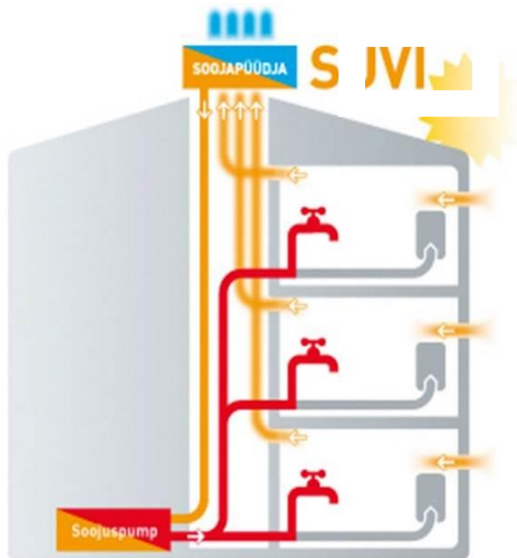
### Ventilatsiooniõhu heitsoojuse kasutusvõimalused

Heitsoojuse kasutuselevõtuks on vajalik paigaldada seadmed, millega osaliselt saada kätte väljatõmbeõhus sisalduv soojus. Enamlevinud on kaks tehnilist lahendust:

- soojuspumbaga soojustagastusega väljatõmbe ventilatsioonisüsteem;
- soojustagastusega sissepuhke-väljatõmbe ventilatsioonisüsteem.

**Soojuspumbad** ammutavad soojust väljatõmbeõhust ning sellise lahenduse puhul on võimalik soojust kasutada sissepuhkeõhu eelsoojendamiseks, tarbevee soojendamiseks (külma vee eelsoojendamine) või küttesüsteemis (Joonis 4.2). Sissepuhkeõhu ning külma vee eelsoojendamise lahenduse välja ehitamiseks tuleb kaasata pädev spetsialist, teostada ümberehitustöid ning leida üldpindadel ruumi täiendavate tehnoseadmete jaoks, kuid energiasüsteemi seisukohalt on tegemist võrdlemisi lihtsa ning probleemivaba lahendusega juhul kui tekkinud heitsoojus kasutatakse ära lokaalselt ilma kaugküttevõrku lisamata. Siiski võivad tekkida soojuspumpade kasutamisel hoonete keldrites madalsagedusliku müra probleemid. Tehnoruumi peal olevates korterites elavate inimeste elukvaliteet võib olla müra tõttu häiritud.

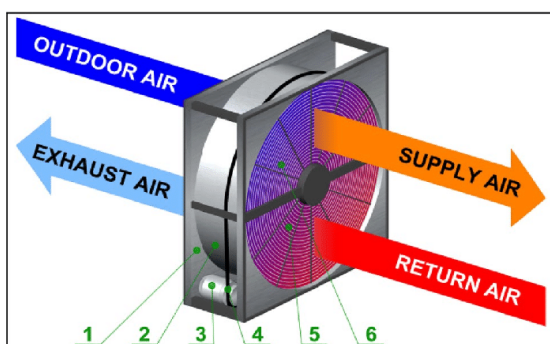




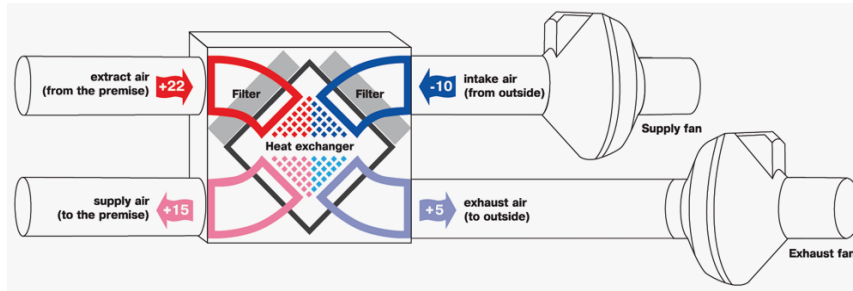
Joonis 4.2. Soojuspumba kasutamine tarbevee soojendamiseks

Heitsoojuse küttesüsteemi suunamisel kasutatakse tavaliselt tehnilist lahendust, mis tõstab kaugküttevõrgus tagastuva vee temperatuuri ja seetõttu langeb kaugküttesüsteemi efektiivsus. Kaugkütteeetevõtjad on seetõttu selliste lahenduse kasutamisele üldjuhul vastu seisnud.

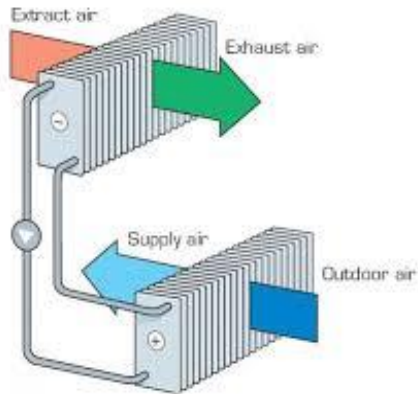
**Soojustagastusega ventilatsiooni** paigaldamine on enimlevinud praktika heitsoojuse kasutamiseks. Soojustagastusega ventilatsioon paigaldatakse enamasti uute hoonete ehitamisel või põhjalike rekonstrueerimistööde käigus (nt KredExi meetmete toel tehtud rekonstrueerimistööde käigus). Sellise ventilatsioonisüsteemi puhul kasutatakse väljatõmbeõhus sisalduvat soojust sissepuhkeõhu eelsoojendamiseks. Soojustagastid jagunevaks kolmeks põhiliseks tüübiks: rootorsoojusvahetid (Joonis 4.3), plaatsoojusvahetid (Joonis 4.4) ja vahesoojuskanjaga soojustagastid (Joonis 4.5). Esimesed kaks soojusvaheti tüüpi on enam levinud, sest need on kõrgema efektiivsusega ja nende käitamine nõuab vähem hooldust. Vahesoojuskanjaga soojustagastit kasutatakse eelkõige juhul kui rootor- või plaatsoojustagasti kasutamine ei ole tehniliselt võimalik (nt sissepuhke ja väljatõmbe ventilaatorid asuvad hoone erinevates osades või välja tõmmatav ja sisse puhutav õhuvool ei tohi seguneda).



Joonis 4.3. Rotorsoojusvaheti tööpõhimõte



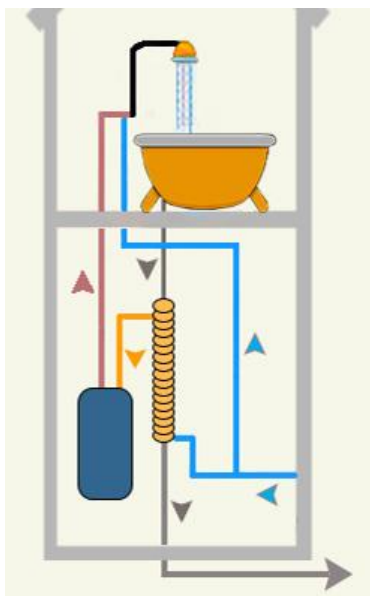
Joonis 4.4. Plaatsoojusvaheti tööpõhimõte



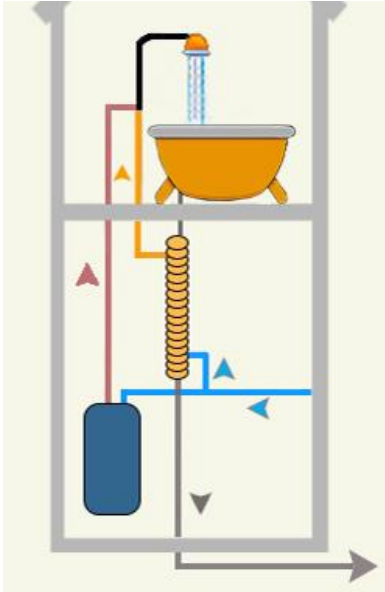
Joonis 4.5. Vahesoojuskanaljaga soojusvaheti tööpõhimõte

### Heitvees sisalduva soojuse kasutuselevõtt

Lisaks võib lõpptarbija tasemel tekkinud heitsoojusena käsitleda sooja tarbevett, mis jõuab kanalisatsioonisüsteemi. Heitvees sisalduva soojuse tagastamiseks on välja töötanud nii korterelamu kui individuaalsete veevõtuseadmete (nt dušitrapp, vanni äravool või põranda äravool) tasemel töötavad tehnilised lahendused ja seadmed (Joonis 4.6, Joonis 4.7).



Joonis 4.6. Heitvee soojuse võimalik kasutuselevõtt hoone tasemel külma tarbevee eelsoojendamiseks



**Joonis 4.7. Heitvee soojuste võimalik kasutuselevõtt ühe seadme tasemel (nt dušš, vann)**

Esimesel juhul kogutakse heitvesi mahutisse ja soojust kasutatakse sooja tarbevee eelsoojendamiseks. Kui tegemist on eelnevalt nimetatud äravoolusõlmedes asuvate soojustagastitega, kasutatakse kanalisatsiooni juhitavat vett (kuni 40°C) selleks, et eelsoojendada segistisse sisenevat külma vett (~5°C). Külma vee temperatuuri on võimalik tõsta ca 10°C võrra. Mõlemal juhul kasutatakse heitveest ammutatud soojust sooja tarbevee eelsoojendamiseks. Vastavad lahendused on majanduslikult põhjendatud eelkõige hoonetes, kus on tavapärasest intensiivsem veekasutus, nt hotellides ja kasarmutes.

Heitvee soojuste kasutamine on üldjuhul probleemivaba. Probleemid võivad tekkida, kui soojustvaheti on otseses kokkupuutes heitveega. See võib põhjustada ummistusi ja soojustvaheti efektiivsus võib drastiliselt väheneda. Seda probleemi on võimalik ennetada kui kasutatakse nn toru-torus lahendust (Joonis 4.8).



**Joonis 4.8. Nn toru-torus soojustvaheti tüüp heitvee soojuste ärakasutamiseks. Heitvesi voolab ümber külma tarbevee torru**

Massilist reovee heitsoojuse kasutamist hoonetes ei ole siiski mõistlik propageerida ega soodustada, sest selle tulu elamu kohta ei ole suur. Olulisem on see, kui reovee heitsoojuse kogumine enne reoveepuhastusjaama hakkab mõjutama (madaldama) reoveepuhastusjaama saabuva reovee temperatuuri. See häirib bakterite elutegevust aktiivmuda puhastites. Halvimal juhul tuleks hakata aktiivmuda basseine soojendada. Üksikute suuremate veekasutajate juures nagu spaad, ujulad, hotellid võiks igal üksikul juhul eraldi sealsest reoveest heitsoojuse kasutuselevõtmist kaaluda ja tulu kalkuleerida.

Reoveepuhastusjaamades puhastatud heitvee soojuste kasutuselevõtmine ja suunamine kaugküttevõrkudesse, oleks aga kindlasti igas kohas kalkuleerimist vääriv. Sellest räägitakse pikemalt järgmistes peatükkides (nt peatükk 8.3).

## 4.4 Tööstuslik heitsoojus<sup>8</sup>

Liigset soojust saab paljudes olukordades osaliselt kasutada nii ettevõtte sees kui ka väljaspool. Selle kohta on mitu määratlust ja mõistet, nt heitsoojus, soojuse ülejääk, sekundaarne soojus, madala kvaliteediga soojus, must, valge või roheline heitsoojus. Sellest segasest olukorrast ülesaamiseks on kirjanduses<sup>9</sup> soovitatud järgmisi definitsioone ehk mõisteid:

Tööstuslik heitsoojus (ingl *excess heat* – jääk- ehk liigsoojus) on kõigi voogude (gaas, vesi, õhk jne) soojussisaldus, mis eraldub tööstusprotsessist antud ajahetkel. Osa sellest võib olla nii ettevõtte siseselt kui ka väljaspool kasutatav soojus (ingl *usable heat*) nii tehniliselt ja ka majanduslikult. Kui protsessi käigus tekkivat soojust kasutatakse väliselt ja seda ei saa kasutada siseselt kui alternatiivi toodetavale või ostetavale soojusele (vt allpool tõelise liigse kuumuse/soojuse kohta), võib seda nimetada valgeks heitsoojuseks (ingl *white excess heat*). Kui see on saadud biomassi muundamisel, võib seda nimetada roheliseks heitsoojuseks (ingl *green excess heat*) (on võimalik ka segu). Kui soojust oleks saanud tehniliselt ja majanduslikult kasutada hoopis ettevõtte sees, võib seda nimetada mustaks heitsoojuseks (ingl *black excess heat*). Mittekasutatav heitsoojus (ingl *non-usable excess heat*) on ülejäänud osa soojusest, kui ettevõtte sees ja väljaspool kasutatavad osad on maha arvatud. Pakutakse, et seda osa võib nimetada raisatud soojuseks (ingl *waste heat*). Sageli kasutatavat mõistet "tõeline heitsoojus (ingl *true excess heat*)" võib määratleda valge või rohelise heitsoojusena, sõltuvalt fossiilselt või biomassi päritolust.

Tõelist heitsoojust on võimalik soojusena kasutada ettevõttest väljaspool, kui põhjendatud soojuse (taas)kasutus toimub soojusvahetite, soojuspumpade vahendusel või kui on paigaldatud sobivaid uusi protsessiseadmeid. Põhjendatud soojuse (taas)kasutamise all mõistetakse taaskasutustaset, mis on kooskõlas tööstuses valitsevate investeeringute tasuvuse tavade ja traditsioonidega. Selle tõestamise üks võimalus võiks olla see, et tööstusettevõtte saaks teostada ja näidata murdepunkti (kitsaskoha) analüüsi (ingl *pinch analysis*) tulemusi ning deklareerida tehtavate investeeringute põhimõtteid.

Veebiseminarina 19. veebruaril 2015 toimunud IEA (*International Energy Agency*) tööstuse strateegiagrupi korraldatud töötoas arutati heitsoojuse määratlusi. IEA sekretariaadi ettekandes kasutati „heitsoojust“ (ingl *waste heat*) sama tähendusega kui „liigsoojust“ (ingl *excess heat*), ehkki termineid roheline, valge, must ja tõeline liigsoojus ei käsitletud. ECESi rakenduskokkuleppe ettekandes kasutati ka mõistet "tööstuslik heitsoojust" (ingl *industrial waste heat*), kuid defineerides seda kui masinate, elektriseadmete ja „tööstusprotsesside“ poolt tekitatav (genereeritav) soojus, mille jaoks ettevõttes endas olemasolevate seadmetega otseselt kasulikku rakendust ei leita.

Eespool toodud määratluste õigeks tõlgendamiseks on oluline, et oleks antud ka sõna „tööstus“ definitsioon. Siinkohal peetakse silmas igasugust tööstust, mis toodab materjale, väiksemad väike- ja keskmise suurusega ettevõtted. Ühiskonnas on ka teisi ettevõtteid, mis toodavad heitsoojust. Üks ilmne näide on soojuse ja elektri koostootmisjaamad (SEK jaamad). Need on mõeldud nii elektri kui ka soojuse koosgenereerimiseks. Mõnes riigis, kus

<sup>8</sup> Annex XV: Industrial Excess Heat Recovery –Technologies and Applications. Final report Phase 1, 5 May 2015. Prepared by Thore Berntsson CIT Industriell Energi AB, Sweden, Anders Asblad CIT Industriell Energi AB, Sweden. Supported by Denmark, Germany, Norway, Portugal, US and Sweden.

<sup>9</sup> Samas.

elektrihinnad on kõrged, saab selliseid kondensatsioonjaamadest väiksemaid SEK jaamu kasutada vähemalt osalise tööajaga ka kondensatsioonirežiimis. Sellistel juhtudel võib selliste jaamade üleliigne ehk heitsoojus leida kasutust madalatemperatuurilisi tehnoloogiaid kasutavates seadmetes, mille kohta antakse ülevaade sama aruande hilisemates alapeatükkides. Suurte kondensatsioonielektrijaamade seadmete soojust saab samamoodi kasutada nt kaugkütte või -jahutussüsteemides, kui saab nõustuda mõnevõrra madalama elektritootmise tõhususega (elektri osakaal, võrreldes kondensatsioonjaamaga on SEK jaamas väiksem), kuid kasutatakse ära heitsoojus, mis suurendab energiamuundamise koguefektiivsust ehk primaarenergia tõhusamat kasutust. Teine näide on munitsipaalsete reoveepuhastite liigne soojus, mille temperatuuri saab tõsta kaugkütte soojuspumpade abil. Seda tüüpi süsteem on suhteliselt tavaline suurte kaugküttesüsteemidega linnades, kuid mitte siis, kui reoveepuhastusjaam asub väga kaugel SEK jaamast.

Seega on selles valdkonnas suur vajadus ühise keele, definitsioonide ja määratluste väljatöötamiseks.

Viidatud kirjandusallikat on refereeritud näitamaks kui mitmetahuline on see valdkond ja kui paljude mõistetega opereeritakse. Soovitame Eestis jääda esialgu ühe mõiste – **heitsoojus** – juurde olgu see pärit kas tööstusettevõtetest või mujalt, fossiilsetest või taastuvatest energiaallikatest.

## 4.5 Andmekeskuste heitsoojus

### 4.5.1 Üldist, ülevaade mõnedest uuringutest

Hinnanguliselt moodustasid andmekeskused (serveripargid – ingl *DC – data centers*) 2010. aastal juba 1,1–1,5% kogu maailma elektritarbimisest; ja 2013. aastal moodustas IT-sektor 10% kogu maailma elektritarbimisest. Lisaks otsesele elektrile, mida tarbivad info- ja sidetehnoloogia (IKT) riistvara ja põhitaristu, vajavad andmekeskused tohutult jahutust, mida tavaliselt toodetakse kliimaseadmetega. Andmekeskustes tarbitav elekter muundub peaaegu täielikult soojuseks. Soojust enamasti siiski ei kasutata, kuigi erinevaid lahendusi on juba olemas. Kaasaegsed andmekeskused võivad sisaldada tuhandeid serveririuleid (üksikuid servereid) ja andmekeskuse nimivõimsus võib olla üle 400 MW. See tähendab ka seda, et andmekeskuste põrandapind suureneb ja arvutusvõimsus kasvab, mille tulemuseks on andmekeskuste üha suurenev energiatarbimine<sup>10</sup>.

Põhjamaade külm kliima on osutunud andmekeskuste jaoks ülimalt sobivaks, pakkudes looduslikku ja odavat jahutust. Lisaks on nendes riikides suur nõudlus soojuse (kütte) järele ja tööstuslikku heitsoojust kasutatakse juba erinevates protsessides ja kaugküttes (ingl *DH – district heating*) laialdaselt, eriti Soomes ja Rootsis. Heitsoojus oli 2015. aastal Soomes 3,3%<sup>11</sup> ja Rootsis 8% 2014. aastal<sup>12</sup>. Ülimalt efektiivne soojuse ja elektri koostootmine (SEK, ingl *CHP – cogeneration heat and power*) on Soomes ja Rootsis erakordselt tavaline. Kuna elamufond ja muud hooned muutuvad aasta-aastalt paremini soojustatuks, püüdlevad

<sup>10</sup> Wahlroos, M. *et al.* Future views on waste heat utilization – Case of data centers in Northern Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82 (2018) 1749-1764.

<sup>11</sup> Finnish Energy Industries. Energiavuosi 2015 - Kaukolämpö (In Finnish, Energy year 2015 -District Heating) 2016. <http://energia.fi/tilastot-ja-julkaisut>.

<sup>12</sup> Fjärrvärme Svensk. Industriell spillvärme (In Swedish, Industrial waste heat); 2016. <http://www.svenskfjarrvarme.se/Medlem/Fokusomraden-/Energitillforsel-ochproduktion/Spillvarme/>.

kaugkütte ettevõtted madalamate temperatuuride poole, mis võimaldaks madalama kvaliteediga soojust odavamalt edastada kaugküttevõrku. Seetõttu võib tulevikus olla veelgi rohkem potentsiaali andmekeskuste heitsoojuse kasutamiseks.

Hiljuti on läbi viidud suhteliselt palju uuringuid andmekeskuste rajatiste energiatõhususe kohta, kuid suurem osa neist uuringutest on seotud tõhusate jahutusüsteemide, elektritarbimise ja taastuvelektri integreerimisega. Selle asemel uuritakse vähem andmekeskuste heitsoojuse taaskasutamist. Kuid viimastel aastatel on uuringud muutunud aktuaalsemaks ja mõned juhtumiuuringud on ka läbi viidud.

Heitsoojuse taaskasutamiseks ei ole ühtset meetodit ning uuritud on erinevaid rakendusi ja temperatuurivahemikke. Marcinichen jt.<sup>13</sup> näitas, et andmekeskuste madalatemperatuurilist heitsoojust saab kasutada elektrijaamades toitevee eelsoojendamiseks. Kasutamine tooks kaasa elektrijaamas kütusesäästu ja suurendaks elektrijaama efektiivsust kuni 2,2%. Ebrahimi<sup>14</sup> uuris heitsoojuse kasutamist absorptsioonjahutusseadmete abil. Uuring näitas, et absorptsioonisüsteemi moderniseerimise tasuvusaeg võib 10 MW elektrilise võimsusega andmekeskuse puhul olla madal, hinnanguliselt 4–5 kuud.

Lu jt. uuringus<sup>15</sup> hinnati Soome toimivate andmekeskuste energiatõhusust ja heitsoojuse kogumise potentsiaali. Uuring näitas, et 97% elektritarbimisest võib muunduda soojuseks ja selle saaks kasutusele võtta heitsoojusena. Uuringus jõuti järeldusele, et 1 MW elektrilise võimsusega andmekeskus, mis töötab poole nominaalsest koormusest, suudaks heitsoojusega igal aastal rahuldada üle 30 000 m<sup>2</sup> mitteiluhoonete soojuse vajaduse. Sorvari<sup>16</sup> uuris heitsoojuse taaskasutust Põhja-Soomes asuva spaa ja üürimajade kütmisel. Tulemused näitasid, et andmekeskuse heitsoojus rahuldaks peaaegu täielikult soojusvajaduse üle 60 000 m<sup>2</sup> pinnal. Kupiainen<sup>17</sup> võrdles Kesk-Soomes Jyväskyläs Futura hoones asuva andmekeskuse kahte erinevat jahutusvõimalust. Vabajahutamise ja SP kombinatsioon andis 20 aastase eluea jooksul kokkuhoiu 280 000 eurot, võrreldes vabajahutuse ja külmutusmasinaga. Stenberg<sup>18</sup> simuleeris Soomes Helsingis 3 MW elektrilise võimsusega andmekeskust. Uuriti optimaalset temperatuuri seadistust heitsoojuse kasutamiseks arvutiruumi õhukäitlejaga (*CRAH – computer room air handler*) jahutatud andmekeskuses. Uuringu tulemused näitasid, et heitsoojuse kasutamine võib 20 aastase eluea jooksul kokku hoida miljoneid eurosid. Kõige kokkuhoidlikum süsteem oleks SPga, mis tõstab heitsoojuse temperatuuri 75°C-ni ja müüb soojust kaugküttesüsteemi kas peale- või tagasivoolupoole sõltuvalt välistemperatuurist. Temperatuuri kuni 75°C (soojustegur COP =

<sup>13</sup> Marcinichen JB, Olivier JA, Thome JR. On-chip two-phase cooling of datacenters: Cooling system and energy recovery evaluation. In: Proceedings of the 13th Braz Congr Therm Sci Eng; 2012. 41:36–51. doi:10.1016/j.applthermaleng.2011.12.008.

<sup>14</sup> Ebrahimi K, Jones GF, Fleischer AS. Thermo-economic analysis of steady state waste heat recovery in data centers using absorption refrigeration. Appl Energy 2015;139:384–97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.10.067>

<sup>15</sup> Lu T, Lü X, Remes M, Viljanen M. Investigation of air management and energy performance in a data center in Finland: case study. Energy Build 2011;43:3360–72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.08.034>.

<sup>16</sup> Sorvari J. Konesalin ylijäämlämmön hyödyntäminen Levin Koutalaella (In Finnish, Utilization of waste heat from data center in Koutalaki Levi) Master's thesis Espoo, Finland: Aalto University; 2015.

<sup>17</sup> Kupiainen M. Lämpöpumppu konesalin jäähdytyksessä ja lämmöntalteenotossa (In Finnish, Data centre cooling and heat recovery with a heat pump).

<sup>18</sup> Stenberg S-Å. Tietokonesalien hukkalämmön hyödyntämismahdollisuuksien teknistaloudellinen optimointi (In Finnish, Technical and economical optimization of data center waste heat utilization) Master's thesis Espoo, Finland: Aalto University; 2015.

3,5) tõstvate SPde investeerimiskulud on 420 000 eurot suuremad kui võrdlusjuhul, kui serveriruumi jahutamine toimub vabajahutamise teel ja heitsoojust ei kasutata. Kuna SPsid kasutati serveriruumi jahutamiseks, suurendab see aastast elektritarbimist, võrreldes võrdlusjuhtumiga, üle 4 GWh, mis suurendab rahalisi kulusid. Sellegipoolest oleks heitsoojuse müük kaugküttevõrku aastas sel juhul peaaegu 600 000 eurot. Kokkuvõttes viitab uuring sellele, et jahutusseadmete investeeringute tasuvusaeg oleks alla 2 aasta, kuna soojuse müügist saadav tulu on suurem kui täiendavad elektrikulud, investeerimiskulud ning ekspluatatsiooni- ja hoolduskulud kokku.

## 4.5.2 Andmekeskuste heitsoojuse kasutusvõimalusi Eestis

Saue valda Harku aleviku lähedusse rajatakse Eesti mõistes väga suurt andmekeskust (serveriparki, vt foto allpool, Joonis 4.9). Esialgseks elektriliseks võimsuseks on kavandatud 6 MW<sub>el</sub> (~50 GWh heitsoojust aastas, kui töötab aasta ringi ühtlaselt täisvõimsusel), mida hiljem vajaduse korral suurendatakse 20 MW<sub>el</sub>ni ning seda veelgi hilisema lisamise võimalusega (kuni 32 MW<sub>el</sub>). Võrdluseks võib tuua, et Telia'l on Soomes 24 MW<sub>el</sub> võimsusega andmekeskus, milles jääb aastas heitsoojust 200 GWh ja see leiab kasutust kaugküttevõrgus. Veidi üle 10 GWh läheb elektrina protsesside läbiviimiseks. Andmekeskustes läheb umbes 95% sisestatud elektrist soojusena asjatult kaduma, kui heitsoojust ei kasutata. Seega Telia analoogia põhjal peaks 20 MW võimsusega andmekeskusest heitsoojusena saama vähemalt 150 GWh aastas (ei tööta pidevalt nominaalkoormusel). Selle soojushulgaga saaks kogu Öismäe linnaosa kütta. Kuna see andmekeskus, mida rajab MCF Group Estonia, jääb Paldiski maanteest vasakule, kui Öismäe poolt Keila poole sõita, siis Harku aleviku kaugküttevõrguni peaks sealt jääma mõnisada meetrit (Harku valla volikogu liikme sõnade kohaselt) kuni 1,4 km (Nomine Consult OÜ andmetel)<sup>19</sup> ja Öismäe Astangu asumi kaugküttevõrguni linnulennult umbes 4-5 km. Harku alevikust Tallinnani on vee ja kanalisatsiooni torustiku jaoks paesesse pinnasesse rajatud kanal, kuhu saaks vajadusel lisada kaugküttestorustiku. Samas suunas umbes 4 km kaugusele jääb ka Harkujärve küla kaugküttevõrk.

Kõikide olemasolevate ja rajatavate suuremate andmekeskuste (üle 0,5 MW<sub>el</sub>) puhul tasuks kindlasti kaaluda ja analüüsida heitsoojuse kasutuselevõtmist ja võtmise tasuvust, sest heal juhul võiks saada 4 GWh heitsoojust. Kui seda õnnestub kaugküttevõrgu ettevõttele müüa muutuvkulude hinnaga ~20 €/MWh, võiks müügist saada aastas 80 000 eurot. Soome näite analoogia põhjal oleks investeeringu tasuvus samuti alla 2 aasta, kuid Eestis sõltub see veel ühendustorustiku pikkusest ja trassi kasutuselevõtmise tingimustest ning ei pruugi nii tasuvaks osutuda. Eeltoodu ei tähenda, et ka veelgi väiksemate andmekeskuste heitsoojus ei võiks leida kasulikku rakendust.

### Soovitus

Kui hakatakse andmekeskusi kavandama, siis võiks mõelda ka sellele, et kas läheduses on olemas töötav kaugküttevõrk piisava soojuskoormusega, kuhu saaks heitsoojust suunata. Teiseks on vaja leida lähim ja sobivaim elektrilajaam. Alajaamade kohad valitakse vastavalt elektrivõrgu vajadustele ja kaugküttevõrku ei pruugi olla nende läheduses. Suuremates linnades võib siiski leida sobivaid kohti. Kui on ette teada, et soojust on võimalik müüa, võib see korvata ka kõrgema hinnaga maaostu või rendi andmekeskuse tarbeks.

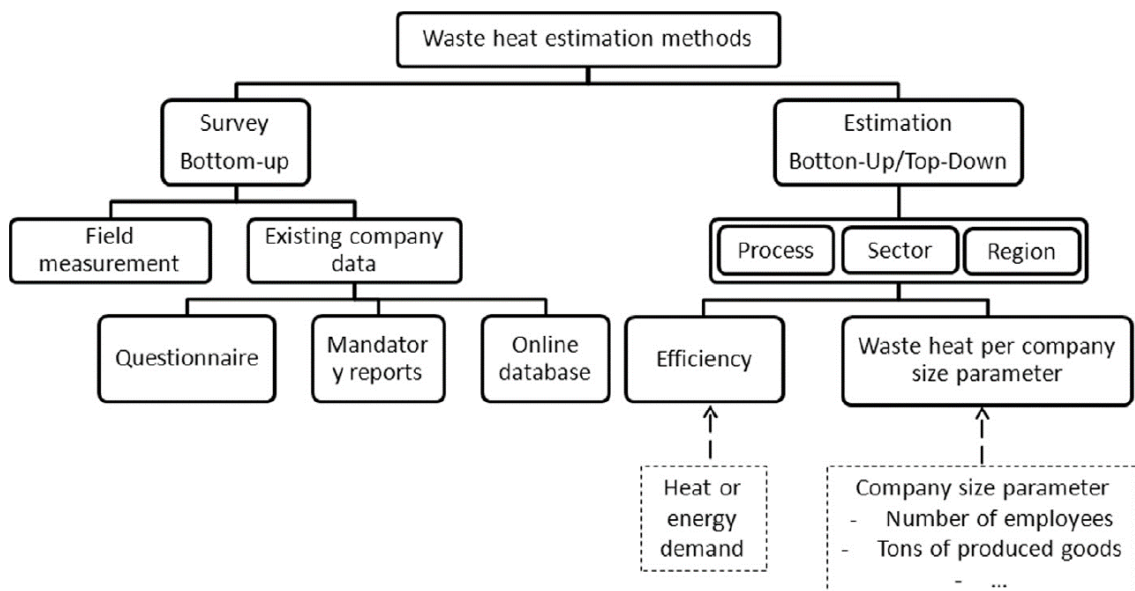
<sup>19</sup> Nomine Consult OÜ, 2019, Tallinn. Harku andmekeskuse jääsoojuse kasutamise võimaluste eeluuring.



Joonis 4.9. MCF Group Estonia Harku andmekeskus Harku alajaama kõrval. Foto Ü. Kask

## 4.6 Tööstusliku heitsoojuse tuvastamise meetodid

Tavaliselt liigitatakse ülejääkide tuvastamise meetodid, kas ülalt alla või alt üles meetodiks. Lisaks võib tuvastatud potentsiaal olla teoreetiline, tehniline või majanduslik potentsiaal (vt järgmist alapunkti).





#### Joonis 4.10. Heitsoojuse klassifitseerimine ja määramise meetod<sup>20</sup>

Ülalt-alla lähenemine: Lähtudes primaarenergia kasutamisest, võimaldavad eeldused energiatõhususe ja energiakasutuse jaotuse kohta hinnata heitsoojuse potentsiaali erinevates sektorites. Selle meetodiga on raske otsustada heitsoojuse temperatuuri ja kättesaadavuse üle.

Alt üles lähenemine: küsimustike või isegi mõõtmiste abil kogutakse konkreetseid andmeid valdkonna esindusettevõtetest ja -kohtadest. Sõltuvalt küsimustiku üksikasjalikkusest võimaldab see meetod teha järeldusi konkreetse ettevõtte või sektori tehnilise potentsiaali kohta. Mõõtmised on ülekaalukalt kõige keerulisem meetod. Mitmed ettevõtted/kohad tuleb läbi käia ja üle mõõta ning võib tekkida konflikt protsessiandmete konfidentsiaalsusega.

Samuti võiks kombineerida ülalt alla ja alt üles lähenemist.

#### Heitsoojuse temperatuuri taseme kindlakstegemise meetod

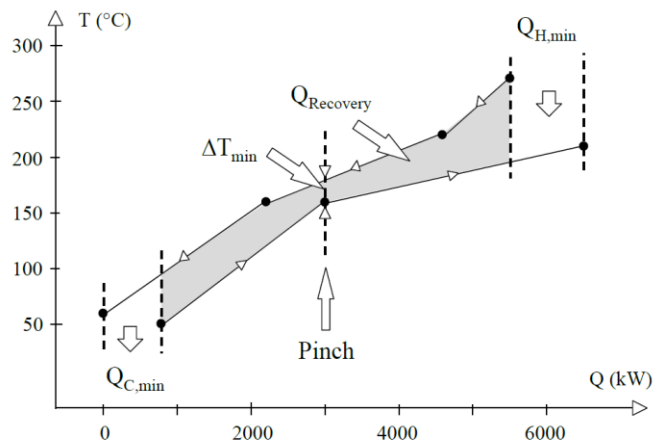
Tegeliku tööstusliku heitsoojuse temperatuuri tase on kasutatavate külmutus- ja jahutusseadmete temperatuur, st jahutusvee, -õhu jne temperatuur. Seda heitsoojust saab koguda nt külmutite/jahutite kuumalt poolelt. Võimalik temperatuuritase on aga veelgi kõrgem, kuna täiustub ja areneb soojusvahetite võrk, mis võib temperatuuri taset antud koguse jaoks mõnikord tõsta. Lisaks vähendaks soojusvahetite võrgu täiustamine heitsoojuse kasutusele võtmiseks võimaliku heitsoojuse hulka ja mõjutaks ka selle temperatuuri taset. Kõik need aspektid on olulised heitsoojuse kasutusele võtmise projektides. Nende parameetrite kvantifitseerimiseks on välja töötatud nn keerukad protsesside integreerimise kõverad ja kitsaskoha analüüs.

#### Kitsaskoha (e murdepunkti) analüüs on termodünaamilisel põhinev soojuse integratsiooni meetod.

Energia või soojuse kasutamise seisukohast koosneb protsess voogudest, mis läbivad kas kuumutamise või jahutamise protsessi. Voogusid iseloomustavad lähtetemperatuur, sihttemperatuur ja soojuskoormus. Jahutamist vajavaid voogusid nimetatakse kuumaks (olenemata absoluutsest temperatuurist) ja kuumutamist vajavaid voogusid külmaks.

Kui kõik kuumad vood ühendatakse üheks hüpoteetiliseks vooks (temperatuuri ja koormuse suhtes), saadakse nn kuum liitvoog või segu. Sarnaselt saadakse külm liitvoog (segu) kõigi külmade voogude ühendamisel. Liitvood näitavad kogunenud jahutus- ja küttevajadusi. Kui liitvood joonistatakse temperatuuri ja soojuskoormuse graafikule, saadakse nn liitvoogude kõverad e komposiitkõverad (ingl *composite curves*) (Joonis 4.11).

<sup>20</sup> S. Brueckner *et al.* Methods to estimate the industrial waste heat potential of regions – A categorization and literature review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 38 (2014)164–171.



**Joonis 4.11. Heitsoojuse allika võimsuse ja heitsoojuskandja temperatuuri vaheline seos ehk komposiitkõverad** <sup>21</sup>

*Pinch point* – murdepunkt või ummikpunkt, ahenemiskoht, kitsaskoht;  $Q_{recovery}$  – edasiselt kasutatav (muundatav) soojus.

Liitvoogude kõverate põhjal saab kindlaks teha maksimaalse, termodünaamiliselt võimaliku soojustagastuse koguse. Kõverad eraldatakse minimaalse temperatuurivahega (temperatuuride erinevuse alusel), mis on minimaalne lähtetemperatuur soojusvahetuseks. Seda asukohta nimetatakse murdepunktiks ehk kitsaskohaks. Madal temperatuurivahe suurendab soojuse taaskasutamise võimalust, kuigi alandab kasutusnõudlust, aga suurendab ka vajalikku soojusvaheti pinda.

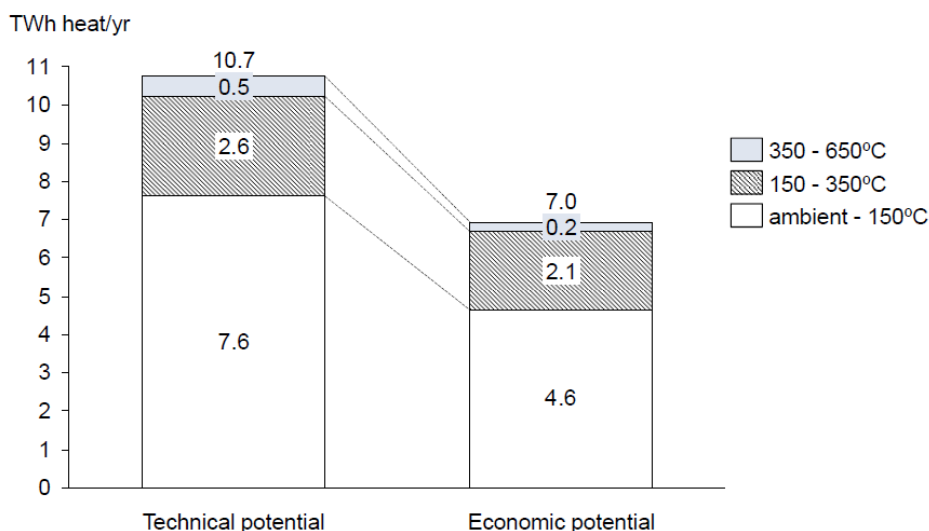
Murdepunkti temperatuur jagab süsteemi kaheks osaks. Ülalpool seda punkti on meil soojuse puudujäägi ala, allpool on aga ülejäägi ala. Seetõttu ei tohi minimaalse heitsoojuse kasutusega süsteemi saamiseks rikkuda murdepunkti reegleid, näiteks ei ole mõistlik asetada jahutit murdepunktist ülevale poole. Kuumade voogude jahutamine ülalpool murdepunkti toimub protsesside vahelisel soojusvahetusel. Analoogselt pole otstarbekas panna kütteseadet murdepunktist allapoole. Külmade voogude kuumutamine murdepunktist allpool toimub protsesside vahelisel soojusvahetusel. Lisaks ei kannu me soojust murdekoha kaudu allapoole.

Suur liitvoogude e komposiitkõver - mida nimetatakse ka soojuse ülejäägi diagrammiks - näitab neto kütte- või jahutusvajadust temperatuuriskaalal.

Besseling & Pershad<sup>22</sup> esitavad olemasoleva heitsoojuse temperatuurivahemikud, nagu on näidatud Joonis 4.12. Suurem osa heitsoojusest on saadaval madalama temperatuurirežiimi korral, alla 150 °C.

<sup>21</sup> Annex XV: Industrial Excess Heat Recovery –Technologies and Applications. Supported by Denmark, Germany, Norway, Portugal, US and Sweden Final report Phase 1, 5 May 2015. Prepared by Thore Berntsson CIT Industriell Energi AB, Sweden, Anders Åsblad CIT Industriell Energi AB, Sweden. IETS

<sup>22</sup> J. Besseling and H. Pershad, "The potential for recovering and using surplus heat from industry," Element Energy Limited, London, 2014.



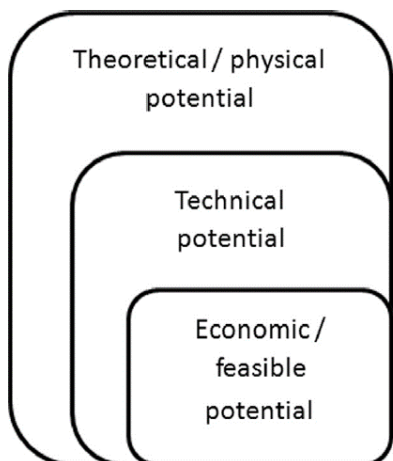
Joonis 4.12. Heitsoojuse temperatuuritasemed tehnilist ja majanduslikku potentsiaali arvestades

## 4.7 Heitsoojuse potentsiaali määratlus

Heitsoojuse hindamiseks erinevate meetoditega on kõigepealt vaja soojuse potentsiaale eristada. Üldiselt saab eristada kolme erinevat tüüpi potentsiaali: teoreetiline või füüsikaline potentsiaal<sup>23</sup>, tehniline potentsiaal ja majanduslikult teostatav potentsiaal (Joonis 4.13)<sup>24</sup>. Teoreetiline potentsiaal arvestab ainult füüsilisi kitsendusi: ainult ümbritsevast temperatuurist kõrgema temperatuuriga soojus, mis on seotud keskkonnaga jne. Seega soojust, mis eraldub hajutatult, näiteks kiirgust, ei hinnata. Samuti ei võeta arvesse seda, kas ja kuidas soojust on kandvast meediumist võimalik eraldada või mil moel oleks seda võimalik kasutada. Need piirangud võetakse arvesse tehnilise potentsiaali määramisel. See potentsiaal sõltub seega kasutatud tehnoloogiatest. Tehnilised piirangud on näiteks minimaalne temperatuur süsteemi toimimiseks, soojusülekandest tulenevad temperatuuri kaod jne. Heitsoojuse rakendamise (kasutusele võtmise) majanduslikku külge vaadeldakse majandusliku potentsiaali hindamisel. Seda nimetatakse sageli majanduslikult teostatavaks potentsiaaliks. Arvestatakse finantsparameetreid nagu energia hinnad, intressimäärad ja tasuvusaeg.

<sup>23</sup> Metz B, Davidson O R, Bosch P R, Dave R, Meyer L A (eds). IPCC Fourth Assessment Q4 Report: Climate Change. Working Group III: Mitigation of Climate Change. Cambridge, United Kingdom; New York, NY, USA: Cambridge University Press; 2007

<sup>24</sup> S. Brueckner *et al.* Methods to estimate the industrial waste heat potential of regions – A categorization and literature review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 38 (2014) 164–17.



Joonis 4.13. Heitsoojuse potentsiaali liigid (teoreetiline ehk füüsikaline potentsiaal, tehniline potentsiaal ja kasutusele võtmise majanduslikult põhjendatud potentsiaal)<sup>25</sup>

## 4.8 Heitsoojuse kasutuselevõtu künnis (soojusseadme nimivõimsus, soojuskandja temperatuur)

Nii välis- kui eestikeelses kirjanduses on kasutatud mõisteid heitsoojus ja jääsoojus. Antud töö kontekstis ei oleks mõistlik hakata kumbagi eraldi defineerima, vaid energiatõhususe direktiivis kasutatud mõiste „heitsoojus“ sisu katab säästva arengu sõnaseletuse käsiraamatus toodud definitsioon. Tootmisprotsessi tuleb vaadelda laiemalt, mis hõlmaks nii otsest tootmist, teenussektorit, energeetikat, põllumajandust kui ka elamusektorit. Vaatluse all oleksid kõik energiamuundamise protsessid, kus iganes need toimuvad, milles eraldub soojus ja mida oleks võimalik kulutõhusalt kasutusele võtta (jätkuvalt muundada). Energiatõhususe direktiivi artikkel 14 lg 6 kohaselt võivad liikmesriigid sätestada künnised, mida väljendatakse kättesaadava kasuliku heitsoojuse kogusena.

Eelpool nimetatud artikli lõike 5 punktidest c ja d lähtuvalt tuleks igas liikmesriigis käsitleda soojusallikaid ja nendes tekkivat heitsoojuse potentsiaali, mille nimivõimsus ületab 20 MW, sh viia läbi kulude-tulude analüüs, kui:

- c) kavandatakse või oluliselt remonditakse üle 20 MW summaarse nimisoojusvõimsusega ja kasulikul temperatuuril heitsoojust tootvat tööstuskäitist, et hinnata kulusid ja tulusid, mis kaasnevad majanduslikult põhjendatud nõudluse rahuldamiseks heitsoojuse kasutamisega, kaasa arvatud koostootmise teel, ja selle käitise ühendamisega kaugkütte- ja -jahutusvõrku;
- d) kavandatakse uut kaugkütte- ja -jahutusvõrku või uut 20 MW ületava summaarse nimisoojusvõimsusega elektrijaama olemasolevas kaugkütte- ja -jahutusvõrgus või

<sup>25</sup> S. Brueckner *et al.* Methods to estimate the industrial waste heat potential of regions – A categorization and literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 38 (2014)164–171.

remonditakse oluliselt sellist olemasolevat jaama, et hinnata lähedal asuvate tööstuskäitiste heitsoojuse kasutamise kulusid ja tulusid.

Aruande autorid lähtuvad Eesti jaoks künnise seadmisel heitsoojusallika võimsuse piirist alates 5 MW, millest lähtuvad heitsoojuse kogused võivad pakkuda huvi kas kaugküttevõrkudele või muudele peamiselt madalatemperatuurilist heitsoojust potentsiaalselt kasutada võivatele ettevõtetele (katmikalad (aiandid), kuivatid, kala- ja vetikakasvatus jm). Loomulikult saavad ja peaksid eelkõige ettevõtted ise püüdma võimalikult palju neil tekkivat heitsoojust ära kasutada (ventilatsiooniõhu eelsoojendamiseks, pesuvee soojendamiseks, büroohoonete kütteks ja tehnoloogilistes protsessides). Tegelikult on üsna mitmed ettevõtted seda juba teinud või on neil lähiajal kavas vastavaid investeeringuid teha (Saint-Gobain Eesti AS Elvas).

Kirjanduse<sup>26</sup> andmetel võiks heitsoojuskadusid ehk heitsoojust jagada kolme kategooriasse:

1. **Kõrgtemperatuuriline heitsoojus** - temperatuur üle 400 °C (sise põlemismootorite heitgaasid, tööstusahjude heitgaasid, kõrgtemperatuuriliste protsesside heitõhk jms). Eestis võiks võtta kõrgtemperatuurilise soojuse alampiiriks 300 °C, sest seda on võimalik ORC tehnoloogiat kasutades majanduslikult mõistlike kuludega elektriks muundada (eeldades nt ressursitõhususe meetme toetust);
2. **Heitsoojus keskmisel temperatuuril** - see kategooria hõlmab temperatuure vahemikus 100–400 °C (põletusseadmete suitsugaasid, mõnede tööstuslike protsesside heitõhk jms). Eestis jääks vahemikuks 100-300 °C;
3. **Madalatemperatuuriline heitsoojus** - temperatuur alla 100 °C (kütte, külmutuse, jahutuse ja ventilatsiooni süsteemid, paljude tööstuslike protsesside heitõhk jms, hinnanguliselt Eestis valdav).

## 4.9 Takistused heitsoojuse kasutamisel

Rahalised ja regulatiivsed piirangud on väga levinud takistused uute tehnoloogiate jaoks, nagu ka heitsoojuse tehnoloogiate jaoks. Lisaks ei ole heitsoojusest tulu teenimine tootmisettevõtete peamine ärisuund. Aga nagu Rahvusvaheline Energiaagentuur<sup>27</sup> (IEA) juhib tähelepanu, on heitsoojuse taaskasutamisel märkimisväärsed tehnilised väljakutsed. Need tehnilised väljakutsed on mõnikord peamised tööstusliku heitsoojuse taaskasutamise projektide elluviimise tõkked. Tabel 4.2 on toodud ekspertide kaalutud takistuste loetelu vastavalt nende asjakohasusele, heitsoojus kõrge temperatuuriga heitgaaside või protsessigaaside kujul. Mitmesugustes protsessides võivad need gaasid sisaldada söövitavaid aineid/komponente ja tahkeid osakesi, mistõttu on neid raske kinni püüda ja taaskasutada. Heitsoojuse taaskasutamise tehnoloogiate juurutamisel on sagedased seadmete ja tootmisliinide seiskamised, keskkonna ja ruumi füüsilised piirangud, soojustagastuse lähedus ja kasutamine on samuti probleemid, mida kaaluda ja võimalusel kõrvaldada.

<sup>26</sup> Bruckner, S. Liu, M. Laia, M. Radspieler, L. F. Cabeza and L. Eberhard, "Industrial waste heat recovery technologies: An economic analysis of heat transformation technologies" Applied Energy, vol. 151, no. 1, pp. 157-167, 2015.

<sup>27</sup> International Energy Agency, Industrial Energy-related Technologies and Systems. Industrial excess heat recovery technologies & applications; 2010.

**Tabel 4.2. Heitsoojuse kasutamise tõkked, kaalutud ekspertide poolt<sup>28</sup>**

Barriers	Possible solutions	Relevance <sup>a</sup>
<b>Technological barriers</b>		
No nearby heat sink		High
For in-house use		High
For heat transfer to third parties	Building heating pipes, heat transport	High
No information about heat sinks nearby	Waste heat exchange (information portal) Look for neighboring businesses such as in industrial areas	High
Time discrepancy Generation of heat/demand	Using heat in a different way such as power generation or feeding the power grid, storage	Medium
Temperature levels		
Too low	Using heat pumps	Medium
Too high	Mixing in steam or similar, cascading the use	Low
<b>Production process</b>		
Disturbance of the operation		High
Production reliability		High
During the conversion phase		Medium
Ongoing		
Boiler reliability	Redundant boilers	Medium
<b>Financial and administrative barriers</b>		
Availability of investment funds	Subsidies, loans	Medium
Priority of the core business	Use of service providers, waste heat contracting	Medium
Too high rate of return expectations	Information about life cycle costs	High
Uncertainty of the economic future		
For the investing company		High
For potential heating customers		Medium
Administrative effort for approval, execution and accounting		Low
<b>Information</b>		
Lack of business knowledge and personnel	Information campaigns and technology specific training courses for selected target groups	Medium
Research costs too high	Development investment calculation tools for consulting engineers and facility operators in the workplace	Low

<sup>a</sup> Emphasis determined by 30 experts during a workshop in April 2010.

Relevance - asjakohasus/tähtsus

Tabel 4.2 on kokku 8 kõrge/määrava tähtsusega takistust heitsoojuse kasutusele võtmiseks tööstuses. Esimesed neli puudutavad tehnoloogilisi barjääre: läheduses puudub koht, kuhu heitsoojus suunata nii ettevõtte siseselt kui väljaspool, puudub teadmine kuhu soojust naabruskonnas suunata. Kaks määrava tähtsusega takistust puudutavad tootmisprotsesse: käidu häirimine ja tootmise töökindlus. Kaks viimast puudutavad finants- ja juhtimise takistusi: liiga kõrge tootluse ootus ja ebakindlus majandusliku tuleviku suhtes (investorid ei kipu rahastama). Muud asjaolud jäävad valdavalt keskmise (8) ja madala (3) riskiklassi piiresse.

## 4.10 Üleminek madalatemperatuurilisele kaugküttevõrgule kui heitsoojuse potentsiaali rakendamise eeldus

Peamine struktuurne takistus heitsoojuse allikate kasutusele võtmiseks on temperatuuride vahe heitsoojuse energiakandja ning kaugküttevõrgu energiakandja vahel. Käesoleva töö

<sup>28</sup> S. Brueckner *et al.* Methods to estimate the industrial waste heat potential of regions – A categorization and literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 38 (2014)164–171.

käigus kaardistati ka madalatemperatuuriliste võrkude potentsiaali primaarenergia tarbimise vähendamisel. Vajalik pole tingimata kohe madalatemperatuuriliste võrkude massiline väljaehitamine (st olemasolevate ümberehitamine madalatemperatuuriliseks), vaid käesoleva uuringu käigus läbitöötatud teadusartiklite põhjal saaks astuda praktilisi strateegilisi samme, olemasolevates kaugküttepiirkondades (suuremad linnad) nn madalatemperatuuriliste kaugkütte saarte väljaehitamise. Nendeks võivad olla Tallinnas nt Paekalda uusarenduspiirkond, Kopli liinide uusarenduspiirkond jt. Teiseks võimaluseks on liita olemasolevates kaugkütte piirkondades hooneid olemasoleva võrgu tagasivoolutorustikule. Nii saaks liita üksikhooneid mis tahes võrgu piirkonnas, kus tehnilised tingimused seda võimaldavad.

Primaarenergia tarbimise vähenemine tekib erinevate tegevuste koosmõjul.

Olulisemad järeldused kirjanduse ülevaate põhjal:

- Madalatemperatuurilise kaugküttevõrgu ehitamine on ka eluea kulud arvesse võttes (suuremad pumpamiskulud) konkurentsivõimeline, võrreldes kõrgetemperatuurilise võrguga kuna investeringukulud on väiksemad (väiksemad kulud, kuna pole vaja kasutada kompensatoreid). Vähenevad torustike soojuskaod.
- Hoonete ja hoonegruppide liitumine tagasivoolutorustikuga on võimalik ning annab süsteemi lõikes väga positiivse majandusliku efekti, kuna suureneb ka kõrgetemperatuurilise soojuse tootmise tõhusus peale- ja tagasivoolutemperatuuri vahe suurenemise tulemusena kaugküttekatlas, mis on eriti oluline kui SEK jaamas või katlamajas kasutatakse suitsugaaside kondenseerimise seadmeid (pesurit).

Detailsemat mõjuanalüüsi vajavad esmased soovitused:

1) Riiklike rekonstrueerimistoetuste jagamisel soodustada täielike (komplekssete) rekonstrueerimisprojektide puhul hoonete projekteerimist madalatemperatuurilisele soojuskandjale.

**Põhjendus:** Hoonete küttesüsteemide eluiga on väga pikk ning mida kaugemale edasi lükata madalatemperatuurilise soojuskandja vastuvõtmise võimekust, seda kaugemale lükkub heitsoojuse kasutuselevõtmine ja süvenenum on *technological lock-in* (tehnoloogiline lukustus). Madalatemperatuurilise soojuskandja valmidus ei suurenda tõenäoliselt olulisel määral rekonstrueerimis- ja ehituskulu.

2) Üld- ja detailplaneeringute menetlemisel kaaluda läbi ning näha ette uusarenduste puhul madalatemperatuurilise kaugküttevõrgu liitumisvõimalused kaugküttevõrgu tagasivoolutrassile, seda vajadusel finantsmeetmetega soodustades. Loodaks nn madalatemperatuurilise kaugkütte saared (MTK saared).

3) Leida võimalusi madalatemperatuurilise kaugküttevõrgu pilootpiirkondade (MTK saared) finantseerimiseks, kus on torustikud veel rekonstrueerimata või on eesmärk rajada uusi kaugküttepiirkondi.

4) Pakkuda korteriühistutele, kes veel ei ole liitunud kaugküttega või kes soovivad seda pärast rekonstrueerimist teha, võimalust liituda kaugküttevõrgu tagasivooluga (madalatemperatuurilisele küttele üleminekuks või selle rajamiseks), mistahes kaugküttevõrgu osas. Need oleksid madalatemperatuurilised hooned.

Kaugküttesüsteemid vajavad dünaamilist modelleerimist (simulatsiooniarvutusi), kui kaugküttevõrke hakatakse osaliselt või täielikult üle viima madalatemperatuurilisele režiimile (nt 60-40°C või muud). Tuleb leida nn pudelikaelad, millest ei saa läbi juhtida vajalikul hulgal soojuskandjat (sooja vett), uurida, kas ja millises ulatuses tuleks välja vahetada torustikke, soojusvaheteid, võrgupumpi jne.

Teiseks tuleks välja selgitada, mil määral ja mis tingimustel on olemasolev kaugküttevõrk valmis vastu võtma või mida selleks teha et see saaks vastu võtta madalatemperatuurilist

soojust tööstusest, elamumajandusest, teenindussfäärist jm .Kas on tehnilis-majanduslikku potentsiaali kaugküttevõrku sesoonse soojussalvesti (või lühema perioodi soojussalvesti) rajamiseks. Erilise tähelepanu alla tuleb võtta SEK jaamadega kaugküttesüsteemid.

Madalatemperatuuriliste võrkude primaarenergia säästu potentsiaali illustreerimiseks töös kasutati kasutusloa saanud ruumide pindala statistikat ning püüti hinnata mõjusid süsteemile.

## 4.11 Kokkuvõte heitsoojuse potentsiaali hindamisest

Heitsoojuse potentsiaali hindamiseks on olemas palju erinevaid meetodeid. Need sõltuvad enamasti olemasolevatest ja kättesaadavatest andmetest. Kuna paljudes riikides puuduvad riigipõhised andmed, on mitmetes uuringutes rakendatud teiste riikide põhilandmeid. Euroopa Liidu piires kasutatakse tööstussektorite ühist määratlust. Ometi väljaspool Euroopa Liitu tuleb erilist tähelepanu pöörata sektorite määratlusele ja piiridele. Erinevuse tõttu riikide andmebaasides, erinevate meetodite otsene võrdlus pole seni olnud võimalik. See andmete puudumine on väga suur takistus tööstusliku heitsoojuse kvantifitseerimisel (koguse määramisel) ja kasutamisel. Samuti oleks vaja teha sama piirkonna erinevate uuringutulemuste metaanalüüse.

Eesti sisene probleem on samuti andmete puudumine heitsoojuse (soojuskandjate) hulkade kohta, just tööstuse ja teeninduse sektorites. Energiatööstuses ja elamumajanduses on olukord parem, eriti energiatööstuses, kus on mitmed andmeallikad, mille alusel saab hinnata teoreetilist ja osaliselt kasutusse võetud heitsoojuse kogust (Statistikaamet, Keskkonnaagentuur, Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühing).



# 5 Heitsoojuse laiemalt

## allikatest

### 5.1 Kaugküttesüsteemide heitsoojus

Kaugküttesüsteemides tekib heitsoojust järgmistes kohtades (vaatleme Eestis olemasolevaid juhtumeid):

A. Heitsoojus soojuse ja elektri koostootmisest (SEK). Kui on soojuse ja elektri koostootmise seade(med), siis elektritootmises kasutamata või üle jääv soojus kvalifitseerub heitsoojuseks. See, kus täpsemalt soojus eraldub, sõltub omakorda kasutatavast tehnoloogiast ja seadmetest.

1. Vasturõhuturbiiniga SEKi puhul suunatakse turbiinis töötanud aur soojusvahetisse, kus see annab oma soojuse kaugküttele. Eestis levinuim variant.

2. Vaheltvõtuturbiini korral (Balti Elektri jaam Narvas) saab kasutada nii vahelt võetavat auru (rõhuaste sõltub kaugküttesüsteemi tehnilistest parameetritest) kaugküttele soojusvahetites ja jahutusvee soojust kondensaatorist. Viimasest saab küll suure hulga soojust, kuid see on madala temperatuuriga ja kaugküttesüsteemis otseselt mitte kasutatav. Tuleb kasutada soojuspumpa või kasutada soojust otse kas kalakasvatuses või mujal. Eestis vähe levinud.

Mõlemat tüüpi turbiinide korral saadakse auru aurukatlast. Kui need töötavad niiske hakkpuiduga või maagaasiga, siis saab heitsoojust veel suitsugaaside mahajahutamisest ehk kondenseerimisest (tavaliselt temperatuurini 40-50°C) ja suitsugaaside kondensaatoris (skraber, pesur) mahajahutatud suitsugaasi saaks omakorda maha jahutada kuni temperatuurini 30°C ning saadavat soojust kasutada väljast võetava põlemisõhu ette soojendamiseks (seda tasub teha juhul, kui pole juba kasutatud vastavat katelt, kus katlamaja ruumist võetav põlemisõhk läbib katlamüüritise vahelisi käike kus see soojeneb). Võimalik oleks kasutusele võtta ka suitsugaaside kondenseerimisel tekkiva kondensaadi (vee) soojus, mida saaks soojuspumpade vahendusel edastada kas kaugküttevõrku (võetakse kasutusele Utilitas Tallinn AS-i Mustamäe SEK jaamas) või mujale (vesi-õhk soojusvaheti kaudu nt kuivatitesse).

Aurukatla läbipuhke (pidev- ja perioodiline läbipuhe) auru soojust saab samuti soojusvaheti vahendusel kasutada nt toitevee või põlemisõhu ette soojendamiseks või mingites kuivatamisprotsessides. Üldiselt on aurukatla katlamajades juba projekteerimisel ette nähtud heitauru soojuse kasutamine, kus samas katlamajas vähegi majanduslikult otstarbekas (nt toitevee ettevalmistuses, deaeraatorites).

Heitsoojuse kasutamine tööstusettevõtete aurukatlamajades ei pruugi olla nii efektiivselt rakendatud kui soojusettevõtete ja elektri jaamade aurukatlamajades. Tänapäeval tavalistes kaugküttele katlamajades enam aurukatlaid praktiliselt ei kasutata, mõni reservkatel võib veel alles olla.

3. Otto või diiselmootoriga SEK jaama puhul, saadakse suurim kogus heitsoojust soojusvaheti vahendusel, kus mootori heitgaaside soojus antakse üle kaugküttele. Teine osa soojust saadakse mootori jahutussärgis ringlevast jahutusvedelikust soojusvaheti vahendusel ja kolmas osa mootori õlitussüsteemi jahutava soojusvaheti vahendusel. Need

soojusvood suunatakse kõik kaugküttevõrku või omatarbeks, nt kui mootor töötab biogaasijaamas, siis osa soojusest kulub kääritatava massi soojendamiseks ja mõnel juhul ka digestaadi hügieniseerimiseks (pastöriseerimiseks). Eestis kasutusel biogaasijaamades.

4. Puugaasigeneraatorite puhul saadakse soojust tuha jahutamisest (mitte kõigi tootjate seadmete korral) ja gaasimootori (üldjuhul Otto mootor) suitsugaasidest, veesärgist ja õlijahutusest (sarnaselt eelmisega). Eestis tõenäoliselt veel kasutusel ei ole, kuid rohkelt Lätis ja Leedus.

B. Heitsoojus kaugkütte katlamajadest. Siin tuleb korrata eeltoodut. Kui katlad töötavad niiske hakkpuiduga või maagaasiga, siis saab heitsoojust suitsugaaside mahajahutamisest ehk kondenseerimisest (tavaliselt temperatuurini 40-50°C). Selliste seadmetega (suitsugaaside kondensaator, pesur, skraber) oleks võimalik saada täiendavalt 10-20% soojust, mis seadmete mittekasutamisel kandub niiskete suitsugaaside heitsoojusena atmosfääri. Suitsugaaside kondensaatoris mahajahutatud suitsugaasi saaks omakorda maha jahutada kuni temperatuurini 30°C ning saadavat soojust kasutada väljast võetava põlemisõhu ette soojendamiseks (seda tasub teha juhul, kui pole juba kasutatud vastavat katelt, kus katlamaja ruumist võetav põlemisõhk läbib katlamüüritise vahelisi käike kus see soojeneb). Võimalik oleks kasutusele võtta ka suitsugaaside kondenseerimisel tekkiva kondensaadi (vee) soojus, mida saaks soojuspumpade vahendusel edastada kas kaugküttevõrku (võetakse kasutusele Utilitas Tallinn AS-i Mustamäe SEKis) või mujale (vesi-õhk soojusvaheti kaudu nt kuivatitesse).

Tegelikult kasutatakse praktiliselt kõigis katlamajades katla koldest väljuvaid suitsugaase katla toitevee ette soojendamiseks ökonomaiselis. Mingis mõttes on ka see koldes põlemisel tekkiva ja katla konvektiivsetes küttepindades mitte kasutatud soojuse ära kasutamine. Seda ilmselt ei ole meil mõtet käsitleda heitsoojusena, sest ökonomaiseri rakendamine on praktiliselt kõigis tänapäeva katlamajades juba projekteerimisel ja katla tootja poolt ette nähtud (oli siin juba nõukogude ajal).

#### C. Muud võimalused kaugkütte süsteemis heitsoojuse saamiseks ja kasutamiseks:

1. Kaugkütetarbijatelt saadav soojus. Kui tarbija on mõni tööstusettevõtte, siis võib nende heitsoojuse kasutamine kaugkütteeettevõttes olla atraktiivne. Hea ja seni ainukese näitena Eestis võib tuua AS-i Kroonpress Tartus. Firma hoone on olnud ühendatud kaugküttevõrguga juba ammu ja saab sealt vajadusel soojust. Samal ajal tekib neil heitsoojust trükimasina jahutamisest ja teatud perioodidel suunatakse see soojus Tartu linna kaugküttevõrku. Kui neil endil on soojuse vajak, saavad nad selle kaugküttevõrgust. Kaugkütteeettevõtte (Fortum Tartu AS) soovib üldjuhul saada sellise temperatuuriga soojust, mida saab juhtida kaugküttevõrgu pealevoolu torusse. See on eriti oluline kui kaugküttevõrgus töötab SEK jaam ja/või kui on kasutusel suitsugaaside kondensaator. Kui juhitakse suuremas koguses soojust tagasivoolu torusse, tõstab see tagasivoolu vee temperatuuri ja SEK seade ning suitsugaaside kondensaatori töö pole enam nii efektiivne. Väheses koguses (võrreldes kaugküttevõrgus ringleva soojushulgaga) võiks soojust võtta ka tagastuva vee liini. Näiteks mõnest väikefirmast, väikeserverijaamast, KÜ elamust jm). See optimaalne kogus on vaja iga kaugküttevõrgu jaoks eraldi määrata (arvutada), kuid tuleb kõne alla siiski suurtes kaugküttevõrkudes (Tallinn, Tartu, Pärnu, Narva jm).

2. Võimalik oleks rajada kaugküttepiirkonna mõnedesse uusarendatavatesse piirkondadesse madalatemperatuurilise kaugkütte saari/alampiirkondi. Need saaksid pealevoolu vee põhivõrgu tagasivoolu liinist (temperatuur keskmiselt 50°C) ja kasutaksid hoonetes nt põrandakütet (Paekalda piirkond ja Kopli Liinide piirkond Tallinnas ning kaks pilootpiirkonda Tartus). Tallinna piirkondade kohta on tehtud ka arvutusi, kuid käiku ei ole need veel madalatemperatuurilisena läinud. Sel juhul alaneks põhivõrgu tagasivoolu liinis temperatuur veelgi, mis tõstaks SEK seadmete ja suitsugaaside kondensaatori efektiivsust veelgi. Puudus on see, et ei saa kindlustada ilma abiseadmeteta (elektrikütetekeha) soojale tarbeveele vajalikku temperatuuri 55°C või tuleks kasutada hoopis elektriboilereid (või

elektriküttekehasid mahtboilerites) sooja tarbevee soojendamiseks. Alternatiivina saaks vähemalt suveperioodil kasutada päikesekollektoreid sooja tarbevee soojendamiseks ja muul ajal elektrit.

3. Suurte soojussalvestite rajamine. Neid on majanduslikult põhjendatud rajada kaugküttevõrkudes, kus toimub elektri ja soojuse koostootmine. Et kindlustada maksimaalselt elektri tootmist ööpäeva ringselt või aasta ringi tuleks rajada kas lühiajalised salvestusseadmed (-mahutid, või salvestid) (ööpäeva või kahe varu) või sesoonsed mahutid (suvel toodetava soojuse varumiseks talveks). Lühiajaline mahuti (soojuse salvesti) on kasutusel Kuressaare SEK jaamas ja sesoone kasutamist kavandati Tallinnas Utilitas Tallinna Elektri jaama juurde Vões, kuid arvutused näitasid, et see ei ole tänapäeval majanduslikult põhjendatud. Tulevikus võivad olukorrad ja situatsioonid muutuda, sest Taanis on mitmeid sesooneid soojussalvesteid töötamas. Sesoonsed soojussalvestid võimaldaksid sisse võtta ka väiketootjate heitsoojust (nt korteriühistud ja ettevõtted), ilma, et soojusettevõtja peaks oma SEK jaama tootmist vähendama. Korteriühistud peaksid igal juhul kasutama SPd, et heitsoojuse temperatuuri tõsta kaugküttevõrgule sobivaks.

## 5.2 Tööstusettevõtetest ja teenindussfäärist saadav heitsoojus

1. Suveperioodil oleks võimalik heitsoojuse baasil (soojuskandja min temp 90°C) toota jahutust absorptsioonjahutitega (saaks kasutada nii kaugküttesüsteemides kui tööstuses).

2. Keskmistest ja suurtest tööstusettevõtetest on suurem tõenäosus saada piisavas koguses kõrgema ja keskmise temperatuurilist soojust (üle 100°C, mida saab ja on majanduslikult põhjendatud soojusvaheti vahendusel suunata kaugküttevõrgu pealevoolu liini. Võimalus on tõsta soojuskandja (õhk, vesi jm) temperatuuri kaugküttevõrgu pealevoolu liini vee temperatuurini soojuspumba vahendusel (mõnedes kaugküttevõrkudes kasutatakse pealevoolus max 90 °C vett, aga suure osa kütteperioodist ka madalamat).

3. Kahjuks on selliseid tööstusettevõtteid Eesti linnades suhteliselt vähe, mis asuksid kaugküttevõrkude läheduses, millel oleks piisavas ja ühtlases koguses (nn atraktiivsel hulgal) sobiva temperatuuriga heitsoojust kaugküttevõrku edastada ja seda aasta ringi. Enamikel juhtudel jääb soojust rohkem üle soojal perioodil, kui kaugküttefirma saab ise efektiivselt soojust toodetud (üldjuhul ka odaval puitkütusel või Kohtla-Järve ja Ahtme puhul ka generaatorgaasiga, mis on neile jääkprodukt). Kui biokütusel töötav soojusettevõtte peab ilmade jahenedes (sageli juba +5 ja – 5°C vahel, sõltavana kaugküttesüsteemist) hakkama kasutama fossiilset reservkütust (nt maagaasi või kütteõli), siis oleks väga teretulnud ettevõtetest saadav (pealevoolu torusse juhitud) heitsoojus.

Tartus loetleti järgmisi ettevõtteid, kellelt võiks heitsoojuse saamise osas kõnelusi pidada: A. le Coq AS, Estiko Plastar AS (soojus termooksüdaierist), Salvest AS, Tarmeko AS, Tartu Veevärk AS, International Aluminium Casting Tartu AS, ja tulevikus Epler & Lorenz AS uus prügpõletustehas, kui see tööle läheb, ja veel mõni. Utilitas Tallinn AS-ile ja Adven Eesti AS-ile ei ole seni tööstuslikku heitsoojust müügiks pakutud, kuid Tallinnas oleks potentsiaali Paljassaares asuvas AS-i Tallinna Vesi reoveepuhastusjaamas (soojus heitveest).

Tegelikult on neis kõigis eelnimetatutes mingis osas seadmete heitsoojust juba ettevõttesiseselt rakendatud, kuid suuremaid investeeringuid heitsoojuse välja müümiseks, et see rahuldaks ostja tingimusi, ei ole ettevõtted veel tasuvaks pidanud.

4. Jahutusseadmetest (ka külmutitest) saadav soojus (tavaliselt õhkjahutite ja kompressorite heitsoojus). Neid võiks eraldi käsitleda, sest neid võib asuda nii SEK jaamades, kaugjahutusjaamades (Tartu, Tallinn, Pärnu) katlamajades, tööstusettevõtetes (s.h joogi- ja

toiduainetööstus, kalandus- ja põllumajandusettevõtted), kaubandusettevõtetes ja mujalgi. Sealsed heitsoojuse temperatuurid on üldjuhul madalad otse kaugküttevõrgu pealevoolu liini suunamiseks ja oleks vaja kasutada soojuspumpi temperatuuri tõstmiseks.

5. Ventilatsioonisüsteemidest (tööstus, kaubandus, teenindus, elamumajandus jm) saadav soojus. Soojade või kuumade ruumide (töökohtade) ventileerimisel liiguvad väga suured õhuhulgad, kuid nende temperatuur ei ole üldjuhul kõrge, jääb alla 40°C. Selle suunamine kaugküttevõrku saaks toimuda soojuspumba vahendusel. Vaata ka ptk 4.5. Andmekeskuste heitsoojus. Teatavatest tööstusprotsessidest (vormitud metalli jahutamine, lõõmutamine jm) tekkiv heitsoojus võib-olla vahendatav kaugküttevõrgu pealevoolu liini ka soojusvahetite vahendusel, mis oleks kaugküttefirmale atraktiivne.

## 5.3 Kokkuvõtte ja mõned olulised järeldused

**Heitsoojus** (*waste heat, excess heat, Abwärme (f), бросовое тепло*) - tootmisprotsessis vabanev ja seal kasutust mitteleidv soojus. Heitsoojuse teke on mis tahes energiamuundumises termodünaamiliselt paratamatu. Heitsoojuse tagasisuunamine tootmisse, kasutamine kütteks või vee soojendamiseks võimaldab kokku hoida loodusvarasid (peamiselt kütuseid) ja vähendada üldist saastust

Aruande autorid lähtuvad Eesti jaoks künnise seadmisel heitsoojusallika võimsuse piirist alates 5 MW, millest lähtuvad heitsoojuse kogused võivad pakkuda huvi kas kaugküttevõrkudele või muudele peamiselt madalatemperatuurilist heitsoojust potentsiaalselt kasutada võivatele ettevõtetele (katmikalad (aiandid), kuivatid, kala- ja vetikakasvatus jm).

### Järeldused

1. Kõrge ja keskmise temperatuuriga heitsoojust on elektri jaamad, SEK jaamad ja kaugkütte ettevõtted kasutanud juba nõukogude ajal. Kaugkütte kui kütmissviis ongi ajalooliselt tekkinud heitsoojuse kasulikuks ära kasutamiseks (esmakordselt 1877.a Ameerika Ühendriikides, Lockportis, New York'i osariigis).<sup>29</sup>

2. Üksikute juhtudel on ettevõtete heitsoojuse kasutamine juba rakendunud või võimalik rakendada, kus on heitsoojuse allikas ja selle heitsoojuse parameetrid on sobivad pealevoolu liini edastamiseks, ühtlane ja aastaringne saadavus on garanteeritud ning asub lähedal kaugküttevõrgule (AS Kroonpress Tartus).

3. Heitsoojuse laialdasem kasutamine kaugküttesüsteemides eeldab madalatemperatuurilise kaugküttevõrgu või sesoonse soojussalvesti olemasolu. Olemasolevate kaugküttesüsteemide ümberehitamine on väga pikaldane, kuid potentsiaalselt ühiskonnale positiivne protsess, mistõttu vajaks eraldi detailsemat analüüsi mil viisil oleks võimalik olemasoleva taristu juures võrgu temperatuuri alandamine, tagasivoolutorustikule tarbijate liitmine ning uutes arenduspiirkondades madalatemperatuurilise võrgu rajamine.

4. Eelnimetatud allikaid, mis kõigile tingimustele vastaksid, on vähe.

Nende kasutamine oleks ka kaugkütteettevõtetele seotud riskiga, sest täna heitsoojust edastatavate ettevõtete profiil võib tulevikus muutuda ja ettevõtte ise halbade majanduslike

<sup>29</sup> Kaugkütte.Mugav, tõhus ja soodne. Koostas Ü. Kask. EJKÜ, 2013.

tingimuste korral pankrotistuda. Sel juhul peab kaugkütte ettevõtte ise suutma korvata puudujääva soojushulga (peab hoidma reservvõimsusi, mille kulu arvestatakse soojuse hinda).

5. Tänapäeval enamik kaugkütteettevõtteid ja SEK jaamu juba kasutab suuremal või vähemal määral oma ettevõttes tekkivat kõrge- ja keskmise temperatuurilist heitsoojust. Potentsiaali on enamaks, kuid see pole alati majanduslikult põhjendatav ilma toetusteta.

6. Kasutuseta või veel vähesel määral on kasutatud valdavalt madalatemperatuurilist (alla 100°C) heitsoojust nii tööstusettevõtetes, teenindusettevõtetes kui elamumajanduses. Neis valdav on soojuse taaskasutus hoonesse imetava ventilatsiooniõhu ette soojendamiseks, heitvee soojuse taaskasutus ja tarbevee soojendamine.

7. Seoses ressursitõhususe meetmega (KIK), millest osaliselt (kuni 50% ulatuses) finantseeritakse ettevõtete ressursitõhususe projekte, on hakatud ka heitsoojust kasutama peamiselt ettevõttesiseselt (nt A. le Coq AS Tartus, paigaldas gaasikatlale suitsugaaside kondensaatori ja kasutab heitsoojust hoonete kütteks, ostab vähem maagaasi kui enne investeringut sama koguse soojuse saamiseks)

8. Suuremaid investeringuid heitsoojuse ettevõttest (ka KÜst) välja müümiseks, et see rahuldaks ostja tingimusi, ei ole ettevõtteid veel tasuvaks (ilma tuntavate toetusmeetmeteta) pidanud (v.a Kroonpress AS Tartus).

9. Pärast viimast ELi finantsperioodi (2014-2020) peaks kindlasti korraldama infopäevi ja seminare, kus tutvustatakse heitsoojuse ja üldse energiatõhususe projekte, mida rahastati ressursitõhususe meetmest<sup>30</sup>. Ettevõtete juhtide teadlikkus nii heitsoojuse kasutamise võimalustest kui ka vastavate projektide elluviimise toetusmeetmete alane teadlikkus ei ole veel piisav. Ettevõtete ressursitõhususe meede võiks kindlasti jätkuda ka järgmisel ELi finantsperioodil 2021-2027.

## 5.4 Institutsionaalsed ja õiguslikud küsimused seoses heitsoojuse kasutamise

Tööstusheite seaduse<sup>31</sup> (edaspidi THS) eesmärk on saavutada keskkonna kui terviku kaitse kõrge tase, minimeerides saasteainete heite õhku, vette ja pinnasesse ning jäätmetekke, et vältida ebasoodsat mõju keskkonnale. Inimtegevusest tulenev soojuse otsene või kaudne väljutamine välisõhku, vette või pinnasesse, mis võib kaasa tuua vähendamist vajava mõju keskkonnale, inimese tervisele, heaolule, varale ja kultuuripärandile on saastamine THS § 5 lg 1 mõttes. Välisõhku, vette või pinnasesse otseselt või kaudselt väljutatav soojus on heide tööstusheite seaduse tähenduses, vastavalt THS § 5 lg 3. Tööstusheite seaduses on reguleeritud nt jäätmepõletus- või koospõletustehase loa taotluse esitamise raames eralduva soojuse kohta andmete esitamise kohustus, tehase asukoha valikul jäätmete põletamisel tekkiva soojuse tarnet vajava soojusetarbija või soojustrassi läheduse kriteeriumiga

<sup>30</sup> Keskkonnaministri 28.06.2016 määrus nr 17 „Toetuse andmise tingimused meetmele „Ettevõtete energia- ja ressursitõhusus“.

<sup>31</sup> Tööstusheite seadus. Redaktsiooni jõustumise kp 01.01.2020, hetkel kehtiv.

arvestamise kohustus, samuti kohustus kasutada jäätmete põletamisel või koospõletamisel tekkiv soojus ära võimalikult suures ulatuses (hea näide on Iru Elektrijaam).

Kaugkütteseaduses<sup>32</sup> ega elektrituruseaduses<sup>33</sup> heitsoojust eraldi käsitletud ei ole. Energiamaajanduse korralduse seaduse<sup>34</sup> (edaspidi EnKS) § 2 punktis 27 on heitsoojust nimetatud tõhusa kaugkütte ja -jahutuse mõiste juures, mille kohaselt on tõhus kaugküte ja -jahutus kaugkütte- või kaugjahutussüsteem, mis kasutab vähemalt 50 protsenti taastuvenergiat, 50 protsenti heitsoojust, 75 protsenti koostoodetud soojust või 50 protsenti taastuvenergiat ja heitsoojuse või koostoodetud soojuse kombinatsiooni.

EnKS § 10 lg 1 punktide 3 ja 6 kohaselt koostab ettevõtja tööstusheite seaduse tähenduses käitise tõhusaks koostootmisjaamaks muutmise kulude ja tulude analüüsi, kui kavandab:

- üle 20 MW summaarse nimisoojusvõimsusega ja kasulikul temperatuuril heitsoojust tootva tööstuskäitise olulist rekonstrueerimist või ehitamist;
- olemasoleva soojuselektrijaama olulist rekonstrueerimist selliselt, et efektiivselt kasutada ära lähedal asuva tööstuskäitise heitsoojust.

Konkurentsiametiga konsulteerides saadi kinnitus, et **kehtiva regulatsiooni kohaselt käsitletakse olemasolevasse kaugküttevõrku heitsoojusallika lisamist olemasoleva soojusettevõtja-poolse soojuse ostmisena**. Seega tuleks soojusettevõtjal kõigepealt välja kuulutada soojuse ostu konkurss heitsoojuse ostmiseks (selle lähteülesande annab koostada nii, et tehnilised tingimused ja ostetav kogus ja periood oleksid ette antud). Seejärel kui võitja on selgunud, siis peab soojusettevõtja taotlema uue soojuse hinna, sest kui ta ostab madalama hinnaga kui ta oma tootmise muutuvkulu, siis hind tarbijale peaks mingil määral alanema. See on ühest küljest soojusettevõtjale vastuvõetav, sest suurendab tema konkurentsivõimet ja võib motiveerida liituma uusi tarbijaid, kuid teisest küljest on see seotud riskidega. Kui ettevõtte läheb pankrotti, profileerib oma tootmise ümber, on pikad rikked jms, siis soojusettevõtja peab igal juhul oma tarbijatele soojuse kindlustama. See võib tähendada reservvõimsuste käivitamist ja survet soojuse hinnale. Kui viimane on lühiajaline, siis kannatab soojusettevõtja selle oma kasumi (põhjendatud tulukuse) vähenemise arvel ära.

Praktikas on selles protsessis takistavaid asjaolusid, mis muudavad tulemuse ettearvamatuks ja pikendavad menetlusaegasid. Konkurentsiametil ei ole veel välja töötatud meetodikat, kuidas hakata arvestama kaugkütteeetevõtete heitsoojuse ostusid. Tehniliste tingimuste määramine võib osutuda suhteliselt keerukaks ja üht ettevõtet soosivaks, mis rikuks konkurentsitingimusi. Tööstusliku heitsoojuse kasutuselevõtuks kaugküttevõrkudes võiks luua lihtsustatud tingimused. Kaugkütteeetevõtte võiks ise otsustada selle ostu, kui see osutub majanduslikult kasulikuks. Sisseostetava soojuse hind ei tohiks tõsta soojuse hinda kaugkütte võrgupiirkonnas, seega saab see olla madalam kui kaugkütteeetevõtte muutuvkulude hind (viimase asjakohasus on Konkurentsiameti poolt soojuse hinna kinnitamisel kontrollitud). Kaugkütteeetevõttel on huvi tööstuslikku heitsoojust osta, kui ta saab sellega hoida soojuse hinda stabiilsena või seda alandada, sest see parandab tema konkurentsivõimet turul (tarbijad ei lähe lokaalküttele).

**Eelpoolnimetatud takistused oleks võimalik likvideerida, kui heitsoojuse temaatika kajastada kaugkütteseaduses ja/või sellega seotud määrustes.** Pärast 2012. aastat ei ole kaugkütteseadusesse ega sellega seonduvatesse määrustes enam muudatusi ja täiendusi vastu võetud. Õigusaktide täiendamisel tuleks lähtuda olemasolevatest Euroopa Liidu tasemel kokku lepitud suunistest, millest olulisim on Euroopa Parlamendi ja Nõukogu

<sup>32</sup> Kaugkütteseadus. Redaktsiooni jõustumise kp 01.07.2017, hetkel kehtiv.

<sup>33</sup> Elektrituruseadus. Redaktsiooni jõustumise kp 01.07.2020, hetkel kehtiv.

<sup>34</sup> Energiamaajanduse korralduse seadus. Redaktsiooni jõustumise kp 01.07.2020, hetkel kehtiv.

11.detsember 2018 direktiiv (EL) 2018/2001 taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise edendamise kohta (edaspidi taastuvenergia direktiiv), mille Artikkel 24, eriti lõigetes 4-6, käsitleb kaugkütte- ja kaugjahutussüsteemid kolmandast isikust tarnijate ühendamisest. Lisaks **kohustab taastuvenergia direktiivi Artikkel 24 lõike 4 punkt a liikmesriike, kel on taastuvenergia ja heitsoojuse osakaal kaugküttes ja -jahutuses vähem kui 60% meetmeid rakendama, et tõsta taastuvenergia/heitsoojuse osakaalu vähemalt ühe protsendipunkti võrra aastas. Käesoleva töö Tabel 7.2. andmetel on aasta 2019 andmetel taastuvenergiaallikate osakaal 55,7% ning aasta 2020 andmed puuduvad, kuid näiteks Vabariigi Valitsusele esitatud eelnõu nr 20-0213/01<sup>35</sup> menetluse raames võiks kaaluda minimaalsete meetmetena pädeva asutuse määramist koos piiratud volitustega täiendavate meetmete rakendamiseks. Nimetatud pädev asutus võiks välja töötada ja avaldada ka mittediskrimineerivad ning läbipaistvad kriteeriumid, mille alusel oleks võimalik ühendada heitsoojusallikaid kolmel direktiivis välja toodud juhul (Artikkel 24 lõige 4 punkt b):**

- i) rahuldada uute klientide nõudlust;
- ii) asendada olemasolevat soojus- või jahutusenergia tootmisvõimsust;
- iii) suurendada olemasolevat soojus- või jahutusenergia tootmisvõimsust.

Mida rohkem tekib kaugküttevõrkude jaoks heitsoojuse kasutamise võimalusi (rohkem oleks seda saada suveperioodil), seda kindlamini peaks võtma kasutusele kahe või mitmetariifse soojuse hinna. Kui nt suvel soojuse hinda alandada, siis tarbijad, kellel on sooja tarbevee valmistamiseks elektriboilerid, oleksid rohkem motiveeritud sooja tarbevett võtma kaugküttevõrgust. Loomulikult tuleks selleks taastada (mõnel pool ka ehitada) hoonesisene sooja tarbevee jaotustorustik. **Tarbevee süsteemide korrastamist ja rajamist tuleks täiendavalt toetada. Tulu tõuseks sellest, et saadakse parema kvaliteediga joogivesi, lisaks kasutatakse kaugkütet tarbevee soojendamiseks, tõuseb suvine soojuskoormus, tõhustuks SEK jaamade heitsoojuse kasutus ja ka muude allikate heitsoojus kasutus.**

Puuduvad toetusmeetmed heitsoojuse kasutusele võtmiseks (v.a ettevõtete ressursitõhususe meede, lõpeb 2020). Ilma toetusteta ei pruugi ettevõtete investeeringud heitsoojuse kasutusele võtmiseks olla kulutõhusad. Üldjuhul puudub ettevõtetes vajadus madalatemperatuurilise soojuse järgi. Kui see on olnud tasuv, siis paljudes kohtades on see juba kasutusele võetud, kas pesuvee soojendamiseks, pörandakütte kontuurides või ruumi sissepuhkeõhu ettesoojendamiseks ventilatsioonisüsteemides. Valdavalt jääb heitsoojusest saadud (kasutusele võetud) võimsus alla 1 MW ettevõtte kohta.

## 5.5 Ettevõtete heitsoojuse allikad ja nende heitsoojuse kandjad

1. Suured põletusseadmed (tööstuskatlad – kuumad gaasid, heitaur ja kuum vesi),
2. Tööstusahjud (tsemenditööstuses klinkripõletusahjud, lubjapõletusahjud, tellisepõletusahjud, metallisulatusahjud – kuumad gaasid, klaasisulatusahjud (-vannid) – kuum õhk),

<sup>35</sup> <https://eelvoud.valitsus.ee/main/mount/docList/6c13f124-0fff-4aee-bfd7-febd96816259>

3. Autoklaavid, aurumoodustajad (heitaur),
4. Kuivatid (puidukuivatid – niiske õhk, värvikuivatid – saastunud soe õhk),
5. Külmutus- ja jahutusseadmete kompressorid (soe vesi või soe õhk),
6. Suruõhuseadmete kompressorid – soe vesi, soe õhk),
7. Keedukatlad (heitaur, soe vesi), pastörisaatorid (heitaur, kuum vesi),
8. Jahutus- ja lõõmutuskambrid (kuum või soe õhk),
9. Tuhajahutus (põlevkiviõli tööstus, kuum vesi või õhk)
10. Jahutusvannid (soe vesi, soe õhk),
11. Elektriliste seadmete jahutus, sh serverid (soe õhk),
12. Ventilatsioon (soe õhk),
13. Kanalisatsioonivesi (soe vesi).
14. Reoveepuhastusjaamade heitvee soojus (soe vesi, 8-10°C, potentsiaal Tallinna Vesi AS reoveepuhastusjaamas, Paljassaares),
15. Suurte trafode jahutus (kuum õli või õhk),
16. Serveriparkide jahutus (soe vesi, soe õhk),
17. Kaevandustest väljapumbatav vesi (aasta ringi ühtlase temperatuuriga vesi, 8-10°C, suunatakse SPsse, kus tõstetakse temperatuuri kuni 70°C ja seda kasutatakse nt kasutatakse Kiikla küla kaugküttevõrgus),
18. Prügilates kas küünalpõletis metaani põlemisel tekkinud soojus või biogaasil töötavast koostootmisjaamast saadav soojus, vt eelpool. Kasutamata nt Jõelähtme prügilas).
19. Viljakuivatid (soe ja niiske õhk, töötavad lühiajaliselt)
20. Pesumajad ja keemilise puhastuse ettevõtted (kondensaad, soe vesi või soe õhk).

## 5.6 Heitsoojuse (peamiselt madalatemperatuurilise) kasutamise võimalused väljaspool seda omavaid ettevõtteid

Madalatemperatuurilist heitsoojust (alla 100°C ja kuni ~10°C) saab taaskasutada kas soojusvahetite või soojuspumpade (SP) vahendusel. Järgnevalt on loetletud rakendusvõimalusi:

1. Kõikvõimalikud kuivatid (toiduainete kuivatamiseks, toormaterjali ja värvi/laki kuivatamiseks, väiketarbijatele hakkpuidu kuivatamiseks jms);
2. Lähinaabrite hoonete soojusvarustus (väljaspool kaugküttevõrke). Kas põrandküttekontuuris või ventilatsiooni sissepuhkeõhu ette soojendamiseks ja sooja tarbevee valmistamiseks (viimane vajab vett või muud soojuskandjat temperatuuriga min 60°C, alternatiivina lisasoojendus, nt elektriga (ligionella bakterite hävitamiseks perioodiliselt);



3. Madalatemperatuuriline kaugküte (nt reoveepuhastusjaama heitveesoojuse kasutamine kaugküttes SP-de vahendusel (põhimõtteliselt saaks kasutada ka tavalistes kaugküttevõrkudes, kuid see vajaks kaheastmelist temperatuuri tõstmist);
4. Kasvuhoonete ja muude katmikalade kütmine;
5. Kalakasvatused (vee soojendamiseks kuni 27-28°C);
6. Vetikakasvatus (s.h vedelate biokütuste tootmiseks);
7. Tiheda asustusega linnakeskuste kitsaste tänavate, jalakäijate tänavate, suuremate ristmike ja väljakute soojendamine kaugkütte tagasivoolu liini veega. Katsetusi on edukalt tehtud mitmetes põhjamaade linnades, kus see on osutunud tasuvamaks kui lume äravedu veokitega. Kui kaugküttevõrk töötab taastuvatel allikatel on sellel ka suur positiivne keskkonnamõju, võrreldes lume äraveoga fossiilkütuseid tarvitavate masinatega ja veokitega. Ettevõtmine oleks ka liiklusohutuse seisukohalt oluline, kuna vähendab libedusest põhjustatud avariide arvu.
8. Energiatööstuse ettevõtted (elektrijaamad, SEK-id ja katlamajad) suunavad võimaluse korral elektritootmise kõrvalsaadusena tekkiva heitsoojuse või suitsugaasidest veeauru kondenseerimisel saadava heitsoojuse niigi kõik kaugküttevõrkudesse. Sellele vaatamata on veel reserve energiatööstuse valdkonnas.

## 5.7 Heitsoojuse ligikaudse hulga arvutused

Soojushulk arvutatakse valemiga

$Q = c_p m (t_1 - t_2)$ , J (või  $1 \text{ J} = 0,278 \text{ Wh}$ ), kus

$c_p$  - soojuskandja erisoojus J/(kg K) või J/(m<sup>3</sup> K), sõltuvalt kas soojuskandja on vesi või õhk.

$m$  - soojuskandja mass, kg (võib leida ka soojuskandja kulu kaudu sõltuvalt kas soojuskandja on vesi või õhk ja ühik kg/s või m<sup>3</sup>/s, siis tuleb korrutada veel soojuskandja tihedusega  $\rho$ , kg/m<sup>3</sup>, siis saadakse soojushulk ajaühikus ehk J/s ehk W),

$t_1$  - soojuskandja algtemperatuur, °C, või  $T_1$ , K,

$t_2$  – soojuskandja lõpptemperatuur, °C või  $T_2$ , K.

Näitena võiks tuua reoveepuhastusjaamade heitvee soojuse potentsiaali arvutuse.

Eestis reoveekäitlusega tegeleva vee-ettevõtte 65 reoveepuhastis puhastatakse keskmiselt ööpäevas 345 016 m<sup>3</sup> reovett (125,93 miljonit m<sup>3</sup>/a), Tallinnas ööpäevas keskmiselt 135 708 m<sup>3</sup> ja 2019. aastal 49 669 352 m<sup>3</sup> (Tallinna osakaal on kogu riigi reoveehulgas 39,4%)<sup>36</sup>.

Aasta keskmine minimaalne (talvine) temperatuurivahe on 10-4= 6°C (K). See on SP-sse siseneva heitvee ja SP-st väljuva vee temperatuuri, millega heitvesi keskkonda suunatakse, vahe. Vee erisoojus on ~4,19 kJ/kg K ja vee tihedus ~1000 kg/m<sup>3</sup>.

Teoreetiliselt saadav soojushulk talvise temperatuuri vahe korral oleks järgmine:

<sup>36</sup> Reoveesette käitluse inventuuri teostamine Eestis. PIC eesti AS. Töö on teostatud Keskkonnaministeeriumi tellimisel. Leping nr 2-15-16/691. Tallinn, 2001.

$125\,930\,000\text{ m}^3/\text{a} \times 1000\text{ kg}/\text{m}^3 \times 4,19\text{ kJ}/\text{kg K} \times 6\text{ K} = 3,166\ 10^{12}\text{ kJ}/\text{a} = 3\ 166\text{ TJ}/\text{a}$  ehk 879 GWh/a.

**Suvised ja talvised perioodi kohta kokku ehk aastase kaalutud keskmise temperatuuride vahel 10 K juures võiks Eesti reoveepuhastitelt kokku saada 5 276 TJ/a ehk 1 466 GWh/a heitsoojust.**

## 5.8 Heitsoojuse kasutamise võimalusi ja tehnoloogilisi lahendusi Eestis

Kaugküttefirmades ja nendes ettevõtetes, kes kasutavad niisket puitkütust või maagaasi (ka biogaasi) on võimalik suitsugaaside temperatuuri sellevõrra alandada, et suitsugaasides olev veeaur kondenseerub. Kondenseerudes eraldub soojus, mille saab soojusvaheti abil (suitsugaaside kondensaator, pesur, skraber) kusagil kasutusele võtta. Kaugkütteettevõtetes kasutatakse seda kaugküttevõrgu tarbijate soojusega varustamiseks. See on nn täiendav soojus lisaks sellele, mida nad katlaga või koostootmisseadmega otse toodavad.

Nende seadmete maksumus sõltub täpsemast tehnoloogilisest lahendusest, seadmete tüübist ning tootjatest ja lõpuks turusituatsioonist.

Katlast ja selle järel olevast toitevee eelsoojendist (e ökonomaiserist) väljuvate suitsugaaside temperatuur võib olla keskmiselt 150 °C juures (vahel üle, vahel alla) ja see jahutatakse maha 60-70 °C-ni. Kaugküttevõrgust tagasituleva vee temperatuur peaks olema madalam kui eeltoodud temperatuur ja seda rohkem on võimalik saada soojust ehk kasu, mida madalam on tagastava vee temperatuur. Vesi lastakse soojeneda ligi 90°C-ni, st pealevoolu vee temperatuurini (võimalik ka rohkem, kui pealevoolu temperatuur on kõrgem).

Selliseid seadmeid on paigaldanud paljud kaugkütteettevõtted. Viimati tegi hanke Põrguvälja Soojus OÜ, hakkab hankima ELVESO AS. Suitsugaaside kondensaator (pesur) maksumuse teadasaamiseks tuleb kindlasti välja selgitada ainult selle seadme maksumus ja paigaldamise kulu, sest sageli hangitakse veel midagi, nt elektrifiltrid. Kondensaatorid on ka Kuressaare Soojus AS-il, Utilitas Tallinn AS-il, Fortum Eesti AS-il, Adven Eesti AS-il, Danpower Eesti AS-il jne. Nende seadmete hankimise ja paigaldamisega tegeleb ka Rapla Metall OÜ (ja Tamult Bioenergy OÜ).

Keskonnainvesteeringute keskuse ressursitõhususe meetmest on mõned ettevõtted saanud nt suitsugaaside kondensaatori paigaldamiseks toetust (nt A. le Coq AS Tartus). Mõnedele puidutööstuse ettevõtetele ei antud toetust nt kuivatite heitsoojuse kasutamiseks sissepuhutava õhu ette soojendamiseks. Võiks kujundada heitsoojuse ja soojuse taaskasutuse (ventilatsiooniseadmetes) projektidele ühes alammeetme, mida rahastatakse leebematel või eraldi tingimustel kui teiste ressursside kasutamist.

Teiseks saaks kasutada heitsoojust toiduaine- ja joogitööstuses ning ehitusmaterjalitööstuses, kus on keeduseadmeid ja autoklaave. Seal kasutatakse sageli auru, mille temperatuur on kuni 150 °C ja seda saaks kasutada (ja kasutataksegi suhteliselt sageli) ettevõttesiseselt erineva otstarbega pesuvete soojendamiseks või oma hoonete küttevee soojendamiseks. Näitena võib tuua õlletööstuse (A. le Coq AS, Saku Õlletehas AS). Autoklaave (ja nendest tulevat heitauru) on AS-is Salvest ja Põltsamaa Felix AS-is. Heitsoojust on hästi oma ettevõttesiseselt kasutanud Valio Võru Juustutööstus. Autoklaave kasutatakse ka AS Silikaat telliste tootmises ja Bauroc AS tuhkplokkide tootmises.

Paljud koostootmisseadmetega kaugküttefirmad ja muud ettevõtted kasutavad vasturõhu turbiine, milles lastakse aurul paisuda rõhuni 6 baarist alates (~160 °C) allapoole. Tööstuslik

vaheltvõtt on tavaliselt 6 baari, kuid selliseid ettevõtteid on Eestisse vähe jäänud (nt Silpower AS Sillamäel). Koostootmisjaamades lastakse aurul turbiinis paisuda umbes 1,5-2 baarini (110-120 °C), misjärel see suunatakse kaugkütte soojusvahetisse, kus soojendatakse kaugküttesüsteemis ringlevat vett.

Biogaasijaamades (BGJ) kasutatakse sise põlemismootoreid elektrigeneraatorite käitamiseks. Mootori heitgaaside, mootori jahutussärgis ringleva vee ja õli jahutamises kasutatava vee soojust kasutatakse kaugküttesüsteemides ringleva vee soojendamiseks Aravetel, Vinnis (Vinni Biogaas OÜ), Ilmatsalus ja Oisus (nimetatud BGJd plaanivad üle minna või on juba läinud biometaani tootmisele). Heitsoojust jääb üle Jõelähtme prügilas töötavas soojuse ja elektri koostootmisjaamas (neid jaamu on veel teistes prügilates ja reoveepuhastusjaamades, vt Eesti Biogaasi Assotsiatsiooni kodulehte<sup>37</sup>). See on samuti heitsoojuse kasutamine. Kohtades, kus soojuse ja elektri koostootmises kasutatakse gaasiturbiine, saab samuti turbiinist väljuvate heitgaasidega (kõrgetemperatuuriline heitsoojus ~600 °C ringis) kaugkütte või lokaalküttesüsteemis ringlevat vett soojendada. Gaasiturbiine on Eestis kasutuses väga üksikuid ja kaugküttesüsteemides teadaolevalt veel ei olegi.

### **Biogaasi jaamad Eestis<sup>38</sup>**

#### **Põllumajanduslikel sisenditel töötavad biogaasijaama ettevõtted (5):**

Aravete Biogaas OÜ - soojus kaugküttesse

Oisu Biogaas OÜ - soojus kaugküttesse

Biometaan OÜ – toodavad biometaani, Koksvere, Põhja-Sakala vald ei ole kaugkütet

Vinni Biogaas OÜ – toodavad biometaani – soojus kaugküttesse, 2018

Tartu Biogaas OÜ – toodavad biometaani – soojus kaugküttesse, 2018

Saare Ekonomiks OÜ - Valjala, soojus omatarbeks, ei ole kaugkütet

#### **Reoveepuhastus (4) ja tööstusreovee käitlusjaama (3) ettevõtted, mis toodavad biogaasi:**

Tallinna Vesi AS - biogaasi soojus omatarbeks

Kuressaare Veevärk AS - Kullimäe, soojus omatarbeks

Narva Vesi AS

Tartu Vesi AS

Eastman Specialties OÜ

Salutaguse Pärmitehas

Estonian Cell AS – toodavad biometaani, Kunda lähedal

#### **Prügilagaasi tootmine leiab aset järgmistes ettevõtetes/prügilates (5):**

Paikre OÜ ehk Rääma prügila, Paikuse vald

Tallinna Prügilagaas OÜ (Jõelähtme prügilas), Rebala küla, Jõelähtme vald

Uikala Prügila AS (Uikala prügila) Kukruse küla, Toila vald

Aardlapalu prügila - Uhti küla Kambja vald)

Väätsa prügila - Roovere, Järva maakond

<sup>37</sup> Eesti Biogaasi Assotsiatsioon. Tootmine ja kasutamine. Veebis: /<http://eestibiogaas.ee/tootmine-ja-kasutamine/>

<sup>38</sup> Eesti Biogaasi Assotsiatsioon. Tootmine ja kasutamine. Veebis: /<http://eestibiogaas.ee/tootmine-ja-kasutamine/>

Mitmetel korteriühistutel, kelle elamule on renoveerimise käigus paigaldatud ventilatsiooniõhu soojuse tagastuse süsteemi soojuspump, kasutavad saadavat soojust omatarbeks nt sooja tarbevee soojendamiseks või ka kütteevee soojendamiseks (sel juhul võtavad kaugküttevõrgust vähem soojust). Samuti on võimalik ventilatsiooni süsteemi heitõhuga soojendada sissepuhutavat värsket õhku soojusvaheti abil.

Mitmed kauplused (kõik uuemad kaubanduskeskused, millest oli üks esimesi Paide Maksimarket), toiduainetööstused ja kalatööstused kasutavad külmutus- ja jahutussüsteemide kompressorite heitsoojust pesuvete või (põranda-)kütteevee soojendamiseks (kui külmkambrid saavad tühjaks, soojendatakse nende põrandaid, et niiskuse kiiremini välja saaks). Reeglina toimub see omatarbeks. Nende süsteemide hinnad ei ole teada.

Eestis on mitmeid plastitööstusi, kus oleks ka võimalik saada heitsoojust kas katmikalades, kuivatites või isegi kaugküttesüsteemides kasutamiseks. Kahjuks asuvad need ettevõtted üldjuhul kaugel kaugküttevõrkudest (v.a Estiko Plastar AS Tartu linnas) ja lähedal pole ka katmikalasad ja kuivateid.

Saetööstused ja teised, kes kasutavad puidukuivateid on hakanud neist väljuva heitõhu soojust kasutama kuivatitesse sissepuhutava õhu täiendavaks ettesoojendamiseks.

Spaade ja veekeskuste omanikud, kes kasutavad suuri soojustagastitega ventilatsioonisüsteeme saavad lisaks õhus oleva niiskuse kondenseerimisest täiendavat soojust, kui kasutavad vastavaid soojusvaheteid (Energent, Zehnder jt). Soojendatakse ette väljast sisseimetavat värsket õhku.

Mõnedes ujulates ja spaades kasutatakse soojusvaheteid reovee soojuse ülekandmiseks külmale veele, mis edasi juhitakse sooja tarbevee soojusvahetisse (nt Tabasalu ujula, Harku vallas). Toimub kaheastmeline sooja tarbevee soojendamine.

## **Heitsoojuse kasutamise probleeme Eestis**

Allpool esitatud probleemid on kaardistatud vestlustes ja intervjuudes Eesti kaugküttefirmade juhtivtöötajatega.

**Heitsoojuse sesoonsus ja saadavuse pidevus.** Üle jääb soojust eriti suveperioodil, kui kaugküttevõrgus (KV) on endalgi soojust piisavalt. Eriti ebasobiv oleks suvel soojust sisse osta kui võrgus töötab koostootmisjaam (SEK). See vähendaks soojuste koormust ja koostootmisjaama saab toota ka vähem elektrit, kasutegur langeb. Kui SEK seadet poleks ja soojuste tootmine toimiks fossiilkütuste baasil, oleks küll igasugune heitsoojus KV-sse teretulnud ja see võib olla kasulik ka biokütuste korral, kui katla järel pole suitsugaaside kondensaatorit (skraberit). Kõige tulusam oleks kui sisse ostetava heitsoojuse kogus kataks täielikult suvise soojuskoormuse. Sel juhul saaks katlamaja seadmed seistada selleks perioodiks. Selliseid kohti töö autorid ja intervjueritavad ei tea Eestis olevat, sest suvine soojuskoormus puudub väga paljudes kohtades. Ühest küljest on õige väide, et elektriboilerid on KV tarbijate juures kaugkütet mitte soosivad ja sageli CO<sub>2</sub> mahukad kasutamisel. Üheks kohaks on Kiviõli linn, kus Kiviõli Keemiatööstus OÜ varustab linna generaatorgaasi baasil toodetava soojustega, mis on tootmisjäak ja heitsoojust on piisavalt, millega saaks tarbijaid aasta ringi varustada. Kui aga põlevkiviõli tootmine lõpeb, mistahes põhjusel, siis saab linna kütta ainult maagaasiga (see võimalus on Kiviõli Soojus AS-il olemas).

**Heitsoojuse maksumus.** Kaugkütteeettevõtte saab (talle on majanduslikult mõistlik) heitsoojust osta hinnaga, mis on väiksem kui nende tootmise muutuvkulu komponent, nt puitkütuse katlamajade korral võib see olla tänasel päeval hinnanguliselt 20-25 €/MWh.

Kui heitsoojuse hind on madalam kui mingil kütusel toodetava soojuste hinna muutuvkulude komponent, siis tasub soojusettevõtjal osta heitsoojust. Kui kütuse hinnad tõusevad, siis

tasuvus paraneks ja saaks kõrgema hinnaga heitsoojust osta. Eriti tuleks mõelda heitsoojuse kaugküttevõrku ostmisele nendel soojusettevõtjatel, kes toodavad soojust kütteõlidega või mistahes fossiilkütustega. Heitsoojuse ostmine oleks soojusettevõtjale ka mainekujunduse meede. Heitsoojuse ostmist ja edastamist reguleeriks Konkurentsiamet nagu praegugi: soojuse hinda on vaja muuta kui kütuse hind nt odavneb või saab muuta kui kallineb.

**Heitsoojuse allika liitmine kaugküttevõrguga.** Kroonpress AS oli juba enne, kui ta hakkas soojust Tartu kaugküttevõrku edastama ühendatud KV-ga. Praeguses olukorras ta kord müüb võrku kord ostab, st soojus liigub ettevõtte ja kaugküttevõrgu vahel vastavalt võimalusele ja vajadusele. Kui mingi ettevõtte sooviks liituda alles KV-ga tuleks tal teha investeeringuid oma ettevõtte territooriumil (soojusvaheti või soojuspump, automaatika, soojuse mõõtesõlm, torustik ja pumbad jm) ning KV peaks rajama kinnistuvälise torustiku. Kõik sõltub investeeringute maksumusest, saadavast tulust ja tasuvusest, täpselt nagu iga teine investeering. Ettevõtted ei taha reeglina teha investeeringuid mille tasuvus ületab 3 aastat vahel kuni 5 aastat. Kui ettevõtte saab anda soojust KV ettevõttele sesoonselt ja muutuv mahus, siis ei pruugi see talle kunagi tasuv olla ja niisama meeldimise mõttes ei võta seda keegi ette.

**Sõltumine ühest suurest heitsoojuse allikast** (nt Kiviõli Keemiatööstus OÜ, Kunda potentsiaalselt KNCst või Estonian Cell'ist jm. (alates 2020. aasta kevadest KNC ei põleta enam klinkrit ja sellest protsessist heitsoojust ei saa) on äärmiselt riskantne.

Nagu näha on probleeme kuhjaga ja need ei ole ilmselt veel kõik. Üks oluline aspekt on see, et KV peaks olema madala temperatuuriline, et üldse hakata suuremas mahus heitsoojust vastu võtma. Heitsoojus tuleks suunata pealevoolule, mitte tagasivoolule, sest viimane halvendaks KV ettevõtja käidu tõhusust. Lahendamist vajavaid aspekte, mida võiks loetleda, on veel: kes investeerib heitsoojuse parameetrite (temperatuur ja rõhk) sobivaks muutmise ja heitsoojuse allika ühendamisse kaugküttevõrguga, kuidas oleks tagatud konstantne või (tunniks või paariks) ettemääratud graafikuga heitsoojuse edastamine KV-sse, keda välja lülitada või kelle heitsoojuse voogu piirata, kui soojust ei ole KV-s vaja. Palju probleeme võiks lahendada sesoone soojussalvesti rajamisega, kuid soojusettevõtja poolt ettenähtud parameetritega soojust peaks allikas igal juhul kindlustama.

## 5.9 Soovitused ja lahendused heitsoojuse kasutamise probleemidele

1. Heitsoojuse sesoonsust vältida ja saadavuse pidevust kindlustada aitaksid kõige paremini hooajalised soojussalvestid. Seni on nende rajamine olnud majanduslikult mittetasuv, kuid teatavate toetusmeetmete disainimine võiks aidata tasuvust parandada. Suured sesoonsed soojussalvestid oleksid mõeldavad siiski suhteliselt suurtes kaugküttevõrkudes ja nendes, kus on ka soojuse ja elektri koostootmise plokid või seadmed. Nendes salvestitesse oleks võimalik suunata tööstuslikku heitsoojust otse või soojuspumpade vahendusel.
2. Ettevõtete liitmist kaugküttevõrguga heitsoojuse edastamiseks ja müümiseks võiks samuti toetusmeetmetega motiveerida. Heitsoojuse hind ei saa olla nii kõrge, et kõik kaugküttevõrguga liitmise kulud jätta ainult ettevõtte kanda, kes soovib heitsoojust müüa.

3. Kaugküttevõrku edastatava heitsoojuse maksumus ei ole soojusettevõtjale atraktiivne ja ostmine majanduslikult põhjendatud, kui see ületab olemasoleva soojuse hinna muutuvkulude komponenti. Vastavalt sellel hinnale tuleks disainida toetusmeetmed.
4. Ettevalmistatavasse kaugkütteseaduse muudatusse tuleks viia sisse heitsoojuse mõiste ja selle kaugküttevõrkudes kasutuselevõtmise alused. Vastavalt sellele saab hakata ka Konkurentsiamet soojuse hinnataotluse põhjendatuse kontrollimisel arvestama heitsoojuse ostu mahtusid ja sellest tulenevat soojuse hinda tarbijatele konkreetses kaugkütte võrgupiirkonnas.
5. Heitsoojuse enamat vastuvõtmist kaugküttevõrkudesse aitaks nende muutmine madalatemperatuurilisteks või esialgu moodustada nn madalatemperatuurilisi saari (arenduspiirkondi). Teema seondub samuti toetusmeetmetega punktides 1 ja 3 ning p.4 nimetatud kaugkütteseaduse muudatustega.
6. Niiskel puitkütusel ja gaasil (maagaas, biogaas jms) töötavatele kateldele tuleks alates võimsusest 1 MW (puitkütusel) ja alates 15 kW (gaasil) paigaldada suitsugaaside kondensaatorid. Viimastel on kaasajal juba suitsugaaside kondenseerimise lahendus sisse ehitatud. Hoonete lokaalkatlamajade ehitamisel ja kaugküttekatlamajade renoveerimisel saaks/tuleks lähtetingimustes nõuda selliste gaasikatelde paigaldamist, millel on olemas suitsugaaside kondenseerimise võimalus. Puitkütusel töötavate uute katlamajade projekteerimisel ja vanade renoveerimisel tuleks juba arvestada suitsugaaside kondenseerimisest saadava lisasoojusega, see väldiks hilisemal paigaldamisel selle, et täiendavat soojust pole kuhugi müüa.
7. Eriti tuleks mõelda heitsoojuse kaugküttevõrku ostmisele nendel soojusettevõtjatel, kes toodavad soojust kütteõldega või mistahes fossiilkütustega (kas kogu mahus või osaliselt). Heitsoojuse ostmine oleks soojusettevõtjale ka mainekujunduse meede ja tema muutmiseks keskkonnasõbralikumaks. See aitab muuta kaugküttevõrku tõhusaks kaugküttevõrguks ja see omakorda võimaldab tarbijate hoonetele energiamärgiste andmisel kasutada madalama väärtusega kaalumistegurit (0,9 asemel 0,65), mis väljendub hoone kõrgemas energiaklassis (nt D asemel C energiaklass).
8. Kõigi kaugküttevõrke omavate asulate (linnad, alevid, alevikud, külad) planeeringutes ja muudes soojusmajandust käsitletavates arengudokumentides peaks olema analüüsitud madalatemperatuurilise kaugkütte rajamise või sellele üle minemise võimalusi ja majanduslikku põhjendatust. Samuti tuleks käsitleda tööstusliku heitsoojuse temaatikat eriti tööstusparkide kontekstis. Madalatemperatuurilised kaugküttevõrgud ja ka madalatemperatuurilisel kaugküttele olevatel hoonetel võiks olla väiksem kaalumistegur kui tavalisel tõhusal kaugküttevõrgul (nt 0,65 asemel 0,4). Täiendada hoonete energiatõhususe määrase vastavat osa. See aitaks kergemini saavutada uute ja renoveeritavate hoonetele vajalikke A ja B (uushooned) ning C energiaklassi (rekonstrueeritavad hooned).

# 6 Kokkuvõte küsitluse ja intervjuude tulemustest

## 6.1 Küsitluse metoodikast ja läbiviimisest

Hõlmamaks käesolevasse analüüsi kõikvõimalikke heitsoojuse potentsiaaliga ettevõtteid võtsid autorid aluseks Maksu- ja Tolliametilt poolt avaldatud Eesti organisatsioonide maksusid ja töötajaid iseloomustavad andmed<sup>39</sup> 2019. aasta III kvartali (133 796 organisatsiooni) ja IV kvartali (138 383 organisatsiooni) kohta. Kitsendamaks valikut organisatsioonidega, millel on suurim heitsoojuse tekkimise väljavaade, piirasid autorid eelnimetatud valiku organisatsioonidega, millel on kas III või IV kvartalis makstud vähemalt 500 000 eurot riiklikke maksusid kokku või tööjõumaksusid ja makseid vähemalt 250 000 eurot kokku, või kelle käive oli vähemalt 2 000 000 eurot, või kus töötas vähemalt 100 töötajat.

Järgnevate EMTAK-i tegevusvaldkonnadega organisatsioonidest jäeti iga tegevusvaldkonna osas valikusse ainult 10 suurima töötajate arvuga organisatsiooni.

- Põllumajandus, metsamajandus ja kalapüük;
- Majutus ja toitlustus;
- Haldus- ja abitegevused;
- Tervishoid ja sotsiaalhoolekanne;
- Haridus.

Organisatsioonide arv, mis jäeti alles järgnevates tegevusvaldkondades on vastavalt 20 ja 5 ning samuti põhines valikutegemine suurimal töötajate arvul:

- Hulgi- ja jaekaubandus; mootorsõidukite ja mootorrattaste remont;
- Haridus;
- Organisatsioonid, mis kuuluvad järgnevate tegevusaladesse;
- Avalik haldus ja riigikaitse, kohustuslik sotsiaalkindlustus;
- Eksterritoriaalsete organisatsioonide ja üksuste tegevus;
- Kodumajapidamiste kui tööandjate tegevus, kodumajapidamiste oma tarbeks mõeldud eristamata kaubad.

<sup>39</sup> Maksu- ja Tolliamet. Tasutud maksud, käive ja töötajate arv. Veebis: <https://www.emta.ee/et/kontaktid-ja-ametist/avaandmed-maksulaekumine-statistika/tasutud-maksud-kaive-ja-tootajate-arv>

Mitteresidentidest organisatsioonid eemaldati valikust täielikult. Nimetatud filtreerimise tulemusena saadi 1213 organisatsiooni. Seejärel täiendasid autorid saadud valikut organisatsioonidega, mille osas on ekspertteadmistele tuginedes oodata heitsoojuse või jahutuse olemasolu. Selleks lisati valikusse organisatsioonid, kellel oli välja antud keskkonnaload saasteainete viimiseks paiksest heiteallikast välisõhku. Nimetatud andmed saadi keskkonnalubade registrist Kotkas<sup>40</sup>, kus on 1302 sellekohast kannet. Kiirendamiseks keskkonnalubasid koondavate andmete kättesaamist laeti avalikust registrist luba saanud organisatsioonide andmed automatiseeritud päringutega (veebirobot). Samuti lisati valikusse organisatsioonide andmed<sup>41</sup>, kellele oli tasuta eraldatud heitekogustega kauplemise EUA ühikuid (20.04.2020 seisuga) ehk 29 organisatsiooni. Lõpuks lisati valdkonnaekspertide teadmistele tuginedes üksikud organisatsioonid, millel võib olla heitsoojus, kuid kes ei pruugi olla eelnevas valikus esindatud, näiteks tööd alustavad andmekeskused.

Valikusse võetud organisatsioonide osas saadeti küsitlus e-postiga, üldjuhul kasutades organisatsiooni äriregistris avaldatud e-maili aadressi. Üldkontaktid korjati creditinfo.ee avalikult kättesaadavatest andmetest kasutades automatiseeritud päringuid (veebirobot). Üksikute organisatsioonide osas asendati või täiendati üldkontakt valdkonna asjatundjatele teadaoleva konkreetselt heitsoojuse temaatikaga tegeleva või sellest enim teadliku töötaja kontaktiga. Lõpuks lisati valikusse järgnevad erialaliidud: Eesti Kütte- Ja Ventilatsiooniinseneride Ühendus, Eesti Soojustehnika Inseneride Selts, Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühing, Eesti Elektroenergeetika Selts. Kokku saadeti küsitlus 1824 organisatsiooni 1856 kontaktile.

## 6.2 Intervjueeritavate ettevõtete kategoriseerimine

Intervjueeritavate ettevõtete leidmine küsitlusele vastanute hulgast peaks katma erineva profiiliga ettevõtteid, näiteks kellelt lähtuvat heitsoojust saaks kasutada erineval otstarbel. Samuti saaks ettevõtteid liigitada heitsoojusallika võimsuse alusel, heitsoojuse koguse alusel või mõne muu tunnuse alusel.

Küsitluse vastanud ettevõtted jagati esmalt allolevateks gruppideks:

1. kellel ei ole enda arvates heitsoojust,
2. kes juba kasutavad või hakkavad ise kasutama tekkinud heitsoojust,
3. kellel on vähesel määral heitsoojust, kuid ei kavatse seda välja müüa ega ise kasutada (tehnilis-majanduslikud põhjused);
4. kellel on märgatavas koguses heitsoojust, kuid ei ole läheduses kasutajat;
5. kellel on märgatavas koguses heitsoojust, läheduses kasutaja ja huvi seda müüa;
6. kes juba müüvad või hakkavad lähiajal kindlale kasutajale müüma.

Edasi tegeleti gruppidega 4, 5 ja 6 ning neid liigitati edasi allolevatesse gruppidesse. Kui grupis 2 on suuri ettevõtteid ise kasutusele võetud suure heitsoojuse kogusega, oleks mõistlik ka nendega rääkida.

<sup>40</sup> <https://kotkas.envir.ee/>

<sup>41</sup> [https://www.keskkonnaamet.ee/sites/default/files/Kliima/jaotustabel\\_art\\_10a\\_seisuga\\_20.04.2020.pdf](https://www.keskkonnaamet.ee/sites/default/files/Kliima/jaotustabel_art_10a_seisuga_20.04.2020.pdf)



Üheks võimaluseks oleks moodustada kolm suuremat ettevõtete gruppi (liiki), lähtuvalt sellest, millisel otstarbel saaks ja oleks mõistlik nende heitsoojust kasutada. Need ettevõtted jaguneksid selliselt, kellelt tekkivat heitsoojust saaks kasutada:

1) elektri tootmiseks (eeldab ühtlast soojuskandja voogu ja temperatuuri vähemalt 300°C. Sobivad sisepõlemismootorite heitgaasid, tööstusahjude heitgaasid ja heitõhk. Elektri tootmiseks saab kasutada saab ORC tehnoloogiat ja vastavaid seadmeid või stirlingmootoreid ja termoelektrilisi muundureid ehk termoelektrilisi generaatoreid, TEG. Viimased kaks on suhteliselt väikese võimsusega, üldjuhul alla 100 kW). Kõrge temperatuurilise soojuskandjaga saaks ka auru tekitada ja seda kasutada kas tööstusprotsessides või aurujõuseadmetega elektri tootmiseks);

2) vee soojendamiseks (tarbevee soojendamiseks min 55°C ni piisab min 60°C heitsoojusest. Mitmesugused pesuveed (nt sööklates, restoranides jm) võivad vajada kuni 80°C soojuskandjat. Kaugküttesüsteemid vajavad aastaringse temperatuurigraafiku järgimiseks 100°C soojuskandjat (mõnel pool saaks ka madalamaga hakkama), kui just ei kasutata temperatuurigraafikut 110/70°C (mõnedes suurlinnades));

3) õhu soojendamiseks (soojuskandja temperatuur võib olla alates 30°C ja soojendatava õhu temperatuurist sõltub, kus seda saaks kasutada. Kasutusvaldkonnad oleksid järgmised: kuivatid, kasvuhooned, värvimisliinid jm. Veel madalama temperatuurilise õhuga, alla 30°C (pole välistatud ka üle 30°C õhk) saaks ette soojendada elu- ja bürooruumidesse antavat õhku või talvel kateldes antavat põlemisõhku, aga ka lintkuivatitesse imetavat kuivatusõhku, mida veel omakorda soojendatakse nt kuuma veega samuti kuivatada hakkpuitu poolavatud hoidlates jms).

Eelnevast lähtuvalt võiks jaotada heitsoojuse (soojuskandja, nt vesi, õhk, aur, õli) selle temperatuuri järgi omakorda kolme kategooriasse:

1. üle 300°C soojuskandja – kõrgtemperatuuriline soojuskandja,
2. 100-300°C soojuskandja – keskmise temperatuuriline soojuskandja,
3. alla 100°C soojuskandja – madaltemperatuuriline soojuskandja.

Teiseks võimaluseks on jagada ettevõtted gruppidesse nende heitsoojusallika võimsuse järgi, kusjuures alla 5 MW võimsusega heitsoojusallikaid omavaid tööstusettevõtteid antud töös ei käsitleta:

- 1) Elamu- ja teenindussektoris oleks kuni 1 MW (soojuspumbad ja soojusvahetid).
- 2) Tööstuses 1-5 MW,
- 3) Tööstuses 5-20 MW,
- 4) Tööstuses üle 20 MW.

Igast grupist (liigist, kategooriast ja üle 5 MW soojusjõuseadmeid omavad ettevõtted) leiti sellised ettevõtted, kellega korraldati täiendavad intervjuud kõigi küsitluse punktide vastuste saamiseks ja kes oleksid võimelised intervjuu raames rääkima kogu grupi eest. Intervjueeritakse maksimaalselt 10 ettevõtet.

## 6.3 Küsitluse ja intervjuude tulemustest üldisemalt

Ettevõtete poolne sisend küsitluse ja intervjuude näol on statistikaandmete, teadus- ja rakendusuuringute kõrval käesoleva uuringu oluliseks allikaks. Küsitluse ja sellele järgnenud intervjuude tulemusena said autorid täiendavaid algandmeid majandusanalüüside ning heitsoojuse kasutamise tulevikustsenaariumite modelleerimiseks.

Käesolevale uuringule tuleks kasuks detailse, ettevõttepõhise kaardistuse loomine, milles oleks kajastatud kõigi soojust ja jahutust tootvate ettevõtete lõikes nende olulisimad näitajad. Viimaste hulka kuuluksid potentsiaalse heitsoojuse kogus, ära kasutamata heitsoojuse hulk, heitsoojuse kasutamise tehniline lahendus või lahendused ning majanduslik potentsiaal. Selliselt kaardistatud ettevõtteid saaks grupeerida majandusharude järgi, heitsoojuse allika (nt katel, mootor, boiler jne), võimsuse, heitsoojuse lahenduse (soojusvaheti, soojuspumbad, suitsugaaside kondensaator, tõhus koostootmine vms), aga ka heitsoojuse võimalike realiseerimiskanalite alusel.

Kuigi küsitlusse kaasati 1824 ettevõtet ja ühingat kokku 1856 kontaktiga, saadi tagasisidet vaid 84-lt kellest 18 kirjeldasid, erineva detailsusastmega, millist tehnoloogiat nad heitsoojuse realiseerimiseks kasutavad. Heitsoojuse lahenduse majandusanalüüsi jaoks vajalikke kulukomponente ja teisi sisendeid oli mingil määral kirjeldanud vaid 6 ettevõtet. Küsimuse tulemuste põhjal intervjuueriti veel ettevõtteid, kuid ka nendest ei olnud mõnedel piisava detailsusastmega ülevaadet.

Statistikaandmetest, mida uuringus kasutati, on ülesehituselt ülekaalukalt detailseim Keskkonnaagentuuri ettevõttepõhine andmestik. Nimetatud andmestiku alusel said autorid käesoleva uurimustöö majandusanalüüsi osa teatud piirideni kujundada valdkonnaspetsiifiliseks (nt: tööstus jne). Kuid nimetatud andmestikus ei esine selliseid näitajaid, mis lubaksid kasutusel olevaid soojusallikaid mõistlikult agregeerida. Andmestikus on olemas heiteallikaid iseloomustavad SNAP koodid. Paraku ei kirjelda need näitajad soojusmajandust.

Järgnevalt käsitleme näitena Keskkonnaagentuuri andmestikus 2018. a andmetes esimesena figureerivat ettevõtet. Avalike andmete alusel seisneb silmaspeetud ettevõtte põhitegevus pabermaterjalide töötuses. Selle EMTAK-i järgseks majandusharuks on „Töötlev tööstus“, põhitegevusalaks aga „Paberi- ja papitootmine“. Selle ettevõtte kõigile heiteallikatele on andmestikus omistatud SNAP kood, mis kuulub gruppi 010103, milleks on „*Public power and co-generation combustion plants*“. Samasse alamgruppi kuuluvad andmestiku kohaselt aga veel selliste ettevõtete heiteallikad nagu aktsiaseltsi Anne Soojus omad ja Enefit Green AS-i omad. Kahe viimatinimetatud ettevõtte EMTAK-i tegevusvaldkond on „Elektrienergia, gaasi, auru ja konditsioneeritud õhuga varustamine“, põhitegevusalaks on „Auru ja konditsioneeritud õhuga varustamine“. Olgugi, et ettevõtted on väga erinevad, on nendele omistatud sama SNAP kood. Eelkirjeldatud olukord, st et heiteallika SNAP koodid ei haaku autoritele teadaolevate soojusallikatega (katlad, boilerid, mootorid jne) või soojusallikate otstarbega (töötlev tööstus, elektri- või põlevkivienergia, kaugküte ja soojus jne) on andmestikus läbiv.

Andmestikus on registreeritud kokku 1088 ettevõtet, kes soojust toodavad või kelle majandustegevuse tulemusena soojust tekib, kuid kes ei ole energiamajanduse ettevõtted. Paljude ettevõtete puhul puudub heiteallikate võimsus (MW). Nimetatud asjaolu tingib, et ei ole võimalik täpselt piiritleda, kui paljudel tööstusettevõtetel on summaarselt olemas soojusvõimsust 5 MW ja enam, mis on käesoleva uurimustöö uurimisobjektiks.

Eelnimetatud andmestiku põhjal heitsoojuse mahtude hindamist takistab nii andmete puudus, kuid ka andmestikus esindatud ettevõtete majandustegevuse mitmekülgsus ja kasutuselolevate tehnoloogiate rohusus. Näiteks intervjueeriti käesoleva uurimustöö raames ühte tööstusettevõtet. Intervjueeritute hulka valiti nimetatud tööstusettevõtte tänu suurele heitsoojuse mahule. Ettevõtte heitsoojuse allikateks on järgnevad:

- alküüditsehhi üldventilatsioon,
- vedeltooraine mahutid,
- üldventilatsioon,
- alküüditsehhi üld- ja kohtventilatsioon,
- alküüdide süntees ja lahjendus,
- tööstusvärvide üldventilatsioon,
- puidukaitsevahendite üldventilatsioon,
- villimisjaoskonna üldventilatsioon,
- dissolverite kohtventilatsioon,
- labori kohtventilatsioon

Kuigi nimetatud soojuse allikad toodavad küllalt suurt hulka heitsoojust ja heitsoojuse realiseerimine on konkreetse ettevõtte puhul täiesti teostatav, ei ole nimetatud ettevõtet lihtne grupeerida. Ettevõttel puudub riiklikult registreeritud heiteallika võimsus.

Käesolev ja teised kirjeldatud praktilised takistused tingivad, et ka kõige detailsemate andmestike alusel ei saa agregeerimist läbi viia. Puudub realistlik võimalus teha automaatne andmekorje, nagu loodeti veebiküsitlusega saada. Intervjuudega koguda kokku puuduolevaid andmeid töötleva tööstuse, teenindussektori, põllumajanduse, energiamajanduse jne kohta ei ole realistlik arvestades ettevõtete arvu.

Eelkirjeldatud põhjustel ei osutunud käesolevas uurimustöös võimalikuks luua detailne ettevõttepõhine kaardistus heitsoojusest nende ettevõtete osas, mis tiheda riikliku regulatsiooni alla ei kuulu.

## 6.4 Kokkuvõtte küsitluse ja intervjuude tehnilise osa tulemustest

Tehnilise valdkonna küsimused olid järgmised:

1. Kas teil tekib soojuskandja (aur, soe vesi, kuum õhk jm) kaudu heitsoojus?
2. Milline on teie heitsoojuskandja temperatuur, °C?
3. Milline on teie heitsoojusallika maksimaalne võimsus, MW?
4. Kui suur on teie heitsoojuse kogus, MWh/a?
5. Kui suurt osa heitsoojusest kasutate sisetarbeks, MWh/a?
6. Kui suurt kogust heitsoojust kasutate müügiks, MWh/a?
7. Kui suur oleks teie heitsoojuse potentsiaalne kogus, MWh/a? Kas näete, et heitsoojust tekib tulevikus teile juurde?
8. Kas ja millisesse kaugküttevõrku edastate heitsoojust?
9. Millisesse kaugküttevõrku võiksite potentsiaalselt heitsoojust edastada?
10. Kui kaugel on teie ettevõtte lähim kaugküttevõrgu võimalik liitumispunkt

11. Kas on võimalik kasutada heitsoojust tööstusprotsessis nii kõrvaltootmises kui ka uusarenduses?

12. Kas oleks võimalik kasutada heitsoojust väljaspool ettevõtet, nt katmikalal, kuivatis jm?

Küsitlus toimus veebipõhiselt Netigate'i keskkonnas. Küsitlusele vastas 84 organisatsiooni (4,6% küsitluse teate saanutest) ning küsimustele vastajate seas oli mitmesuguseid energeetika-, kaugkütte- või tootmisettevõtteid. Tehnilise osa küsimustele jätsid üldse vastamata 7 ettevõtet (nende seas ka AS Tallinna Vesi, kellega hiljem viidi läbi intervjuu ja kelle kohta arvatati heitveest saadav heitsoojuse tehniline kogus). Ainult esimesele küsimusele vastasid kas jah või ei 17 ettevõtet, kuid samas jätsid muudele küsimustele vastamata. Paljud vastasid tehnilise osa küsimustele ja enam-vähem ammendava vastuse saatsid 21 ettevõtet. Küsitluse tehnilises osas vastamata jätmist või lünklikku vastamist põhjendati teadmiste või kogemuste puudumisega heitsoojuse kasutamiseks ja vastavate lahenduste osas. Võimalik, et küsitlusleht ei sattunud alati ettevõtte vastava ala kõige pädevamatele inimestele või olid nad muude tegemistega liigselt hõivatud.

Ettevõtete seas (22 ettevõtet) kelle heitsoojuse potentsiaali eksperdid hindasid kasutusväärseks ja need kelle soojuskasutavate seadmete võimsus algas 1 MW-st või, kes oskasid nimetada mingi heitsoojuse koguse väärtuse (MWh), korraldati eraldi intervjuud. Nendelt püüti saada vastused (ja saadigi) ka neile küsimustele, millele nad olid veebiküsitluses jätnud vastamata.

Esines kolm põhilist seisukohta:

- meil ei ole sellises koguses heitsoojust, et selle kasutamist veel oluliseks pidada või kui tekib, siis selle kasutuselevõtmine oleks kallid ja ei ole ettevõtte seisukohast primaarne (valdav enamik);
- me juba kasutame heitsoojust oma ettevõtte siseselt ja välja müümiseks ei jätku või tarbijad jäävad kaugemale;
- me saame heitsoojust oma protsessidest ja juba müüme seda (need kes omasid soojuse ja elektri koostootmise seadmeid ja/või suitsugaaside kondensaatoreid). Need olid kaugkütte ettevõtted ja SEKid.

Küsitletud tööstusettevõtete hulgas ei olnud neid, kes oleksid olnud huvitatud heitsoojuse müümisest väljapoole ettevõtet, sest investering on suur ja tulu väheldane (tasuvus väga pikk). Enamus küsitletud tööstusettevõtetest asus ka kohtades, mis jäävad asulate kaugküttevõrkudest sellisesse kaugusesse, mis muudaks soojuse müügi mittetasuvaks (kõrged kapitalikulud). Mitmetel ettevõtetel on kavas hakata kasutama heitsoojust firma siseselt, kui tegevusalad ja tootmine laienevad. Mõnel olid uued arendusprojektid valmimas, milles pidavat käsitletama ka heitsoojuse aspekti. Suitsugaaside kondenseerimisest saadava heitsoojuse kasutusele võtmisest tarbijatele müümise eesmärgil on mõelnud peaaegu kõik kaugküttefirmad, kes kasutavad niisket puitkütust või maagaasi. Palju sõltub kaugküttevõrgu soojuskandja parameetritest ja täiendava soojuse vajadusest ning katelde võimsusest (alla 5 MW niiskel puitkütusel töötavatele kateldele ei olda üldjuhul valmis heitsoojuse kogumise seadmeid paigaldama. Suuri sesoonseid soojussalvesteid ei olda veel majanduslikel põhjustel valmis rajama.

Kui uuel ELi finantsperioodil tuleb vastavaid toetusmeetmeid, siis kahtlemata hakatakse rohkem mõtlema heitsoojuse kasutusele võtmisele nii oma ettevõttes kui ka välja müümiseks naabruses olevatele tööstusettevõtetele või kaugkütteettevõtetele.

## 6.5 Kokkuvõtte küsitluse ja intervjuude majandusliku osa tulemustest

Küsitlusele vastas 84 organisatsiooni (4,6%) ning küsimustele vastajate seas on mitmesuguseid energeetika-, kaugkütte või tootmisettevõtteid. Majandusliku potentsiaali analüüsi sisendi saamiseks mõeldud küsitluse osale jätsid siiski paljud ettevõtted vastamata. Nõrka osalemist majanduslikus küsitluses põhjendati kogemuste puudumisega heitsoojust kasutavate lahendustega.

Küsitluse tulemustest selgub, et kui heitsoojust üldse ära kasutatakse, siis tarvitatakse see eelkõige ettevõtte siseselt, mis tihti jätab palju heitsoojust kasutamata. Küsitluses osalenutest 31 ettevõtet vastas siiski, et nad heitsoojust ettevõtte siseselt ei tarbi. Ülejäänud ettevõtted esitasid erinevaid hinnanguid ettevõttesisese jääksoojuse ärakasutamise määraadele. Märksa väiksem osa ettevõtteid (3) olid need, kes müüsid heitsoojust. Nimetatute hulgas oli näiteks koostootmisjaamade omanikud. Klientide hulgas, st kellele heitsoojust realiseeriti, olid asulad, st kaugkütte ettevõtte kliendid.

Küsitluse ja küsitlust täiendanud intervjuude tulemustest nähtuvalt nägid ettevõtted heitsoojuse väljamüügi suurimaks võimaluseks selle edastamist kaugküttevõrku, kuid osadele ettevõtetele jäi see keeruliseks (ja kalliks) kaugküttevõrgu liitumispunkti kauguse tõttu. Nagu tõime juba eelnevalt välja, osutus enim nimetatud heitsoojuse ärakasutamise võimaluseks ettevõtte sisene kasutamine, mis väljendus kas vee või õhu soojendamises ning mis võimaldas säästa kütustelt, mis olid kas mittefossiilsed (nt puit), kuid ka fossiilsed (nt maagaas, kütteõli), ning mida heitsoojuse puudumisel oleks pidanud soojendamiseks kasutama.

Ettevõtete seas, kes soojust kaugkütteks toodavad, oli üks, kes tõi välja, et soojuse reguleeritud hinnakujundus ei luba nimetatud kulude vähenemisest tootjal lisatulu teenida. Üks ettevõtte, kes täiendas oma vastuseid intervjuu käigus tõi välja, et majanduslikult ei tasu nende puhul ära ükski teadaolev heitsoojuse kogumise lahendus ning ettevõtte saaks heitsoojust hoopis vähendada soojust toodavate seadmete moderniseerimise tulemusel, või teha midagi heitsoojuse kasutamise tõhustamiseks kui peaks avanema mõni soodne riiklik finantsmeede.

Kuigi 18 vastanut kirjeldasid, erineva detailsusastmega, millist tehnoloogiat nad heitsoojuse realiseerimiseks kasutavad, on selle maksumust või mingeidki kulukomponente kirjeldanud vaid 6 ettevõtet. Et saada ulatuslikum pilt heitsoojuse kasutusele võtmise majanduslikust olukorrast, korraldasid töö autorid intervjuud erineva heitsoojuse kasutamise küpsusastmega tööstusettevõtetes (Tabel 6.1).

**Tabel 6.1. Heitsoojuse ärakasutamiseks vajalikku algset investeeringut kirjeldanud ettevõtete andmed küsitluse ja intervjuude liidetud andmete alusel<sup>42</sup>**

Organisatsioon	Tüüp	Kasutamise võimalused	Eluiga	Kogus, MWh/a	Investeeringu maht, tuhat €	Alginvesteeringu suhe esimese aasta heitsoojusekoguse ühiku kohta, eur/MWh (sulgudes aasta kohta keskmiselt)
Äriühing	Tööstus	V,Õ,O,K	10	1000	300	300 (30)
Äriühing	Energeetika/kaugküte	V,O	15	4500	750	166,6 (11,1)
Äriühing	Põllumajandus	V,K	10	660	80	121,2 (12,1)
Äriühing	Tööstus	V,Õ,O,K	15	1000	200	200 (13,1)
Äriühing	Energeetika/kaugküte	O	15	33900	2500	73,7 (4,9)
Äriühing	Tööstus	V, Õ, O	25	450	54	120 (4,8)
Äriühing	Kaugküte	V, K	15	10500	700	66,6 (4,4)
Äriühing	Kaugküte	V, K	15	11000	740	67,2 (4,5)
Äriühing	Tööstus	V, Õ, O, K	Andmed puuduvad	Andmed puuduvad	Andmed puuduvad	Andmed puuduvad
Äriühing	Tööstus	Õ, O	Andmed puuduvad	Andmed puuduvad	Andmed puuduvad	Andmed puuduvad
Äriühing	Veevärk	V, Õ, O	Andmed puuduvad	Andmed puuduvad	Andmed puuduvad	Andmed puuduvad

**Lühendid:** V – vee soojendamine, Õ – õhu soojendamine, O – omatarbeks, K - kaugkütteks

Küsitlusest ja küsitlust täiendanud intervjuudest selgus, et kaugkütte ettevõtted on tõenäoliselt parimas positsioonis heitsoojuse ärakasutamisel ja isetasuvad, seda siis kõige madalamate kulude tõttu. Investeering 1 MWh heitsoojuse ärakasutamiseks oli nimetatud ettevõtetel suurusjärgus 60-80 eurot, samal ajal kui tööstusettevõtetel oli see 120-300 eurot. Kaugkütte ettevõtetel olid ka head väljavaated saada heitsoojuse ärakasutamise kaudselt tulu. Vasturõhu turbiini või ORC seadme SEK jaamades kasutatakse soojuse kaugküttevõrku suunamiseks ja kaugkütevee soojendamiseks soojusvaheteid. Nimetatu tõttu on võimalik kas suurendada müügitulu – juhul, kui lisanduvale soojusele on kliente - või vähendada toodetud soojuse hulka kinnipüütud heitsoojuse võrra. Kuigi viimane ei ole otsene müügitulu väljendub see kütusekulu vähenemises, milleks külmemal ajal on kaugkütte ettevõtetes mõnikord lisaküttena kasutatav maagaas, või siis saab vähendada põhikütuse kasutamist, milleks on näiteks puitpõhised kütused (nt hakkpuit).

<sup>42</sup> Andmeid on kahe vastanu osas, kes esitasid prognoositud andmed, mis on eksperthinnangu alusel korrigeeritud.

Sõltuvalt tehnoloogiast ja sektorist said tööstusettevõtted näiteks suitsugaasidest kinni püütud heitsoojust kasutada ära kas ettevõtte siseselt või siis üritada leida sellele väliseid realiseerimise võimalusi. Vähendada kinni püütud heitsoojuse koguse võrra soojusallika võimsust ei olnud nendel sama lihtne nagu eelkirjeldatud kaugkütte ettevõtetel. Seetõttu, lisaks sellele, et tööstusettevõtete investeering ühe ühiku kohta oli 3 – 5 korda kõrgem, oli nendel keeruline leida lahendus tulu saamiseks või kütuse/energia kulu vähendamiseks.

# 7 Kütte- ja jahutusnõudlus

Vastavalt Euroopa Komisjoni 4. märts 2019 delegeeritud määruse (EL) 2019/826 I lisa osa „VIII lisa muudatused“ punktile 4 kirjeldati kütte ja jahutuse nõudluse suundumusi järgmise 30 aasta perspektiivis gigavatt-tundides, võttes arvesse eelkõige järgmise 10 aasta prognoosi, hoonete ja eri tööstussektorite osas toimuda võivaid muutusi ning nõudluse juhtimisega seotud meetmete ja strateegiate mõju, nt direktiivi (EL) 2018/844 kohaste pikaajsete hoonete renoveerimise strateegia (käesolevas töös viidatud REKS).

Kütte ja jahutusnõudluse hindamiseks ja prognoosimiseks saab lähtuda Eesti Statistikaameti (ESA) Energeetika andmebaasis olevatest andmetest ja mõnedest varem koostatud soojuse kasutuse tulevikuprognoosidest.

Viimase kohta on suhteliselt põhjalik analüüs koostatud 2013. aastal Arengufondis tehtud uuringus „Kaugkütte energiasääst“. Eri meetmete rakendamisel saadav soojuse tarbimise vähenemine on esitatud tabelis 7.1.

**Tabel 7.1. Kaugkütte säästupotentsiaal, GWh** <sup>43</sup>

Energiasäästu tegevus	Säästupotentsiaal, GWh
Hoonete kompleksne renoveerimine	1 380
Soojuse tootmise moderniseerimine	137
Kaugküttetorustike renoveerimine	542
<b>Kokku</b>	<b>2 059</b>

Eelnimetatud uuringus on esitatud samuti prognoos pikemaajalise soojustarbimise kohta. Võttes arvesse seda, et liigutakse energiasäästlikumate lahenduste poole ja renoveeritakse hooned, tõhustatakse ja moderniseeritakse tootmist, siis eeldatavasti tulevikus näeme soojuse tarbimise olevat languses.

Kaugküttepiirkondade tarbimise prognoos kuni aastani 2050 on toodud tabelis 7.2.

**Tabel 7.2 Kaugküttepiirkondade tarbimise prognoos aastani 2020, GWh**

Aasta	Tarbimine, GWh
2011	6 537 (ESA andmetel, soojuse tarbimine kaugküttes)
2012	4 600
2016	6 650 GWh (ESA, Kaugküttes müüdüd soojus sisaldab ka mitte elamumajanduse tarbijaid, vt Tabel 10.1)
2019	2 269,4 GWh (EJKÜ andmed, hõlmab umbes 90% toodetud soojusest)

<sup>43</sup> Kaugkütte energiasääst" Arengufondi uuring, 2013.



Aasta	Tarbimine, GWh
2019	5 401,7 GWh (ESA, soojuse tegelik lõpptarbimine ehk tarbijatele müüdud soojus, s.h, mida müüakse otse tööstusele, vt Tabel 10.2) Kõikide kaugküttevõrkude tarbijad - 4 593,8 GWh (2557,1 GWh ehk 55,7% taastuvatest allikatest)
2020	4 186 (60% taastuvatest allikatest)
2030	4 025 (75% taastuvatest allikatest)
2050	3 703 (100% taastuvatest allikatest)

**Märkus:** punasega kirjutatu ei olnud Arengufondi uuringus olevas tabelis. Taastuvate allikate kasutamise osakaal aastatel 2020-2050 on käesoleva töö autorite hinnang.

Tabelis 7.2 olevad musta ja punasega toodud soojuse tarbimise arvulised väärtused ei ole omavahel hästi võrreldavad. Musta värviga väärtused esindavad kaugküttepiirkondade tarbimist (kõigis omavalitsustes, kus esines kaugküttevõrke, ei olnud 2012. aastal kaugküttepiirkondi kehtestatud, kuid enamikes küll oli). Olulisem on näha soojuse tarbimise vähenemist tänu kõikkõimalikele tootmise ja edastamise tõhustamise ning tarbimise säästu meetmetele.

Samas töös oli toodud, et ESA andmetel oli 2011. aastal soojuse tarbimine kaugküttes 6 357 GWh (s.t tarbijatele müüdud soojus) ja kogu tarbimine 8 168 GWh ja kogu tootmine 9 134 GWh (vahe 9134-8168= 966 GWh on kadu).

Murettekitavam on Statistikaameti suund, et edaspidi kogutakse ja analüüsitakse vaid neid energeetika valdkonna andmeid, mida nõuab EUROSTAT. See tähendab, et soojusmajanduse valdkonnas saame teada ainult soojuse tegeliku lõpptarbimise, mis tähendab seda soojust, mis on tarbijatele müüdud (ESA tabelid KE0240, energiabilanss kütuse või energia liigi järgi, teradžauli, KE0230: energiabilanss kütuse või energia liigi järgi). Tarbijateks võivad olla kõik kaugküttevõrkude tarbijad, olenemata tegevusalast (tööstus, teenindus, elamumajandus jt), kuid ka need ettevõtted, kes ostavad soojuse nende endi (või tootjale kuuluvate) soojusjõuseadmete baasil käitava/tootva ettevõtte käest. Näiteks võib tuua soojusettevõtja, kes omab või rendib katlamaja või SEK jaama mõne ettevõtte territooriumil ja müüb talle soojust).

Praegu juba näeme, et mitmed huvipakkuvad ESA energeetika valdkonna andmerekad lõpevad juba 2016. aastal, aga ka hiljem (nt KE044: katlad (katlamajad ainult); 2018, KE06: kütuste tarbimine, tm, GWh; Kasutatud kütused soojuse tootmiseks kokku, KE024: energiabilanss, TJ/GWh); Kasutatud kütused soojuse tootmiseks kokku, KE024: energiabilanss, TJ/GWh); Soojuse tegelik lõpptarbimine ja s.h kodumajapidamises, KE023: energiabilanss, GWh); Soojuse lõpptarbimine, KE04: soojuse bilanss, 2016); Energia ja soojuse tarbimine, KE05: energia lõpptarbimine (v.a kütuse tarbimine mitteenergeetilisteks vajadusteks, kaod transportimisel, hoidmisel ja jaotamisel).

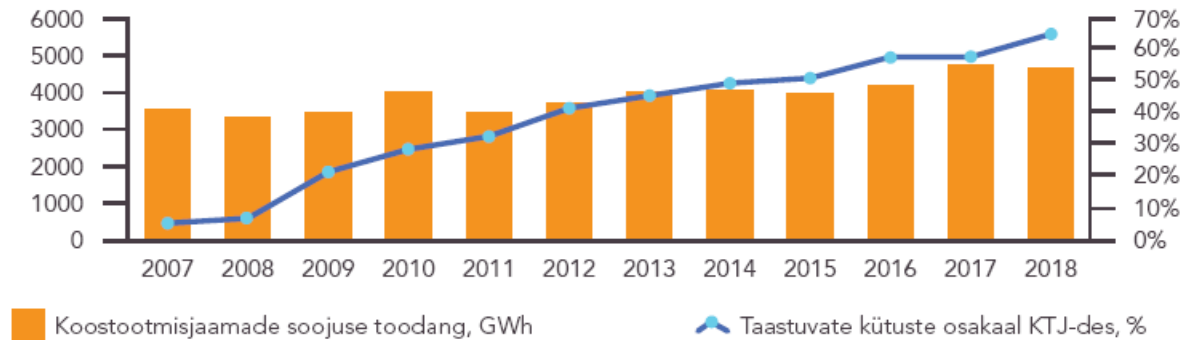
Veel üheks allikaks, kus on käsitletud soojuse ja taastuvate energiaallikate tootmist ja kasutamist on Eesti taastuvenergia Koja aastaraamat(ud).

2019. aasta kogumiku<sup>44</sup> andmetel on taastuvenergia osakaal energiatarbimisest Eestis, Eurostati viimastele andmetele tuginedes, 30%. Taastuvelektrit toodeti 2019. aastal võrku 1 970 GWh, mis moodustas 21% elektrienergia lõpptarbimisest. Lisandunud taastuvenergia tootmisvõimsuste poolest tõusevad teist aastat järjest esile päikeseelektrijaamad, mida möödunud aastal (2019) liideti võrku 78,72 MW jagu. Suurematest tootmisüksustest alustas

<sup>44</sup> TAASTUVENERGIA AASTARAAMAT, 2019. Eesti Taastuvenergia Koda

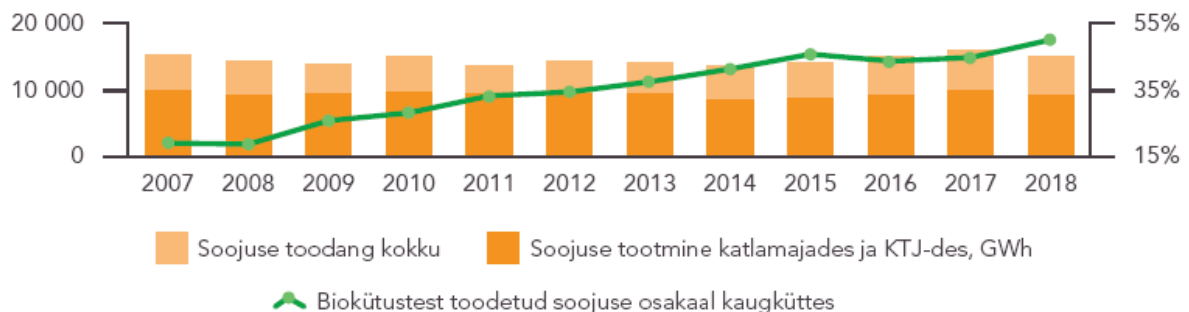
tootmist 10 MWel ja 47 MWth võimsusega Mustamäe soojuse ja elektri koostootmisjaam Tallinnas, mis kasutab kütusena peamiselt biomassi (niiskeid puitkütuseid).

2019. aasta kogumikus on nenditud, et viimastel aastatel on Eestis aktiivselt investeeritud kodumaiste- ja taastuvatest allikatest toodetud kütuste osakaalu suurendamisse. Taastuvkütuste kasutamine koostootmisjaamades soojuse tootmiseks on viimase kümne aasta jooksul jõudsalt kasvanud, ulatudes viimastele andmetele toetudes 2018. aastal 66%-ni (Joonis 7.1).



**Joonis 7.1. Taastuvatest kütustest toodetud soojuse osakaal koostootmisjaamades, allikas: ETEK**

Kogumiku koostajate andmetel ei ole Eesti senini saavutanud Euroopa Liidu 2020. aastaks seatud koostootmise eesmärki. Selle kohaselt peaks koostootmisjaamades toodetud elektri osakaal olema 20% brutotarbimisest. 2018. aasta lõpu seisuga on see 14,4% - viimase kaheksa aasta jooksul on see kasvanud minimaalselt (Joonis 7.2). Koostootmise laiem kasutuselevõtt on oluline primaarenergia säästmise võimalus ka Euroopa Liidu energiatõhususe direktiivi eesmärkide täitmisel.



**Joonis 7.2. Taastuvkütuste osakaal kaugküttes ning kaugküttele tarbeks toodetud soojuse osa kogutootmisest (Statistikaamet, ETEK)**

Üha enam katlamaju ja koostootmisjaamu on üle minemas taastuvatele kütustele. ESA viimastel andmetel oli 2018. aastal taastuvenergia osakaal kaugküttes 50%. See protsent on aastate jooksul oluliselt kasvanud (vt Joonis 7.2, roheline joon). Taastuvtoormest valmistatud kütus on üle 95% niiske hakkpuit. Mida enam kasvab niiske hakkpuidu kasutus, seda suuremaks kujuneb ka suitsugaaside kondenseerimisel saadava heitsoojuse osakaal. Seda suurendab ka gaaskütuste kasutamise suurenemine. Soojuse tootang kogu riigis kokku ei ole aga viimase 12-13 aasta jooksul märkimisväärselt muutunud, mõne protsendine languse tendents on hoomatav.

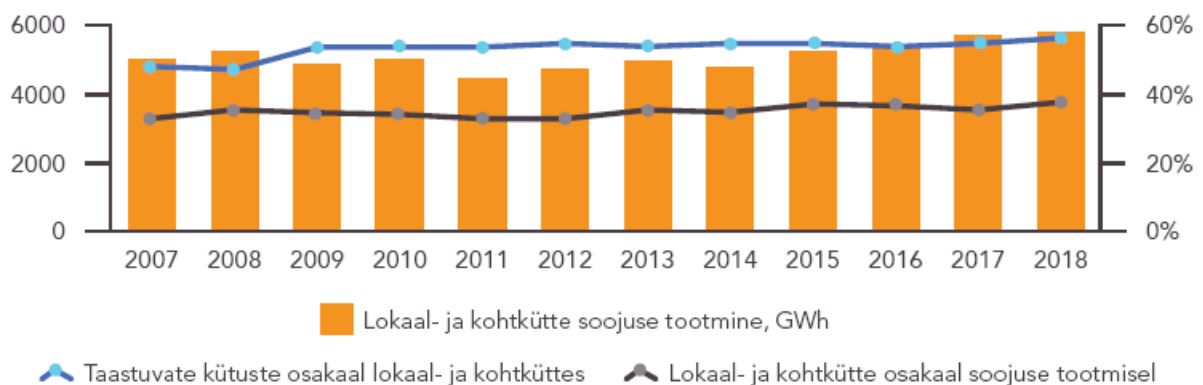
Järgnevatel aastatel on oodata taastuvenergia osakaalu jätkuvat suurenemist soojuse valdkonnas. Viimasel paaril aastal on rajatud mitmeid väiksemaid hakkpuitu ja väheväärtuslikke puitjätmeid kasutavaid katlamaju üle Eesti, näiteks Haabneemel, Sael, Kundas, Kehras jm. Tänu kodumaiste taastuvkütuste laialdasele kasutuselevõtule, võib eeldada, et järgnevatel aastatel lähuvad taastuvatele kütustele üle just väikesed

katlamajad, mis tänini on kasutanud kütteõli või maagaasi. Enamikes kaugküttega varustatud suuremates asulates on juba kodumaistele kütustele üle mindud. Väga paljudes suuremates katlamajades ja koostootmisjaamades (Valga, Jõgeva Haapsalu, Mustamäe SEK jt) on paigaldatud suitsugaaside kondenseerimise seadmed (pesurid, kondensaatorid) ning neid kavatakse hakata paigaldama üha väiksema võimsusega hakkpuidul töötavates katlamajades (palju sõltub võrgu parameetritest ja kütuse hindadest).

Lokaal- ja kohtküte moodustavad Eesti kodumajapidamiste soojusvarustamises märkimisväärse osa. Neid kütteviise kasutatakse enim väiksemates asulates või piirkondades, kus kaugküttevõimalust ei ole.

Eesti lokaalkütte ametlikku statistikat saadaval ei ole, kuid ETEK-i, ESA ja valdkonna spetsialistide hinnangutel toodeti 2018. aastal lokaalküttes soojust ligikaudu 5 900 GWh.

Taastuvkütuste osakaal lokaalküttes moodustab tänapäeval hinnanguliselt 60% (Joonis 7.3). See oleneb peamiselt puitkütuste kasutamise kogusest ja soojuspumpade käitamise hooajalisest soojustegurist. Puitkütuste ja soojuspumpade osakaal lokaal ja kohtküte soojusega varustamises moodustas 2018. aastal 78% (puit 44% ja SP 34%), vähemal määral kasutati maagaasi ja muid allikaid.



**Joonis 7.3. Taastuvate kütuste osakaal lokaal- ja kohtküttes, allikas: ETEK**

Puitkütusel töötavad katlamajad kasutavad niisket hakkpuitu vähe, peamiselt kvaliteetsemaid puitkütuseid nagu kuivi halge, pelleteid jm. Kaasajal on väga paljudel maagaasil töötavatel väiksema ja keskmise suurusega lokaalküttes kasutatavatel kateldel juba suitsugaasi kondensaator komplekti lisatud ja saadavat täiendavat soojust kasutatakse samas küttesüsteemis, mida katel soojusega varustab.

### Kütte- ja jahutusnõudluse muutumine kodutarbijate juures

Summaarset kodutarbijate küttenõudlust mõjutab eelkõige hoonefondi rekonstrueerimine, mis vähendab järgnevate aastate jooksul olulisel määral soojusenergia nõudlust. Lokaal ja kohtküte puhul ei ole soojuse nõudluse vähenemine energiasüsteemi seisukohalt problemaatiline kuna uued lokaalsed- ja kohtküte süsteemid dimensioneeritakse vastavalt rekonstrueerimisjärgsele soojusvajadusele. Suuremat tähelepanu vajab soojuse nõudluse vähenemine kaugküttesektoris, kus vähenev soojusenergia tarve avaldab laiemat mõju süsteemile, näiteks väheneva müüginõudluse mõju kaugküte hinnale.

Rekonstrueerimise mõju hindamiseks loodi kaudne meetod, mille abil välja selgitada potentsiaalselt vähenev nõudlusmaht kaugküttesektoris läbi korterelamute rekonstrueerimistempo. Üksikelamud jäeti arvutustest välja kuna puuduvad statistilised (ruumi-) andmed üksikelamute kaugküttevõrguga liitumiste kohta, mis lubaks teha isegi suure veamääraga prognoosi.

Mudel nõudluse vähenemise prognoosimiseks koostati eksperthinnangute ning dokumendi „Hoonete rekonstrueerimise pikaajaline strateegia“<sup>45</sup> (edaspidi REKS) prognoose ning eelduseid kasutades. Soojustarbimise vähenemise suurusjärgu väljaselgitamiseks leiti tänase korterelamute rekonstrueerimise tempo (280 000 m<sup>2</sup>/aastas) alusel proportsioon rekonstrueerimistest, mis teostatakse kaugküttepiirkondades. Selleks kasutati korterelamute osakaalu, mis asuvad toimepiirkonna keskustes kuna eelduslikult on enamik toimepiirkonna keskustes olevaid korterelamuid ühendatud kaugküttevõrguga. Seeläbi leiti, et 81% korterelamute rekonstrueerimistest toimub kaugküttepiirkonnas ehk kaugküttepiirkondades rekonstrueeritakse aastas ca 226 800 m<sup>2</sup> eluruumide pinda aastas. Rekonstrueerimise-eelne ja järgne energiatarve leiti eksperthinnangute ja uuringute kombineerimisel. Rekonstrueerimise eelseks soojusenergia erikasutuseks määrati 200 kWh/m<sup>2</sup>\*a ja rekonstrueerimise järgseks 90 kWh/m<sup>2</sup>\*a. Lisaks kaardistati olukord, kus rekonstrueerimise käigus on paigaldatud soojuspumbad, mis kasutavad lokaalselt soojusenergia tootmiseks ventilatsiooni väljatõmbeõhus leiduvat heitsoojust, mistõttu kaugküttevõrgust tarbitava soojusenergia kogus on ca 25 kWh/m<sup>2</sup>\*a.

**Tabel 7.3. KE023: ENERGIABILANSS. Kasutatud kütused soojuse tootmiseks, 2018**

Stsenaarium	Soojusenergia tarbimine (kWh/m <sup>2</sup> *a)
1. Rekonstrueerimata hoone	200
2. Rekonstrueeritud hoone (soojusenergia tarbimine kaugküttevõrgust)	90
3. Rekonstrueeritud hoone (heitsoojuse kasutuselevõtt soojuspumpadega)	25

Eelpooltoodud eeldustel läbi viidud arvutus näitab, et tänase rekonstrueerimistempo juures võiks erinevate rekonstrueerimispakettide täielikul rakendamisel soojusenergia nõudluse vähenemine aastas olla vahemikus 25...40 GWh/aastas, mis näiteks perioodil 2020-2030 kumuleeruks perioodi lõpuks vähenemiseks 250...400 GWh aastas. Taolisest vähenemistempost ollakse siiski tõenäoliselt üsna kaugel kuna hetkel ei viida vajalikud mahus läbi täielikke rekonstrueerimisprojekte, st soojusenergia tarbimine on suurem kui eeldatud 90 kWh/m<sup>2</sup>\*a.

Kuna REKS toob välja esiteks vajaduse suurendada oluliselt täielike rekonstrueerimiste arvu ning teiseks vajaduse kiirendada elamute rekonstrueerimistempot, siis hinnati ka võimalikku soojusenergia nõudluse vähenemist kiirendatud rekonstrueerimistempo juures (nä 2050. aasta kliimaneutraalsuse stsenaarium). Sellisel juhul oleks rekonstrueerimise tempo umbes kaks korda kiirem ehk 486 000 m<sup>2</sup> aastas ning soojusenergia nõudluse vähenemine vastavalt vahemikus 54...85 GWh/aastas, mis oleks perioodi 2020-2030 lõpuks kumuleeritult 540...850 GWh. Tänapäevase tarbimisega võrreldes väheneks aastaks 2030 kogu kaugküttevõrkude soojustarbimine hinnanguliselt kuni 15% ainuüksi korterelamute rekonstrueerimise tulemusena.

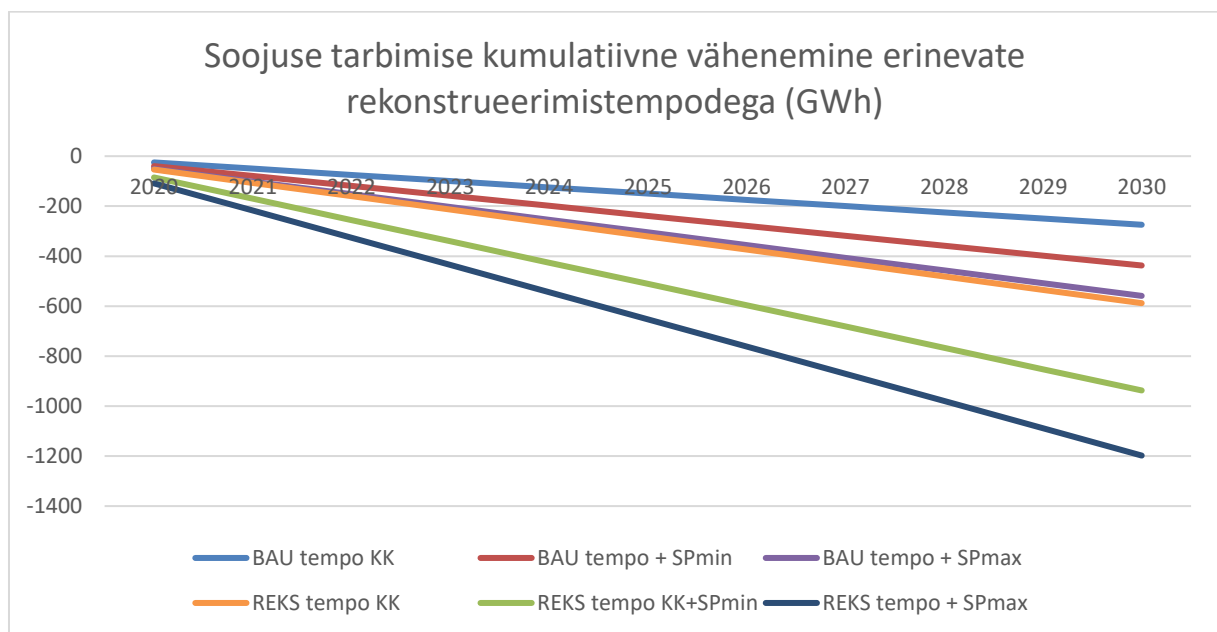
Kaugküttevõrgust soojuse tarbimise vähenemist erinevate stsenaariumite korral illustreerib Joonis 7.4. Joonisel kujutatud stsenaariumid on arvestatud järgmiste tingimuste alusel:

- BAU (baasstsenaariumi) rekonstrueerimistempo on 226 800 m<sup>2</sup> aastas, mis vastab ligikaudu tänasele rekonstrueerimistempole (kuid nagu eelpool kirjeldatud, siis ei ole rekonstrueerimine nii tulemuslik kui stsenaarium ette näeb)

<sup>45</sup> <https://adr.rik.ee/ram/fail/7303187/subfile/0>

- REKS (rekonstrueerimine baasstenaariumiga võrreldes ennaktempoga rekonstrueerimise) stsenaariumis on rekonstrueerimistempo 486 000 m<sup>2</sup> aastas
- KK stsenaariumi korral rekonstrueeritakse hoone ilma soojuspumpadeta ventilatsiooni soojustagastussüsteemis
- KK+SPmin stsenaariumi korral rekonstrueeritakse hoone soojuspumpadega ventilatsiooni soojustagastussüsteemis, kuid soojuspumpasid opereeritakse viisil, mis häirib võimalikult vähe tarbimist kaugküttevõrgust (tagastuva vee temperatuur ei muutu oluliselt)
- KK+SPmax stsenaariumi korral rekonstrueeritakse hoone soojuspumpadega ventilatsiooni soojustagastussüsteemis, kuid soojuspumpasid opereeritakse viisil, mis minimeerib kaugküttevõrgust ostetava soojuse hulka

Eelkirjeldatud stsenaariumid vastavad seega käesoleva uuringu majandusanalüüsi sisaldava osa peatükis „Lähtestsenaariumi suhtes asjakohased stsenaariumid“ kirjeldatud stsenaariumitele 4 baas (BAU tempo KK), 4 alternatiiv „a“ (BAU tempo + SPmin) ning 4 alternatiiv „b“ (BAU tempo + SPmax). Stsenaariumid REKS tempo KK, REKS tempo KK + SPmin ja REKS tempo + SP max on loodud eelnevate stsenaariumite alusel arvestusega, et rekonstrueerimistempo on kavandatud kiirem.



**Joonis 7.4. Soojuse tarbimise vähenemine tulenevalt elamute rekonstrueerimisest**

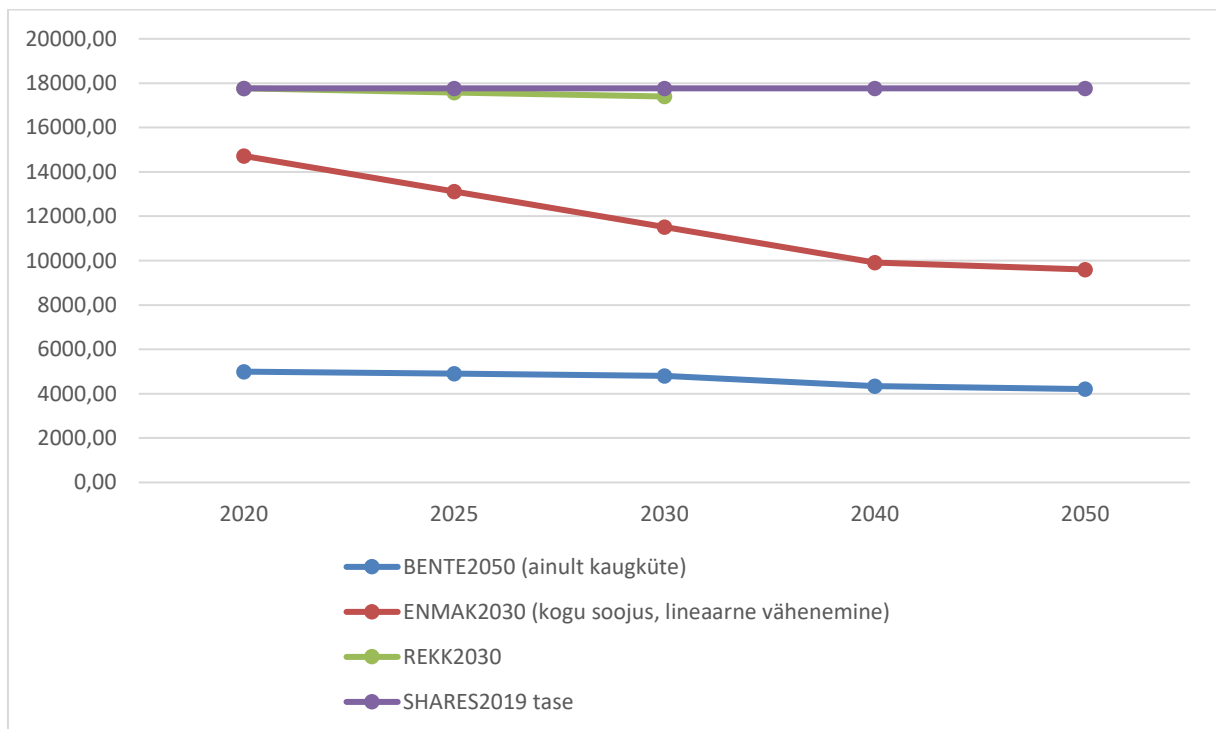
Jahutusnõudluse hindamine on väga teoreetiline kuna Eesti tingimustes on täna jahutussüsteemide paigaldamine kodutarbijate juures sõltuv eelkõige inimeste majanduslikest võimalustest, mitte niivõrd sisekliima tagamisega seotud vajadusest. Jahutuse teoreetilist nõudlust on hinnangud Hotmaps projekt<sup>46</sup>, kasutades selleks statistilist meetodikat<sup>47</sup>, mis arvestab hinnangulisi jahutuse kraadpäevasid EL liikmesriigi täpsusega ning ligikaudset sisekliima tagamisega ruumide pindala 2015. aasta kohta. Selle

<sup>46</sup> <https://www.hotmaps.eu/map>

<sup>47</sup> [https://gitlab.com/hotmaps/heat/cool\\_tot\\_curr\\_density/blob/master/README.md](https://gitlab.com/hotmaps/heat/cool_tot_curr_density/blob/master/README.md)

metoodikaga on hinnatud teoreetiliseks jahutusnõudluseks 313 GWh aastas. Vastava elektrienergia kulu saamiseks tuleb kasutada jahutusseadme COP'i (tüüpiliselt vahemikus 2-4), mis tähendab, et sellise teoreetilise jahutusnõudluse rahuldamiseks võib elektrienergia tarbimine suureneda 78...156 GWh/aastas.

Soojusmajanduse andmete osalt lünklikkuse ja osalt eri allikatest saadavate andmete erinevuse tõttu, on väga raske prognoosida tulevast nõudlust, eriti kolmekümne aasta perspektiivis. Jahutuse nõudlust (peamiselt küll tarbimisvõimsust ja kaugjahutusest saadavat säästu, võrreldes lokaaljahutusega) on käsitletud käesoleva aruande peatükis 10. Kindlasti võib väita, et kaugjahutuse nõudlus kasvab ka energiaühikutes ehk GWh'des, kuid vastavaid prognoose ei ole veel üksi kolmest kaugkütet pakkuvast firmast koostanud.



**Joonis 7.5. Erinevad soojuse tarbimise prognoosid aastani 2050, GWh**

Joonis 7.5. kirjeldab erinevaid soojuse tarbimise prognoose aastani 2050. BENTE2050 on andmed, mis saadi Balti Energiatehnoloogia Stsenaariumid 2018 uuringust, mis on prognoosinud kaugkütte tarbimist aastani 2050<sup>48</sup>. ENMAK2030 kogus on saadud energiamajanduse arengukavast aastani 2030, SHARES2019 tase iseloomustab Eurostati SHARES mudeli andmeid, mis on saadud kõige värskemate energiatarbimise andmete analüüsimisel (2019. aasta statistika) ning REKK2030 prognoos on leitud vastavast arengukavast. Erinevate prognooside kõrvutamisel on selgelt näha erinevus ENMAK2030 prognoositud väärtuste ning tegeliku olukorra vahel. Kuivõrd REKK2030 on viimast arengukava, mis on koostatud nii taastuvenergia, energiasäästu kui ka kasvuhoonegaaside heite eesmärke arvesse võttes, siis võib eeldada, et olulist soojusenergia tarbimist järgmise kümne aasta vaates ette pole näha. Vähenemine on siiski tõenäoline rangemate

<sup>48</sup> [https://www.nordicenergy.org/wordpress/wp-content/uploads/2018/04/BENTE-input\\_data-power\\_and\\_heat-updated-21-12v2.xlsm](https://www.nordicenergy.org/wordpress/wp-content/uploads/2018/04/BENTE-input_data-power_and_heat-updated-21-12v2.xlsm)

energiatõhususnõuete ning hoonete rekonstrueerimise kvaliteedi paranemise tulemusel (vt eespool elamumajanduse soojustarbe vähenemise analüüs).

Kaugküttevõrkude tarbijate soojuse nõudlus peaks vähenema aastaks 2050 umbes 20%, kui lähteaastaks on 2012 (vt Tabel 7.2). Tööstuses suure tõenäosusega sellist soojuse kasutuse vähenemise tempot, kui kaugküttes, ei näe. Lokaalkütte ja kohtkütte tarbijate soojuse nõudlus on näidanud tõusutendentsi (ilmselt jätkuvalt) ja seda peamiselt nende arvu kasvu tõttu. Elanikud siirduvad elama jätkuvalt suurlinnade vahetusse naabrusesse üksikelamutesse, ridamajadesse ja väiksematesse korterelamutesse, mille tarvis on rajatud ainult mõned üksikud kaugküttevõrgud (Tiskre, Peetri alevik jt). Soojust tarbivad tööstuslikud protsessid on küllaltki ühtlased ega nende soojuse vajadust pole nii lihtne vähendada kui soojuse kasutust hoonetes. Ettevõtete arenedes ja lisandudes võib soojuse kasutus hoopis kasvada. Ettevõtted hakkavad pigem protsesside heitsoojust kasulikult kasutama kas oma ettevõtte piires, seda naabritele müües või kaugküttevõrku suunates (müües). Teenindussektori arenedes võib nendegi soojuse kasutus pigem kasvada ja heitsoojust juurde tulla, mille kasutamiseks leitakse lahendusi kas ettevõtte siseselt või leitakse ostja väljastpoolt.

# 8 Kütte ja jahutuse tarnijad ja tarne mahud

## 8.1 Kütte ja jahutuse jooksva tarnimise maht tehnoloogiate kaupa

### 8.1.1 Tõhus kaugküte ja kaugjahutus Eestis

#### Statistikaameti<sup>49</sup> andmeid toodetud soojuste ja kasutatud kütuste kohta

Vaadeldud on puitkütuseid ja gaaskütuseid, millede suitsugaasides sisalduva veeauru kondenseerumisel saadavat soojust (heitsoojus) saaks kasutada tarbijatele edastamiseks.

Võimalik oleks kasutada ka muudel kütustel töötavate katelde suitsugaasides sisalduvat soojust, kuid üle 20 MW õlikütel (neid Eestis praktiliselt ei ole enam käigus või kasutatakse reservseadmetena) ja tahkekütusel (põlevkivi) töötavate katelde soojust pole realselt (tehnilis-majanduslikult mitte otstarbekas) võimalik hakata kasutama kaugküttevõrkudes. Suurte katelde koldest väljuvate suitsugaaside potentsiaalsest soojustest valdav osa kasutatakse ära toitevee ja põlemisõhu eelsoojendamiseks. Kõiki andmeid ei ole 2018. ja 2019. aasta kohta ESA koondtabelites veel olemas.

Tabel 8.1 näeme, et niiske puitkütuse põletusseadmete suitsugaaside kondenseerimisega võiks aasta keskmiselt kasutuskõlbliku heitsoojusena saada min 10% ehk 492 GWh ja maagaasi kasutavatest põletusseadmetest 319 GWh. Osa sellest potentsiaalset on kasutatud.

Tabel 8.1. KE023: energiabilanss. Kasutatud kütused soojuste tootmiseks, 2018

Näitaja	Kütuse/energia liik	
	Hakkpuit ja puitjätmed, tuhat tm	Maagaas, mln m <sup>3</sup>
Tarbitud soojuste tootmiseks	2155	274
Lõpptarbimine tööstussektoris	298	67
Lõpptarbimine põllumajandus- ja kalandussektoris	0	0
Lõpptarbimine transpordisektoris	0	5
Lõpptarbimine äri- ja avaliku teeninduse sektoris	0	29

<sup>49</sup> <https://andmed.stat.ee/et/stat>



Näitaja	Kütuse/energia liik	
	Hakkpuut ja puitjätmed, tuhat tm	Maagaas, mln m <sup>3</sup>
Kokku	2 435 tuhat tm	341 mln m <sup>3</sup>
	4 918,7 GWh	3 191,8 GWh
	10% on 492 GWh	10% on 319 GWh

### Puitkütuseid ja maagaasi põletavate seadmete heitsoojuse teoreetiline potentsiaal

Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühingu poolt ühingusse kuuluvatelt ettevõtetelt (hõlmatud on valdav osa kaugkütte ettevõtteid, kes annavad kokku üle 95% soojuse toodangust) kogutud andmete alusel on soojuse ja elektri koostootmisjaamadest (-seadmetest) kaugküttevõrkudesse edastatud 2 269,4 GWh 2019. aastal. Seda saab klassifitseerida elektri tootmisel tekkiva heitsoojusena. Heitsoojust muudest allikatest (peamiselt suitsugaaside kondensaatoritest) on kaugküttevõrkudesse edastatud 462 GWh 2019. aastal. Eeltoodud andmetest nähtub, kuna EJKÜ arväärtus on ligilähedane Tabel 8.1 (KE023) tooduga, siis tõenäoliselt on suitsugaaside kondensaatoritest saadava heitsoojuse osakaal suurem kui 10% toodetud soojusest (puitkütuse puhul oleks 15% heitsoojuse osa 738 GWh/a).

Tabel 8.2 on toodud Eestis asuvad soojusettevõtjad ja võrgupiirkonnad (kaugküttesüsteemid, millele Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühing (EJKÜ) on väljastanud märgise "Tõhus kaugküte". Nimetatud märgise on saanud kokku 24 soojusettevõtet ja 90 võrgupiirkonda, kõige arvukamalt on neid SW Energia OÜ-l, kokku 37 võrgupiirkonda üle Eesti. Kaugjahutussüsteemide energiatõhususe tõendamiseks on EJKÜ-s väljatöötatud märgis "Tõhus kaugjahutus", mida seni on taotlenud Fortum Tartu ja Utilitas Tallinn.

**Tabel 8.2. Tõhusa kaugkütte ettevõtjad ja võrgupiirkonnad Eestis**

Jrk nr	Kaugkütte võrgupiirkond	Ettevõte
1	Kuusalu	Kuusalu Soojus OÜ
2	Kolga	
3	Kiviõli	Kiviõli Soojus AS
4	Viljandi ja Jämejala	Esro AS
5	Lihula	Lihula Soojus OÜ
6	Võru	Danpower Eesti AS
7	Puiga	
8	Pärnu	Fortum Eesti AS
9	Rakvere	Rakvere Soojus AS
10	Narva	Narva Soojusvõrk AS
11	Tallinn	Utilitas Tallinn AS
12	Haapsalu	Utilitas Eesti AS
13	Jõgeva	
14	Keila	
15	Valga	
16	Kärdla	
17	Rapla	
18	Fortum Tartu	Tartu Keskkatlamaja AS
19	Kuessaare	Kuessaare Soojus AS
20	Orissaare	

Jrk nr	Kaugkütte võrgupiirkond	Ettevõte
21	Alu	SW Energia OÜ
22	Käärdi	
23	Kehtna	
24	Kohila	
25	Mustla	
26	Nõo	
27	Õisu	
28	Paldiski	
29	Parksepa	
30	Rakke Niidu	
31	Salme	
32	Sangaste	
33	Sauga	
34	Tõravere	
35	Tõrva	
36	Türi	
37	Uhti	
38	Uulu	
39	Vana-Antsla	
40	Paikuse ja Seljametsa	
41	Ilmatsalu	
42	Haiba	
43	Harku	
44	Kanepi	
45	Kärla	
46	Krootuse	
47	Olgina	
48	Raasiku	
49	Väätsa	
50	Aruküla	
51	Helme	
52	Luunja	
53	Tõrvandi	
54	Ülenurme	
55	Võnnu	
56	Puhja	
57	Uhtna	
58	Laagri	
59	Loo	
60	Kunda	
61	Väike-Maarja	
62	Adavere	
63	Viiratsi	
64	Narva-Jõesuu	

Jrk nr	Kaugkütte võrgupiirkond	Ettevõte
65	Viimsi ja Haabneeme	
66	Põltsamaa	
67	Saue	
68	Püssi	
69	Viru-Nigula	
70	Rae tehнопargi	Põrguvälja Soojus OÜ
71	Saku	Saku Maja AS
72	Kurtna	
73	Kohtla-Järve-Jõhvi-Ahtme	VKG Soojus AS
74	Tarbja	N.R. Energy OÜ
75	Kaerepere	
76	Kiili	
77	Koigi	
78	Märjamaa	
79	Oisu	
80	Turba	
81	Vana-Võidu	
82	Tapa	
83	Kadrina	Kadrina Soojus AS
84	Koeru	Järva Haldus AS
85	Imavere	
86	Elva	Elva Soojus OÜ
87	Jüri	Elveso AS
88	Vaida	
89	Paide	Enefit Green AS
90	Põlva	Põlva Soojus AS

Kõigi nimetatud soojusettevõtjate ja nende võrgupiirkondades võrku toodetud soojuse kogumaht oli 1 981,6 GWh ja võrku sisseostetud (tootis keegi teine, mitte võrgu valdaja/haldaja) oli 2 612,2 GWh, kokku oli tarbijatele suunatud **4 593,8 GWh soojust** 2019. aastal, millest 2 557,1 GWh ehk 55,7% oli toodetud taastuvate energiaallikate (hakkpuut, puitjäätmel, pelletid ja biogaas) baasil. Hinnanguliselt toodavad Tabel 8.2 toodud firmad üle 90% Eesti kaugküttevõrkudesse suunatud soojusest.

#### Kokkuvõte

Soojuse ja elektri koostootmise protsessis tekkiva ja võrkudesse edastatud heitsoojuse kogumaht oli 2 269,5 GWh ja muul moel (nt suitsugaaside kondensaator) saadud ja võrku edastatud heitsoojuse kogus oli 461,5 GWh 2019. aastal.

Niiske puitkütuse põletusseadmete suitsugaaside kondenseerimisega võiks aasta keskmiselt kasutuskõlbliku heitsoojusena saada min 492 GWh ja maagaasi kasutatavatest põletusseadmetest 319 GWh. Osa sellest potentsiaalset on kasutatud.

## 8.2 Jaamad, mis toodavad heitsoojus- või heitjahutusenergiat ning nende

# potentsiaalne kütte- või jahutustarne

Eestis toodavad soojust ja elektri koostootmise käigus heitsoojust, mida suunatakse kaugküttevõrkudesse järgmised 12 firmat (soojusettevõtet):

1. ESRO (maagaasil töötav koostootmisjaam – SEK, suunatakse Viljandi KVsse),
2. Kiviõli Soojus AS (Kiviõli Keemiatööstus ASist saadud ja edasi suunatud Kiviõli KVsse),
3. Rakvere Soojus AS (saab Adven Eesti SEKist ja suunab Rakvere KVsse),
4. Tartu Keskkatlamaja AS (saab Tartu SEKist ja külmajaamast ning suunab Tartu KVsse),
5. VKG Soojus AS (saab VKG Energia OÜst ja suunab Kohtla-Järve, Ahtme ja Jõhvi KVsse),
6. Utilitas Tallinn AS (saab OÜst Utilitas Tallinna Elektri jaam, Eesti Energia AS Iru Elektri jaamast (Iru SEKist) ja Utilitas Tallinn ASi Mustamäe SEKist ning suunab edasi Tallinna ja Maardu KVsse),
7. Narva Soojusvõrk AS (saab Eesti Energia AS Balti Soojuselektri jaamast ja suunab Narva KVsse),
8. Enefit Green ASi Paide SEK (suunatakse Paide KVsse),
9. Kuressaare Soojus ASi Kuressaare SEK (suunatakse Kuressaare KVsse),
10. Põlva Soojus (maagaasil töötav SEK, suunatakse Põlva KVsse),
11. Fortum Eesti Pärnu SEK (suunatakse Pärnu kaugküttevõrku).

Peale eelnimetatute, kes on saanud töhusa kaugkütte märgise, toodab koostootmise režiimil soojust (heitsoojust) veel Silpower AS, kes suunab selle Sillamäe linna KVsse.

Mitmed soojusettevõtjad püüavad heitsoojuse suitsugaaside kondenseerimise käigus ja suunavad selle kaugküttevõrkudesse: Fortum Tartu AS, Utilitas Tallinn AS (Mustamäe SEK ja mõned maagaasi katlad skraberitega), Utilitas Eesti AS, OÜ Utilitas Tallinna Elektri jaam, Kuressaare Soojus AS, Adven Eesti AS, Enefit Green AS, Danpower Eesti AS, lähitulevikus lisanduvad ELVESO AS ja Põrguvälja Soojus AS.

Heitjahutust, mida soojuspumba abil suunatakse Tartu linna kaugküttevõrku, saadakse Fortum Tartu ASi külmajaamast.

## 8.3 Taastuvatest energiaallikatest ning heitsoojusest või heitjahutusest toodetud energia osakaal kaugkütte ja -jahutussektori lõplikus energiatarbimises

Kokku oli EJKÜ andmetel tarbijatele suunatud **4 593,8 GWh soojust** 2019. aastal, millest 2 557,1 GWh ehk 55,7% oli toodetud taastuvate energiaallikate (hakkpuit, puitjätmed, pelletid ja biogaas) baasil.

Soojuse ja elektri koostootmise protsessis tekkiva ja võrkudesse edastatud heitsoojuse kogumaht oli 2 269,5 GWh ja muul moel (nt suitsugaaside kondensaator) saadud ja võrku edastatud heitsoojuse kogus oli 461,5 GWh 2019. aastal.

Järgnevas ESA andmete alusel koostatud

Tabel 8.3 on toodud Eesti koostootmisjaamade (SEK seadmete) võimsus, toodetud elekter ja soojus soojusjõuseadmete kaupa.

**Tabel 8.3. KE034: KOOSTOOTMISJAAMADE VÕIMSUS JA TOODANG**

Näitaja	Generaatori liik (soojusjõuseade)	Aasta 2019
Soojusvõimsus aasta lõpul, MW	Vasturõhuauruturbiinid	827
	Vaheltvõtuauru-kondensatsiooniturbiinid	612
	Sisepõlemismootorid	22
	<b>Kokku</b>	<b>1461</b>
Toodetud elektrienergia, GWh	Vasturõhuauruturbiinid	1077
	Vaheltvõtuauru-kondensatsiooniturbiinid	355
	Sisepõlemismootorid	77
	<b>Kokku</b>	<b>1509</b>
Toodetud soojusenergia, GWh	Vasturõhuauruturbiinid	2914
	Vaheltvõtuauru-kondensatsiooniturbiinid	1096
	Sisepõlemismootorid	59
	<b>Kokku</b>	<b>4069</b>

### Sisepõlemismootoritega (gaaskütus) koostootmisjaamade heitsoojuse teoreetiline potentsiaal

Tabel 8.3. (KE034) näeme, et sisepõlemismootorite energiatoodang (soojus + elekter) kokku on 136 GWh ja aasta keskmise kasuteguri 0,8 juures oleks kasutatava primaarenergia (kütuses sisalduva) kogus 170 GWh. Sellest kuni 15% ehk 25,2 GWh oleks kasutatav (osaliselt kasutatud) kaugküttevõrkudes või mujal heitsoojusena (allikas: heitgaas, veesärgi

jahutusvesi ja õlijahutus). Kuna kaasaegsete sisepõlemismootorite soojuse ja elektri suhe on saavutanud ligikaudse suhte 50/50, siis Tabeli 8.3 andmeid vaadates ei ole kogu elektri tootmisel tekkinud heitsoojus läinud kasulikku kasutusse (müügiks). Seega võib öelda, et antud hinnang on pigem konservatiivne ja tegelik potentsiaal võib olla mõnevõrra suurem.

Vasturõhutorbiinid on kõigis puitkütuseid põletavates soojuse ja elektri koostootmisjaamades (SEK), kuid võivad olla ka muid kütuseid põletavates SEK-ides. Nende koguvõimsus oli 827 MW ja soojuse toodang 2 914 GWh 2019. aastal, millest suur osa leiab juba kasutust asulate kaugküttevõrkudes (Tabel 8.3 (KE034)). See tulemus langeb suhteliselt hästi kokku EJKÜ andmetega (soojuse ja elektri koostootmisjaamadest (-seadmetest) kaugküttevõrkudesse edastatud soojuse 2 269,4 GWh 2019. a).

Puitkütuseid kasutakse peamiselt vasturõhutorbiinidega varustatud soojuse ja elektri koostootmise jaamades (Eesti suuremate linnade ja Graanul Invest ASi kontserni kuuluvad SEKid) ja vähesel määral vaheltvõtu kondensatsiooniturbiinidega elektrijaamades (Balti ja Eesti Elektri jaam. Maagaas (ka biogaas) on valdavalt kasutusel sisepõlemismootoritega SEKides (Tabel 8.4, KE035).

**Tabel 8.4. KE035: KOOSTOOTMISJAAMADES KASUTATUD KÜTUS, 2019**

Generaatori (soojusjõuseadme) liik	Kütuse/energia liik	Näitaja	2019
Vasturõhuaaurutorbiinid	Puitkütus (väärimdamata), tuhat tm	Tarbitud kütuse kogus	1802
		Tarbitud kütuse energia, TJ	13898
	Maagaas, miljon m <sup>3</sup>	Tarbitud kütuse kogus	0
		Tarbitud kütuse energia, TJ	2
Vaheltvõtuauru-kondensatsiooniturbiinid	Puitkütus (väärimdamata), tuhat tm	Tarbitud kütuse kogus	220
		Tarbitud kütuse energia, TJ	1842
	Maagaas, miljon m <sup>3</sup>	Tarbitud kütuse kogus	0
		Tarbitud kütuse energia, TJ	1
Sisepõlemismootorid	Maagaas, miljon m <sup>3</sup>	Tarbitud kütuse kogus	10
		Tarbitud kütuse energia, TJ	331

Tabel 8.5 (KE044) ei ole võimalik välja tuua eraldi võimsusklasside kaupa puitkütusel ja gaaskütusel töötavaid katlaid. Kokku nii puit- kui gaaskütusel töötavad katelde andmed on seal aga antud.

**Tabel 8.5. KE044: KATLAD (katlamajad ainult), 2018**

Majandusharu	Katla tüüp	Katelde arv aasta lõpul	Katelde summaarne võimsus, MW	Toodetud soojus, GWh
Tööstussektor	Katlad võimsusega kuni 1 MW	667	282	230

Majandusharu	Katla tüüp	Katelde arv aasta lõpul	Katelde summaarne võimsus, MW	Toodetud soojus, GWh
	Katlad võimsusega 1,1 kuni 5 MW	154	393	514
	Katlad võimsusega 5,1 kuni 20 MW	45	391	650
	Katlad võimsusega 20,1 kuni 60 MW	1	25	29
	Katlad võimsusega üle 60 MW	0	0	0
	Puidul (k.a hakkpuit ja -jätmed) töötavad katlad	279	351	782
	Gaaskütusel (maagaas, vedelgaas) töötavad katlad	383	562	534
Energiasektor	Katlad võimsusega kuni 1 MW	304	132	148
	Katlad võimsusega 1,1 kuni 5 MW	149	361	472
	Katlad võimsusega 5,1 kuni 20 MW	54	475	917
	Katlad võimsusega 20,1 kuni 60 MW	6	220	346
	Katlad võimsusega üle 60 MW	7	814	606
	Puidul (k.a hakkpuit ja -jätmed) töötavad katlad	121	316	617
	Gaaskütusel (maagaas, vedelgaas) töötavad katlad	184	1400	908
Põllumajandus, metsamajandus ja kalapüük	Katlad võimsusega kuni 1 MW	133	47	23
	Katlad võimsusega 1,1 kuni 5 MW	15	36	12
	Katlad võimsusega 5,1 kuni 20 MW	2	11	5
	Katlad võimsusega 20,1 kuni 60 MW	0	0	0
	Katlad võimsusega üle 60 MW	0	0	0
	Puidul (k.a hakkpuit ja -jätmed) töötavad katlad	45	19	11
	Gaaskütusel (maagaas, vedelgaas) töötavad katlad	37	36	16
Maismaaveondus ja torustransport, veetransport, õhustransport	Katlad võimsusega kuni 1 MW	35	14	7
	Katlad võimsusega 1,1 kuni 5 MW	6	12	6
	Katlad võimsusega 5,1 kuni 20 MW	0	0	0
	Katlad võimsusega 20,1 kuni 60 MW	1	26	0

Majandusharu	Katla tüüp	Katelde arv aasta lõpul	Katelde summaarne võimsus, MW	Toodetud soojus, GWh
	Katlad võimsusega üle 60 MW	0	0	0
	Puidul (k. hakkpuit ja -jäätmel) töötavad katlad	12	10	1
	Gaaskütusel (maagaas, vedelgaas) töötavad katlad	13	35	11
Äri ja avaliku teeninduse sektor	Katlad võimsusega kuni 1 MW	826	254	237
	Katlad võimsusega 1,1 kuni 5 MW	79	197	163
	Katlad võimsusega 5,1 kuni 20 MW	35	262	139
	Katlad võimsusega 20,1 kuni 60 MW	0	0	0
	Katlad võimsusega üle 60 MW	0	0	0
	Puidul (k.a hakkpuit ja -jäätmel) töötavad katlad	136	81	81
	Gaaskütusel (maagaas, vedelgaas) töötavad katlad	485	472	367

Erinevates majandusharudes olevate suuremate kui 20 MW katelde andmed on varjutatud siniseks (valdavalt asuvad need energiasektoris). Ilmselt nende hulgas ei ole soojuse ja elektri koostootmisjaamade katlad, sest vastasel korral peaks nende arv olema suurem. (Tabel 8.5, Tabel 8.6, Tabel 8.7).

Tabel 8.6. KE044: katlad - Kõik tegevusalad kokku, 2018

Aasta	Majandusharu	Katla tüüp	Näitaja		
			Katelde arv aasta lõpul	Katelde summaarne võimsus, MW	Toodetud soojus, GWh
2018	Kokku – kõik tegevusalad	Katlad võimsusega kuni 1 MW	1965	729	645
		Katlad võimsusega 1,1 kuni 5 MW	403	999	1167
		Katlad võimsusega 5,1 kuni 20 MW	136	1139	1711
		Katlad võimsusega 20,1 kuni 60 MW	8	271	375
		Katlad võimsusega üle 60 MW	7	814	606
		Kokku MW	<b>2159</b>	<b>3952</b>	<b>4054</b>
		Puidul (k.a hakkpuit ja puitjäätmel) töötavad katlad	593	777	1492
		Gaaskütusel (maagaas, vedelgaas) töötavad katlad	1102	2505	1836

Soojus kokku, mis toodeti suuremate kui 5 MW kateltega oli 2 692 GWh ja s.h puitkütusel toodeti kõigi üle 5 MW kateltega kokku 1 492 GWh (heitsoojus vastavalt 150 GWh) ja maagaasil 1 836 GWh (heitsoojust vastavalt 184 GWh) aastal 2018 (hinnanguliselt 10% toodetud soojusest).



Ei selgu, kas suuremad katlad ja nende soojuste toodangut (Tabel KE044) on arvestatud ka SEK-ide tabelis (KE035) oleva soojuste toodangu hulka. Seda ei ole võimalik eraldada.

**Tabel 8.7. KE044: katlad- Kõik tegevusalad kokku, koond - 2018**

Aasta	Majandusharu	Katla tüüp	Toodetud soojus, GWh / %	
2018	Kokku – kõik tegevusalad	Katlad võimsusega kuni 1 MW	645	14,32
		Katlad võimsusega 1,1 kuni 5 MW	1 167	25,91
		Katlad võimsusega 5,1 kuni 20 MW	1 711	37,99
		Katlad võimsusega 20,1 kuni 60 MW	375	8,33
		Katlad võimsusega üle 60 MW	606	13,45
		Kokku üle 5 MW katlad	<b>2 692</b>	<b>59,77</b>
		Kõik katlad kokku	<b>4 504</b>	<b>1</b>
		Puidul (k.a hakkpuit ja puitjätmed) töötavad katlad	<b>1 492</b>	<b>0,33</b>

Kõige rohkem soojust toodetakse kateldegaga, mille võimsus jääb vahemikku 5,1-20 MW, s.o 1711 GWh/2018. a, mis moodustas 38% kõigi katelde soojuste toodangust. Tõenäoliselt valdav osa puitkütustest põletatakse kateldes võimsusvahemikuga 1,1-20 MW, sest sinna vahemikku jäävad praktiliselt kõigi kaugküttevõrkude hakkpuidukatlad. Üle 20,1 MW kateldegaga toodeti kokku ainult 981 MWh soojust, mis moodustas ~22% kogu toodetud soojustest.

Tabel 8.8 (KE06) on toodud kogu puitkütuse ja gaaskütuse kogus, mida on riigis soojuste (s.h soojuste ja elektri koos) tootmiseks kasutatud, s.h väikemajapidamistes.

**Tabel 8.8. KE06: KÜTUSTE TARBIMINE, tm, GWh**

Kütuse liik	2016		
Puitkütus (väärastamata)**, tuhat tm, GWh	4647	9387	940
Maagaas, mln m <sup>3</sup> , GWh	518	4848	485
Biogaas, mln m <sup>3</sup> , GWh	25	150	15

**Märkus:** Tabel 8.8 viimases veerus on toodud teoreetiline heitsoojuste kogus (GWh), mille võiks saada niiske puidu ja gaaskütuse põletamisel tekkivatest heitgaasides oleva veeauru kondenseerimisest. On konservatiivselt hinnatud, et min 10% kütuses sisalduvast energiast oleks võimalik veeauru kondenseerimisel kätte saada arvestades kaugküttevõrkude temperatuuri graafikuid. Hinnangu puudus on see, et kogu see soojus ei ole kasutatav, sest osa kütuseid (eriti puitkütuseid) põletatakse kodumajapidamistes, kus heitsoojust kasutataksegi kas salvestatavates kütteseadmetes või sooja tarbevee soojendamiseks. Kaasaegsetes maagaasikateldes (väike ja keskmised seadmed) on juba suitsugaaside kondensatsioon ette nähtud ja seda soojust kasutatakse.

### **AS-i Tallinna Vesi Paljassaare reoveepuhastusjaama heitsoojuste potentsiaal**

Selle ettevõtte heitsoojuste potentsiaali hinnang tugineb allikale (Uurimis-arendustöö aruanne „Paljassaare arenduspiirkonna soojusvarustuse põhimõtteline lahendus AS-i Tallinna Vesi reoveepuhastusjaama heitvee soojuste baasil“. Tallinna tehnikaülikool, soojustehnika instituut, 2008) ja ettevõtte arendusjuhi saadetud reoveehulkade (heitvee) andmetele 2019. aasta kohta.

AS-i Tallinna Vesi reoveepuhastusjaama heitvee kogustest annab ülevaate Tabel 8.9 ja jaamast väljuva heitvee temperatuuri kohta Tabel 8.10.

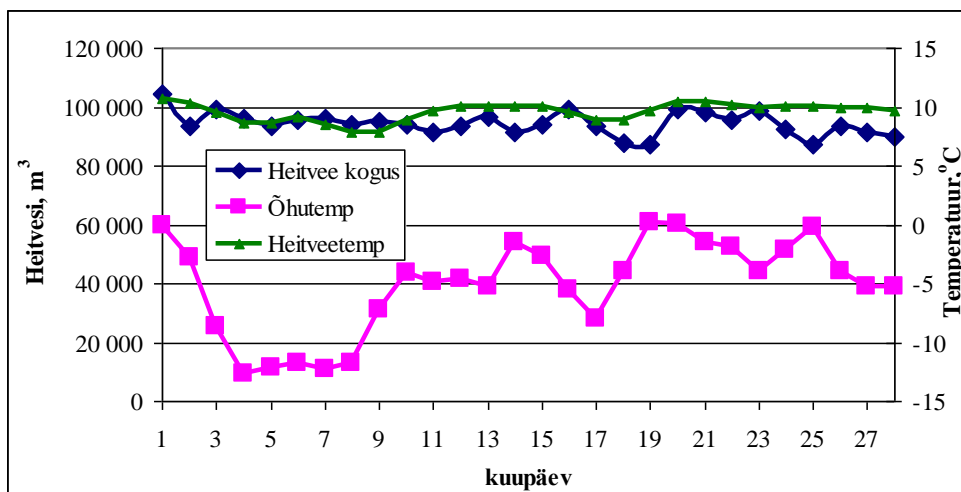
**Tabel 8.9. Heitvee kogused, m<sup>3</sup>**

Kuu	2007	2006	2005	2004	2003	2019
Jaauar	5 262 803	3 263 405	7 557 259	3 576 947	3 847 870	3 534 776
Veebruar	3 124 398	2 643 261	3 210 722	3 185 829	3 003 601	4 663 976
Märts	4 489 362	3 675 629	3 466 697	4 607 790	3 623 794	5 076 417
Aprill	3 570 059	4 834 358	3 679 144	4 012 562	4 282 939	3 565 964
Mai	3 457 483	3 378 407	3 555 097	3 407 978	4 725 904	3 944 530
Juuni	3 095 741	2 964 354	3 438 254	3 381 269	3 472 909	3 139 008
Juuli	3 215 316	2 850 424	2 952 188	6 235 034	3 518 961	3 248 975
August	3 767 041	3 133 633	4 832 997	5 708 205	3 375 405	3 797 884
September	4 432 996	2 975 919	3 354 452	4 540 669	3 103 638	3 720 580
Oktoober	4 356 964	3 731 717	3 449 752	5 178 426	3 731 399	5 854 146
November	3 847 386	3 929 869	4 114 914	4 554 577	3 680 531	4 086 466
Detsember	3 973 571	4 156 424	3 911 313	4 907 979	5 129 752	5 036 630
<b>Aasta</b>	<b>46 593 120</b>	<b>41 537 400</b>	<b>47 522 789</b>	<b>53 297 265</b>	<b>45 496 703</b>	<b>49 669 352</b>

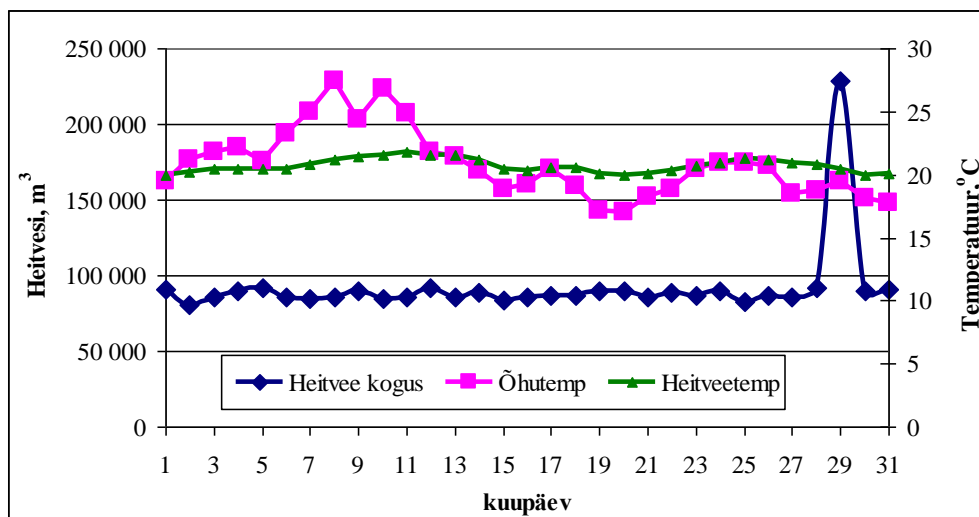
**Tabel 8.10. Heitvee temperatuur jaamast väljumisel**

2019	Väljuva heitvee temp °C
jaauar	9,5
veebuar	8,8
märts	9
aprill	11,9
mai	14,1
juuni	18
juuli	19,2
august	19,3
september	17,6
oktoober	13,9
november	12,6
detsember	10,7

Parem ülevaade heitvee koguste kohta, eesmärgiga kasutada ära heitvees sisalduvat soojust, saadakse kui võrrelda koguseid temperatuuridega. Selleks on koostatud graafikud 2006. aasta veebruari ja juuli kuu kohta, vt Joonis 8.1 ja Joonis 8.2.

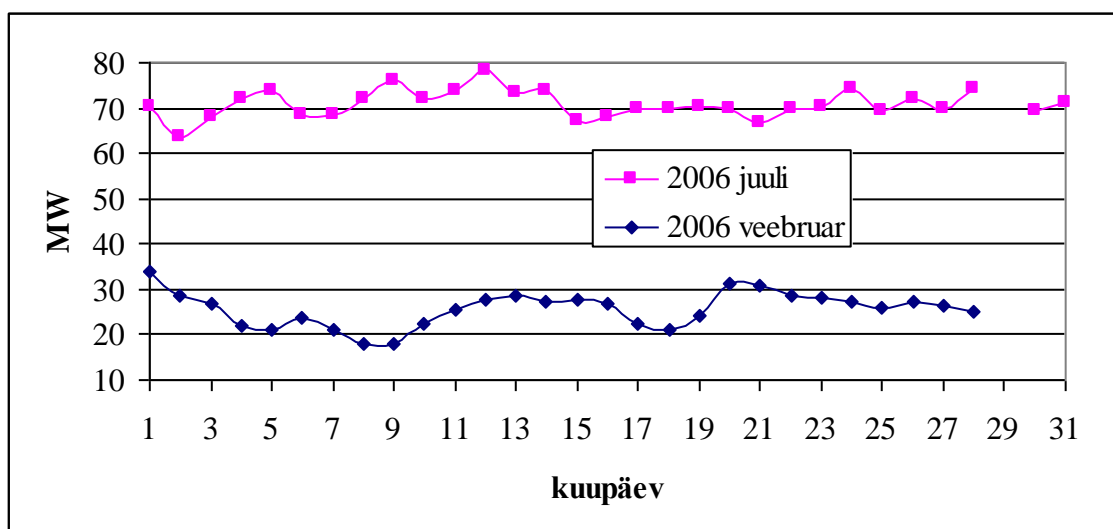


Joonis 8.1. Heitvee kogus, temperatuur ja välisõhu temperatuur, 2006. a veebruar



Joonis 8.2. Heitvee kogus, temperatuur ja välisõhu temperatuur, 2006. a juuli

Heitvee kogused ei ole üks-üheses sõltuvuses välistemperatuurist, vaid need sõltuvad sademetest, lumesulamisest ja inimeste tarbimisharjumustest. Kahelt eelmiselt jooniselt võib näha, et heitvee temperatuuri kõikumine ei ole väga suur (alla viie kraadi) ning jääb nt veebruaris +10 ja juulis +20 kraadi Celsiuse lähedale. Siiski, mõnetemperatuuriline kõikumine avaldab soojuspumba võimsusele olulist mõju. Selleks, et seda mõju paremini illustreerida, on otstarbekas kuvada saavutatav võimsus analoogselt eelmisele kahele joonisele, vt Joonis 8.3. .



Joonis 8.3. Heitveest saadav soojuslik võimsus 2006. aasta veebruaris ja juulis, MW

Näeme, et heitvee temperatuuri ja vee vooluhulkade kõikumise tulemusena võib analoogsete ilmastikutingimuste juures olla soojusvõimsuses kõikumisi 20 MW võrra, mida võib pidada suhteliseks suureks kõikumiseks ja seetõttu on arenduspiirkonna soojusvarustuse planeerimisel riskide maandamiseks otstarbekas lähtuda minimaalsetest koormustest.

**Teiseks tuleks vältida tegevusi, mis alandaksid asulatest kogutava reovee temperatuuri enne reoveepuhastisse jõudmist, et kindlustada bakteritele elutegevuseks soodne keskkond (temperatuur) aktiivmuda puhastites. Majanduslikult otstarbekam on reovesi enne puhastada ja kasutada heitvee (puhastatud reovesi) soojust soojuspumpade abil kõrgemale temperatuuritasemele tõstmiseks ja kaugküttevõrku suunamiseks.**

Kui veebruaris 2006 langes välisõhu temperatuur alla  $-10^{\circ}\text{C}$ , siis oli võimalik heitsoojuskoormus  $\sim 18$  MW (Tallinna Paljassaare reoveepuhastusjaamas). Sel juhul saaks nt ööpäevas heitsoojusena kasutada 432 MWh. Suvised koormuse tipud ulatusid juulis 2006. aastal 80 MWni, mis võimaldaks ööpäevas saada 1 920 MWh heitsoojust. Konservatiivse hinnangu järgi võiks aastane (8760 h) heitsoojuse kogus olla vahemikus 430 GWh, kuid see võib ulatuda kuni 580 GWh/a.

Tehnoloogiliste protsesside jääsoojusest ettevõttes tuleb kõne alla biogaasi põletamisest saadava jääsoojuse ära kasutamine. Reoveepuhastusjaama biogaasi põletamisest jääb praeguse kasutuse juures üle soojust hinnanguliselt 1 600 MWh aastas. Arvestades, aga ettevõtteväliste või siseste arendusprojekti soojuse tarvet on see suhteliselt tühine osa ( $\sim 3\%$ ). Seega ei ole otstarbekas teha lisainvesteeringuid selle suhteliselt väikese soojusallika ära kasutamiseks.

## Kokkuvõte

**Teoreetiliselt saadav heitsoojuse kogus soojuse tootmisel suitsugaaside kondenseerimisest niiske puitkütusega ja gaasiliste kütustega võiks olla  $492 + 329 = 821$  GWh/a** vastavalt Statistikaameti andmetele (vt Tabel 8.1). On konservatiivselt eeldatud, et min 10% toodetud kogusoojusest oleks võimalik heitsoojusena taaskasutada. Kindlasti on osa sellest heitsoojusest juba kasutatust leidnud (katlamajades olevad suitsugaaside kondensaatorid) kas kaugküttevõrkudes või tööstusettevõtetes.

Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühingu poolt ühingusse kuuluvatelt ettevõtetelt kogutud andmete alusel on soojuse ja elektri koostootmisjaamadest (-seadmetest) kaugküttevõrkudesse edastatud 2 269,4 GWh 2019. aastal. Seda saab klassifitseerida elektri tootmisel tekkiva heitsoojusena. Heitsoojust muudest allikatest (peamiselt suitsugaaside kondensaatoritest) on kaugküttevõrkudesse edastatud 462 GWh/ 2019. aastal.

Tööstusettevõtetes juba kasutatud heitsoojuse kogust on andmete puudumisel võimatu hinnata (küsitlused andsid selles osas väga laialivalguvaid vastuseid). Samuti ei osata hinnata ettevõtetes heitsoojuse potentsiaali. **Ühena vähestest suurima heitsoojuse potentsiaaliga ettevõtetest on AS Tallinna Vesi, kelle Paljassaares asuvast reoveepuhastusjaamast väljuvat ja merre lastava heitvee madalat temperatuuri saaks soojuspumpadega tõsta ja mis võimaldaks hinnanguliselt kuni 450 GWh sobiva temperatuuriga heitsoojust** suunamiseks nt lähedalasuvate tulevaste elamuarenduspiirkondade soojusega varustamiseks või suunamiseks Tallinna kaugküttevõrku. See on ligikaudu pool puitkütuste ja gaaskütuse põletamisel saadavast teoreetilisest heitsoojuse kogusest. Vee-ettevõtete heitvee soojuse kasutamine oleks kõige suurema potentsiaaliga heitsoojuse kasutamise võimalus, kuid tavaliselt asuvad need ettevõtted asulate kaugküttevõrkudest eemal ja selle soojuse kasutuselevõtmise investeeringud võivad minna väga suureks.

## Kaugjahutus ja heitsoojus kaugjahutusest

Kaugjahutus on analoogselt kaugküttega tiheasustusaladel korraldatav keskne energiavarustuse teenus, mis võimaldab tekitada kvaliteetsema linnaruumi. Linnas on vähem müra ja vibratsiooni ning hoone näeb parem välja, kui lokaalsed jahutusseadmed puuduvad hoonete seintel, rõdudel või katustel (eriti oluline muinsuskaitsealustes piirkondades ning vanalinnades) ning tootmiseseadmed on paigaldatud linnasüdamest eemale selleks otstarbeks rajatud kaugjahutusjaamadesse. Samas on hoonete kasutajatele tagatud kvaliteetne sisekliima ning jahutamisel hoonetest väljajuhitav soojus kasutatakse ära kaugküttevõrgus või mujal ning ei satu vahetult keskkonda.

Kaugjahutusjaamas jahutatakse vesi (külmakandja) kas keskkonnast saadava veega (meri, jõgi, järv), õhuga või jahutite (nt absorptsioonseade) abiga  $6-10^{\circ}\text{C}$  kraadini (nn vabajahutus) ning suunatakse torustiku kaudu hoones olevasse jahutussõlme. Seal jahutatakse antud veega hoonesse antavat ventilatsiooniõhku ja jahutussüsteemis ringlevat vett. Sel juhul ei

kasutata hoones lokaalseid jahuteid ega neis sisalduvat freooni (F-gaasi). Jahutusprotsessis külma ära loovutanud vesi suunatakse tagasi kaugjahutusjaama, kus seda uuesti jahutatakse ja saadav soojus võidakse soojuspumba vahendusel suunata kaugküttevõrku.

2019. aastal suunati Tartu linna kaugküttevõrku SP-de vahendusel 797 MWh kaugjahutusjaama heitsoojust. Sel aastal teistes kaugjahutusjaamadest (Tallinn, Pärnu) heitsoojust kaugküttevõrkudesse ei edastatud.

Kaugjahutussüsteemide soodne mõju avaldub tööstuslike seadmete paremast kasutegurist, vabajahutuse kasutamise primaarenergia säästust ning väiksema KHG ekvivalendiga jahutusainete kasutamisest. Vähem oluline pole see, et suured süsteemid on ka parema järelevalve all ning professionaalne käit minimeerib lekked ja rikked. Eraldi väärib tähelepanu kasvuhoonegaaside vähenemine paremate külmaainete kasutusele võtmisest, mille mõju ulatub kuni 21 500 tCO<sub>2ekv</sub> kui kasutades Keskkonnauuringute Keskuse ning FOKA registri tänaseid andmeid.

# 9 Andmete visualiseerimine kaartidel

Vastavalt Euroopa Komisjoni 4. märts 2019 delegeeritud määruse (EL) 2019/826 I lisa osa „VIII lisa muudatused“ punktile 3 on allolevalt näidatud kogu Eesti territooriumi kaardid, millele on kajastatud:

- a) analüüsi punkti 1 abil leitud kütte- ja jahutusvajadusega piirkonnad, kasutades ühtseid kriteeriume, et keskenduda energiatihedatele aladele omavalitsustes ja linnastutes;
- b) jaamad, mis toodavad heitsoojus- või heitjahutusenergiat ning nende potentsiaalne kütte- või jahutustarne GWh aastas
- c) punkti 2 alapunktis b kirjeldatud kavandatud kütte ja jahutuse tarnepunktid ning kaugküttejaamad

Kaartidel on kasutatud Hotmaps projektis kogutud ja välja töötatud andmetabeleid, mis on koos metaandmetega kättesaadavad Hotmaps-i veebilehel<sup>50</sup>. Täiendavad selgitused on projektidokumentatsioonis<sup>51</sup>. Lisaks on kasutatud tööde käigus kogutud ning töö autorite koostatud andmetabeleid ning töö autorite valduses olevaid andmestikke.

Suurema lahutusega kaardid on lisatud tööle eraldi failidena.

## 9.1 Töö käigus leitud kütte- ja jahutusvajadusega piirkonnad, kasutades ühtseid kriteeriume, et keskenduda energiatihedatele aladele omavalitsustes ja linnastutes

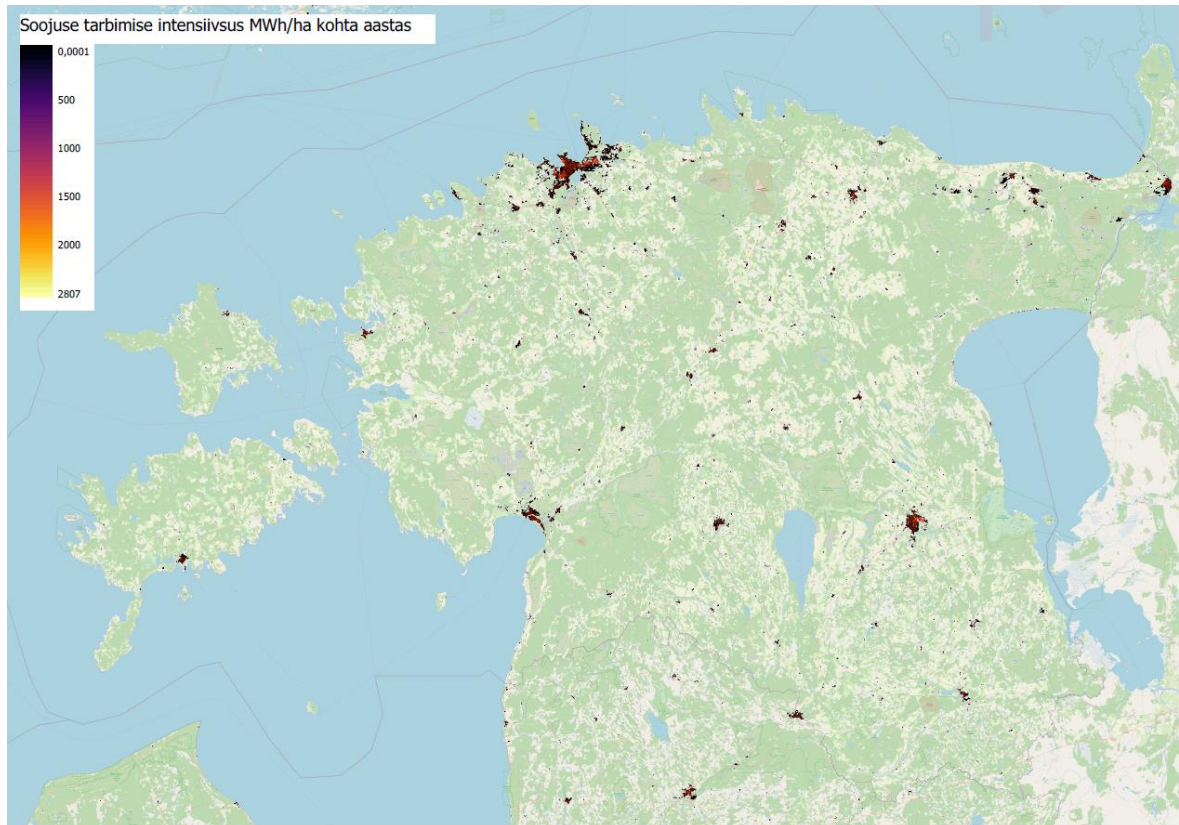
Kütte- ja jahutusnõudluse hindamisel on kaardid koostatud hektaripõhise rastrina ning energiatarbimine on väljendatud tarbitud kasuliku energiana. Tarbimise intensiivsuse

<sup>50</sup> <https://gitlab.com/hotmaps>

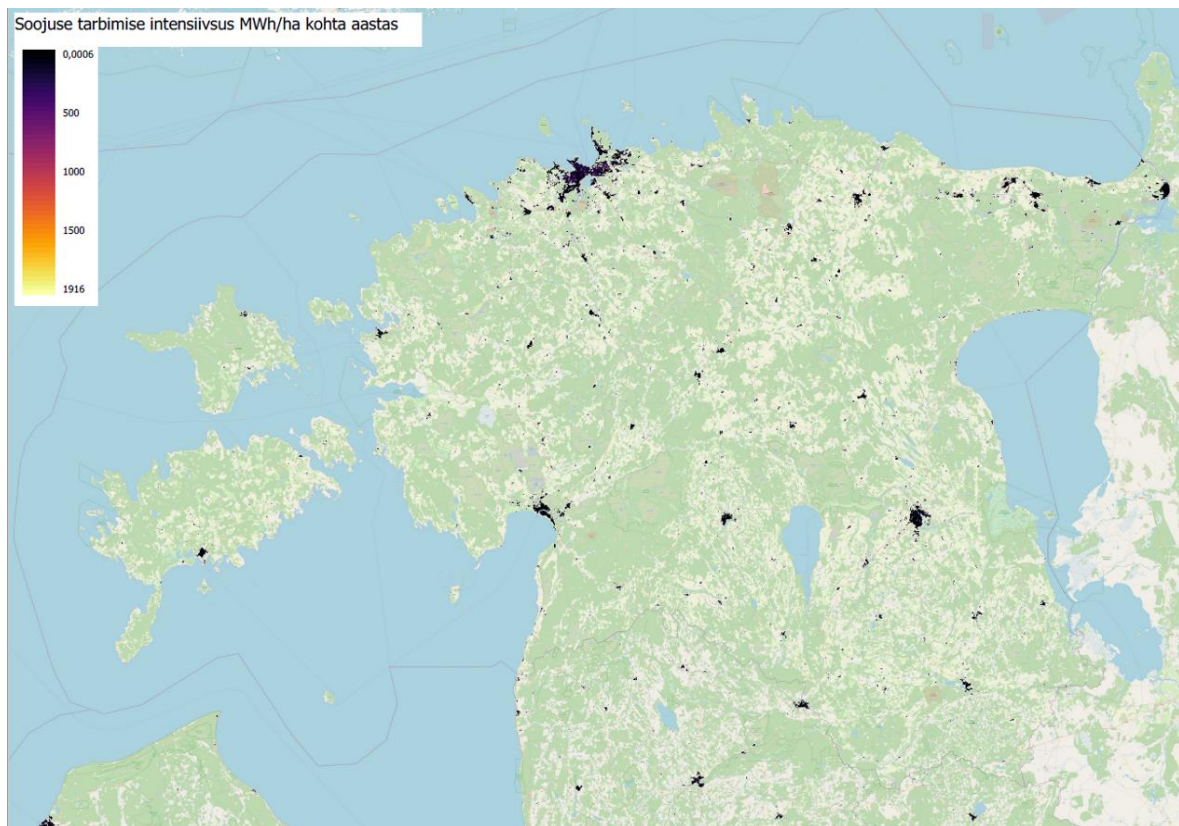
<sup>51</sup> [https://www.hotmaps-project.eu/wp-content/uploads/2018/03/D2.3-Hotmaps\\_for-upload\\_revised-final\\_.pdf](https://www.hotmaps-project.eu/wp-content/uploads/2018/03/D2.3-Hotmaps_for-upload_revised-final_.pdf)

arvestamisel lähtuti statistilisest meetodist, mille aluseks on lähenemine, et kasuliku energia nõudlus („useful energy demand“, edaspidi UED) on seatud rahvastikutiheduse, majandusliku aktiivsuse ja kliimatiliste tingimustega, väljendatuna kütmise/jahutamise kraadpäevades.

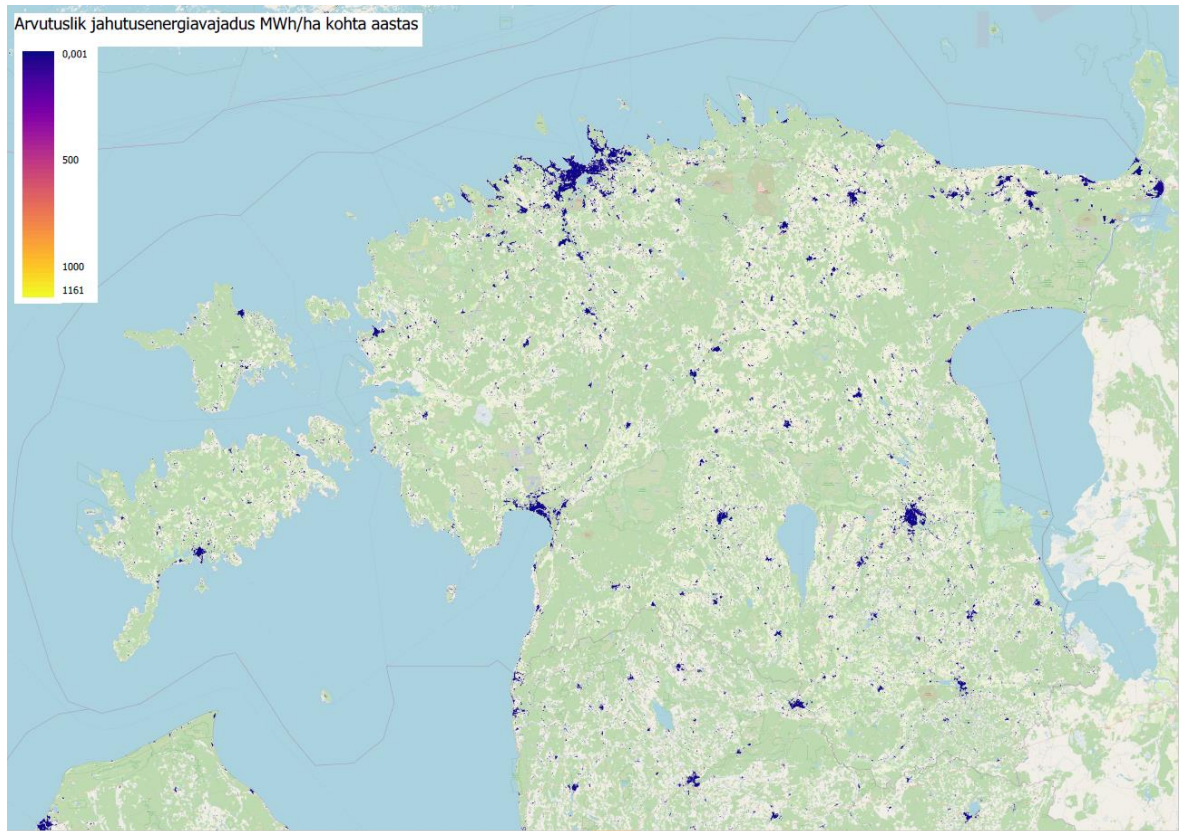




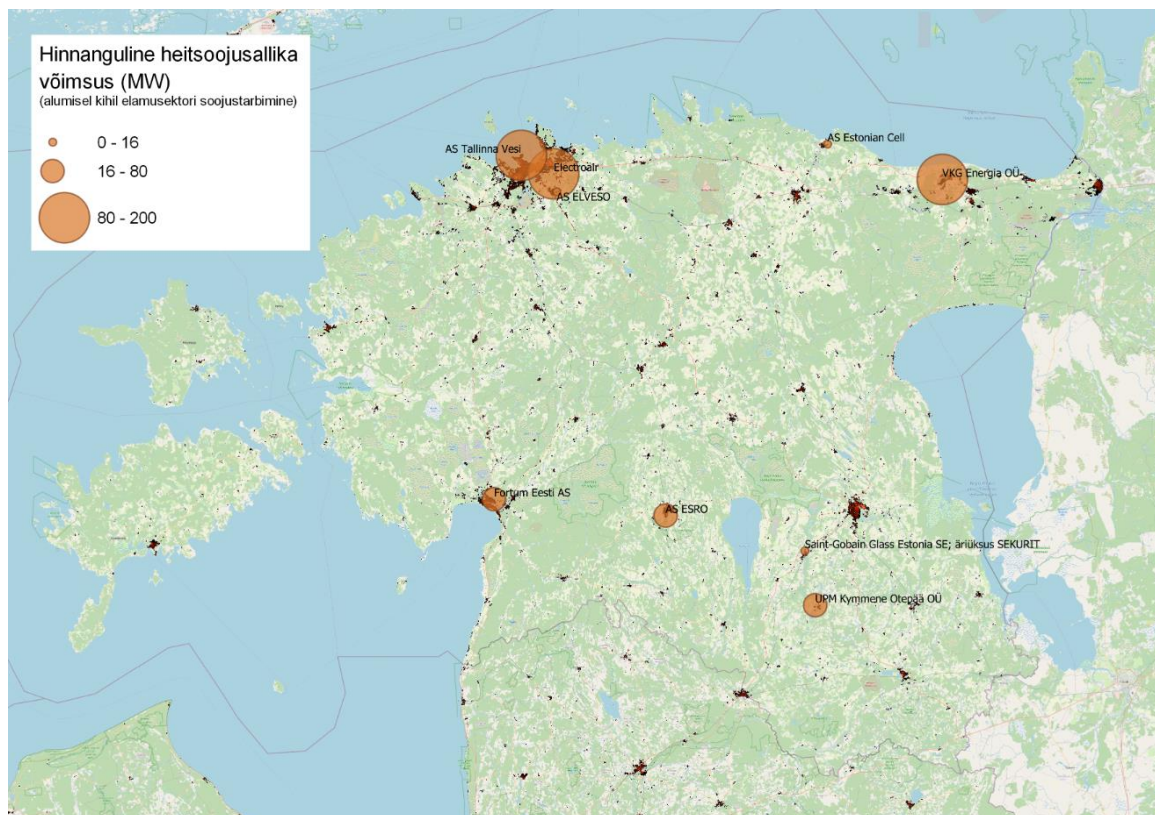
**Joonis 9.1. Soojuse tarbimise intensiivsus elamusektoris**



**Joonis 9.2. Soojuse tarbimise intensiivsus teenuste sektoris ja tööstuses**



Joonis 9.3. Arvutuslik jahutusvajadus elamusektoris



Joonis 9.4. Heitsoojus

# 10 Kütte ja jahutuse nõudluse suundumuste prognoos

## Kütte nõudlus

Kütte ja jahutuse nõudluse suundumuste prognoos, mille abil säilitada järgmise 30 aasta perspektiivi gigavatt-tundides, võttes arvesse eelkõige järgmise 10 aasta prognoosi, hoonete ja eri tööstussektorite osas toimuda võivaid muutusi ning nõudluse juhtimisega seotud meetmete ja strateegiatega mõju, nt direktiivi (EL) 2018/844 kohaste pikaajaste hoonete renoveerimise strateegiatega mõju.

Esmalt vaatame, kui palju kõikide kütustega kokku on Eestis viimastel aastatel soojust toodetud (Tabel 10.1), 2019. aasta kohta andmed puudusid.

**Tabel 10.1. Kasutatud kütused soojuse tootmiseks kokku<sup>52</sup>**

Aasta	Kõik kütused kokku	
	TJ	GWh
2016	39 032	10 842
2017	40 737	11 316
2018	36 836	10 232

Keskkonnaagentuuri andmebaasist saadud väljavõtte kohaselt toodeti 2018. aastal soojust kõigis neil arvel olevates soojuse tootmise seadmetes ja kõigi kütuste baasil nii oma ettevõttesiseselt kui müügiks kokku 11 779 GWh ehk 11,78 TWh.<sup>53</sup> Siinkohal tuleks kasutada pigem ESA tabeli KE024 andmeid (vt Tabel 10.1).

**Tabel 10.2. Lõpptarbimine kodumajapidamises, kõik kütused kokku<sup>54</sup>**

Aasta	Kütus kokku		Soojus	
	TJ	GWh	TJ	GWh
2016	30 198	8 388	13 057	3 627
2017	30 626	8 507	13 320	3 700

<sup>52</sup> ESA KE024: energiabilanss, TJ/GWh

<sup>53</sup> Märkus: soojus on üldjuhul arvatud kasutatud kütuste kütteväärtust ja muundamise kasutegurit arvestades, kuid puitkütuste puhul on teatud juhtudel märgata ebatäpsusi soojuse koguse arutamisel, mistõttu lõppsumma usaldusväärtuses võib kahelda

<sup>54</sup> ESA KE024: ENERGIABILANSS, TJ/GWh

2018	30 599	8 500	13 500	3 750
------	--------	-------	--------	-------

**Tabel 10.3. Soojuse tegelik lõpptarbimine ja sh kodumajapidamises<sup>55</sup>**

Aasta	Tarbimine	Soojus, GWh
2016	Tegelik lõpptarbimine	7 993
	..lõpptarbimine kodumajapidamises	3 627
2017	Tegelik lõpptarbimine	8 619
	..lõpptarbimine kodumajapidamises	3 700
2018	Tegelik lõpptarbimine	8 125
	..lõpptarbimine kodumajapidamises	3 750

**Tabel 10.4. Energia ja soojuse tarbimine Eestis 2016. aastal<sup>56</sup>**

Aasta	Tarbimine, TJ/TWh		Osatähtsus kogu tarbimises, %	
	Energia kokku	Soojus	Energia kokku	Soojus
2016	121 688/33 802	28 776/7 993	100	23

Statistikaameti Energeetika andmebaasis on andmed soojuse lõpptarbimise kohta antud 2016. aasta seisuga (Tabel 10.5). Hilisematel aastatel on üle mindud Eurostati metoodika kasutamisele ja kõiki varasemaid andmeid enam kodulehel ei avaldata (Tabel 10.6).

**Tabel 10.5. Soojuse lõpptarbimine 2016. aastal<sup>57</sup>**

Näitaja	GWh
Kaugküte (tarbijatele müüdud soojus toodangu üldkogusest)	6650
Tarbimine	8640
..tarbimine tööstuses (k.a mäetööstus ja energeetika)	2835
..tarbimine ehituses	37
..tarbimine põllumajanduses	105
..tarbimine kodumajapidamises	3627
..tarbimine muudes harudes	2036

**Märkus:** Kadu kaugküttevõrkudes kokku oli 901 GWh aastal 2016.

Tarbijatele müüdud soojuse hulgas on kogu soojus, mida on müüdud kas kaugkütetarbijatele või ettevõtetele, kes ise soojust ei tooda, vaid ostavad seda eraldi tootjalt (Eestis sagedane ettevõtetele soojuse müüja on Adven Eesti AS).

<sup>55</sup> ESA KE023: ENERGIABILANSS, GWh

<sup>56</sup> ESA tabel KE05: ENERGIA LÕPPTARBIMINE (v.a kütuse tarbimine mitteenergeetilisteks vajadusteks, kaod transportimisel, hoidmisel ja jaotamisel)

<sup>57</sup> ESA KE04: SOOJUSE BILANSS, 2016

Tabel 10.6. Soojuse bilanss aastail 2017, 2018 ja 2019<sup>58</sup>

Aasta	Sektor, näitaja	Soojus	
		TJ	GWh
<b>2017</b>	<b>Tegelik lõpptarbimine</b>	<b>19924</b>	<b>5534,4</b>
	<b>Lõpptarbimine tööstussektoris</b>	1550	430,6
	..lõpptarbimine raua- ja terasetööstuses	0	0
	..lõpptarbimine keemiatööstuses	720	200
	..lõpptarbimine mitteraudmetallide tööstuses	0	0
	..lõpptarbimine muude mittemetalletest mineraalidest toodete tootmises	72	20
	..lõpptarbimine transpordivahendite tootmises	63	17,5
	..lõpptarbimine masinaehituses	216	60
	..lõpptarbimine mäetööstuses	2	0,6
	..lõpptarbimine toiduaine- ja tubakatööstuses	127	35,3
	..lõpptarbimine paberitööstuses ja trükinduses	35	9,7
	..lõpptarbimine puidutööstuses	62	17,2
	..lõpptarbimine ehituses	83	23,1
	..lõpptarbimine tekstiili- ja nahatööstuses	65	18,1
	..lõpptarbimine mujal liigitamata tööstuses	105	29,2
	<b>Lõpptarbimine transpordisektoris</b>		0
	<b>Lõpptarbimine teistes sektorites</b>	18374	5103,9
	..lõpptarbimine äri- ja avaliku teeninduse sektoris	4980	1383,3
	<b>..lõpptarbimine kodumajapidamises</b>	13320	3700
	..lõpptarbimine põllumajandus- ja metsandussektoris	74	20,6
	..lõpptarbimine kalandussektoris	0	0
	..lõpptarbimine mujal liigitamata sektorites	0	0
<b>2018</b>	<b>Tegelik lõpptarbimine</b>	<b>20165</b>	<b>5601,4</b>
	<b>Lõpptarbimine tööstussektoris</b>	1497	415,8
	..lõpptarbimine raua- ja terasetööstuses	0	0
	..lõpptarbimine keemiatööstuses	647	179,7
	..lõpptarbimine mitteraudmetallide tööstuses	0	0
	..lõpptarbimine muude mittemetalletest mineraalidest toodete tootmises	95	26,4
	..lõpptarbimine transpordivahendite tootmises	81	22,5
	..lõpptarbimine masinaehituses	219	60,8
	..lõpptarbimine mäetööstuses	5	1,4
	..lõpptarbimine toiduaine- ja tubakatööstuses	121	33,6
	..lõpptarbimine paberitööstuses ja trükinduses	29	8,1
	..lõpptarbimine puidutööstuses	68	18,9
	..lõpptarbimine ehituses	77	21,4

<sup>58</sup> (ESA tabel KE0240: ENERGIABILANSS, TJ: GWh, EUROSTATI metoodika) s.o tarbijatele müüdud soojus

Aasta	Sektor, näitaja	Soojus	
		TJ	GWh
	..lõpptarbimine tekstiili- ja nahatööstuses	64	17,8
	..lõpptarbimine mujal liigitamata tööstuses	91	25,3
	<b>Lõpptarbimine transpordisektoris</b>		0
	<b>Lõpptarbimine teistes sektorites</b>	18668	5185,6
	..lõpptarbimine äri- ja avaliku teeninduse sektoris	5100	1416,7
	<b>..lõpptarbimine kodumajapidamises</b>	13500	3750
	..lõpptarbimine põllumajandus- ja metsandussektoris	68	18,9
	..lõpptarbimine kalandussektoris	0	0
	..lõpptarbimine mujal liigitamata sektorites	0	0
<b>2019</b>	<b>Tegelik lõpptarbimine</b>	<b>19446</b>	<b>5401,7</b>
	<b>Lõpptarbimine tööstussektoris</b>	1401	389,2
	..lõpptarbimine raua- ja terasetööstuses	0	0
	..lõpptarbimine keemiatööstuses	610	169,4
	..lõpptarbimine mitteraudmetallide tööstuses	0	0
	..lõpptarbimine muude mittemetalletest mineraalidest toodete tootmises	80	22,2
	..lõpptarbimine transpordivahendite tootmises	70	19,4
	..lõpptarbimine masinaehituses	190	52,8
	..lõpptarbimine mäetööstuses	4	1,1
	..lõpptarbimine toiduaine- ja tubakatööstuses	110	30,6
	..lõpptarbimine paberitööstuses ja trükinduses	32	8,9
	..lõpptarbimine puidutööstuses	65	18,1
	..lõpptarbimine ehituses	80	22,2
	..lõpptarbimine tekstiili- ja nahatööstuses	67	18,6
	..lõpptarbimine mujal liigitamata tööstuses	93	25,8
	<b>Lõpptarbimine transpordisektoris</b>		0
	<b>Lõpptarbimine teistes sektorites</b>	18045	5012,5
	..lõpptarbimine äri- ja avaliku teeninduse sektoris	4300	1194,4
	<b>..lõpptarbimine kodumajapidamises</b>	13680	3800
	..lõpptarbimine põllumajandus- ja metsandussektoris	65	18,1
	..lõpptarbimine kalandussektoris	0	0
	..lõpptarbimine mujal liigitamata sektorites	0	0

Soojuse kogutarbimine Tabel 10.6 kohaselt on aastati ebahütlane, kuid 2019. aastal oli see väiksem (ei ole teada, kas tarbimine on normaalaastale taandatud).

Kui võrrelda lõpptarbimise andmeid

Aasta	Kütus kokku		Soojus	
	TJ	GWh	TJ	GWh
2016	30 198	8 388	13 057	3 627
2017	30 626	8 507	13 320	3 700

2018	30 599	8 500	13 500	3 750
------	--------	-------	--------	-------

Tabel 10.3 ja Tabel 10.6 (viimane Eurostati metoodika alusel koostatud), siis näeme soojuse lõpptarbimise numbrite erinevusi samadel aastatel. Vahe tuleb sellest, et Eurostat'i metoodika arvestab ainult müüdud soojust, mitte seda, mida ise oma tarbeks toodetakse. Selle tõttu on tabelis

Aasta	Kütus kokku		Soojus	
	TJ	GWh	TJ	GWh
2016	30 198	8 388	13 057	3 627
2017	30 626	8 507	13 320	3 700
2018	30 599	8 500	13 500	3 750

Tabel 10.3 toodud väärtused suuremad. Nt

Aasta	Kütus kokku		Soojus	
	TJ	GWh	TJ	GWh
2016	30 198	8 388	13 057	3 627
2017	30 626	8 507	13 320	3 700
2018	30 599	8 500	13 500	3 750

Tabel 10.3 on soojuse tegelik lõpptarbimine 2018. aasta kohta 8 125 GWh ja Tabel 10.6 samal aastal 5601,4 GWh.

Enne kui hakata prognoosima kütte ja jahutuse nõudlust võiks vaadata, milline on olnud soojuse toodang Eestis viimasel kolmel aastal. Tabel 10.7,

Tabel 10.8 ja **Error! Reference source not found.**,

Joonis 10.3 on näha, et kraadpäevadega taandatud soojuse toodang on igal aastal veidi kasvanud. Kraadpäevadega taandamata väärtused püsivad enam-vähem stabiilsena. Kui soojust müüakse ettevõtetele, siis seda osa, mis läheb tootmisprotsessidesse ei oleks vaja kraadpäevadega taandada, kuid selle osa eraldi välja tuua ei ole võimalik (osa kasutatakse ka ruumide kütteks).

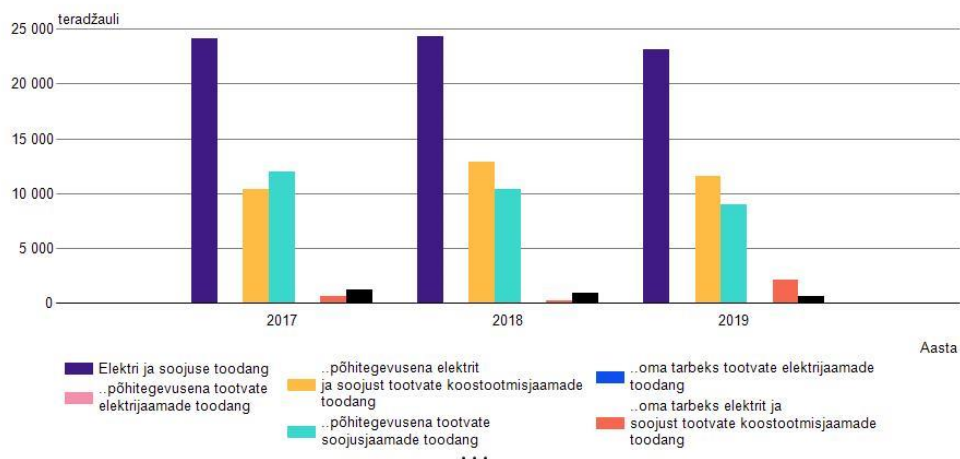
**Tabel 10.7. Soojuse toodang aastatel 2017, 2018 ja 2019<sup>59</sup>**

Näitaja	Ühik	Aasta		
		2017	2018	2019
Soojuse toodang	TJ	24179	24360	23172
Kraadpäevadega taandatud	TJ	26023	27260	27353
Kraadpäevadega taandatud (Tallinna tasakaalu temperatuuril 17°C)	GWh	7240	7572	7598

<sup>59</sup> ESA tabel KE0240: ENERGIABILANSS, TJ. Näitaja, energia liik ja kogus (EUROSTATi metoodika), s.o toodetud müümise eesmärgil

..põhitegevusena elektrit ja soojust tootvate koostootmisjaamade toodang	TJ	10411	12912	11565
..põhitegevusena tootvate soojusjaamade toodang	TJ	11935	10322	8990
..oma tarbeks elektrit ja soojust tootvate koostootmisjaamade toodang	TJ	596	219	2044
..oma tarbeks tootvate soojusjaamade toodang	TJ	1237	907	574

KE0240: ENERGIABILANSS TJ | Näitaja ning Aasta. Soojusenergia, TJ.

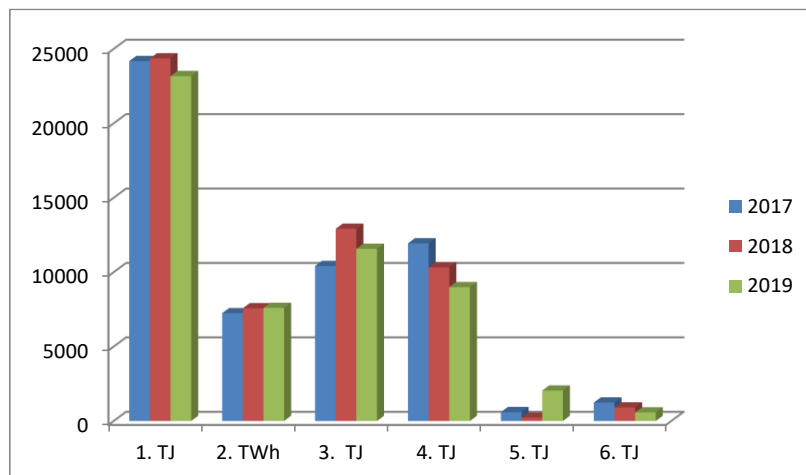


### Joonis 10.1. Soojuse toodang tootmisharude lõikes Eestis kolmel viimasel aastal, TJ

Joonis 10.1 ja

1	Soojuse toodang
2	Kraadpäevadega taandatud soojuse toodang
3	..põhitegevusena elektrit ja soojust tootvate koostootmisjaamade soojuse toodang
4	..põhitegevusena tootvate soojusjaamade toodang
5	..oma tarbeks elektrit ja soojust tootvate koostootmisjaamade soojuse toodang
6	..oma tarbeks tootvate soojusjaamade toodang

Joonis 10.2 on näha, et ainult põhitegevusena elektrit ja soojust koostootmisjaamades soojuse toodang omatarbeks on viimastel aastatel kasvanud, mis on primaarenergia kasutamise seisukohalt säästlik. Seega SEK jaamade heitsoojus (elektritootmise kõrvalprodukt) on leidnud üha rohkem kasutust ka puidukuivatites või toorme kuivatamisel pelletitehastes (viimastes võib seda ka üle jääda).



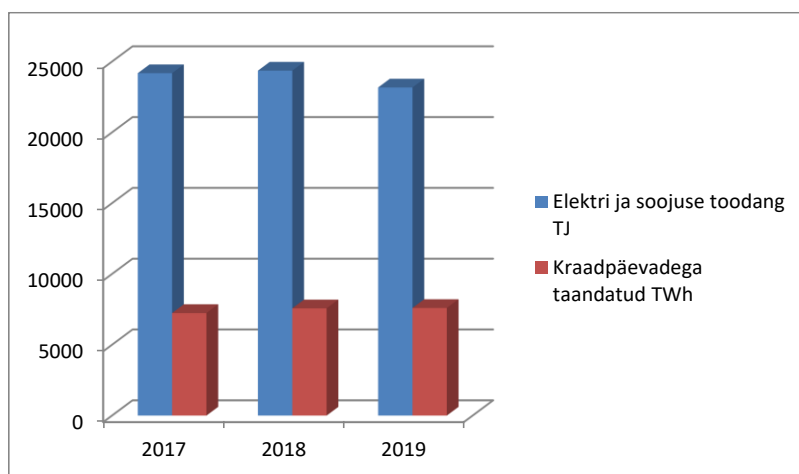


1	Soojuse toodang
2	Kraadpäevadega taandatud soojuse toodang
3	..põhitegevusena elektrit ja soojust tootvate koostootmisjaamade soojuse toodang
4	..põhitegevusena tootvate soojusjaamade toodang
5	..oma tarbeks elektrit ja soojust tootvate koostootmisjaamade soojuse toodang
6	..oma tarbeks tootvate soojusjaamade toodang

Joonis 10.2. Soojuse toodang tootmisharude lõikes Eestis kolmel viimasel aastal<sup>60</sup>

Tabel 10.8. Kraadpäevadega taandatud soojuse toodang Eestis

Näitaja	Ühik	2017	2018	2019
Elektri ja soojuse toodang	TJ	24 179	24 360	23 172
Kraadpäevadega taandatud	TWh	7,24	7,572	7,598



Joonis 10.3. Soojuse toodang Eestis kolmel viimasel aastal

**Küttenõudluse hindamiseks, ja taastuvate energiaallikate osa selles, on vaadatud REKK 2030 eesmärged<sup>61</sup>:**

**Energia lõpptarbimine 32 TWh/a:** 2021-2030 tuleb energia lõpptarbimise hoidmiseks igal aastal saavutada energiasääst, mis moodustab 0,8% aastate 2016-2018 keskmisest energia lõpptarbimisest. Saavutatav energiasääst peab olema kumulatiivne, st eelnevatel aastatel saavutatud säästu maht peab püsima läbi kogu perioodi.

Nõutav energiasääst ajavahemikus 2021-2030, GWh 14 667 GWh ehk 1 267 GWh/a ehk 1,47 TWh/a. See on kõikide energiavormide peale kokku, s.h soojus.

**Taastuenergia osakaal energia summaarsest lõpptarbimisest peab aastal 2030 olema vähemalt 42%:** aastal 2030 toodetakse taastuenergiat 16 TWh ehk 50% energia

<sup>60</sup> TWh – on kraadpäevadega taandatud

<sup>61</sup> REKK2030, lk 8 ja Tabel 2 Eesti peamised energia- ja kliimapoliitika eesmärgid, poliitikasuunad ja meetmed.

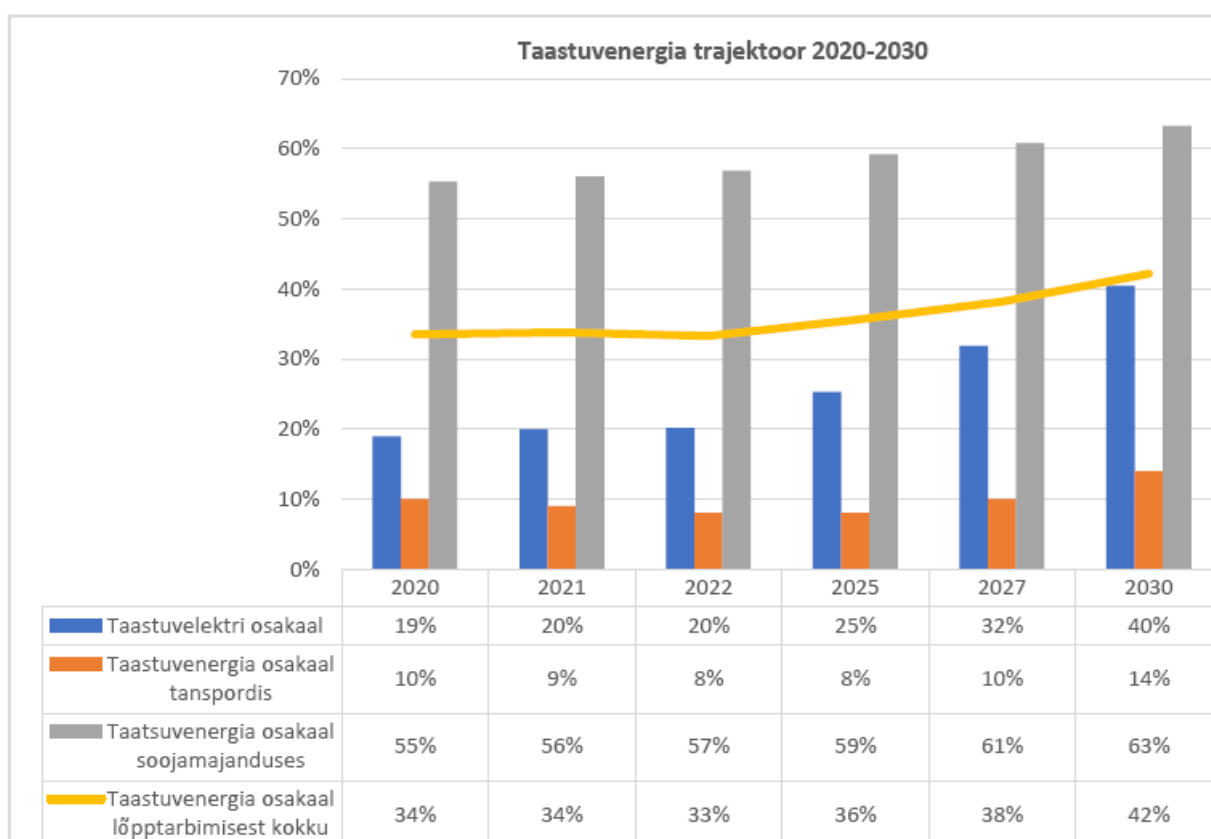
lõpptarbimisest, sh taastuvelekter 4,3 TWh (2018 = 1,8 TWh), taastuvsoojus 11 TWh (2018 = 9,5 TWh), transport 0,7 TWh (2018 = 0,3 TWh).

**Taastuenergia osakaal soojusmajanduses 63%.** Soojuse- ja jahutusenergia vallas kasutatakse ära Eesti puitkütuste potentsiaal ja suureneb järjest soojuspumpade osakaal (Tabel 10.5).

Eeltoodu põhineb dokumendis ENMAK 2030 aastaks 2030 seatud siseriiklikul eesmärgil, et taastuenergia moodustab energia lõpptarbimises 32 TWh vähemalt 50% ehk 16 TWh energia lõpptarbimisest aastaks 2030 (elekter 4,3 + soojus 11 + transportkütused 0,7).

ENMAK 2030 kohaselt kaetakse aastal 2030 kogu soojusvajadusest 11 TWh biomassi põhiselt, sh toodetakse Eestis kaugküte soojusest taastuvatest allikatest 80 %. Arvestades hoonefondi rekonstrueerimise mahtu ning sektori poolt uuendatud prognoose taastuvkütuste kasutamise arengu kohta kaugküttesektoris, moodustavad taastuvkütused (11 TWh) aastal 2030 ehk vähemalt 63% soojuse summaarsest lõpptarbimisest (17,4 TWh aastal 2030). **Seega soojuse lõpptarbimine kõigis valdkondades kokku peaks olema aastaks 2030 saavutanud taseme 17,4 TWh aastas. 2019. aastal oli see 7,6 TWh taandatuna normaalaastale.**

Eeldatav energiatarbimise trajektoor, mis näitab ajavahemikul 2021–2030 igas sektoris (elektri-, kütte- ja jahutus- ning transpordisektor) tarbitava taastuenergia osakaalu lõppenergia tarbimises esitatakse Joonis 10.4 (REKK2030).



#### Joonis 10.4. Eesti taastuvenergia osakaal energia lõpptarbimises üldiselt ja sektorite kaupa<sup>62</sup>

Eeldatav trajektoor taastuvenergia osakaalust soojuse tarbimises on antud joonisel 10.4. Suurimat kasvupotentsiaali e 47% soojuse- ja jahutusenergia vallas prognoositakse soojuspumpadele (Tabel 10.9).

Soojus- ja jahutusenergia toodang taastuvatest energiaallikatest oli 2017. aastal 9 062 GWh (9,1 TWh) ja eesmärk 2030. aastaks on 11 000 GWh (11 TWh), mis teeb juurdekasvuks 1 938 GWh (1,9 TWh) ehk ~21%, mis teeb ligikaudu 1% aastas.

Tabel 10.9. Taastuvenergia tarbimine soojusmajanduses (REKK2030)

Taastuvenergiatehnoloogiate panus eesmärkidesse (GWh)	2020	2022	2025	2027	2030
<b>Taastuvenergia tarbimine soojusmajanduses:</b>	<b>9950</b>	<b>10160</b>	<b>10475</b>	<b>10685</b>	<b>11000</b>
Lokaalküte	5 000	4 960	4 900	4 860	4 800
Muundatud soojus	4 000	4 160	4 400	4 560	4 800
Soojuspumbad	950	1 040	1 175	1 265	1 400

2017. aastal toodeti puidul töötavate kateldega soojusenergiat 2,4 TWh ja 2018. aastal tootsid elektriyaamad puitkütustest rekordilise 4,2 TWh soojusenergiat ja 1,1 TWh elektrienergiat (elektriyaamade kogutoodang 12,3 TWh).<sup>63</sup>

#### Taastuvenergia osakaal kaugküttes

Soojussektoris on viimastel aastatel toimunud pidev üleminek taastuvatele allikatele ning on tänaseks jõudnud 51,64% osakaaluni. Üha enam katlamaju ja koostootmisjaamu on üle läinud taastuvatele kütustele ning 2017. aasta andmetel moodustus taastuvenergia osakaal kaugküttes 52%, millest 93% on saanud tõhusa kaugkütte märgise. Märgis „Tõhus kaugküte“ omistatakse kaugküttesüsteemile, milles lähtudes Euroopa Liidu energiatõhususe direktiivis 2012/27/EL sätestatust, kasutatakse soojuse tootmiseks vähemalt 50% taastuvenergiat või 50% heitsoojust või 75% koostoodetud soojust või 50% sellise energia ja soojuse kombinatsiooni. Märgis tõendab kaugküttesüsteemi tõhusust ning taastuvenergia või koostootmise osa võrgu kaudu edastatavas soojuses. Oluline on siinkohal märkida, et biomass mida kasutatakse soojusmajanduses peab vastama taastuvenergia direktiivist (EL) 2018/2001 tulenevalt säästlikkuse kriteeriumitele ja võtma arvesse jäätmehierarhiat.

#### Kaugjahutuse olemus ja kaugjahutuse nõudlus

Kaugjahutusjaamas jahutatakse vesi 6–10 kraadini keskkonnasoojusega (vesi, õhk ehk vabajahutus) või vastavates jahutusseadmetes (adsorptsioonseadmed, kompressorseadmed) ning suunatakse torustiku kaudu kliendi hoones olevasse jahutussõlme. Seal jahutatakse antud veega hoone ventilatsiooniõhku ja jahutussüsteemis ringlevat vett. Jahutusprotsessis külma ära loovutanud vesi, mille temperatuur on tõusnud, suunatakse tagasi kaugjahutusjaama, kus see uuesti jahutatakse.

<sup>62</sup> Aasta 2020 numbrid põhinevad prognoosidel. Prognoosidest tuleb lahutada statistikakaubanduse raames teistele liikmesriikide müüdüd taastuvenergia statistilised kogused.

<sup>63</sup> Raudsaar, M. (Keskkonnaagentuur) 2019 Puidubilanss. Ülevaade puidukasutuse mahtudest 2017. Veebis: [https://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/elfinder/article\\_files/puidubilanss\\_2017\\_0.pdf](https://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/elfinder/article_files/puidubilanss_2017_0.pdf)

Kaugjahutuse põhilised kliendid on äri- ja kaubandushooned. Kaugjahutust saab kasutada hoone kõikides süsteemides, mis vajavad jahutust: ventilatsioonist sissepuhutava õhu kuivatamiseks, ruumide jahutamiseks *fancoil*ide, jahutusalkide või mõne muu meetodiga, täppiskonditsioneerides ning ka protsessijahutuses. Protsessijahutuse käigus saab jahutada nt servereid, tööstusprotsesse, kaupluse jahutussüsteeme – kõike, mis vajab jahutust 6–10°C juures.

Energiakontsern Utilitas rajas Tallinnas Juhkentali piirkonnas asuvasse Ülemiste kaugküttekattlamajja Tallinna esimese kaugjahutusjaama, mis hakkas 2019. aasta sügisest pakkuma jahutusteenust ümberkaudsetele hoonetele. Esimesed kliendid olid Fahle Pargi kvartali kaks büroohoonet.

Jahutussektori arendamise kiirendamiseks Eestis võib välja tuua kahte põhilist tegurit:

Esimene neist on investeerimisemahuka ülekandetorustiku rajamine:

- Jahutustorustiku läbimõõt on alati ca 3 mõõduühikut (DN) suurem, kui sama energiakoguse ülekandeks vajalikul kaugkütetorustikul.
- Ülekandetorustikud paigaldatakse linnasüdametesse, kus on palju suuri ühiskondlikke hooned, tihedalt teisi kommunikatsioone ning vilgas igapäevane liiklus, mis muudab ehitustööde tegemise keerukaks ja kalliks.
- Tegemist on suure alginvesteeringuga, mis rajatakse nn tühjale kohale ning on seetõttu riskantne.

Teiseks teguriks on olemasolevate hoonete liitmine ning hooneomanike motiveerimine:

- Olemasolevate hoonete tehnosüsteemid ei ole sobilikud kaugjahutuse koheseks kasutuselevõtmiseks.
- Olenevalt hoonetüübist ning tehnilisest lahendusest tuleb tegeleda jahutussõlme paigaldamise või tervikliku hoonesisese süsteemi rajamisega.
- Riiklik tugi kiirendaks kaugjahutuse kasutuselevõttu ka sellistes hoonetes, kus lokaalsed lahendused pole veel täielikult amortiseerunud.

Sektori arengu kiirendamiseks on vajalik disainida ning välja töötada riiklik programm - ühelt poolt tuleks vähendada riske ülekandetorustike rajamisel ning teisalt suurendada hooneomanike motivatsiooni keskkonnasõbraliku teenusega liitumiseks. Analoogia on olemas kaugküttesektoris, kus tervikpaketina on olemas investeeringutoetused soojusettevõtetele ja ka hoonete omanikele.

Kaugjahutus on eraldi meetmena väljatoodud ka SEI (Stockholmi Keskkonna Instituut Tallinna keskus) Eesti kliimanetraalsuse aruandes numbriga En13, kuid raporti koostamisel ajal ei olnud analüütikutel piisavaid andmeid meetme otsese mõju kohta.

Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühing (EJKÜ) on kaasanud Eesti kaugjahutuse ettevõtete parima teadmise ning nende spetsialistide kaasabil koostati sektori arenguhinnang järgmiseks seitsmeaastaseks perioodiks sh turumahud ning mõju kasvuhoonegaaside vähenemisele. Selline prognoos kehtib eeldusel, et kaugjahutuse arengut on võimalik toetada analoogselt kaugküttesektori tänase paketiga ja programm on avatud kogu seitsmeaastasel perioodil.

Järgnevas tabelis 10.10 on välja toodud hinnang kaugjahutuse potentsiaalile järgmise 7 aasta jooksul.

Tabel 10.10. Kaugjahutuse potentsiaali hinnang

Rajatav kaugjahutus torustiku pikkus, km	Torustiku ehituse maksumus, mln eur	Liidetud hoonete pindala, mln m <sup>2</sup>	Asendatav lokaalsete jahutus-seadmete võimsus, MW	Hoonesiseste jahutus-süsteemide rekonstrueerimise maksumus, EUR/kW	Hoonete rek. maksumus, mln eur	Energia sääst, MWh	Asendatud külmaaine sääst, tCO <sub>2</sub> ekv	Kokku CO <sub>2</sub> sääst 7 aasta jooksul, tCO <sub>2</sub> ekv
15,4	14,1	1	55	350	19,3	35 800	21 500	51 200

CO<sub>2</sub> kokkuhoid investeeritud summadesse on võimalik välja tuua järgmises tabelis 10.11 Kuna ei ole hinnatud jahutuse tarbimist (GWh/a), siis ei ole võimalik välja tuua ka kaugjahutusest saadavat heitsoojust (GWh/a).

Tabel 10.11. CO<sub>2</sub> heite sääst kaugjahutusest

Toetus	CO <sub>2</sub> sääst aastas	CO <sub>2</sub> sääst 7 aasta jooksul	CO <sub>2</sub> sääst investeeritud euro suhtes
Kuni 50%	7 314	51 200	3,07

Lihtsustatult on lähtutud eeldustest, et keerukamates piirkondades on ülekandetorustiku ehitusmaksumus kuni 1200 eurot torustiku jooksva meetri kohta ning keerukamatel juhtudel on hoonesiseste süsteemide rekonstrueerimise maksumus kuni 350 eurot hoone jahutusvõimsuse kW kohta. Sarnast lihtsustatud lähenemist kasutades on võimalik välja töötada ja kasutusele võtta ka tänases struktuuritoetuste raamistikus olevad nn lihtsustatud meetmed, mis vähendavad bürokraatiat ning halduskoormust.

Kokkuvõttlikult teeb EJKÜ ettepaneku, et MKM või KeM (või koos) disainiks ja töötaks välja sobilikud programmid, mis kiirendavad kaugjahutuse arengut. Analoogne tervikpakett kaugküttesektoris on aidanud kaasa sellele, et enam kui 10 aasta jooksul jõutud tulemusele, kus taastuenergiaallikate osakaal sektoris on juba enam kui 50 %. Hinnanguline CO<sub>2</sub> heite sääst, võrreldes lokaalsete jahutuse lahendustega, on 80% ja tootmises on primaarenergia sääst 80%, kui kasutatakse kaugjahutust.

Sarnaste meetmete arendamist ning kombineerimist toetavad ka EL-i strateegiad ning initsiatiivid. Näiteks energia- ja kliimakavade initsiatiiv, riiklik hoonete rekonstrueerimise kava<sup>64</sup> ning roheleppe raames koostatav *Renovation Wave* strateegia<sup>65</sup>. Üldise kliimaneutraalsuse poole liikumisel on oluline terviklik, kõikehõlmav ja omavahel seotud meetmete pakett.

### Kaugjahutuse arenguplaanidest Tallinnas<sup>66</sup>

Tallinnasse on kavas rajada esialgu kolm kaugjahutuspiirkonda (Joonis 10.5):

<sup>64</sup> [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ee\\_ltrs\\_2020.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ee_ltrs_2020.pdf)

<sup>65</sup> [https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en)

<sup>66</sup> Väljavõte Tanel Kirs'i, Utilitas Tallinn AS kaugjahutuse osakonna juhataja, ettekandest „Keskkonnasõbralikum jahutusviis linnakeskkonnas“ kaugjahutuse seminaril 17.08.2020

- **Zelluloosi kaugjahutuspiirkond** – arendusperiood 2019–2029, planeeritud 10 MW alates 2019 a;
- **Ülemiste kaugjahutuspiirkond** – arendusperiood 2020–2030, hinnanguline jahutusvõimsus 30 MW, hetkel käib võrgu ja jahutusjaama projekteerimine;
- **Kesklinna kaugjahutuspiirkond** – arendusperiood 2019–2035, hinnanguline võimsus 60 MW.

Kaugemas tulevikus võiks ühendada erinevad võrgud:

- Kesklinna kaugjahutusjaam jääb peamiseks jaamaks ja teised tipukoormuse jaamadeks;
- Tallinna kaugjahutuse SEER on 18 (*seasonal energy efficiency ratio*);
- Jaotusvõrgutorustiku rajamine Tallinna kesklinna vajalikus mahus (ligi 12 km torustikku) on väga kulukas ettevõtmine.

Tallinna kesklinnas on suur osa potentsiaalseid jahutuse tarbijaid täna juba olemas olevad hooned. Vanemate hoonete üleviimine lokaalselt jahutuselt kaugjahutusele võib olla ka omaniku jaoks väga kulukas, kuid uute projekteerimisel tuleks arvestada kohe kaugjahutusega. Olemasolevad tarbijad hakkavad kaugjahutusele mõtlema pigem siis, kui nende oma külmajaam on amortiseerunud ja vajab välja vahetamist.

Kaugjahutust juba kasutatakse ja võrku arendatakse ka Tartus ja Pärnus. Kaugjahutuse osas on kõige perspektiivikamad piirkonnad Eestis Tallinna ja Tartu kesklinn. Tartus töötab 2020. aastast kaks kaugjahutusjaama – Kesklinna 13 MW kaugjahutusjaam ja Aardla 5,4 MW kaugjahutusjaam, kaugjahutustrasside kogupikkus on 2,9 km.

Ülemiste Cityt (Ülemiste kaugjahutuspiirkond) hakkab esialgu kaugjahutusega varustama Peterburi tee 32a aadressile rajatav kaugjahutusjaam, kus umbes 75% jahutusenergiast toodetakse absorptsioonjahutite ja vabajahutusega. Vabajahutusallikana on kasutusel õhkjahutus ning jääksoojuse näol on tegemist energiaga, mis tekib soojuse ja elektri tootmisel koostootmisjaamades, kus kasutatakse kütuseks taastuvat biomassi. Mõlemad on taastuvad energiaallikad ja seega põhineb Ülemiste City kaugjahutus 90% ulatuses taastuvenerial. Hiljem, kui Ülemiste City jahutusvõrk ühendatakse kesklinna kaugjahutusvõrguga, saab põhiliseks vabajahutusallikaks merevesi.



Joonis 10.5. Planeeritavad kaugjahutuse piirkonnad Tallinnas

# 11 Eestis reaalselt kasutatud heitsoojus- ja heitjahutusenergia 2019. a seisuga

Analüüsitud on Keskkonnaagentuurist saadud katelde, kasutatud kütuste, toodetud soojuse ja heitkoguste baastabeleid ja kasutatud ekspertteadmisi suitsugaaside pesurite või skraberite olemasolust katelidel. Vaatluse alla on võetud katlad alates võimsusest 5 MW. Selle alusel on koostatud ülevaade ja välja toodud peamiselt energiasektori heitsoojuse teadaolev hinnanguline kasutus ja teoreetiline potentsiaal (on ka mõned tööstusettevõttes sees, kes põletasid kütust ja kelle heitallikas oli Keskkonnaagentuuri tabelis olemas).

Eraldi tööstusettevõtete ja muude sektorite teoreetilise potentsiaali väljatoomine oleks äärmiselt ajamahukas ning nende heitsoojuse osad oleksid ikkagi üsna väikesed ja kogused ebamäärased. Arvestatud pole ka nt tööstusettevõtete suitsugaaside soojuse kasutamise võimalusi ja koguseid soojusvahetite ja soojuspumpade abil. See vajaks juba mingit väga põhjalikku suunatud uuringut, sest olukord igas ettevõttes võib olla erinev.

## 1. Heitsoojus puitkütusel töötavatest kateldest võimsusvahemikus 5-20 MW

Puitkütusel töötavates kateldes 2018. a kasutatud puitkütustes sisalduv energia oli 804 432 MWh ehk 804 GWh. Suitsugaaside kondensaatoreid (skrabereid, pesureid) omavate ettevõtete katelde pesuritest oli hinnanguliselt 27 581 MWh juba heitsoojusena kaugküttevõrkudesse edastatud (eeldusel, et vähemalt 15% oli heitsoojus).

Kui kõikidel puitkütusel töötavatel katelidel oleksid suitsugaaside pesurid, siis nendes kateldes kasutatud kütuse energiast, 804 GWh, saaks 15% efektiivsuse juures ~121 GWh. 2018. aastal saadi pesureid hinnanguliselt omavatest kateldest 28 GWh heitsoojust ja kasutamata ehk potentsiaal oleks veel 93 GWh. Seega heitsoojusena võiks veel saada keskmiselt 93 GWh/a (15% efektiivsus) saaduna kõigist vahemikus 5,1-20 MW võimsusega kateldest, mis kasutavad puitkütuseid ja omaksid suitsugaaside pesurit.

## 2. Heitsoojus maagaasil töötavatest kateldest võimsusvahemikus 5-20 MW

Maagaasil töötavates kateldes 2018. a kasutatud maagaasis sisalduv energia oli 773 124,3 MWh ehk 773 GWh. Sellest potentsiaalselt saadav heitsoojus oleks 73 GWh (10% heitsoojust) või 110 GWh (15% heitsoojust). Nendel katelidel võimalikke suitsugaaside pesureid ei ole avalikult teada, mistõttu juba kasutatud heitsoojust ei ole hinnatud.

Heitsoojuse kasutus. Hinnanguliselt on heitsoojust pesuritega töötavatest hakkpuidul töötavatest kateldest saadud 2018. aastal (Keskkonnaagentuuri andmetabel) 28 GWh, mis teeb kogu hinnangulisest potentsiaalist 23% (15% efektiivsuse juures). Maagaasil töötavate kateldest võiks saada max 110 GWh (15% efektiivsus). Mõlemat kütust kasutatavate katelde peale kokku võis 15%lise efektiivsuse juures saada veel 203 GWh heitsoojust.



### 3. Heitsoojus üle 20,1 MW puitkütusel töötavatest kateldest

Puitkütusel töötavates või osaliselt puitkütust koospõletavates kateldes 2018. a kasutatud puitkütustes sisalduv energia oli 2 439 842 MWh ehk 2 440 GWh. Suitsugaaside kondensaatoreid (skrabereid, pesureid) omavate ettevõtete pesuritest oli juba hinnanguliselt heitsoojusena kaugküttevõrkudesse edastatud eeldusel, et vähemalt 15% oli heitsoojus, 225 GWh.

Kui kõikidel puitkütusel töötavatel katelidel oleksid suitsugaaside pesurid, siis nendes kateldes kasutatud kütuse energiast, 2 440 GWh, saaks 15% efektiivsuse juures ~366 GWh. 2018. aastal saadi pesureid hinnanguliselt omavatest kateldest 225 GWh heitsoojust ja kasutamata ehk potentsiaal oleks veel 141 GWh. Seega heitsoojusena võiks veel saada keskmiselt 141 GWh/a (15% efektiivsus) saaduna kõigist üle 20,1 MW võimsusega kateldest, mis kasutavad puitkütuseid ja omaksid suitsugaaside pesurit.

Siinkohal tuleks teha parandus põlevkivi ja puitkütuseid koospõletatavate katelde osas. Neile üldjuhul pesureid ei paigaldada, suhteliselt suure suitsugaaside tuhasuse tõttu ja põlevkivi suhteliselt väikese niiskuse tõttu võrreldes puitkütusega. Puitkütuse osakaal koospõletamisel ei ületa tavaliselt 25- 30%. Auvere Elektriijaama plokk võib kasutada kuni 50% puitkütust põlevkivi kõrval.

### 4. Heitsoojus maagaasil töötavatest kateldest üle 20,1 MW

Maagaasil töötavates kateldes 2018. a kasutatud maagaasis sisalduv energia oli 3660680,3 MWh ehk 3 661 GWh. Sellest potentsiaalselt saadav heitsoojus oleks 366 GWh (10% heitsoojust) või 549 GWh (15% heitsoojust). Hinnanguline potentsiaal gaaskütust põletavate gaasikatelde kõigist potentsiaalsetest pesuritest oleks 549 GWh/a. Kuna osadel katelidel on juba pesurid on nende hinnanguline heitsoojuse kogus 15% efektiivsuse juures 333 GWh. Kasutamata heitsoojus ehk potentsiaalne heitsoojuse hulk oleks 216 GWh.

Heitsoojuse kasutus. Hinnanguliselt on heitsoojust pesuritega töötavatest hakkpuidul töötavatest kateldest saadud 2018. aastal (Keskkonnaagentuuri andmetabel) 225 GWh, mis teeb kogu hinnangulisest potentsiaalist 61% (15% efektiivsuse juures). Vaba potentsiaali on veel 141 GWh. Maagaasil töötavate kateldest võiks saada max veel 216 GWh (15% efektiivsus) ja kasutusel on juba ~61%. Mõlemat kütust kasutatavate katelde peale kokku võis 15%lise efektiivsuse juures saada veel 356 GWh heitsoojust.

### Kokkuvõte

Puitkütuse kateldes, alates võimsusest 5,1 MW (kõik sektorid kokku), kasutatakse juba heitsoojust  $28+225=253$  GWh ja teoreetiline vaba heitsoojuse potentsiaal kokku oleks  $93+141=234$  GWh/a.

Maagaasi kateldes, alates võimsusest 5,1 MW (kõik sektorid kokku) kasutatakse teadaolevalt juba heitsoojust 333 GWh ja teoreetiline vaba heitsoojuse potentsiaal kokku oleks  $110+141=251$  GWh/a.

**Mõlema kütuse põletamisest juba hinnanguliselt saadud heitsoojuse kogus on 586 GWh ja veel saada olev teoreetiline potentsiaal kokku oleks 485 GWh aastas.**

Arvutused on tehtud 2018. aasta andmete alusel ja võivad aastate lõikes üsna palju muutuda. Saadav heitsoojuse kogus suitsugaaside pesuritest sõltub palju kaugküttevõrgu tagastava vee temperatuurist ja puitkütuse niiskusest.

# 12 Seni kasutamata heitsoojus- ja heitjahutusenergia reaalselt rakendatav potentsiaal kütte- või jahutusenergia sektoris ning selle potentsiaali rakendamise mõju primaarenergia säästule

Seni veel praktiliselt kasutamata heitsoojust, millel oleks reaalselt rakendatav potentsiaal kaugküttesektoris ning selle potentsiaali rakendamine mõjuks otseselt primaarenergia kasutuse vähenemisele, oleks kõige lihtsam saada linnade reoveepuhastite heitveest ja andmekeskustest (serveriparkidest). Primaarenergia all on siin mõeldud kütuseid, mille kaugkütteeetevõtted ja SEKid soojuseks muundavad. **Reoveepuhastid ja andmekeskused oleksid kõige mugavamad ja sobilikumad heitsoojuse allikad ja partnerid kaugkütteeetevõtetele, sest töötavad 24/7 suhteliselt ühtlasel koormusel aastaringi. Need heitsoojuse allikad hoiaksid otseselt primaarenergiat kokku nii katlamajades kui SEKides, sest nendest saadav soojus on kaugküttesüsteemi väline heitsoojus.** Tööstusettevõtetest (samuti kaugküttesüsteemi väline) saadav heitsoojus ei ole üldjuhul nii ühtlase koormusega ja aastaringse saadavusega (v.a nt klaasisulatus). Niiskel puitkütusel ja maagaasil töötavates katlamajades ja SEKide suitsugaaside kondensaatoritest (pesuritest) saadav soojus vähendab ka primaarenergia (kütuse) vajadust, kuid see sõltub palju kütuse niiskusest ja tagasivoolu vee temperatuurist kaugküttevõrgus ja üldjuhul ei ole kogu aasta jooksul ühtlane Madalatemperatuuriline kaugküte, SEKide enda elektritootmise kõrvalsaadusena saadav soojus otseselt primaarenergiat ehk kütust kokku ei hoi.

Eelnimetatud kahest allikast (heitvesi, serveripark) on vaja suhteliselt madala temperatuuriline soojus tõsta soojuspumpade abil kaugküttevõrgu jaoks sobivale temperatuuritasemele. Kui need allikad jäävad olemasolevatest kaugküttevõrkudest

kaugemale, siis tasuks kaaluda neist edastada madalatemperatuuriline soojuskandja (õhk-vee soojusvaheti abil) kuni liitumiskohta kaugküttevõrguga ja alles seal tõsta selle temperatuur soojuspumbaga KV pealevoolu temperatuurinivoole. Sel juhul väheneksid edastuskadod, eriti kui torustike pikkus on juba üle ühe kilomeetri.

Harku andmekeskusest saadav heitsoojus võiks esimeses etapis (6 MW<sub>el</sub>, 50 GWh<sub>th</sub>) säästa kütust 79 400 pm<sup>3</sup> (arvestatud aasta keskmise kütteväärtusega 0,7 MWh/pm<sup>3</sup> ja muundamise kasuteguriga 90%, kui on olemas suitsugaaside kondensaator). Sellise hulga kütuse primaarenergia sisaldus on keskmiselt 55,6 GWh. Soojuse kadu edastamisel ei ole arvestatud, sest puudub täpsem info kasutatava soojuskandja temperatuurist, ühendustorustiku pikkusest ja soojust vastu võtva kaugküttevõrgu temperatuuri režiimist. Väga ligikaudselt võib suhtelise soojuskao võtta 10%. Kui andmekeskuse võimsus on saavutanud taseme 20 MW<sub>el</sub>, siis oleks primaarenergiasääst 167 GWh ehk niiske hakkpuiduna 238 100 pm<sup>3</sup>.

Ühena vähestest suurima heitsoojuse potentsiaaliga ettevõtte on AS Tallinna Vesi, kelle Paljassaares asuvast reoveepuhastusjaamast väljuvat ja merre lastavat heitveesoojust soojuspumpadega ära kasutades võiks saada aastas hinnanguliselt kuni 450 GWh (714 300 pm<sup>3</sup> niisket hakkpuitu) heitsoojust suunamiseks nt lähedalasuvate tulevaste elamuarenduspiirkondade soojusega varustamiseks või suunamiseks Tallinna kaugküttevõrku. See on ligikaudu pool puitkütuste ja gaaskütuse põletamisel saadavast teoreetilisest heitsoojuse kogusest. Vee-ettevõtete heitvee soojuse kasutamine oleks kõige suurema potentsiaaliga heitsoojuse kasutamise võimalus, kui seda soojust vastuvõttev kaugküttevõrk oleks piisavalt lähedal (mitte kilomeetrite kaugusel, kuid sõltub oluliselt ülekantavast soojuse hulgast). Paraku on teiste linnade ja asulate heitvee kogused märgatavamalt väiksemad kui Tallinnas ja neist saadav heitsoojuse hulk samuti.

**Eestis reoveekäitlusega tegeleva vee-ettevõtte 65 reoveepuhastis puhastatakse keskmiselt ööpäevas 345 016 m<sup>3</sup> reovett (125,93 miljonit m<sup>3</sup>/a). Suvise ja talvise perioodi kohta kokku ehk aastase kaalutud keskmise temperatuuride vahe 10 K juures võiks Eesti reoveepuhastitest teoreetiliselt saada kokku 5 276 TJ/a ehk 1 466 GWh/a heitsoojust (sellel vastav niiske hakkpuidu sääst oleks umbes 2,3 mln pm<sup>3</sup> aastas). Peale mõne suurema linna (Tartu, Pärnu, Narva) ei pruugi heitvee soojuse kasutuselevõtmine olla majanduslikult põhjendatud ja neis suuremateski võib kasutuselevõtmine vajada finantstoetusi. SPde kasutamine suurendab oluliselt elektrikasutust, mis omakorda suurendab süsinikuheidet (kuni elektri tootmine pole saanud süsinikuvabaks).**

Heitjahutusenergia senikasutamata potentsiaal tekib, kui tuleb kaugküttevõrkude lähedusse või hakkavad kaugküttevõtted rajama kaugjahutusjaamu, kus on kasutusel soojuspumbad jahutitest (külmaseadmetest) eralduva soojuse temperatuurinivoo tõstmiseks kaugküttevõrgu pealevooluliini temperatuurinivoole. Tänapäeval kasutatakse heitsoojust Fortum Tartu külmajaamas ja sealne heitsoojus juhitakse Tartu linna kaugküttevõrku. Teine potentsiaalne koht tuleb Tallinnasse Ülemiste ja Kesklinna piirkonda, kuid nende heitsoojuse hulki ei ole veel teada, sest jaamu pole veel hakatud rajama. Kõigi praeguste ja tulevaste külmaseadmete heitsoojus kokku moodustab siiski väga marginaalse osa üldisest soojuse kasutusest nii Tartu linna kui Utilitas Tallinn ASi kaugküttevõrgus. Katlamajades ja SEK jaamades külmajaamadest saadav heitsoojus siiski säästab primaarenergiasääst (kütust).

# 13 Tõhusa kaugkütte ja -jahutuse osakaal kogu kaugkütte ja -jahutuse sektorist 2019. a seisuga

Peatükis 8 olevas Tabel 8.2 on toodud Eestis asuvad soojusettevõtjad ja võrgupiirkonnad (kaugküttesüsteemid, millele Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühing (EJKÜ) on väljastanud märgise “Tõhus kaugküte”. Nimetatud märgise on saanud kokku 24 soojusettevõtet ja 90 võrgupiirkonda, kõige arvukamalt on neid SW Energia OÜ-l, kokku 37 võrgupiirkonda üle Eesti. Kaugjahutussüsteemide energiatõhususe tõendamiseks on EJKÜs väljatöötatud märgis “Tõhus kaugjahutus”, mida seni on taotlenud Fortum Tartu ja Utilitas Tallinn.

Kõigi nimetatud soojusettevõtjate ja nende võrgupiirkondades võrku toodetud soojuse kogumaht oli 1 981,6 GWh ja võrku sisseostetud (tootis keegi teine, mitte võrgu valdaja/haldaja) oli 2 612,2 GWh, kokku oli tarbijatele suunatud **4 593,8 GWh soojust** 2019. aastal (EJKÜ andmetel), millest 2 557,1 GWh ehk 55,7% oli toodetud taastuvate energiaallikate (hakkpuit, puitjäätmel, pelletid ja biogaas) baasil. Hinnanguliselt toodavad Tabel 8.2 toodud ettevõtte üle 90% Eesti kaugküttevõrkudesse suunatud soojusest.

Konkurentsiametis on soojuse hind kooskõlastatud 167 kaugkütte võrgupiirkonnale (Kooskõlastatud lõpptarbijahinnad, seisuga 16.12.2020). Seega tõhusa kaugküte sertifikaat on neist taotletud ~54%le. Suuremad kaugküttevõrgud üle Eesti omavad kõik tõhusa kaugküte sertifikaati ja tõhusa kaugjahutuse sertifikaadi saavad 2021. aasta alguses kaks kaugjahutusvõrku, mis teeb 67% kaugjahutusvõrkudest.

# 14 Tõhusa kaugkütte ja jahutuse seni kasutamata potentsiaal ning selle potentsiaali rakendamise mõju primaarenergia säästule

Eelmises peatükis selgus, et kõigi suuremate linnade kaugküttevõrgud on tõhusad ja potentsiaal tõhusate kaugküttevõrkude juurde tulemiseks on suhteliselt väikestes asulates ja nende kaugküttevõrkudes. Kuigi on teada, et mõned kaugküttevõrgud on peaaegu 100%liselt taastuvatel allikatel (Räpina, Muhu Liiva, Ardu, Kääpa jt), kuid nende võrkude operaatorid pole seni tõhusa kaugkütte sertifikaati taotlenud, kas teadmatusest, tahtmatusest tegelda bürokraatiaga või seetõttu, et nad pole EJKÜ liikmed (tegelikult ka mitte liikmed saavad seda märgist taotleda). Kuna tegemist on suhteliselt väikeste võrkudega ja nende osakaal kokku kogu soojuse tootmisest jääb 10% lähedusse, siis potentsiaal GWh-des ei ole eriti suur, kuid kaugküttevõrgupiirkondade osas on potentsiaali 77 võrgupiirkonnal. Osa saaksid sertifikaadi kohe kui taotlevad seda, kuid paljudes võrkudes ei ole täidetud tõhusa kaugkütte nõudeid (kas kasutatakse täielikult fossiilkütuseid või soojuse tootmiseks kasutatakse vähem kui 50% taastuenergiat või 50% heitsoojust või vähem kui 75% koostoodetud soojust või 50% sellise energia ja soojuse kombinatsiooni).

Tõhusa kaugjahutuse sertifikaadi saaks taotleda Eestis veel üks firma, sest kolmel firmal kolmes linnas on kaugjahutusvõrk olemas. Tallinnasse on kavas rajada kolm iseseisvat kaugjahutuse võrgupiirkonda, millest kaks kaugemas tulevikus võib-olla liidetakse.

Tõhusa kaugkütte või kaugjahutuse piirkonna statuut ja vastav sertifikaat iseenesest primaarenergiat ei säästa. Seda säästetakse juhul, kui kaugküttevõrgupiirkond saab sertifikaadi tänu sellele, et seal kasutatakse üle 50% heitsoojust ja see heitsoojus saadakse kas kaugküttevõrgu välistest allikatest või suitsugaaside pesuri paigaldamisest. Kui kasutatakse maagaasi, siis pesuriga üle 50% soojusest ei ole võimalik saada ja kui kasutatakse üle 50% puitkütuseid, siis oleks võimalik niigi saada see sertifikaat. 2020. aastal selliseid potentsiaalseid kaugküttevõrgupiirkondi ei ole ega tõenäoliselt lähiajal ka ei teki, kus oleks üle 50% tarbitud soojusest saadud kaugküttesüsteemi välistest heitsoojuse allikatest.

# 15 Kütte ja jahutuse tõhususe majandusliku potentsiaali analüüs

Tulenevalt Eesti geograafia, ajaloo, majanduse ja kasutusel olevate tehnoloogiate spetsiifikast saab heitsoojuse allikad liigitada äritegevusega seonduvateks nagu näiteks tootmisettevõtted, aga ka elamusektori heitsoojuseks, seega ärihooned ning majapidamised. Viimastes ehk elamusektoris tekivad soojuskaod hoonete siseõhu ja vee soojendamisel, eeskätt hoonetest lahkuva sooja õhu teel.

Mitmekesise tegevusega ettevõtetes tekib heitsoojus eeskätt tootmise protsessides. Kui elamusektoris genereeritav madala temperatuuriga heitsoojus on ära kasutatav õhu soojendamiseks või madala temperatuuriga vee soojendamiseks, siis tootmisettevõtete poolt genereeritav heitsoojus on mitmekesisem ning võib tehnoloogiliselt olla kasutatav elektri tootmiseks, vee või õhu soojendamiseks.

Mis tahes omadustega heitsoojuse majandusliku ärakasutamise potentsiaal on, lihtsustatud vaates, heitsoojusega asendatava energialiigi (näiteks: kuuma vee soojus) hinna ja heitsoojuse enda omahinna ehk heitsoojuse ärakasutamiseks vajaminevate kogukulude vahe. Nimetatu tõttu omab suurt tähtsust energialiik, mis heitsoojusega asendatakse.

Tabeli 15.1. (valdavalt põhineb 2018. a andmetel) kohaselt on heitsoojusel suurim majanduslik potentsiaal, kui heitsoojusega saab asendada elektrienergiat, majanduslikult potentsiaalilt teisel kohal on soojus, ning kolmandal kohal on maagaas. Kõige väiksema potentsiaaliga, eespool kirjeldatud energialiikidest, on küttepuit, mis võrreldes elektrienergiaga annaks potentsiaalsele heitsoojust majanduslikult ära kasutavale üksusele kuni 7 korda väiksema arvestusliku tulu.

**Tabel 15.1. Asjakohaste energialiikide hinnad<sup>67</sup>**

Energialiik	Aasta	Maksumus	Ühik
Elekter kodumajapidamised (maksudeta)	2018	88,9	€/MWh
Elekter kodumajapidamised (maksudega)	2018	134,8	€/MWh
Elekter muu (maksudeta)	2018	76,69	€/MWh
Maagaas kodumajapidamised (maksudeta)	2018	28,9	€/MWh
Maagaas kodumajapidamised (maksudega)	2018	40,11	€/MWh
Maagaas muu (maksudeta)	2018	25,78	€/MWh
Maagaas muu (maksudega)	2018	29,92	€/MWh
Soojus kodumajapidamised (maksudeta)	2020	63	€/MWh

<sup>67</sup> Riikliku energiasäästukohustuse täitmiseks sobilike finantsmeetmete arvutusmetoodikate väljatöötamine ja energiasäästu potentsiaali hindamine, 2020. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeriumi tellimusel.

Energialiik	Aasta	Maksumus	Ühik
Soojus kodumajapidamised (maksudega)	2020	75,6	€/MWh
Soojus muu (käibemaksuta)	2018	65,01	€/MWh
Soojus muu (käibemaksuga)	2018	78,012	€/MWh
Küttepuid muu (käibemaksuta)	2018	13,73563	€/MWh
Küttepuid muu (käibemaksuga)	2018	16,48276	€/MWh

Eelkirjeldatu tõttu, teades elamumajanduse, tööstuse, energeetika ja kaugkütte sektori heitsoojuse mahtusid ning heitsoojuse omadusi, eelkõige temperatuuri, on võimalik teha hinnanguid heitsoojuse ärakasutamise potentsiaalile ning väljendada seda kulu ja tulu näitajates.

Majandussektorist ning heitsoojuse fikseerimise ja kasutamise lahendusest sõltuvad saadava heitsoojuse kulunäitajad. Ka heitsoojuse tulunäitajad sõltuvad heitsoojuse allikast, nimelt mis on heitsoojuse müügivõimalused ja hind, või siis mis liiki energiasääst tekib heitsoojuse ärakasutamisel organisatsiooni siseselt.

Energiatõhususe direktiiv pöörab suurimat tähelepanu järgnevale tehnoloogiatele ja sektoritele.

- tööstusheitsoojus ja -jahutus;
- jäätmepõletus;
- suure tõhususega koostootmine;
- taastuvad energiaallikad (nt geotermiline, päikese- ja biomassist saadav energia), mis on muud kui need, mida kasutatakse suure tõhususega koostootmises;
- soojuspumbad;
- olemasolevate kaugvõrkude soojus- ja jahutuskadude vähendamine.

Järgnevalt käsitleme nimetatud grupe põhjalikumalt (Tabel 15.2, Tabel 15.3, Tabel 15.4, Tabel 15.5, Tabel 15.6, Tabel 15.7). ). Allolev käsitlus on loodud eeskätt küsitluses ja intervjuudes osalenud ettevõtete majandusnäitajate põhjal, mis on seejärel üldistatud sektorile üldiselt. Nimetatu annab sektorist vaid teoreetilise ülevaate ning selle alusel ei saa teha põhjanevaid järeldusi kogu vastava sektori moderniseerimise potentsiaali kohta.

**Tabel 15.2. Tööstusheitsoojus ja -jahutus (välja arvatud energeetikasektor)**

Tööstusheitsoojus ja -jahutus (välja arvatud energeetikasektor)	
Tasandatud NPV <sup>68</sup> EUR/MWh/a (suitsugaaside kondensaator)	16,2
Tasandatud NPV EUR/MWh/a (soojusvaheti)	3,7
Heitsoojuse kasutuselevõtu mittetehnoloogilised kulud (nt võrguliitumine)	Ei ole hinnatud
Soojusenergia kokku, MWh <sup>69</sup>	~2 936 845
Heitsoojust kokku, MWh	>400 000

<sup>68</sup> NPV eluea jooksul ühe toodetud MWh energia kohta.

<sup>69</sup> Keskkonnaagentuuri 2018. a koondandmed 59 ettevõtte kohta soojuse allika nominaalvõimsusega enam kui 5 WMh.

Tööstusheitsoojus ja -jahutus (välja arvatud energeetikasektor)	
C02 eq, t, kokku	Ei ole hinnatud
Fossiilsete kütuste osakaal	>90%

Tabel 15.3. Tööstusheitsoojus ja -jahutus andmemajanduses

Tööstusheitsoojus ja -jahutus (andmemajandus)	
Tasandatud NPV EUR/MWh/a (soojuspump)	6,6
Heitsoojuse kasutuselevõtu mittetehnoloogilised kulud (nt võrguliitumine), EUR tasandatult ühe aasta MWh kohta	-31-40,6
Soojusenergia kokku, MWh	Ei ole teada
Heitsoojust kokku, MWh	150 000
C02 eq, t, kokku	Ei ole hinnatud
Fossiilsete kütuste osakaal	19%

Tabel 15.4. Jäätmepõletus

Jäätmepõletus	
Tasandatud NPV EUR/MWh/a kohta	Ei ole hinnatud <sup>70</sup>
Heitsoojuse kasutuselevõtu mittetehnoloogilised kulud (nt võrguliitumine)	Ei ole hinnatud
Soojusenergia kokku, MWh	~815 338
Heitsoojust kokku, MWh <sup>71</sup>	~122 300
C02 eq, t, kokku	Ei ole teada
Fossiilsete kütuste osakaal	<5%

Tabel 15.5. Suure tõhususega koostootmine

Suure tõhususega koostootmine	
Tasandatud NPV EUR/MWh/a kohta (suitsugaaside kondensaator, soojusvaheti, soojuspump) <sup>72</sup>	1,1
Heitsoojuse kasutuselevõtu mittetehnoloogilised kulud (nt võrguliitumine)	N/A
Soojusenergia kokku, MWh <sup>73</sup>	2 269 000
Heitsoojust kokku, MWh	227 000

<sup>70</sup> Jäätmemajanduse esindajaid ei olnud küsitlusele vastanute hulgas

<sup>71</sup> Keskkonnaagentuuri 2018. a koondandmed 16 ettevõtte kohta soojuse allika nominaalvõimsusega enam kui 5 WMh. Vee-ettevõtjaid ei ole valikusse esialgu lisatud.

<sup>72</sup> Koostootmisejaama näitel.

<sup>73</sup> Statistikaameti tabel KE034.



Suure tõhususega koostootmine	
C02 eq, t, kokku	Ei ole hinnatud
Fossiilsete kütuste osakaal	~50%

Tabel 15.6. Taastuvad energiaallikad, mis on muud kui need, mida kasutatakse suure tõhususega koostootmises

Taastuvad energiaallikad (nt geotermiline, päikese- ja biomassist saadav energia), mis on muud kui need, mida kasutatakse suure tõhususega koostootmises	
Tasandatud NPV EUR/MWh/a kohta (soojusvaheti, soojuspump)	-4
Heitsoojuse kasutuselevõtu mittetehnoloogilised kulud (nt võrguliitumine)	n/a
Soojusenergia kokku, MWh	1 299 161
Heitsoojust kokku, MWh	129 916
C02 eq, t, kokku	(~0)
Fossiilsete kütuste osakaal	0%

Tabel 15.7. Soojuspumbad elamumajanduses

Soojuspumbad elamumajanduses	
Tasandatud NPV MWh/m <sup>2</sup> kohta (5 korruselise kortermaja 4 soojuspumbaga lahendus) <sup>74</sup>	5,8
Heitsoojuse kasutuselevõtu mittetehnoloogilised kulud (nt võrguliitumine)	n/a
Soojusenergia kokku, MWh	n/a
Heitsoojust kokku, MWh <sup>75</sup>	14 800 – 83 900
C02 eq, t, kokku	n/a
Fossiilsete kütuste osakaal	n/a

<sup>74</sup> Majandusnäitajad on pärit: I. Sarv. Ventilatsiooni väljatõmbeõhust soojuspumpadega soojustagastuse toimivus rekonstrueeritud korterelamus, 2019, TalTech

<sup>75</sup> 226 800 – 486 000 ruutmeetri kohta, mis on tehnoloogiliselt kokkusobiva elamufondi rekonstrueerimise tempo hinnang

Tabel 15.8. Olemasolevate kaugvõrkude soojus- ja jahutuskadude vähendamine

Olemasolevate kaugvõrkude soojus- ja jahutuskadude vähendamine	
Tasandatud NPV EUR/MWh/a kohta (suitsugaaside kondensaator)	2,13
Heitsoojuse kasutuselevõtu mittetehnoloogilised kulud (nt võrguliitumine)	n/a
Soojusenergia kokku, MWh	3 897 000
Heitsoojust kokku, MWh	370 000
CO2 eq, t, kokku	-

## 15.1 Kaalutlused

Et saada parim ülevaade heitsoojuse tõhusama kasutamise võimalustest ning selleks vajalikest ressurssidest on vajalik, lisaks tehnoloogiliste lahenduste kirjeldamisele ja statistikaandemetele, viia läbi majandusanalüüs. Majandusanalüüsi käigus tuleks kindlaks teha tüüplahendustega seonduvad tulud ja kulud. Majandusanalüüsi osana tuleb koostada finantsanalüüs, hindamaks lahenduste elujõulisust investori seisukohast ning kaaluda heitsoojuse kasutamise mõningaid alternatiivseid stsenaariume, lähtuvalt vaadeldud tehnoloogiate majanduslikust potentsiaalist, kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamise väljavaadetest, primaarenergia säästust ning taastuvenergiaallikate osakaaludele avalduvast mõjust.

## 15.2 Kulud ja tulud

Kapitalikulude, kui põhiliste püsikulude, arvutamisel võetakse aluseks seadmete algmaksumus ja arvestuslik tööiga aastates, mille kaudu leitakse seadme aastane kulum (amortisatsioonieraldised). Lisaks tuleb arvestada kapitali väärtuse muutust ajas, mida iseloomustab diskontomäär. Aastast kapitalikulu saab arvutada järgmise valemi abil:

$$A = I_0 \cdot \frac{r \cdot (1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$$

A – kapitalikulu aastas, €/a;  $I_0$  – alginvesteering, €; r – diskontomäär; n – seadme arvestuslik tööiga aastates.

Käesolevas analüüsis lähtume meie eeldusest, et investeeringust saadav tulu on kogu eluea jooksul igal aastal ühesugune ja seade amortiseerub kasuliku tööea jooksul lineaarselt. Hinnagu heitsoojuse lahenduse tasuvusele anname puhasväärtuse ehk nüüdsväärtuse meetod (NPV) abil.

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i} - I_0$$

NPV – investeeringu praegune puhasväärtus, €;  $CF_i$  – rahavoog aastal i, €/a; n – seadme arvutuslik tööiga, a; r – diskontomäär;  $I_0$  – alginvesteering.

Valemis loetakse aastaseks rahavooks tulude ja kulude vahe, mille väärtused on taandatud investeeringu tegemise aastale. Aastaste rahavoogude puhasväärtuste summa ja

alginvesteeringute määrab ära investeeringu majandusliku põhjendatuse, st positiivne NPV väärtus näitab projekti eluea jooksul teenitud tulu. Kui NPV on negatiivne, siis on investeering kahjumlik.

Nagu oleme eelnevalt kirjeldanud on heitsoojuse ühiku kohta kapitalikulud väiksemad kaugkütte ettevõtete puhul, kellest mõned on selle võimaluse ära kasutanud, seadistades vastavad heitsoojust kinnipüüdvad lahendused, st suitsugaaside kondensaatorid ja soojusvahetid.

Kulude täpsemaks jaotuseks täiendavad autorid ettevõtelt saadud investeerimisvajadusi teadaolevate või arvestuslike tegevuskulude, hooldus ja remondikuludega. Kulude arvestus on käesoleval juhul lihtsustatud. Kõik ettevõtted, kes analüüsis osalesid, olid ühel meelel tööjõukulu puudumises ning ka remondi- ja hoolduskulu peeti väikeseks, küll tõusetusid esile sellised kulud nagu heitsoojuse tehnoloogiast sõltuv seadmete energia omatarve.

Kuigi mitmed ettevõtted ei olnud eriti teadlikud jooksvate kulude kohta, tõi üks ettevõtja välja, et mitmesugused täiendavad kulud on tema hinnangul 6% aastast võrreldes esialgse investeeringuga ning teise ettevõtte esitatud ajalooliste näitajate kohaselt on jooksvad tegevuskulud u 4,5% esialgsest investeeringust, nendest suurim on elektri omatarve. Nimetatud opereerimiskulud esinesid selliste seadmete juures nagu on soojusvahetid ja suitsugaaside kondensaatorid. Soojuspumpade osas on mitmes rakendusuuringus väljatoodud opereerimiskulud, mis jäävad 9-10% vahemikku seadmete maksumusest. Nimetatu tõttu on käesolevas analüüsis võimalik välja tuua kulude/tulude hinnangud andmetega piisavalt esindatud heitsoojust genereerivate sektorite osas.

NPV arvutuse tulemused on toodud Tabel 15.9.

**Tabel 15.9. NPV arvutuste tulemused**

Valdkond	Tehnoloogiline lahendus	Algne investeering	NPV
Tööstus	Suitsugaaside kondensaator	300 000	243 724
Tööstus	Soojusvaheti	54 000	25 171
Tööstus	Soojuspump	658 000	617 001 – 796 529 <sup>76</sup>
Jäätmepõletus	n/a	n/a	n/a
Koostootmine	Suitsugaaside kondensaator, soojusvaheti, soojuspump	2 500 000	574 699
Biogaasi tootmine energiaallikaks	Soojusvaheti, soojuspump	80 000	-40 416
Heitveesoojus	Soojuspump	4 984 846	1 590 378 <sup>77</sup>

<sup>76</sup> Tööstusettevõtete puhul on NPV arvutused ilma välise (kaugkütte) võrgu liitumise / välja arendamise kuludeta

<sup>77</sup> Ilma liitumiseta kaugküttevõrku

Valdkond	Tehnoloogiline lahendus	Algne investeering	NPV
Kaugküte	Suitsugaaside kondensaator	740 000	351 820
Soojuspump elamumajanduses	Soojuspump	60 000	13 997
Soojuspump ja madalatemperatuuriline küte elamumajanduses	Soojuspump	2 959 000	2 600 000 <sup>78</sup>

**Märkus:** Kui ei ole märgitud vastupidi, ei ole NPV arvutustes arvestatud seadmetega mitte seotud investeeringutega nagu eeskätt energiavõrkudega liitumine toodetud energia müügiks, mis on suure mõjuga teguriks eeskätt suure heitsoojuse mahuga tööstusettevõtete heitsoojuse ärakasutamise võimaluste majandusliku hindamise juures.

## 15.3 Lähtestsenaariumi suhtes asjakohased stsenaariumid

Selles peatükis käsitletakse erinevaid heitsoojuse kasutamise stsenaariumeid ja võrdluseks baasstsenaariumit (Tabel 15.10).

Tabel 15.10. Baasstsenaarium ja erinevad alternatiivsed stsenaariumid

Stsenaarium	Lühikirjeldus	NPV, miljon eur / a	CO <sub>2ekv</sub> , tuhat t / a	Primaarenergia sääst, GWh/a	Mõju taastuenergia allikatele
<b>0 baas</b>	Olemasolevad meetmed kaugküte ettevõtete heitsoojuse ärakasutamise tõstmiseks	N/A	~840~1020	1470	+8%
<b>1 alternatiiv</b>	Suitsugaaside kondensaatorite senisest ulatuslikum kasutuselevõtt kaugküte ettevõtetes (puidukatlad)	10,3	49,2	485	N/A
<b>2 alternatiiv</b>	Soojusvahetite kasutamine tööstusettevõtetes väljaspool energeetikasektorit	N/A	N/A	> 400	N/A

<sup>78</sup> Volkova et al. Small low-temperature district heating network development prospects. Energy. 178, 2019.

Stsenaarium	Lühikirjeldus	NPV, miljon eur / a	CO <sub>2</sub> ekv, tuhat t / a	Primaarenergia sääst, GWh/a	Mõju taastuenergia allikatele
<b>3 alternatiiv</b>	Vee-ettevõtjate heitsoojuse kasutuselevõtt	6,4 <sup>79</sup>	-3,8	250 <sup>80</sup>	-36% (0%) <sup>81</sup>
<b>4 baas</b>	Elamumajanduse rekonstrueerimise baasstsenaarium	-21,2	2,5	25	N/A
<b>4 alternatiiv „a“</b>	Soojuspumpade kasutamine elamumajanduses olemasoleva kaugkütte tingimustes	-19,2	-0,2	40	-26% (0%)
<b>4 alternatiiv „b“</b>	Soojuspumpade kasutamine elamumajanduses soojusenergia tagastusega	-10,9	0,7	51	-36% (0%)
<b>4 alternatiiv „c“</b>	Soojuspumpade kasutamine elamumajanduses madaltemperatuurilise kaugkütte tingimustes	104,8 <sup>82</sup>	N/A <sup>83</sup>	N/A <sup>84</sup>	-45% (0%)
<b>5 alternatiiv</b>	Andmemajanduse heitsoojuse suunamine kaugkütteks	4,9	10,6	75	-36% (0%)

## Stsenaarium 0: Baasstsenaarium

Baasstsenaarium põhineb käesoleval olukorral. Tabelis on seda kirjeldatud vastavalt REKK eesmärkidele. Niisiis kavatakse baasstsenaariumiga 10 aasta jooksul kasvuhoonegaaside heidet vähendada 20,09 miljonilt tCO<sub>2</sub>ekv 10,7-12,5 miljonile tCO<sub>2</sub>ekv, energia tarbimist vähendada 14 700 GWh võrra ning taastuenergia osakaalu suurendada 42%-le seniselt 34%-lt.

## Alternatiiv 1: Suitsugaaside kondensaatorite senisest ulatuslikum kasutuselevõtt kaugkütteettevõtetes

Alternatiivi 1 mõttes on **baasstsenaariumiga** enim seonduvad teatavad Keskkonnainvesteeringute Keskuse meetmed, millega saab toetada heitsoojuse ärakasutamist kaugküttes.

Esiteks on selliseks meetmeks loetav „Efektiivne soojusenergia tootmine ja ülekanne“, mis toetab kaugküttekatelde renoveerimist. Nimetatud meetme raames saab toetada suitsugaaside kondensaatorite paigaldamist, aga ka kütuse vahetust, amortiseerunud ja

<sup>79</sup> Käesolev, aga ka mitmed teised stsenaariumid ei arvesta investeeringuid kinnipüütud heitsoojuse realiseerimise tagamiseks.

<sup>80</sup> Kuna stsenaarium käsitleb soojuse müüki kaugkütteks, on majandusarvutustes arvestatud maksimaalselt poole heitsoojuse müügiga (6 kuud aastas)

<sup>81</sup> Taastuenergia direktiivi kohaselt loeme käesoleval juhul soojuspumbaga toodetud soojusenergia taastuenergiaallikatest pärit

<sup>82</sup> Käesoleva analüüsi läbiviijad on konsulteerinud aluseks oleva uurimisrühma juhiga, kelle sõnul ei saa siiski stsenaariumi aluseks võetud uuringut lihtsalt ülevõetuna kasutada makrostsenaariumite üldistamiseks ja määratlemiseks

<sup>83</sup> Vt eelmist kommentaari

<sup>84</sup> Vt eelmist kommentaari

ebaefektiivse soojustorustike renoveerimist, soojusmajanduse arengukava koostamist ning lokaalsete kütelahenduste ehitamist. Meetmele kvalifitseerumiseks peab taotlejapoolne kavandatav kondensaatorite paigaldamine olema tasuv ja seda tuleb taotleja soojamajanduse arengukavas või selle lisades näidates vastavaid kalkulatsioone.

Teiseks asjakohaseks meetmeks on loetav „*Ettevõtete ressursitõhususe*“ toetus. Nimetatud meetmega toetatakse ettevõtete tootmise ressursikasutuse tõhustamist. Uuringu autorid eeldavad, tulenevalt meetme sisust, et meetmega saab toetada ka heitsoojuse kasutamise lahendusi, kuid asjakohane statistika ja andmestikud ei ole avalikud. Käesolevas uurimustöös ei ole olnud võimalik projektidega tutvuda, arvestades, et need on üldjuhul konfidentsiaalsed ja vajavad kasutamiseks/avalikustamiseks ettevõtete luba.

**Alternatiivseks** stsenaariumiks loeme sellist teoreetilist olukorda, kus vaatluse alla võetud ajaperioodi, st 2020-2030 jooksul kasutatakse kaugkütte sektoris ära sisuliselt kogu potentsiaal, mida saab valitud tehnilise vahendiga realiseerida. Nagu stsenaariumite puhul üleüldse, toovad autorid käesolevas töös välja maksimaalse teoreetilise potentsiaali ning selleks, et koostada iga väljatoodud sektori kohta realselt paika pidav heitsoojuse tõhustamise kava, tuleks vastavasisulist sektorit täiendavalt analüüsida.

Eelnevast algandmete analüüsist saime me teada, et **energia ühikuhinna kohapealt suitsugaaside kondensaatorite rakendamine on tasuv kaugküttejaamades või SEK jaamades**. Analüüsis, mille käigus soovime modelleerida kogu sektorit, on oluline andmete kättesaadavus, eeskätt selle kohta, mitmed sektori ettevõtted ei ole käesoleval ajal nimetatud lahendust kasutusele võtnud. Eestis on soojuse tarbimine ligi 6300 MWh/a, millest kaugkütte moodustab 4400 MWh/a<sup>85</sup>. Kaugküttesoojuse tootjad toodavad lõviosa nimetatud soojusest, kui arvestada vaid Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühingu liikmeid, 3 897 MWh/a<sup>86</sup>, mis langeb hästi kokku Keskkonnaagentuuri andmetega 2018. a kohta. Eelnimetatud kaugkütte ettevõtetest on käesolevas stsenaariumis, st suitsugaaside kondensaatorite laiema kasutuselevõtu korral enim asjakohased vaid suuremad soojust tootvad ettevõtted. **EJKÜ andmetest tulenevalt on ära kasutamata heitsoojuse potentsiaaliks 485 GWh/a**. Heitsoojuse kasutamine ei pruugi suurendada kaugküttevõrku antava soojusenergia hulka, pigem väljendub see soojusenergia samade tarbimismahtude juures kütuse kasutamise vähenemises. Suuremate tootjate korral on selleks eeskätt maagaas ja/või puitpõhised kütused. Arvestades soojuse tootmisel küllalt suurt taastuvate allikate (pudupõhised kütused) osakaalu, saame vältitavaks CO<sub>2</sub>ekv koguseks arvutuslikult hinnata 49,2 tuhat t CO<sub>2</sub>ekv. Suitsugaasi kondensaatori rakendamine võimaldab mõnevõrra vähendada maagasi osa soojusenergia tootjatel, kus energiat toodetakse osaliselt maagasist ning selle kaudu taastuvenergia osakaal võib suurened. Stsenaariumi tulemusena toimival võimalikul muutusel taastuvenergia osakaalus ei ole ilmselget arvutuskäiku.

Alternatiivstsenaariumi 1 arvutuslikuks kasutuselevõtmise maksumuse tulemuse aluseks võeti uurimustöö alusmaterjalides olevad kaugkütte ettevõtte kütelahendused. Nii autorite kui ka analüüsis sisendeid andnud ettevõtete sõnul saab ja praktikas kujunebki sellelaadne investeering isetasuvaks.

## **Alternatiiv 2: Soojusvahetite kasutamine tööstusettevõtetes väljaspool energeetikasektorit**

<sup>85</sup> <https://mkm.ee/et/tegevused-eesmargid/energeetika/soojusmajandus>

<sup>86</sup> <https://epha.ee/>

Kui esimeses alternatiivses stsenaariumis käsitlesime kaugküttevõrguga ühendust omavaid ettevõtteid, siis käesolevasse alternatiivi on koondatud mitmesugused tööstuslikud ettevõtted, kellel jääb üle erinevas koguses eeskätt keskmise ja kõrge temperatuuriga heitsoojust. Arvestades, et need ettevõtted ei kuulu energeetika sektorisse ja et nende alla on koondatud väga erinevad tootmisettevõtted, ei ole autoritel lihtne välja tuua ammendavat nimekirja käesoleval ajal kättesaadavatest meetmetest ja poliitikatest, millega need ettevõtted mõjutatakse **baasstsenaariumi** ehk siis suurema energiatõhususe ja taastuvallikate energia kasutamise suunas.

Küsitlusele vastanute osas oli nähtav, et mõne sellise ettevõtte heitsoojuse ärakasutamise mõistlik lahendus seisneb tootmise käigus eralduva soojuse püüdmises soojusvahetiga. Võrreldes eelnevaga iseloomustab kirjeldatud **alternatiivi** aga suurem suhteline esialgse investeeringu maksumus ning mitmed raskused kinnipüütud heitsoojuse mõistlikul realiseerimisel. Kui kaugkütteeetevõtetel oli heitsoojuse ärakasutamise ühekordse investeeringu ühikuhinnaks 60 - 80 eur esimese aasta heitsoojuse MWh kohta, siis mitmel väljaspool energeetika valdkonda oleval ettevõttel oli see suurem. Kõige suurema takistusena töid käesolevas grupis olevad ettevõtted välja siiski puuduseid heitsoojuse majanduslikult põhjendatud realiseerimisel. **Ettevõtetel, kellel on nimetatud heitsoojust rohkem, kui nad suudavad ise tarvitada, oli raskuseid mõne kaugküttevõrguga liitumisega ning puudusid ka teised alternatiivid piisavas koguses heitsoojust realiseerida.** Kokkuvõttes ei tea paljud, mida heitsoojusega ette võtta. Enamgi veel, ettevõtted olid tihti ebakindlad ka selles, kui palju heitsoojuse potentsiaali nendel on.

Alternatiivstsenaariumi 2 kvantifitseerimist piirab tööstusettevõtete tehnoloogiliste lahenduste suur mitmekesisus, mis tingib, et käesolevas uurimustöös kogutud üksikuid näiteid ei saa laiendada sektoritele üldiselt. Ettevõtete mitmekesisus ühelt poolt, nende madal aktiivsus küsitluses osalemisel teiselt poolt, ei võimaldada luua nimetatud suures grupis alamgruppe, et tagada sektorist parem ülevaade. Käesolevas grupis olevaid ettevõtteid tuleks analüüsida ühe kaupa, mis eeldaks äärmiselt suurt täiendavat andmekorjet. Suuresti samadel põhjustel on sektorite heitsoojuse potentsiaali väga raske mõõta käesolevas uuringus osalevate energeetika ekspertide eksperthinnanguna. Eespool olevas stsenaariumis välja toodud heitsoojuse potentsiaali kogus (enam kui 400 GWh/a) põhineb Keskkonnaameti algandmete analüüsil, mille tulemusena on moodustatud grupp energiamahukaid tööstuslikke ettevõtteid, kuid hinnang nende heitsoojusele on üldistatav.

**Käesolevas uurimustöös läbiviidud ulatuslik andmekorje ei osutunud piisavaks, et anda üleriigilist hinnangut, kui suur on sektorite põhine ärakasutamata heitsoojuse potentsiaal** ning see küsimus tuleks lahendada edasise analüüsi käigus.

### **Alternatiiv 3: Vee-ettevõtjate heitvee heitsoojuse kasutuselevõtt**

Vee-ettevõtjate heitvee soojusest tuleva heitsoojuse kasutamist loetakse nulliks, kuna vee-ettevõtjad ei ole veel rakendatud heitvee heitsoojuse kasutuselevõtmiseks valmislahendusi. **Baasstsenaariumis** nimetatud ettevõtjad käesolevas kontekstis ei osale ega panusta selle kaudu energia- ja kliimapoliitika eesmärkide tagamisse. Puuduvad ka spetsiifilised vee-ettevõtjaid kaasavad sektorimeetmed või finantsmeetmed. „Eesti riiklik energia ja kliimakava aastani 2030“ ei näe ette strateegiat konkreetselt heitveest tuleva heitsoojuse ärakasutamiseks.

**Alternatiiv** tugineb seevastu suurte vee-ettevõtjate, st AS Tallinna Vesi ja ka näiteks AS Tartu Veevõrk heitvee heitsoojuse ärakasutamisele. **Stsenaariumis vaadeldud heitvee heitsoojuse kogused on suured**, ulatudes AS-i Tallinna Vee puhul 450 000 MWh/a kuni 500 000 MWh/a ning on vaadeldud võimalusi nimetatud kogused kasutusele võtta. Nimetatud madalatemperatuurilise soojusallika kasutuselevõtt on võimalik soojuspumbal põhinevate tehnoloogiate alusel ning sellest genereeritav soojus on edastatav kaugküttevõrku, kui viimasega on võimalik liituda. Arvutustes võib realistlikum olla lähtuda ligi 2 korda madalamast heitsoojuse kogusest eeldades, et selliselt edastatakse kaugküttevõrku

heitsoojust vähemalt 6 kuud aastas, kuid eelistatult 12 kuud aastas. Jättes kõrvale heitsoojuse kaugküttevõrku suunamisega kaasnevad investeeringud ja kulud, vähendaks edastatav soojus kaugkütte ettevõtetes kütusekasutust ja mõjuks positiivselt keskkonnale.

Nimetatud stsenaariumi NPV sõltub tulu poolel suuresti soojuse realiseerimisest, mis sõltub omakorda sellest, millised on soojuse edastamisega seotud (kaugküttevõrgu) lahendused. Kui lugeda, et heitsoojuse realiseerimine on võimalik hinnaga 22 eur/MWh, ignoreerides samas jätkuvalt kaugküttevõrgu liitumise või loomisega seonduva, siis on **nimetatud investeeringu NPV positiivne, kuid sellel ei ole väga palju ruumi kaugküttevõrku investeerimiseks**. Kuivõrd soojuspumbad vajavad tehnoloogiliselt elektrienergiat ning kuna elektrienergiat on suurem arvestuslik CO<sub>2</sub>ekv, ei kaasne eespool kirjeldatud suure energiasäästuga CO<sub>2</sub>ekv säästu ega taastuenergia osakaalu tõusu.

Nii käesoleva, aga ka järgnevate alternatiivide puhul, mis on samuti soojuspumpade tehnoloogiate põhised, mängib rolli, et EL-i taastuenergia direktiivi (RES II) preambuli kohaselt tuleb ümbritseva keskkonna või geotermilise energia kasutamist võimaldavate soojuspumpade käivitamiseks kasutatav energia maha arvestada kogu kasutatavast energiast. Artikli 7 lõike 3 kohaselt loetakse selliste soojuspumpade toodetud kütte- ja jahutussektori lõpptarbimine taastuvatest energiaallikatest pärit olevaks. Kuna käsitletud küttele keskenduvad alternatiivid 3 ja 5, osaliselt aga ka 4 põhinevad tõhusatel soojuspumpadel, on seetõttu põhjendatud lugeda, et nende toodetud soojus on taastuenergia ning alternatiivides kirjeldatud muudatuste tulemusena taastuenergia osakaal vähemalt ei halvene.

#### **Alternatiivid 4a ja 4b: Soojuspumpade kasutamine elamumajanduses olemasoleva kaugkütte tingimustes ja soojuse tagastusega kaugküttevõrku**

Majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi tellimisel valminud TalTechi uurimustöö „*Hoonete rekonstrueerimise pikaajaline strateegia*”<sup>87</sup> kirjeldab stsenaariumit, mille kohaselt rekonstrueeritakse lähima 10 aasta jooksul soojuse tarbimise vähendamiseks märkimisväärse osa elamufondist. Nimetatud elamufondist 226 800 m<sup>2</sup> aastas oleks võimalik rekonstrueerida kaugküttepiirkondades avaldades sellega mõju kaugküttega edastatava soojusenergia tarbimisele. Autorid on nimetatud arvu ja eelnimetatud strateegias välja toodut arvesse võttes hinnanud, et **baasstsenaariumis** säästetakse hoonete renoveerimisega aastaga ca 24,9 GWh energiat lõpptarbimises ja 2,5 tuhat tonni CO<sub>2</sub> ekvivalenti. Nimetatud investeering ei ole isetasuv ning on hinnanguline 10 aasta NPV -21,2 miljonit eurot.

**Alternatiivstsenaariumid 4a ja 4b** käsitlevad olemasoleva elamufondi rekonstrueerimise täiendamist kaasaegse säästliku lokaalkütte lahendusega. Nimetatud stsenaariumite modelleerimiseks on vaja nimetatud säästlikke lahendusi kirjeldavaid andmeid. Kuigi autorid on küsitlusse lülitanud mõned korteriühistud, mille kohta on teada, et nendel on kasutusele võetud oma hoones SP energeetiline lahendus, ei ole nimetatud korteriühistud tagasisidet andnud. 2019 magistritöö „*Ventilatsiooni väljatõmbeõhust soojuspumpadega soojus tagastuse toimivus rekonstrueeritud korterelamus*”, Ivari Sarv, TalTech, andis majandusliku analüüsi jaoks sellised olulised sisendid nagu seadmete komplektide maksumuste, energia omatarbe, toodetava soojuse kogused jne. Magistritöös on põhjalikult analüüsitud 4 soojuspumbal põhinevat lahendust 5-korruselise tüüpelamu jaoks (nn Hruštšovka). Nimetatud lahendusel on väga kõrge hind ehk seadmete komplekt maksumusega 60 000 eurot. **Komplekti eluea jooksul on sellel aga alternatiivi 4a modelleerimiseks tehtud arvutuste kohaselt koguni 14 tuhat eurot positiive NPV**, kuid seda juhul, kui tulu poole ühiku maksumuseks saab võtta soojuse jaehinna, milleks

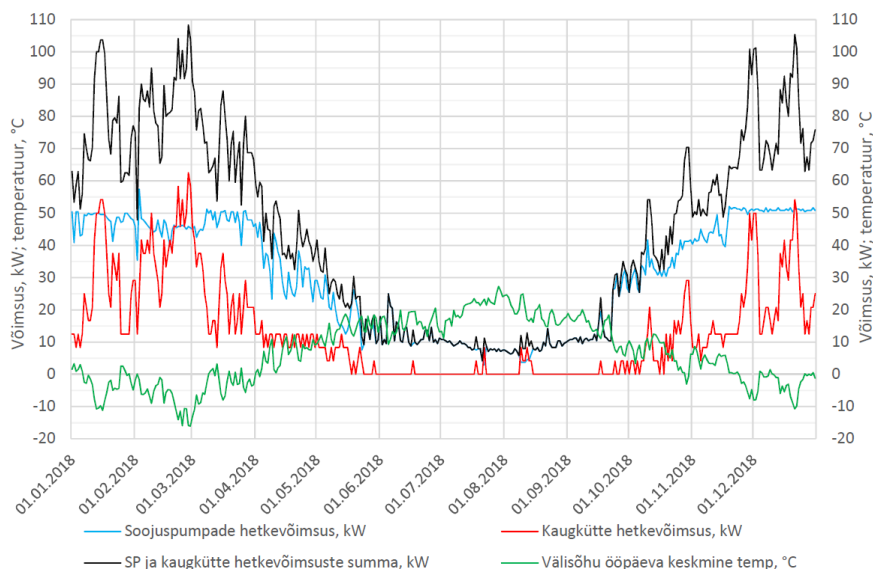
<sup>87</sup> [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ee\\_ltrs\\_2020.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ee_ltrs_2020.pdf)



käesoleval juhul loeme Eestis soojusenergia piirhindade aritmeetilist keskmiselt 63 EUR/MWh. Kui lähtuda, et tegu oleks aga soojuse müüjaga, kes tarniks soojust väljapoole, st kaugküttevõrku arvestusliku hulgihinnaga 22 EUR/MWh, siis oleks nimetatud investeering mitte isetasuv, NPV -53 tuhat eurot. Kuna nii eespool osundatud tüüpi korterelamud, kui ka 9-korruselised nn Brežnevi tüüpi elamud on Eesti linnades väga levinud ning kuna enamasti puuduvad nendel nutikad soojuse kokkuhoiu lahendused, saab nimetatu alusel välja tuua kogu Eesti vastava tüüpi elamufondi heitsoojuse potentsiaali. Arvutused näitavad, et kui eespool kirjeldatud baasstsenaariumit täiendada **alternatiivi 4a** näol soojuspumbal põhineva kütte ja vee soojendamise lahendusega, tooks see kaasa hinnangulise 10 aasta NPV –19,2 miljonit eurot, kuid **aitaks säästa kokku 39,7 GWh primaarenergiat aastas**, mis oleks saavutatud 226 tuhande m<sup>2</sup> elamufondi rekonstrueerimisega. Sarnast loogikat järgides annaks elamufondi rekonstrueerimise kiirendamine selliselt, et küttepiirkondades rekonstrueeritaks 486 tuhat m<sup>2</sup> **hinnangulist energiasäästu 53,4 GWh aastas**.

Eelkirjeldatul kujul soojuspumpade lisamisel terviklikku rekonstrueerimisprojekti põhineb tänasel lähenemisviisil, mille aluseks on, et soojuspumpadega ei anta soojust tagasi kaugküttevõrku, vaid pumbad on mõeldud eelkõige hoones soojustarbimise miinimumini viimiseks (st on leitud tasakaalupunkt lahenduse maksumuse ja tõenäoliste töötundide vahel). Selliselt saaks soojuspumbad paigaldada rekonstrueerimise käigus ning neid kasutatakse hoones soojusvajaduse katmiseks.

Sama paigaldatud pumbakomplekti on võimalik käitada 100% koormusega aastaringselt ning sel tulemusel on võimalik tarnida võrku täiendavat soojust, mis on **alternatiivstsenaariumi 4b** eelduseks. Täna ei ole võimalik seda teha kuna võrgu konfiguratsioon ei luba madaltemperatuurilist soojust vastu võtta, aga juhul kui see oleks võimalik, siis **väheneks vajadus kaugküttevõrku soojust edastada 50,8 GWh aastas**. Ühe elamu tarbimise graafik on allolevalt toodud. Sellest nähtub, et juhul kui võrgus on ainult elamud ja puuduvad mitteiluhoonetest tarbijad, siis on võimalik võrku anda ainult ca 30% potentsiaalsest energiast kuna puudub tootmisega ühtiv tarbimine. Hinnanguliselt võiks seeläbi tekkida potentsiaalset salvestust vajavat soojusenergiat ca 61,2 MWh/a ühe taoliselt rekonstrueeritava hoone kohta ehk ca 14,6 kWh/m<sup>2</sup>\*a.



**Joonis 15.1. Soojuspumpade ja kaugkütte hetkevõimsused ning välisõhu temperatuur**

Arvutada täpselt välja, milliseks kujuneb investeeringu NPV on käesoleval juhul keeruline, kuna muu hulgas tuleb prognoosida ka hinda, mis küsitakse selliselt võrku antava soojuse eest. Mitmeid lihtsustusi tehes arvutati välja, et NPV võiks kujuneda -21,8 miljonit eurot.

Kahjuks ignoreerib ka see arvutuskäik täiesti kaugküttevõrgu poolsete parenduste vajadused, kuna töö autoritel puuduvad selliste arvutuste jaoks alusandmed. Nimetatud põhjusel jäävad majandusliku osa arvutused käesoleva alternatiivvariandi puhul näidisarvutusteks ning eelkirjeldatud projektide kogu maksumuse hindamiseks on vajalik täiendav analüüs.

Vastupidiselt kahele eelnevale stsenaariumile, mis keskenduvad nõ vana elamufondi põhjalikule rekonstrueerimisele saab uusarenduspiirkondade puhul kaasaegseid küttelehendusi koheselt integreerida ning teatavate lahenduste puhul puudub koguni vajadus energia tootmist välise kaugküttega kooskõlastada. TalTechi energeetikateadlaste uurimustöodes<sup>88,89</sup> on erinevaid madalatemperatuurilisi lahendusi modelleeritud justnimelt Eesti tingimustele. Uurimustöodes toodi enam kui selgelt välja olemasolevate kaugküttevõrkude ja ka hoonete ning hoonete kütteseadmete sobimatust madalatemperatuurilise küttega, kuid samas leiti, et madalatemperatuurilised lahendused on isetasuvad uutes korterelamutes, eriti kui need asuvad uusarenduspiirkondades (nt Paekalda, Kopli Liinid jt).

Gaasikatlal ja primaarpoolel merevett kasutaval soojuspumbal 4,5 MW soojusvõimsusega madalatemperatuurilise (60°C/35°C) küttega uusarenduspiirkonnale (Tallinnas) on modelleeritud investeeringud positiivse 10 aastase NPV-ga ja investeeringute 5 aastase tagasiteenimise ajaga. Nimetatud näidet iseloomustab juba planeeritud hoonete madal küttevajadus (45 KWh/m<sup>2</sup>a). Uurimistöös aluseks võetud madalatemperatuuriline küttelehendus andis soojuse arvestuslikuks maksumuseks 38,86 EUR/MWh piirkonnas, kus tavapärane, maagaasiga toodetava soojuse maksumus on 56,65 EUR/MWh. Kuigi modelleeritud kaasuse puhul olid esialgsed investeeringud gaasikatlal ja soojuspumba kombinatsiooni näol kõrgemad kui traditsiooniline küte, tingis nimetatud hinnavahe, et juba kesk-pikas perspektiivis oli investeering tasuv.

Teises uurimustöös modelleeriti, samuti uuele elamupiirkonnale Tallinnas, madalatemperatuurilist lahendust, mis kasutab ära tavapärase kaugküttevõrku tagastatava soojuse (väljavõtte kaugküttevõrgu tagastuvalt liinilt), mis on elamusektori soojusmajanduses üheks edumeelsemaks lähenemisviisiks. Uuringus tõdeti, et nimetatud lahenduse (65°C/35°C) puhul, olgugi, et see kasutab kaugküttevõrku tagastatavat soojust, tuleb investeerida ka võrku endasse. Hoonete pinnaga 180 000 m<sup>2</sup> ja 15 MW soojusliku võimsuse vajadusega uusarenduspiirkonna puhul on investeering tasuv alates 3. aastast.

**Alternatiivstsenaariumi 4c** jaoks valisid töö autorid kahes eespool kirjeldatud variandist kaugküttest sõltumatu soojuspumpadel ja gaasikatlal põhineva mudeli. Autorid on nimetatud näite teoreetilise stsenaariumina laiendanud kogu sektorile. Selleks tehti esmalt kindlaks, mis on uue ehitusfondi, mis sellise küttelehendusega kokku sobiks, ulatus. Eestis on 2016. a kuni käesoleva ajani kasutusse antud 2 318 tuhat m<sup>2</sup> korteri- ja büroohonete uut ehitusfondi<sup>90</sup>. Kuna ehitusregistris ei talletata andmeid arendaja kohta, mistõttu ei ole võimaik välja võtta, mitu arenduspiirkonda ühtselt arendatakse, kasutades käesoleva töö autorid klasterdamisalgoritmi<sup>91</sup>, et moodustada potentsiaalseid kvartaleid 3 ja enama korrusega väga lähestikku asuvatest uutest kortermajadest ja büroohonetest selliselt, et see oleks maksimaalselt sarnane eelkirjeldatud uurimustööle, st alternatiiviks oleks kas mõne

<sup>88</sup> Anna Volkova et al. Energy cascade connection of a low-temperature district heating network to the return line of a high-temperature district heating network. Energy 198, 2020, 117304

<sup>89</sup> Anna Volkova et al. Small low-temperature district heating network development prospects. Energy 178, 2019, 714-722

<sup>90</sup> MKM-i poolt edastatud ehitusregistri väljavõtte alusel.

<sup>91</sup> NetworkX, <https://networkx.org/>

olemasoleva kaugküttevõrguga liitumine, klassikaline kõrgtemperatuuriline või siis uurimustööga sarnane madalatemperatuuriline lahendus. Selliselt moodustati käesoleva töö raames potentsiaalsed küttepiirkonnad, mis m<sup>2</sup>-te ühikutes on 65% kogu uuest elamu- ja büroohoonete fondist.

**Tabel 15.11. Alates 2016. a kasutusluba saanud asjakohase ehitusfondi kvartaliteks klasterdamise tulemused**

	Kokku, t m <sup>2</sup>	Korter- ja büroohooned, t m <sup>2</sup>	Potentsiaalsed küttepiirkonnad, t m <sup>2</sup>
Eestis	3 871	2 318	1 502
Tallinnas	1 706	1 264	845

Klasterdamise tulemusena saadi teada, et 65% lisandunud büroo- ja kortermajade ruutmeetritest moodustavad omavahel väga lähestikku asuva vähemalt 3 korruselise hoonestuse, st nn kvartalid või arenduspiirkonnad, mis sobiksid miniatuurseks küttepiirkonnaks.

SKP-I ja 3 kuu euribori<sup>92</sup> põhinev regressioonianalüüs<sup>93</sup> ennustab elamufondi juurdekasvu suuruseks 2020. aastal 591 tuhat m<sup>2</sup><sup>94</sup>, seejärel vastavalt 631, 681, 742 tuhat m<sup>2</sup> kuni aastani 2023. Büroopinna ja muu sobiva hoonestuse juurdekasvu prognoosimine makromajanduslike andmete toel ei osutunud käesolevas töös edukaks, mistõttu võeti käesolevas uurimustöös aluseks 5 eelneva aasta keskmised ruutmeetrite kogused saades mitteiluhoonete<sup>95</sup> suletud netopinna juurdekasvuks 315 tuhat m<sup>2</sup> aastas. Nimetatud kaalutlusi silmas pidades saab hinnata, et 2021 kuni 2030 lisandub hinnanguliselt 6390 tuhat m<sup>2</sup> ehitiste suletud netopinda, mis teoreetiliselt sobiksid madalatemperatuurilisteks küttepiirkondadeks. Autorid mõnavad, et eelnimetatud hinnang kuni 2030 lisanduvale netopinnale on ligikaudne ega püüa hoonestusfondi kasvu tõsiteaduslikult ennustada. **Sellegipoolest oleks keskmiselt 6390 tuhande m<sup>2</sup> aastas üleviimine nutikale küttele märkimisväärselt positiivse NPV-ga ja annaks energiasäästu.** Samale loogikale toetudes on võimalik hinnata, kui palju energiasäästu oleks teoreetiliselt võimalik saavutada ning mis mõju avaldaks see CO<sub>2</sub> heitele juhul, kui selline üleminek madalatemperatuurilisele küttele oleks võimalik. Kuna konsulteerides käesoleva uurimustöö autoritega osundas viidatud uuringu uurimusrühma juht Dr.Sc.Ing A. Volkova, et aluseks olevat uuringut ei saa lihtsalt ülevõetuna kasutada makrostsenaariumite üldistamiseks ja määratlemiseks, jätsid käesoleva uuringu autorid potentsiaalide hindamise pooleli.

### **Alternatiiv 5: Andmemajanduse heitsoojuse suunamine kaugkütteks**

Käesoleva alternatiivstsenaariumi **baasstsenaarium** on tegutsevate andmekeskuste arvu ja suuruste kasv, millega kaasneb primaarenergia tarbimise kasv. Kuigi oodatakse, et käigusolevate andmekeskuste arv ja suurused kasvavad, valitseb ebakindlus selles, kui palju

<sup>92</sup> Ajaloolistel andmetel, kuni aastani 2023 aga Rahandusministeeriumi suvine prognoos ja 2020 detsembrikuu Euroopa Keskpanka keskmise 3 kuu euribori prognoosi alusel.

<sup>93</sup> Veamäär Mean Absolute Error (MAE) 75 tuhat m<sup>2</sup>, determinatsioonikordaja 0,73.

<sup>94</sup> Statistikaameti kolme kvartali 2020 tegelik 533.8 tuhat m<sup>2</sup>, seega hetkel alahindab käesolev analüüs elamufondi juurdekasvu tempot.

<sup>95</sup> Madala intensiivsusega majandustegevusega hoonete hulka loeti Statistikaameti tabeli EH046 alusel järgnevad: Majutushooned, Toitlustushooned, Kaubandushooned, Teenindushooned, Haiglad ja muud ravihooned, Hoolekandeaasutuste hooned, Haridus- ja teadushooned, Meelelahutus-, muuseumi- ja raamatukoguhooned, Spordihooned, Büroohooned

ja millises suuruses on neid järgneva 10 aasta jooksul tulemas. Andmekeskuste poolt tarbitav elektrienergia omab fossiilset komponenti. Andmekeskuste energiatarbimine on suur. Kuna elektrienergias on alternatiividega võrreldes suurem fossiilne osa, tähendab eespooltoodu, et andmekeskuste levimine põhjustab tulevikus kasvuhoonegaaside heite suurenemist ja taastuvate energiaallikate osakaalu vähenemist. Seetõttu võib rahvamajandusele kahtlemata kasulik ja kõrgtehnoloogiline andmemajandus energiasäästule suunatud riiklike energia- ja kliimaeesmärkide saavutamist raskendada.

**Alternatiivstsenaariumi 5** teoreetiline eeldus on andmekeskuste elektrienergia, millest 95% transformeerub heitsoojuseks ja heitjahutuseks, muundamine selliselt, et seda saab suunata naaberpiirkondade kaugküttesse või teistele soojuse tarbijatele. Kuna autorite käes on olemas ühe väga suure andmekeskuse detailsed prognoosid ja kalkulatsioonid heitsoojuse püüdmiseks vajaminevate investeeringute kohta, hindavad autorid andmetele põhinedes, et **andmekeskuse heitsoojuse realiseerimine on positiivse NVP-ga, st see on isetasuv**. Paraku ei peegelda eelnimetatud hinnang tegelikku olukorda, kuna NPV on nimetatud kaasuse põhjal arvatud välja ilma, et oleks arvestatud investeeringutega kaugküttevõrku lülitamiseks. **Kaugkütte võrguga liitumise vajadus põhjustas niivõrd suuri täiendavaid investeeringuid, et projekti tasuvus muutuks negatiivseks**. Nimetatud järeldus nähtub mh eespool nimetatud andmekeskuse heitsoojuse lahenduse finantsanalüüsist, mis arvestas investeeringutega kaugküttevõrguga liitumiseks.

Hinnates andmekeskuste mõju kasvuhoonegaaside heitele võib leida, et see halvendab olukorda, kuna kaugküttes vähendatakse see traditsiooniliselt toodetud soojuse osa (pärit keskmiselt 55% taastuvatest energiaallikatest) elektrienergiaga, mis on suuresti fossiilne (taastuvenergia osakaal 19%, 2020 aastal on see osakaal suurenenud). Võib asuda ka täiesti vastupidisele seisukohale ning tuginedes eespool viidatud taastuvenergia direktiivile lugeda soojuspumpadel põhinevat energiat, kui see suunatakse lõpptarbimiseks küttesektoris, olevaks pärit taastuvatest energiaallikatest.

## 15.4 Piirid ja integreeritud lähenemisviis

Käesolevas analüüsis on vaatluse alla võetud heitsoojuse allikad kogu riigi territooriumil ning eraldi regionaalset analüüsi pole tehtud.

## 15.5 Eeldused

Käesolevas töös teostatud majandusliku- ja finantsanalüüsi eeldused on esitatud järgnevas tabelis (Tabel 15.12).

**Tabel 15.12. Majandusliku- ja finantsanalüüsi eeldused**

Näitaja	Väärtus	Selgitus	Allikas
Arvutuslik maksimaalne heitsoojus tööstuslikus põlemisprotsessis, %	15	Vt eespool	Vt eespool
Inflatsioonimäär, %	2	Oodatud pika perspektiivi inflatsiooni määr	Euroopa Panga kesk-pika perspektiivi siht

Näitaja	Väärtus	Selgitus	Allikas
Arvutuslik aastane tegevus- ja hoolduskulude suhtarv kapitalipaigutusse, %	5	Grupiarutusi lihtustav arvestuslik aastane väljaminek tegevus- ja hoolduskuludeks suhtarvuna heitsoojuse kinnipüüdmiseks tehtud investeeringust	Küsitlus, intervjuud
Arvutuslik aastane tegevus- ja hoolduskulude suhtarv kapitalipaigutusse soojuspumpadel põhineva lahendusega, %	10	Grupiarutusi lihtustav arvestuslik aastane väljaminek tegevus- ja hoolduskuludeks suhtarvuna heitsoojuse kinnipüüdmiseks tehtud investeeringust	I.Sarv, 2019 <sup>96</sup>
Kasulik eluiga, a	15	Suitsugaaside kondensaatorid, soojusvahetid	Küsitlus, intervjuud
Kasulik eluiga, a	10	Soojuspumbad	Küsitlus, intervjuud
Diskontomäär, %	5,76	Kaugkütte tootjad, sektoripõhine	<a href="#">Konkurentsiamet</a>
CO2 heitefaktor maagaas	202	t CO2 eq /GWh	<a href="#">MKM</a>
CO2 heitefaktor puidulaadsed kütused	390	t CO2 eq /GWh	<a href="#">MKM</a>
CO2 heitefaktor elektrienergia (põlevkivist)	358	t CO2 eq /GWh	<a href="#">MKM</a>
CO2 heitefaktor soojusenergia	301	t CO2 eq /GWh	<a href="#">MKM</a>
Soojuse fossiilse osa CO2 heitefaktor	217	t CO2 eq /GWh	<a href="#">MKM</a>
Tahke biomassi CO2 heitefaktor	6,99	t CO2 eq /GWh	<a href="#">MKM</a>
Maagaasi hind, maksudeta, mittermajapidamised	26	eur/MWh, 2018	<a href="#">MKM</a>
Puitpõhiste kütuste hind, maksudeta	13,7	eur/MWh, 2018	<a href="#">MKM</a>
Soojusenergia, maksudeta	63	eur/MWh, 2018	<a href="#">MKM</a>

<sup>96</sup> <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/a8053c03-b45e-4c99-9bbe-048105d79072>

Näitaja	Väärtus	Selgitus	Allikas
Elektrienergia hind, maksudeta	77	eur/MWh, 2018	<a href="#">MKM</a>

## 15.6 Tundlikkusanalüüs

Tundlikkusanalüüsi käigus mängitakse läbi stsenaariumide versioonid, mis hõlmavad erinevaid energiahindasid, erinevaid diskontomäärasid, aga ka ettevõtte poolt nõutud alginvesteeringu maksumuse muutuseid, mis võivad olla tingitud tehnoloogia odavnemisest, efektiivsuse kasvust või rahastamisega seotud välistest teguritest.

Käsitatud alternatiivide majanduslik tasuvus on sõltuvuses energiahindadest ning erinevaid hinnastenaariumeid on käsitatud tabelis allpool.

Tabel 15.13. Stsenaariumi arvestusliku NPV (miljonites eurodes) muutus tingituna energia hindade muutumisest

	Alternatiiv	Soojusenergia hulgihind -25%	Soojusenergia hulgihind + 25%	Soojusenergia jaehind -25%	Soojusenergia jaehind +25%	Puitpõhiste kütuste ja maagaasi hinnad -25%	Puitpõhiste kütuste ja maagaasi hinnad +25%	Kõigi enim asjakohaste energialiikide hinnad -25%**
0: Olemasolevad meetmed kaugkütte ettevõtete heitsoojuse ärakasutamise tõstmiseks	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1: Suitsugaaside kondensaatorite senisest ulatuslikum kasutuselevõtt kaugkütte ettevõtetes (puidukatlad)	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	1,3	19,3	1,3
2: Soojusvahetite kasutamine tööstusettevõtetes väljaspool energeetikasektorit	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3: Vee-ettevõtjate heitsoojuse kasutuselevõtt***	6,4	-2,9	15,8	6,4	6,4	6,4	6,4	-2,9
4: Elamumajanduse rekonstrueerimise baasstsenaarium***	-21,2	-21,2	-21,2	-23,9	-18,5	-21,2	-21,2	-23,9
4a: Soojuspumpade kasutamine elamumajanduses olemasoleva kaugkütte tingimustes ***	-19,2	-19,2	-19,2	-23,6	-14,9	-19,2	-19,2	-23,6

	Alternatiiv	Soojusenergia hulgihind -25%	Soojusenergia hulgihind + 25%	Soojusenergia jaehind -25%	Soojusenergia jaehind +25%	Puitpõhiste kütuste ja maagaasi hinnad -25%	Puitpõhiste kütuste ja maagaasi hinnad +25%	Kõigi enim asjakohaste energialiikide hinnad -25%**
4b: Soojuspumpade kasutamine elumajanduses soojusenergia tagastusega***	-10,9	-10,9	-10,9	-18,6	-3,1	-10,9	-10,9	-18,7
4c: Soojuspumpade kasutamine elumajanduses madalatemperatuurilise kaugkütte tingimustes	104,8	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*
5: Andmemajanduse heitsoojuse suunamine kaugkütteks***	4,9	2,1	7,8	4,9	4,9	4,9	4,9	2,1

\* Ei ole saadav, kuna aluseks on võetud vastava uurimustöö autorite kalkulatsioone

\*\* Puitpõhised kütused, maagaas, soojuse arvestuslik jaehind ja soojuse arvestuslik hulgihind

\*\*\* Käesolev ja järgnev tabel ei arvesta soojuspumba elektrienergia tarbe muutuseid toodangumahu muutmisel

Lisaks energialiikide hindadele mängivad majandusliku analüüsi koha pealt rolli ka teised sektorispetsiifilised näitajad.



Tabel 15.14. Stsenaariumi arvestusliku NPV (miljonites eurodes) muutus tingituna erinevate sektorispetsiifiliste näitajate muutumisest

	Alternatiiv	Diskontomäär -1%	Diskontomäär +1%	Nõudluse muutus -7%	Nõudluse muutus -15%	Liitumistasu 1 miljon eur ****	Liitumistasu 1 miljon eur, nõudluse muutus -7%	Liitumistasu 1 miljon eur, -7 nõudlus ja välistoetus projektile 50%
0: Olemasolevad meetmed kaugkütte ettevõtete heitsoojuse ärakasutamise tõstmiseks	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1: Suitsugaaside kondensaatorite senisest ulatuslikum kasutuselevõtt kaugkütte ettevõtetes (puidukatlad)	10,3	13,9	7,3	7,6	4,9	N/A****	7,6	17,9
2: Soojusvahetite kasutamine tööstusettevõtetes väljaspool energeetikasektorit	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3: Vee-ettevõtjate heitsoojuse kasutuselevõtt	6,4	8,5	4,7	3,8	1,2	2,6	0	9,5
4: Elamumajanduse rekonstrueerimise baasstsenaarium	-21,2	-20,5	-21,8	-21,9	-22,7	N/A****	-21,9	-21,9
4a: Soojuspumpade kasutamine elamumajanduses olemasoleva kaugkütte tingimustes	-19,2	-18,3	-20,1	-20,5	-21,7	N/A****	-20,5	-19,7
4b: Soojuspumpade kasutamine elamumajanduses soojusenergia tagastusega	-10,9	-10,9	-10,9	-12,9	-14,9	N/A****	-12,9	-12,1
4c: Soojuspumpade kasutamine elamumajanduses madalatemperatuurilise kaugkütte tingimustes	104,8	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*	N/A*

	Alternatiiv	Diskontomäär -1%	Diskontomäär +1%	Nõudluse muutus - 7%	Nõudluse muutus - 15%	Liitumistasu 1 miljon eur ****	Liitumistasu 1 miljon eur, nõudluse muutus - 7%	Liitumistasu 1 miljon eur, -7 nõudlus ja välisetoetus projektile 50%
5: Andmemajanduse heitsoojuse suunamine kaugkütteks	4,9	5,7	4,3	4,1	3,4	-0,9	-1,7	0,2

\*\*\*\* Teatud stsenaariumide puhul on liitumise olemasolu eeldatud

Eelkirjeldatud **stsenaariumide osas läbiviidud tundlikkuse analüüs näitab, et juba mõõduka heitsoojuse realiseerimiseks vajaliku investeeingu suurenemisega**, milleks võib olla kaugküttevõrguga liitumiseks vajaliku 350 mm läbimõõduga 1-1.5 km torujuhtme lisamine (ehk 1 miljon eurot) **alanevad** sellisest liitumisest sõltuvate **sektorite NPV näitajad oluliselt ning seejärel väike e 7% langus tarbimise mahtudes põhjustab, et** käesolevas uurimustöös esile toodud heitvee ja andmekeskuse heitsoojuse realiseerimise **projektid osutuvad mittetasuvateks**. Alginvesteeingu väline rahastamine (riiklik või ELi toetus) 50% ulatuses aitab eelnimetatud riske maandada.

## 15.7 Seni kasutamata potentsiaali rakendamise majanduslik mõju soojuse ja jahutuse tarbijahinnale

Mõju soojuse ja jahutuse tarbijahinnale selgub eeskätt kulude ja tulude analüüsi tulemustest, millest ilmneb võimalike lahenduste ja stsenaariumide isetasuvus, mille tulemusena selgub ka hind, mida ühiskond peaks või ei peaks kandma ühe või teise stsenaariumi realiseerimiseks, aga ka sellest, kas nimetatud koormust peab tarbija kandma selle turutingimustel kujuneva hinnamuutuse või reguleeritud kujuneva hinnamuutuse kaudu.

Käesolevas analüüsis on selle läbiviijad võtnud aluseks tarbijatele tavapärase soojuse jaehinna, milleks on 63 eurot MWh eest, mis vastab kehtestatud piirhindade aritmeetilisele keskmisele. Soojusesisseostuhinnaks valiti sektori teadmiste tuginedes 22 eurot MWh kohta, mis on võrreldav kaugkütte tootmise muutuvkuludega ning mis on seetõttu konkurentsivõimeline ilma jaehinda tõstmata. Märkimisväärne on see, et ka rakendusteaduslikud uuringud, millele tugineti käesolevas analüüsis, ei kasutanud NPV-de ja tasuvusperioodide arvutustes piirhindasid ületavaid soojuse tariife ega eeldanud, et uudse küttelahenduse loomiseks võimaldatakse soojuse kõrgem piirhind.

Suurimaks väljakutseks majandusanalüüsile on mõne stsenaariumi puhul jätkuvalt kaugküttega liitumise hind ning kaugkütte võrkude võimekus suuremas mahus täiendavat

soojust vastu võtta. Stsenaariumide puhul, kus investering osutus mitteisetasuvaks, vähendas kõrgem soojuse jaehind negatiivset nüüdispuhasväärtust, seda eeskätt investeringute puhul, mis on mõeldud olemasoleva elamufondi küttesüsteemide moderniseerimise tingimustele. Nimetatud investeringud on aga äriliselt niivõrd kahjumlikud, et ka 25% hinnatõus ei ole neid isetasuvateks muutnud.

**Soojuse hulgihinna tõstmine parandas nüüdispuhasväärtust investeringutel, mis on viimaseid tehnoloogiaid ära kasutades mõeldud andmekeskustest ja heiteveest saadava soojuse edasimüügiks.** Seetõttu võib nimetatud eeldatava sisseostu hinna tõus – millega võib küll kaasneda soojuse jaehinna tõus – olla vahendiks, millega maandatakse investorite riske, eriti arvestades, et mõlemad stsenaariumid eitavad vajadust kaugküttevõrku endasse investeerida. Nimetatud investeringud on mõõduka positiivse NPV-ga juhul, kui puudub vajadus kaugküttevõrku rahastada.

Juhul, kui on tegu soojusega, mis ei ole saadud isetasuvalt, kuid mis suunatakse reguleeritud turule, eeskätt kaugküttevõrku ning tingimusel, et selle tootmiseks tehtud investeringud arvestatakse (amortisatsiooni kaudu) tariifis, võib küll sellega kaasneda asjakohane negatiivne mõju tarbija hindadele.

Eespool olid käsitletud ka stsenaariume (stsenaarium 1), mille tulemusena tekkiv kokkuhoid oli isetasuv ning puudub raskesti hinnatav võrgupoolne investeerimisvajadus. Viimasel juhul ei kaasne tarbijale hinnakujundusest tulenevat kahju. Ettevõtjatelt saadud tagasiside kohaselt võib koguni tekkida mõningane positiivne, st hinda alandav efekt, mis väljenduks selles, et tekkinud tõhususe võrra alandatakse reguleeritud tariife. Ülejäänud juhtumite puhul ei tasu oodata, et ettevõtjad jagavad saadavat materiaalselt kokkuhoidu tarbijaga.

# 16 Kasutatud materjalid

1. Anna Volkova et al. Energy cascade connection of a low-temperature district heating network to the return line of a high-temperature district heating network. Energy 198, 2020, 117304
2. Arengufond. Kaugkütte energiasääst, 2013.
3. Bales, C., P. Gantenbein, P., A. Hauer, A., H.-M. Henning, H.-M., D. Jaenig, D., H. Kerskes, H. et al. (2005). Thermal properties of materials for thermo-chemical storage of solar heat. Report B2-IEA SHC Task 32 :. International Energy Association., 2005.
4. Bales, C., P. Gantenbein, P., D. Jaenig, D., R. Weber, R. (2007). Laboratory prototypes of thermo-chemical and sorption storage units. Report B3-IEA SHC Task 32 :. International Energy Association, 2007
5. Bruckner, S. Liu, M. Laia, M. Radspieler, L. F. Cabeza and L. Eberhard. Industrial waste heat recovery technologies: An economic analysis of heat transformation Technologies. Applied Energy, vol. 151, no. 1, pp. 157-167, 2015.
6. Buderus.
7. Chuard, P., Chuard, D., Gilst, van J., Hadorn, J.C., Mercier, C. (1983). IEA Task VII Swiss project in Vaulruz – design and first experiences. – International conference on subsurface heat storage in theory and practise.
8. Cruickshank, C.A. (2009). Evaluation of a stratified multi-tank thermal storage for solar heating applications : PhD Thesis., Queens University, Canada
9. De Beer J., Worrel E., Blok K. Long-term energy efficiency improvements in the paper and board industry. Energy 1998;23:21–42.
10. Drake Landing Solar Community. Borehole thermal energy storage (BTES). <http://www.dlsc.ca/borehole.htm>.
11. Ebrahimi K, Jones GF, Fleischer AS. Thermo-economic analysis of steady state waste heat recovery in data centers using absorption refrigeration. Appl Energy 2015;139:384–97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.10.067>
12. Eesti Biogaasi Assotsiatsioon. Tootmine ja kasutamine. Veebis: [/http://eesti biogaas.ee/tootmine-ja-kasutamine](http://eesti biogaas.ee/tootmine-ja-kasutamine)
13. Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühing. Veebis: <https://epha.ee/>
14. Eesti riiklik energia- ja kliimakava aastani 2030. Veebis: <https://www.mkm.ee/et/eesmargid-tegevused/energeetika/eesti-riiklik-energia-ja-kliimakava-aastani-2030>
15. Eesti Statistikaameti tabelid: SA KE023: energiabilanss, GWh; KE024: energiabilanss, TJ/GWh; KE024: energiabilanss, TJ/GWh; KE04: soojuse bilanss, 2016; KE0240: energiabilanss, TJ; KE05: energia lõpptarbimine; KE034.
16. Eesti Taastuvenergia Koda. Taastuvenergia aastaraamat, 2019
17. Elektriturseadus. Redaktsiooni jõustumise kp 01.07.2020.
18. Energiamajanduse korralduse seadus. Redaktsiooni jõustumise kp 01.07.2020.
19. Erfolgreiche Abwärmenutzung im Unternehmen. Energieeffizienzpotenziale erkennen und erschließen. Deutsche Energie-Agentur, 2019.
20. European Commission. Renovation wave. Veebis: [https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en)
21. European Heat Pump Association. Large scale heat pumps in Europe. Veebis: [Large heat pumps in Europe MDN II final4 small.pdf](#)
22. Finnish Energy Industries. Energiavuosi 2015 - Kaukolämpö (In Finnish, Energy year 2015 -District Heating) 2016. Veebis: <http://energia.fi>
23. Fjärrvärme Svensk. Industriell spillvärme (In Swedish, Industrial waste heat); 2016. Veebis: <https://www.energiforetagen.se/>
24. Friothers AG. Veebis: <https://www.friothers.com/>
25. G. Wall, C-C. Chuang, M. Ishida. Exergy Study of the Kalina Cycle. Published in: R. A. Bajura, M. R. von Spakovsky and E. S. Geskin Eds., Analysis and Design of Energy Systems: Analysis of Industrial Processes, AES-Vol. 10-3, pp. 73-77, ASME

26. GitLab. Hotmaps. Veebis: <https://gitlab.com/hotmaps> ;  
[https://gitlab.com/hotmaps/heat/cool\\_tot\\_curr\\_density/blob/master/README.md](https://gitlab.com/hotmaps/heat/cool_tot_curr_density/blob/master/README.md)
27. H. Arro, A. Koni, A. Kull, I. Mikk, A. Ots, A. Poobus, H. Roolaid, L. Õispuu. Soojustehnika käsiraamat. Tallinn Valgus, 1977.
28. H. Averfalk, P. Ingvarsson, U. Persson, M. Gong, S. Werner, "Large heat pumps in Swedish district heating systems". Veebis: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117307839>
29. Heat Pumps & Energy Efficiency Influencers - Making the right choice. Veebis: <http://www.star-ref.co.uk/smart-thinking/how-to-choose-an-efficient-heat-pump-large-scale-heat-pumps-and-district-heating-making-the-right-choice.aspx>
30. Industrial Excess Heat Recovery –Technologies and Applications. Final report Phase 1, 5 May 2015. Prepared by Thore Berntsson CIT Industriell Energi AB, Sweden, Anders Åsblad CIT Industriell Energi AB, Sweden. Supported by Denmark, Germany, Norway, Portugal, US and Sweden.
31. Industrielle Abwärmenutzung. Beispiele & Technologien.Dr. Brandstätter Sachverständigenbüro. Land Oberösterreich, 2008.
32. International Energy Agency, Industrial Energy-related Technologies and Systems. Industrial excess heat recovery technologies & applications; 2010.
33. J. Besseling and H. Pershad, "The potential for recovering and using surplus heat from industry," Element Energy Limited, London, 2014.
34. K.J. Chua, S.K. Chou, W.M. Yang. Advances in heat pump systems: A review. Applied Energy 87 (2010) 3611-3624.
35. Kalundborg Eco-industrial Park. Veebis: [https://en.wikipedia.org/wiki/Kalundborg\\_Eco-industrial\\_Park](https://en.wikipedia.org/wiki/Kalundborg_Eco-industrial_Park)
36. Kalundborg Symbiose. Veebis: [www.symbiosis.dk/en/](http://www.symbiosis.dk/en/)
37. Kask, Ü. EJKÜ. Kaugküte. Mugav, tõhus ja soodne. 2013
38. Kaugkütteseadus. Redaktsiooni jõustumise kp 01.07.2017.
39. Keskkonnaamet. Jaotustabel art 10a seisuga 20.04.2020. Veebis: [https://www.keskkonnaamet.ee/sites/default/files/Kliima/jaotustabel\\_art\\_10a\\_seisuga\\_20.04.2020.pdf](https://www.keskkonnaamet.ee/sites/default/files/Kliima/jaotustabel_art_10a_seisuga_20.04.2020.pdf)
40. Keskkonnaministri 28.06.2016 määrus nr 17. Toetuse andmise tingimused meetmele „Ettevõtete energia- ja ressursitõhusus”.
41. Keskkonnaotsuste infosüsteem KOTKAS. Veebis: <https://kotkas.envir.ee/>
42. Kirs, T., Utilitas Tallinn AS kaugjahutuse osakonna juhataja, ettekandest „Keskkonnasõbralikum jahutusviis linnakeskkonnas“ kaugjahutuse seminaril 17.08.2020
43. KPMG Baltics OÜ. Riikliku energiasäästukohustuse täitmiseks sobilike finantsmeetmete arvutusmetoodikate väljatöötamine ja energiasäästu potentsiaali hindamine, 2020. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeriumi tellimisel. Veebis: [https://www.mkm.ee/sites/default/files/1\\_riikliku\\_energiasaastukohustuse\\_taitmiseks\\_sobilike\\_finantsmeetmete\\_arvutusmetoodikate\\_valjatootamine\\_ja\\_energiasaastu\\_potentsiaali\\_hindamine\\_1.pdf](https://www.mkm.ee/sites/default/files/1_riikliku_energiasaastukohustuse_taitmiseks_sobilike_finantsmeetmete_arvutusmetoodikate_valjatootamine_ja_energiasaastu_potentsiaali_hindamine_1.pdf)
44. Kupiainen M. Lämpöpumppu konesalin jäähdytyksessä ja lämmöntalteenotossa (In Finnish, Data centre cooling and heat recovery with a heat pump).
45. Laia Miró, Sarah Brückner, Luisa F. Cabeza. Mapping and discussing Industrial Waste Heat (IWH) potentials for different countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews 51 (2015) 847-855. (Ingl k Industrial Waste Heat per Energy Consumed by the Industry and Industrial Waste Heat per Energy Consumed by the Industry ratios)
46. Large heat pumps in district heating systems. Veebis: [https://energia.fi/files/976/Large\\_heat\\_pumps\\_in\\_district\\_heating\\_systems\\_Summary.pdf](https://energia.fi/files/976/Large_heat_pumps_in_district_heating_systems_Summary.pdf).
47. Large scale heat pumps in Europe. Veebis: [https://www.ehpa.org/fileadmin/red/03\\_Media/03.02\\_Studies\\_and\\_reports/](https://www.ehpa.org/fileadmin/red/03_Media/03.02_Studies_and_reports/)
48. Lechner, J. Abwärme nutzen, Strom gewinnen: Energiekosten sparen. Veebis: [http://effguss.bdguss.de/?wpfb\\_dl=174](http://effguss.bdguss.de/?wpfb_dl=174)
49. Lu T, Lü X, Remes M, Viljanen M. Investigation of air management and energy performance in a data center in Finland: case study. Energy Build 2011;43:3360–72. Veebis: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.08.034>
50. M. Blesl, A. Kessler. Energieeffizienz in der Industrie. Springer Vieweg, 2017
51. Majandus- ja Kommunikatsiooniministerium. Soojusmajandus. Veebis: <https://mkm.ee/et/tegevused-eesmargid/energeetika/soojusmajandus>
52. Maksu- ja Tolliamet. Tasutud maksud, käive ja töötajate arv. Veebis: <https://www.emta.ee/et/kontaktid-ja-ametist/avaandmed-maksulaekumine-statistika/tasutud-maksud-kaive-ja-tootajate-arv>

53. Marcinichen JB, Olivier JA, Thome JR. On-chip two-phase cooling of datacenters: Cooling system and energy recovery evaluation. In: Proceedings of the 13th Braz Congr Therm Sci Eng; 2012. 41:36–51. doi:10.1016/j.applthermaleng.2011.12.008.
54. Metz B, Davidson O R, Bosch P R, Dave R, Meyer L A (eds). IPCC Fourth Assessment Q4 Report: Climate Change. Working Group III: Mitigation of Climate Change. Cambridge, United Kingdom; Cambridge University Press, NY, USA, 2007
55. NetworkX. Network Analysis in Python. Veebis: <https://networkx.org/>
56. Nomine Consult OÜ, 2019, Tallinn. Harku andmekeskuse jääsoojuse kasutamise võimaluste eeluuring.
57. Nowacki, J jt. Large Water Source Heat Pumps – The Swedish Experience. Veebis: <https://www.gshp.org.uk/DeMontfort/LargeWaterSourceHeatPumpsSwedish.pdf>
58. P. Pinel, P., C.A. Cruickshank, C.A., I. Beausoleil-Morrison, I., A. Wills, A. (2011). A review of available methods for seasonal storage of solar thermal energy in residential applications. – Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15, (2011) 3341– 3359.
59. Pehnt M, Boedekery J, Arens M, Jochem E, Idrissora F. Die Nutzung industrieller Abwärme-technisch-wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung Wissenschaftliche Begleitforschung zu uebergreifenden technischen, oekologischen, oekonomischen und strategischen Aspektendes nationalen Teilsder Klimaschutzinitiative FKZ03KSW016A und B; 2010
60. PIC Eesti AS. Reoveesette käitluse inventuuri teostamine Eestis. Töö on teostatud Keskkonnaministeeriumi tellimisel. Leping nr 2-15-16/691, Tallinn, 2001.
61. Raudsaar, M. Keskkonnaagentuur, 2019. Puidubilanss. Ülevaade puidukasutuse mahtudest 2017. Veebis: [https://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/elfinder/article\\_files/puidubilanss\\_2017\\_0.pdf](https://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/elfinder/article_files/puidubilanss_2017_0.pdf)
62. Reaktori füüsika. Veebis: <https://www.reactor-physics.com/what-is-residual-heat-definition>.
63. Rosin, S. Link, H. Hõimoja, I. Drovtar. Energiasalvestid ja salvestustehnoloogiad. 2015.
64. S. Brueckner *et al.* Methods to estimate the industrial waste heat potential of regions – A categorization and literature review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 38 (2014)164–171.
65. Sarah Brueckner, Laia Miró, Luisa F. Cabeza, Martin Pehnt, Eberhard Laevemann (2014) Methods to estimate the industrial waste heat potential of regions – A categorization and literature review. Elsevier. Renewable and Sustainable Energy Reviews 38 (2014) 164-171.
66. Sarah Brückner, Selina Liu, Laia Miró, Michael Radspieler, Luisa F. Cabeza, Eberhard Lävemann. Industrial waste heat recovery technologies: An economic analysis of heat transformation technologies. Applied Energy 151 (2015) 157–167
67. Sarv, I. Ventilatsiooni väljatõmbeõhust soojuspumpadega soojustagastuse toimivus rekonstrueeritud korterelamus. 2019. Veebis: <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/a8053c03-b45e-4c99-9bbe-048105d79072>
68. Sorvari J. Konesalin ylijäämlämmön hyödyntäminen Levin Koutalaella (In Finnish, Utilization of waste heat from data center in Koutalaki Levi) Master's thesis, Espoo
69. Statistikaameti andmebaas. Veebis: <https://andmed.stat.ee/et/stat>
70. Stenberg S-Å. Tietokonesalien hukkalämmön hyödyntämismahdollisuuksien teknistaloudellinen optimointi (In Finnish, Technical and economical optimization of data center waste heat utilization) Master's thesis Espoo, Finland: Aalto University; 2015.
71. Swedish Environmental Protection Agency. Cardboard mill heats Lindesberg. 2009. Veebis: <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-8400-4.pdf?pid=4084>
72. Säästva arengu sõnaseletusi. Veebis: <http://www.seit.ee/sass/print.php?keel=ee&type=tapne&word=heitsoojus>
73. TalTech. Hoonete rekonstrueerimise pikaajaline strateegia, 2020 <https://adr.rik.ee/ram/fail/7303187/subfile/0>
74. Tööstusheite seadus. Redaktsiooni jõustumise kp 01.01.2020.
75. U.S. Department of Energy, Waste Heat Recovery: Technology and Opportunities in U.S. Industry, U.S. Department of Energy, Industrial Technologies Program, Washington DC, 2008
76. Vabariigi Valitsuse 01.12.2016 määrus nr 134, Kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega kauplemise süsteemi kuuluvate käitajate tegevusalade loetelu, RT I, 07.08.2018, 3.
77. Wahlroos, M. *et al.* Future views on waste heat utilization – Case of data centers in Northern Europe. Renewable and Sustainable Energy Reviews 82 (2018) 1749-1764.
78. Waste Heat Recovery: Technology and Opportunities in U.S. Industry. U.S. Department of Energy. 2008
79. Volkova *et al.* Small low-temperature district heating network development prospects. Energy. 178, 2019.
80. Y.M. Han, Y.M., R.Z. Wang, R.Z., Y.J. Dai, Y.J. (2009). Thermal stratification within the water tank. – Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13 (2009) , 1014–1026.