



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

Näpi aleviku kaugküttesüsteemi parendusvõimalused
Improvement possibilities of the district heating system of Näpi
township

EDJR Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine,
energiatehnika ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Artur Klimson

Üliõpilaskood: 193260

Juhendaja: Aleksei Hõbesaar,
nooremlektor

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

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

"...." 20.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab rakenduskõrgharidusõppe lõputööle/magistritööle esitatud nõuetele

"...." 20.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"...." 20.....

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS

Mina, Artur Klimson (sünnikuupäev: 16.08.1988)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

“Näpi aleviku kaugküttesüsteemi parendusvõimalused”, mille juhendaja on Aleksei Hõbesaar,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

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

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

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Artur Klimson, 193260

Õppekava, peeriala: EDJR Masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimine, energiatehnika

Juhendaja(d): Nooremlektor, Aleksei Hõbesaar, aleksei.hobesaar@taltech.ee

Konsultant: Piret Vares, juhataja

AS Rakvere Soojus, +372 5288087, piret.vares@rakveresoojus.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) "Näpi aleviku kaugküttesüsteemi parendusvõimalused"

(inglise keeles) "Improvement possibilities of the district heating system of Näpi township"

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Kaugküttesüsteemi parendusvõimaluste analüüsimine
2. Parendusvõimaluste mõju soojusenergia hinnale

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Erinevate tehnoloogiatega tutvumine	01.04.2022
2.	Alusandmete korjamine	30.04.2022
3.	Hinnapakkumiste võtmine	15.05.2022
4.	Võimaluste analüüsimine/mõju soojuse hinnale	01.06.2022
5.	Investeeringute arvutamine	30.06.2022
6.	Parima lahenduse valik	10.07.2022
7.	Valitud lahenduse tegelik analüüs/mõju hinnale	15.11.2022

Töö keel: eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: "19" detsember 2022a

Üliõpilane: Artur Klimson

/digitaalselt allkirjastatud/

Juhendaja: Aleksei Hõbesaar
/digitaalselt allkirjastatud/

Konsultant: Piret Vares
/digitaalselt allkirjastatud/

Programmijuht: Veroonika Shirokova
/digitaalselt allkirjastatud/

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	8
SISSEJUHATUS	9
1 KAUGKÜTTE SOOJUSE HINNA KUJUNEMINE	10
2 SOOJUENERGIAALLIKAD	12
2.1 Maagaas.....	13
2.2 Põlevkiviõli	15
2.3 Pellet	17
3 SOOJUSTORUSTIK.....	18
4 LAHENDUSE VALIK	20
KOKKUVÕTE	21
SUMMARY.....	22
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	23
LISAD	25

EESSÕNA

Käesolev lõputöö on valminud koostöös AS Rakvere Soojus ja TalTech Virumaa kolledžiga. Teema on valitud seoses väikeasula kõrgele kaugkütte hinnale ning amortiseeruvale küttesüsteemile. Töö eesmärk on leida parim kaugkütte süsteemi lahendus ning seeläbi valida parim lahendus võrguettevõttele ja tarbijatele, arvestades soojusenergia maksumust ja varustuskindlust. Lõputöö teema on aktuaalne seoses pidevalt kasvavale soojusenergia hinnale.

Lõputöö koostamise asukoht on Rakvere vald, Näpi alevik. Vajaliku materjali, seadmete ja tehnika käsitlemist on võimaldanud AS Rakvere Soojus. Ettevõtte poolt on lõputöö valmimisele kaasa aidanud ettevõtte juhataja Piret Vares, kes on ühtlasi ka lõputöö konsultandiks.

Lõputöö autor avaldab tänu oma juhendajale, Aleksei Hõbesaarele ja konsultant Piret Varessele.

Võtmesõnad: Kaugküttesüsteemid, soojusenergia hind, varustuskindlus, tarbijad

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

VP – Võrgupiirkond

GMJ - Gaasimõõtejaam

GJJ - Gaasijaotusjaam

SISSEJUHATUS

Eestis on kaugkütte toimimine reguleeritud Kaugkütteseadusega, mille eesmärgiks on tagada kindel, usaldusväärne, efektiivne, põhjendatud hinnaga ning keskkonnanõuetele ja tarbijate vajadustele vastav soojusvarustus. [1] Eesti 226-st omavalitsusest on kaugküte kasutusel 149-s. Hinnanguliselt tarbib sel moel toodetud soojust ligi 60 % elanikkonnast. Ülejäänud elanikud kasutavad soojust tootmiseks lokaalseid kütteseadmeid. Kokku on Eestis 239 kaugküttevõrku ning 1430 km soojustorustikku. [1]

Käesoleva lõputöö teema on aktuaalne, kuna eelmisel aastal alanud energiakriis on kaasa toonud soojusenergia hinna pideva kallinemise. Kordades kallinenud kütusehinnad panevad muretsema nii tarbijaid kui ka ettevõtteid.

Kui maagaas on kallinenud 2021. aasta sügisest aasta jooksul peaaegu 5 korda, siis suure nõudluse tõttu on sel perioodil ligikaudu 2,5 korda kasvanud ka hakkepuidu hind. Peaaegu igakuiselt uut rekordit tegev kütuse hind on kergitanud oluliselt kaugküttesüsteemide pakkumise kulusid ja sundinud ettevõtteid esitama Konkurentsiametile taotlusi uuteks hinnamuudatusteks. [2]

Võrguettevõtte saab hinda kujundada nii investeeringute kui ka hooldusega. Uuendatud ja korralikult hooldatud võrk on parem, kui vananenud süsteemid. Samuti saab ettevõtte hinda soodsamas suunas mõjutada mõistliku kütuseliigi valikuga.

Käesoleva lõputöö eesmärk on välja selgitada võimalikest variantidest parim lahendus küttesüsteemi uuendamiseks, varustuskindluse tõstmiseks ja sooja hinna alandamiseks Rakvere vallas, Näpi alevikus asuvas soojusvõrgus. Lõputöö käigus analüüsitakse saadud andmete põhjal tulemusi ning selgitatakse välja tõhusaim lahendus.

Lõputöös kasutatakse kvantitatiivset meetodikat, kus kogutakse andmeid erinevatest kirjandusallikatest ning seejärel analüüsitakse saadud tulemusi ja tehakse loogilisi järeldusi.

1 KAUGKÜTTE SOOJUSE HINNA KUJUNEMINE

Kaugkütte valdkonda reguleerib kaugkütteseadus. Vastavalt seadusele peab soojusettevõtja tarbijale müüdava soojuse piirhinna kooskõlastama Konkurentsiametiga. Hinna kooskõlastamisel lähtub amet sellest, et soojuse tootmiseks ja edastamiseks tehtud kulutused oleksid põhjendatud. [18]

Soojuse hinna muutumist mõjutavad peamiselt soojuse tootmiseks kasutatavate kütuste hindade muutused ning investeeringud katlamajade ja kaugküttevõrgu tehnilise olukorra parandamiseks. [18]

Soojusettevõtja kohustus on tagada võimalikult efektiivne, kindel, usaldusväärne, põhjendatud hinnaga ning keskkonnanõuetele ja tarbijate vajadusele vastav soojusvarustus. [18]

Soojuse piirhinda lülitatakse järgnevad kulud:

- Muutuvkulud
- Tegevuskulud
- Kapitalikulu
- Põhjendatud tulukus

Soojuse piirhinna kooskõlastamise aluseks olevatest hinnakomponentidest lähtuvalt taotleb soojusettevõtja hinnavalemi kooskõlastamist koos ajaliselt määratletud kehtivusajaga (nt. Üheks, kaheks või maksimaalselt kolmeks aastaks). [19]

Konkurentsiamet kooskõlastab üldjuhul hinnavalemi alljärgneval kujul. (Ettevõtja võib esitada kooskõlastamiseks ka enda poolt koostatud hinnavalemi):

$$h = \frac{kulud}{Q} + \frac{k_{kütus}}{Q} \times hind_{kütus} \left[\frac{\text{€}}{\text{MWh}} \right] \quad \text{Valem 12}$$

kus:

h – soojuse piirhind (€/MWh);

$kulud$ – põhjendatud muutuv- ja tegevuskulud, kapitalikulu ning põhjendatud tulukus, v.a kulud kütusele ja/või sisseostetud soojusele

$k_{kütus}$ – kütuse kogus (nt hakkpuidu primaarenergia maht; gaasi ostukogus tuh m³);

$hind_{kütus}$ – kütuse ostuhinna (nt hakkpuidu primaarenergia hind €/MWh; gaasi ostuhind €/tuha m³) prognoos (vajadusel teisendatuna kütteväärtusele, mis on aluseks kütuse koguse arvutamisel);

Q – soojuse müügi maht;

Joonis 1.1 Soojuse hinna valem, Konkurentsiamet [19]

Näpi alevikus kasutatakse eelneval valemil põhinevad valemit, mis on kohandatud võrgupiirkonnale sobivaks. Valemis antud muutumatud tegurid on tingimuslikud – võrguettevõtte palvel ei ole andmed täpsed, aga suurusjärgud on piisavad analüüsi tegemiseks.

Lõputöö autor kasutab piirhinna arvutamisel järgnevaid valemeid. Antud valemitega arvutatakse võrgupiirkonna piirhindasid erinevate küttesüsteemidega.

- Gaasiküttega: **$Hind_{soojus} = 17 + 0,13 \times hind_{gaas} = (\text{€}/\text{MWh})$**
- Põlevkiviõliga: **$Hind_{soojus} = 22 + 0,11 \times hind_{põlevkiviõli} = (\text{€}/\text{MWh})$**
- Pelletiga: **$Hind_{soojus} = 39 + 0,24 \times hind_{pellet} = (\text{€}/\text{MWh})$**
- Gaasiküte rekonstrueeritud võrguosaga: **$Hind_{soojus} = 22 + 0,12 \times hind_{gaas} = (\text{€}/\text{MWh})$**

Nende valemite põhjal tehtud arvutused on tehtud tagasiulatuvalt, et analüüsida küttealiigi ajalugu ning selle põhjal teha järeldused ning edasised otsused, millist lahendust küttesüsteemile valida.

Lisas 1 on välja toodud nende valemitega arvutatud väärtused.

2 SOOJUSENERGIAALLIKAD

Energiaallikaid saab liigitada taastumatuteks ja taastuvateks:

- Taastuvad energiaallikad, nagu hüdro-, laine-, tõusu-mõõna, päikese-, tuule- ja maasoojusenergia, on energiakandjad, mida on võimalik saada loodusest või looduslike protsesside kaudu ja nende kasutamisel need ei ammendu. Taastuvaks energiaallikaks loetakse ka biokütuseid, nagu biomass (puit, puusüsi, õled, hein), biogaas, biodiisell, bioetanool, kuid seda eeldusel, et ressursse kasutatakse vähem, kui juurde jõuab tekkida. [11]
- Taastumatud energiaallikad ehk taastumatud energiavarud – põlevate süsinikku sisaldavate ja orgaanilise päritoluga geoloogiliste setete (nt kivisüsi, nafta, maagaas, põlevkivi) üldnimetus fossiilkütustele. Fossiilkütuse põletamine saastab atmosfääri süsinikdioksiidiga, lämmastikuühenditega, olenevalt kütusest ka väevliühenditega ja paljude muude heitmetega. [12]

Eestis on umbes 200 kaugküttevõrgustikku, mis katavad üle 60% soojuse tootmisest. Viimase 20 aasta jooksul on paljusid katlamaju renoveeritud ning vanad gaasi- ja õlikatlad on asendatud puiduhakkell töötavate kateldegall ja koostootmisjaamadega. Puiduhake on kohalik taastuvkütus, mis muudab ka kaugküttesektorigall süsinikuneutraalsemaks. [13]

Kaugküttesüsteemide heaolu sõltub klientide heaolust, seega vähetõhusad ja kehvas seisus kaugküttevõrgud peavad nägema vaeva, et hoida tarbijaid, kuna vastavalt Euroopa Liidu energiatõhususe direktiivile on neil õigus kasutada ebatõhusa kaugküttele asemel tõhusamaid ja keskkonnasõbralikumaid kohalikke lahendusi. Viimased suundumused pigem näitavad, et kaugküttele olukord on Eestis nii hea, et paljud suuremad tarbijad, näiteks ettevõtted, kes on varasemalt tootnud sooja maagaasill töötavates katlamajades lähevad üle kaugküttele just sellepärast, et see on kooskõlas nende keskkonnasuundumustega. [13]

Liikumine kliimanetraalsuse poole on hoogu kogumas ning aitab jõuda Euroopa Liidu poolt seatud eesmärgini saavutada 2050. aastaks kliimanetraalsus. [13]

Järgnevates alapeatükkides anname ülevaate energiaallikatest, mida kaalutakse selgitamiseks välja parim lahendus küttesüsteemi uuendamiseks, varustuskindluse tõstmiseks ja sooja hinna alandamiseks Rakvere vallas, Näpi alevikus asuvas soojusvõrgus.

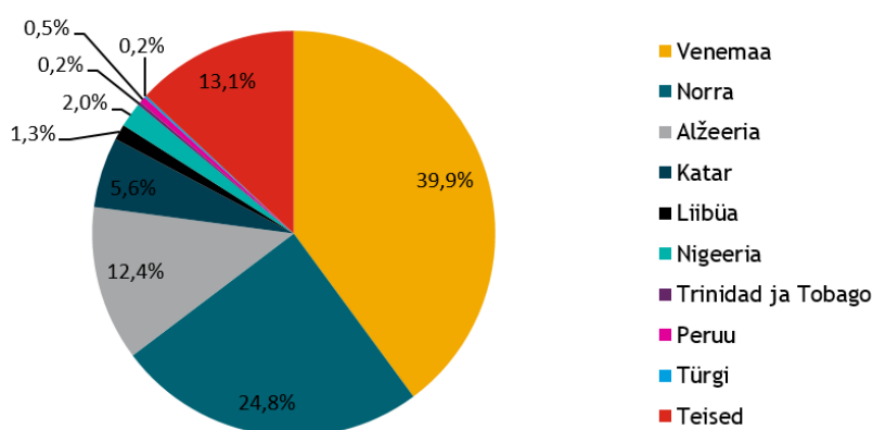
2.1 Maagaas

Eesti maagaasi ülekandevõrk koosneb 885 km gaasitorustikust, 3 gaasimõõtejaamast (GMJ), kus toimub ülekandevõrku siseneva gaasi mõõtmine ja gaasi kvaliteedi määramine ning 36 gaasijaotusjaamast (GJJ), kus toimub ülekandevõrgust väljuva gaasi rõhu redutseerimine, mõõtmine, lõhnastamine ja kokkulepitud tarbimisrežiimi tagamine. Selleks, et gaas liiguks ühest punktist teise on vajalik rõhuerinevus kahe punkti vahel. Rõhuerinevus saavutatakse läbi kompressorjaamade, mis suruvad gaasi kokku ja seeläbi tõstavad gaasi rõhku. Eesti gaasisüsteemil täna veel puudub oma kompressorjaam ning gaasi ülekandeks vajalik rõhk tagatakse Venemaa ülekandesüsteemis asuvate kompressorjaamadega või Lätis asuva Inčukalnsi maaaluses gaasihoidlas. [5]

Suured maagaasi leiukohad asuvad Venemaa territooriumil. Neist suurim on Urengoi gaasimaardla, mis asub Jamali Neenetsi autonoomses ringkonnas. Seal leidub umbes 10^{13} m³ maagaasi. Maardla kuulub Vene nafta- ja maagaasitööstuse gaasikontsernile Gazprom. [4]

Rakvere vallas, Näpi alevikus asuvas soojusvõrgus toodeti soojust maagaasi abil. Arvestades hetke olukorda Venemaal ja kogu maailmas, on Euroopa riikide kasvav sõltuvus maagaasi impordist Venemaalt murettekitav, sest energiakandjate kaubandus jätkusuutmatu majandusmudeliga ja samas agressiivse riigiga on julgeolekurisk, millega peame arvestama, valides Näpi alevikus olevale katlamajale uut energiaallikat.

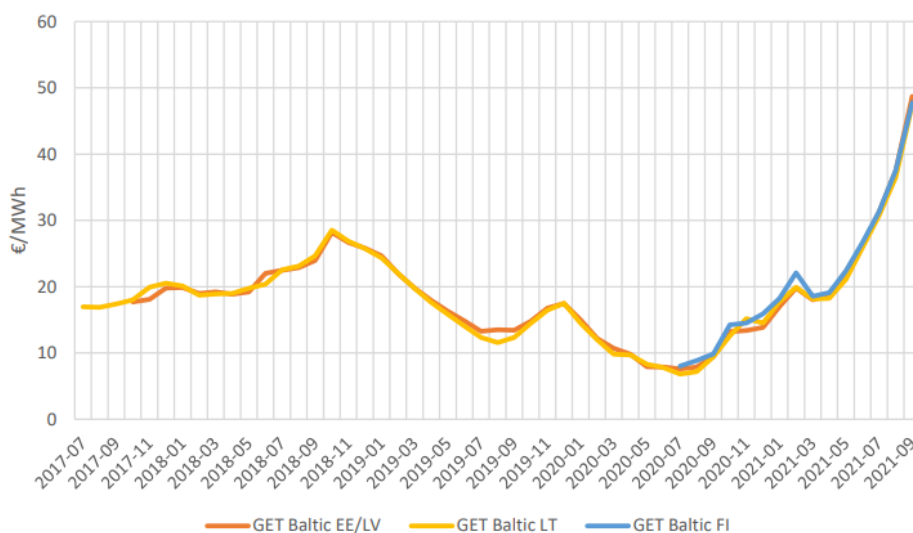
Järgnevalt jooniselt on näha maagaasi impordi osakaalu Euroopasse aastal 2016.



Joonis 2.1 Maagaasi impordi osakaalud Euroopasse aastal 2016 (Eurostat nrg_124a) [5]

Samuti on maagaasi hinna muutus ettearvamatu. Gaasi kõrge hind kergitab nii Baltimaades kui mujal Euroopas gaasijaamades toodetud elektri hinda, mis avaldab mõju tiputundide hinnale, sest gaasijaamad võetakse käiku siis, kui teised ja odavamad tootmisviisid on ära kasutatud, ütles Eesti Energia turuanalüüsi strateeg Olavi Miller. [6]

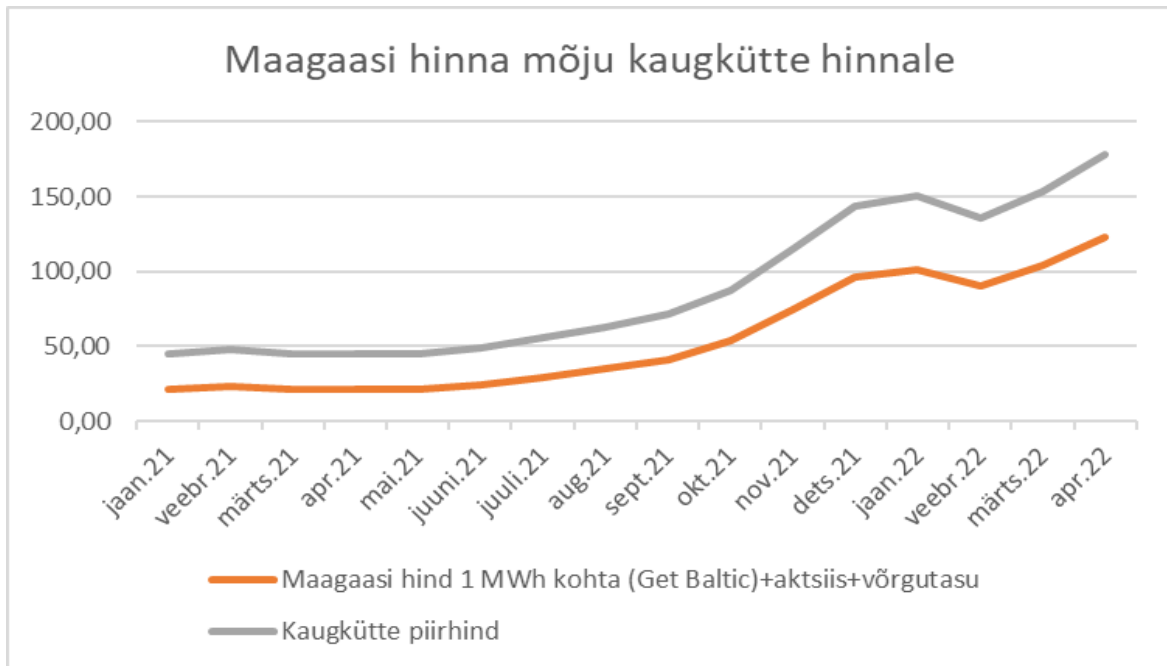
Järgneval joonisel on näha konkurentsiameti poolt välja toodud maagaasi hinna võrdlust Balti regioonis aastatel 2017-2021.



Joonis 2.2 Maagaasi hind Balti regioonis 2017-2021 [9]

Lõputöö autor tegi vastavad arvutused, kasutades Konkurentsiameti valemil põhinevat valemit, kuhu on arvesse võetud võrguettevõttest saadud andmed. Arvutused on tehtud tagasiulatuvalt, et prognoosida kütteliigi järkusuutlikust tulevikuks. Täpsemad arvutused on välja toodud lisas 1.

Saadud andmete põhjal koostas autor graafiku, kus on näha maagaasi hinna mõju kaugkütte hinnale. Nagu graafikust näha, siis kaugkütte piirhind sõltub suuresti maagaasi hinnast. Kui aastal 2021 esimeses pooles püsis hind stabiilne, siis aasta teises pooles hakkas hind tunduvalt tõusma ning 2022 aasta esimesel poolel oli hind juba üle kolme korra tõusnud.



Joonis 2.3 Maagaasi hinna mõju kaugkütte hinnale.

Ka 2050.aasta kliimaeesmärkide kohaselt peaks Eesti loobuma maagaasi kasutamisest ning maagaasiga jätkamine Näpil asuvas katamajas ei vii meid antud eesmärgile kuidagi lähemale. Tänu kogutud infole ning tehtud arvutustele jõudis lõputöö autor järeldusele, et antud soojusvõrgus ei ole tulevikus maagaasiga jätkamine mõistlik lahendus ning kaaluda tuleb teisi variante.

2.2 Põlevkiviõli

Põlevkiviõli on põlevkivist toodetud vedelkütus, mis saadakse põlevkivi orgaanilise osa termilisel lagundamisel ja õliaurude kondenseerimisel. Põlevkiviõli iseloomustab tumepruun värvus ning spetsiifiline lõhn. [1]

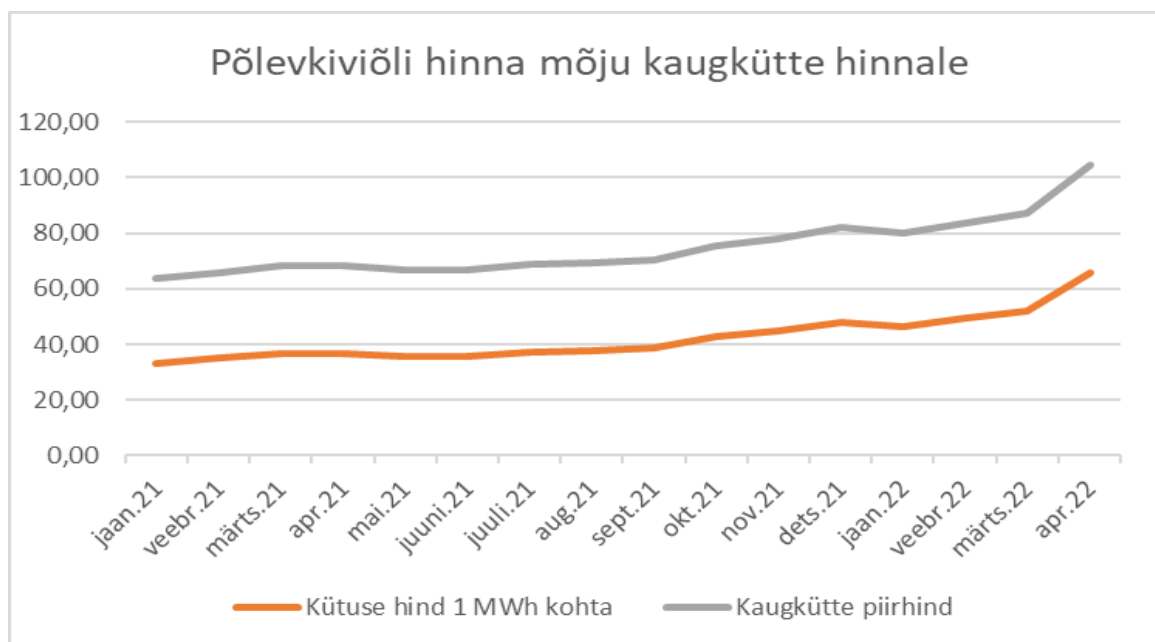
Põlevkivis peitub suurim vedeldatava orgaanilise süsiniku varu maailmas, mis ületab 2 – 4 korda vedelal kujul oleva naftavaru. Põlevkivi leidub maailma eri paigus. Suurimad põlevkivivarud on USA-s, Brasiilias, Jordaania, Venemaal, Hiinas, Austraalias ja Marokos. Ameerikas on näiteks hinnanguliselt 70% maailma põlevkivi varudest. [1]

Põlevkiviõli saastab keskkonda aga kümme korda rohkem kui maagaas ning keskkonnaamet rõhutab, et see peab olema ajutine lahendus [7] Selleks, et täita EL üldist ambitsiooni, ei ole Eesti seatud eesmärgid piisavalt tugevad - ka Eesti peaks sihiks võtma 100%-lise taastuvenergiale ülemineku aastaks 2050 ja koostama põlevkivist väljumiseks konkreetse tegevuskava, mis hetkel puudub. [8]

Lõputöö autor on teinud vastavad arvutused, mille tegemisel kasutas autor samuti Konkurentsi ameti poolt antud soojuse piirhinna valemit, kohandas selle sobivaks ning leidis soojuse hinna põlevkivi õli kasutamise korral Näpi alevikus asuvas soojusvõrgus perioodil Jaanuar 2021 kuni Aprill 2022.

Need arvutused olid vajalikud, et analüüsida kütteliigi ajalugu ning selle põhjal teha edasised otsused, kas Näpi alevikus asuvas soojusvõrgus oleks mõistlik hakata tootma soojust põlevkivi abil.

Järgnevast graafikust on näha, et kaugkütte piirhind sõltub suuresti põlevkiviõli hinnast. Põlevkiviõli hind on vaadeldaval perioodil olnud stabiilne. Põlevkiviõli järgib enamasti maailma kütuste hinda ja kuna maagaasi hinna tõus mõjutab ka põlevkiviõli hinda on näha põlevkivi hinna tõusu vaadeldava perioodi lõpus.



Joonis 2.4 Põlevkiviõli hinna mõju kaugkütte hinnale.

Kuna Eestis toodetakse siiski veel suur osa energiast taastumatutest loodusvarudest (nt. Põlevkivist), aga kogu maailmas on hakatud üha enam pöörama tähelepanu just taastuvenergia tootmisele ja kasutamisele, et loodusvarad säiliks ka järgnevatele põlvetele, siis leidis lõputöö autor, et põlevkivi kasutusele võtmine ei oleks antud olukorras jätkusuutlik lahendus.

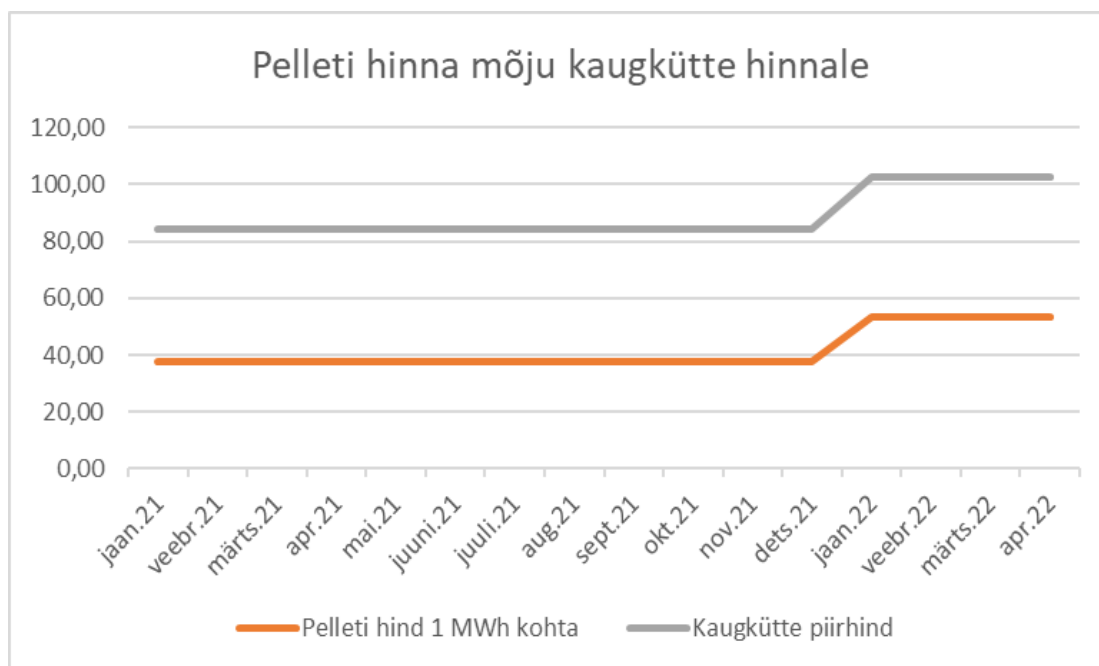
Järkjärguline üleminek taastuvenergiale on oluline tulevikumajanduse arenguks ning isegi kui põlevkiviõli kasutusele võtmine Näpil asuvas küttesüsteemis oleks kõige väiksema investeeringuga ning oleks hea alternatiiv maagaasile, ei oleks see jätkusuutlik.

2.3 Pellet

Pelletid on keskkonnasõbralik biokütus, mida toodetakse metsa- ja puidutööstuses üle jäävast materjalist. Pelletite tooraineks on puidutööstuse tootmisjäätgid (saepuru ja hake) ning madala kvaliteediga tüvepuu, mis ei sobi saematerjali ega muude puittoodete tootmiseks. [17]

Pelletid on kõrge energiaväärtusega küttematerjal, mis asendab gaasi, naftat või põlevkivi. Fossiilsete materjalide põletamisel toodakse maapõuest välja üha uut süsinikku, andes hoogu inimtekkelistele kliimamuutustele. Igasugune fossiilne materjal, mis suudetakse jätta maapõue, on samm lähemale kliimaprobleemide lahendamisele. [17]

Lõputöö autor on teinud vastavad arvutused, mille tegemisel kasutas autor Konkurentsi ameti poolt antud soojuse piirhinna valemit, kohandas selle sobivaks ning leidis soojuse hinna pelleti katla kasutamise korral Näpi alevikus asuvas soojusvõrgus perioodil Jaanuar 2021 kuni Aprill 2022. (Täpsemad arvutused on välja toodud lisas 1)



Joonis 2.5 Pelleti hinna mõju kaugkütte hinnale.

Eelnevast graafikust on näha, et vaadeldaval perioodil on pelleti hind 1 MWh kohta püsinud üsna stabiilne.

3 SOOJUSTORUSTIK

Kaugküttekattlamaja (kaardil keskel korstnaga tööstushoones) ja soojustorustikku haldab AS Rakvere Soojus. 4 kortermaja (kaardil 2 vasakul ja 2 paremal servades, paralleelselt) haldab 3 korteriühistus, lisaks varustatakse kaugküttesoojusega nõudluse korral tootmishooneid ja endist Rakvere KEK kontorihoonet, kus tänaseks asub Vaeküla kool (kaardil risti kujuline hoone vasakpoolsete kortermajade kõrval). Soojuse tootmiseks kasutatakse hetkel maagaasi, võimsust on katlamajas piisavalt. [15]



Joonis 3.1 Tarbijate asukohad ja soojustorude paiknemine [15]

Lõputöö autor uurib võimalust soojuse hinda alandada soojustorustiku rekonstrueerimisega Näpil. Selle arenguvõimaluse juures uurin olukorda, kui kõik senised vanad soojustorud vahetada kaasagsete eelisoleeritute vastu. Soojusvõrgu kogu pikkus on 545 m, millest uuendamata on veel 430 meetrit soojustorutikku.

Vanad torud, läbimõõt	Pikkus	Kadu torustiku meetrile	Kao võimsus torustikus	Kadu kütte perioodil
Ø mm	m	W/m	W	MWh
Ø 159	120	109	13080	61
Ø 108	80	88	7056	33
Ø 76	50	74	3700	17
Ø 57	175	65	11375	53
Kokku	425			165
Eelisoleeritud torud.	120	35	4200	20
Kokku	545			185

Tabel 3.1 Näpi soojusvõrgu soojuskadu 2015. aastal [15]

Rekonstrueeritud torustiku soojuskadu sai arvatud Kamstrup torutootja kalkulaatoriga:

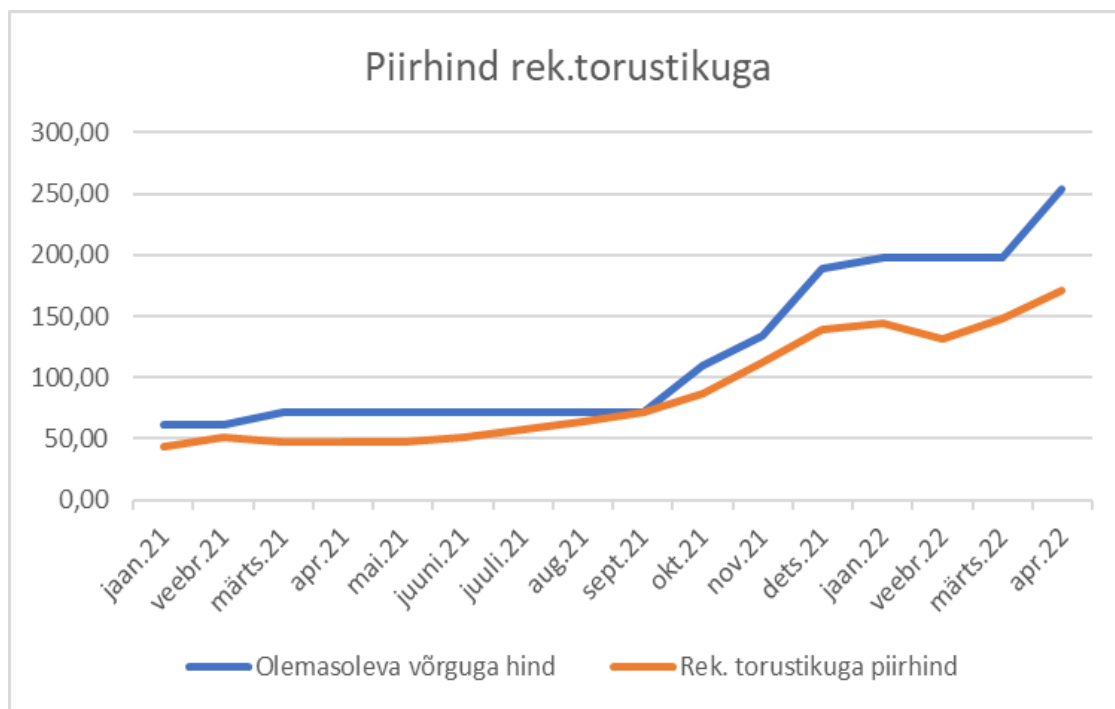
1. Näpi soojusvõrk

No	Type of system	PipeSystem	Length (m)	C (mm)	Series d1	d1	D1	Lambda	W/m	MWh/year
1	Pair(equal)	PexFlextra	120	150	2	90	180	0.022	21.44	14.82
2	Pair(equal)	PexFlextra	80	150	2	90	180	0.022	21.44	9.88
3	Pair(equal)	PexFlextra	50	150	2	75	160	0.022	19.42	5.59
4	Pair(equal)	PexFlextra	175	150	2	50	125	0.022	16.13	16.26
Total MWh/year									46.55	

Tabel 3.2 Rekonstrueeritud torustiku soojuskadu [14]

Kogu vana soojustorustiku rekonstrueerimisega hoiab kokku kütteperioodi jooksul $165-46,55=118,45$ MWh soojusenergiat, mille võrra väheneb kogu soojuse toodang kütteperioodi jooksul. Kasutades gaasiküttega piirhinna valemit, tuli muuta vastavaid lähteandmeid – kuluteguris investeringut ja soojuse toodangu mahtu.

Järgnevalt on võimalik näha arvatud piirhinna võrdlust vana- ja rekonstrueeritud torustiku vahel.



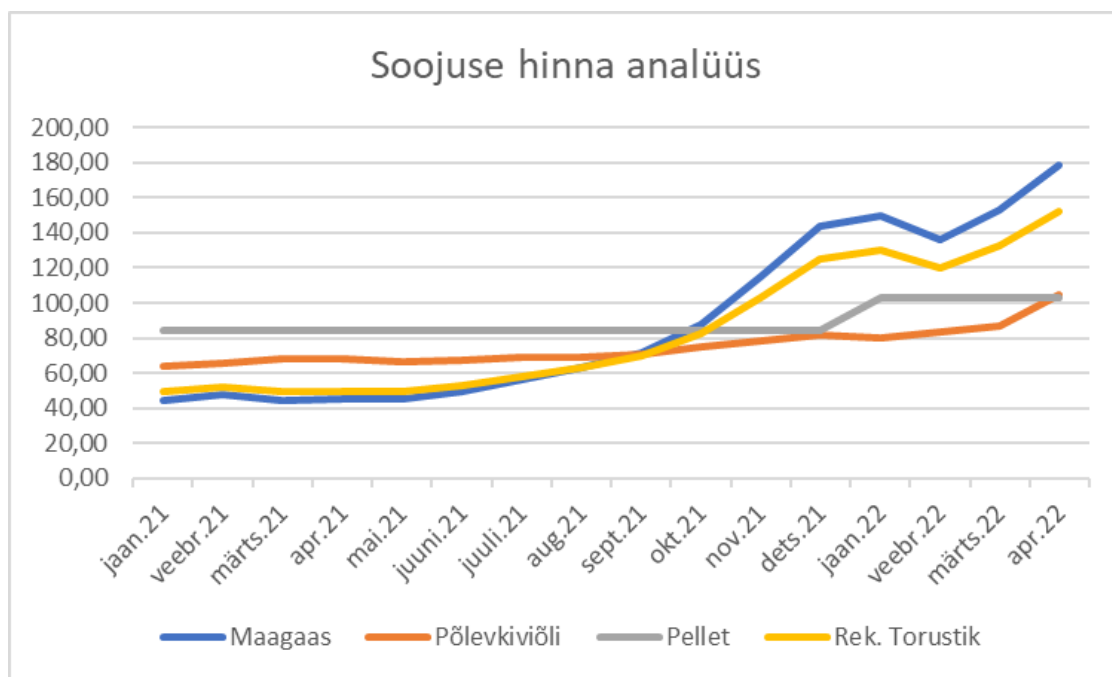
Joonis 3.1 Piirhind rekonstrueeritud torustikuga

4 LAHENDUSE VALIK

Lõputöö autor kaalus Näpi soojusvõrgu hinna ja tarnekindluse parendamiseks mitmeid variante – maagaasiga jätkamist, põlevkiviõli kütet, kaugküttetorustiku rekonstrueerimist ning pelleti katla kasutusele võttu.

Pärast nende lahenduste põhjalikku analüüsimist osutus valituks pelleti katla lahendus.

Järgnevast graafikust on näha, et maagaasiga jätkamine olemasoleva võrguga, kui ka rekonstrueeritud võrguga oleks olnud kõige kulukam. Põlevkiviõli- ja pelleti kütmise hind oleks olnud sarnane. Kuid määravaks sai asjaoli, et pellet on väga perspektiivikaks küttematerjaliks – nii keskkonnasäästlikkuse kui ka õli- ja gaaskütte võimaliku kallinemise seisukohast.



Joonis 4.1 Soojuse hinna analüüs

KOKKUVÕTE

Antud lõputöö eesmärgiks oli selgitada välja parimad lahendused küttesüsteemi uuendamiseks, varustuskindluse tõstmiseks ja sooja hinna alandamiseks Rakvere vallas, Näpi alevikus asuvas soojusvõrgus.

Eelnevalt püstitatud ülesanded töö eesmärgi saavutamiseks on täidetud ning seega on ka uurimustööle seatud eesmärk täidetud.

Töös kasutati erinevatest allikatest kogutud informatsiooni, et anda ülevaade kaugkütte hinna kujunemisest, erinevatest kütteliikidest ning nende mõjust soojuse hinna kujunemisele ning olukorrast Näpi alevikus asuvast soojusvõrgust ning soojustorustikust.

Kaugkütte soojuse hinda mõjutavad mitmed tegurid, nii muutuvad kui ka muutumatud. Soojuse hinna muutumist mõjutavad peamiselt soojuse tootmiseks kasutatavate kütuste hindade muutused ning investeeringud katlamajade ja kaugküttevõrgu tehnilise olukorra parandamiseks.

Käesolevas lõputöös kasutati soojuse hinna kujunemise aruvtamisel Konkurentsiameti poolt antud valemite, mis kohandati Näpi aleviku võrgupiirkonnale sobivaks. Töö autor tegi vastvad arvutused nii maagaasi, põlevkiviõli kui ka pelleti kasutamisel Näpil asuvas katlamajas ning andis ka ülevaate nendest soojusenergia allikatest.

Kogutud informatsioon ning tehtud arvutuste põhjal selgus, et kõige mõistlikum ja jätkusuutlikum küttelahendus Näpi soojusvõrgus on kasutusele võtta pelleti katel ning käesolevaks hetkeks seda ka kasutatakse.

SUMMARY

The aim of this thesis was to identify the best solutions for upgrading the heating system, increasing security of supply and lowering the price of heat in the heat network located in Näpi small town in Rakvere parish.

The previously set tasks to achieve the goal of the work have been fulfilled, and thus the goal set for the research has also been fulfilled.

The work used information collected from different sources to give an overview of the formation of the price of district heating, different types of heating and their impact on the formation of the price of heat and the situation of the heat network and heat pipeline in Näpi small town.

The price of heat for district heating is influenced by a number of factors, both variable and unchanged. The change in the price of heat is mainly influenced by changes in the prices of fuels used for heat production and investments to improve the technical condition of boiler houses and the district heating network.

In this thesis, the formula given by the Competition Authority was used to discuss the formation of the price of heat, which was adapted to suit the network area of Näpi township. The author of the paper made new calculations for the use of natural gas, shale oil and pellets in the boiler house on Näpi, and also gave an overview of these sources of thermal energy.

Based on the collected information and calculations, it turned out that the most reasonable and sustainable heating solution in Näpi's heat network is to use a pellet boiler and it is currently being used.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] "Kaugküte", [Võrgumaterjal]. URL: <https://www.energiatalgud.ee/Kaugk%C3%BCte>
- [2] "Kuidas kujuneb kaugkütte hind?" <https://adven.com/ee/artiklid/kuidas-kujuneb-kaugkutte-hind/>
- [3] "Mis on maagaas?", [Võrgumaterjal]. URL: <https://www.rescue.ee/et/juhend/gaasilekked/mis-on-maagaas>
- [4] "Maagaas", Wikipedia, 2021, [Võrgumaterjal]. URL: <https://et.wikipedia.org/wiki/Maagaas>
- [5] "Gaasituru käsiraamat", Elering, [Võrgumaterjal]. URL: <https://elering.ee/book/export/html/1014>
- [6] "Maagaasi hind püstitas uue rekordi", Marko Tooming, 2022, [Võrgumaterjal]. URL: <https://www.err.ee/1608699076/maagaasi-hind-pustitas-uee-rekordi>
- [7] "Kümme korda kahjulikum põlevkiviõli teeb tagasituleku", Stiine Reintam, 2022, [Võrgumaterjal]. URL: <https://www.aripaev.ee/uudised/2022/07/20/kumme-korda-kahjulikum-polevkivioli-teeb-tagasituleku>
- [8] "Kliimamuutus ja energeetika", Kerli Kirsimaa, 2019, [Võrgumaterjal]. URL: <https://eko.org.ee/valimised-2019/kliimamuutus-ja-energeetika>
- [9] "Maagaasi hinnatõusu analüüs 2021", Konkurentsiamet, Tallinn, 2021, [Võrgumaterjal]. URL: https://www.konkurentsiamet.ee/sites/default/files/Dokumentide-failid/maagaasi_analuus_2021_dets.pdf
- [11] Tanning, L. (2010). Maailma energia ülevaade I. Nafta, gaas. Tallinn: OÜ Infotrükk.
- [12] "Taastumatud energiaallikad", Energiatalgud, [Võrgumaterjal]. URL: <https://www.energiatalgud.ee/moisted/taastumatud-energiaallikad>
- [13] "Teadlane selgitab: mida tõhusa kaugkütte märgis tegelikult tähendab?", Postimees, 2022, [Võrgumaterjal]. URL: <https://tehnika.postimees.ee/7503797/teadlane-selgitab-mida-tohusa-kaugkutte-margis-tegelikult-tahendab>

[14] Logstor Calculator, Energy loss, 2022, [Võrgumaterjal]. URL:

<http://calc.logstor.com/en/tryktab/#Login>

[15] "Näpi asula kaugkütte võrgupiirkonna soojusmajanduse arengukava",

[Võrgumaterjal]. URL: <https://rakveresoojus.ee/firmast/kaugkuttepiirkondade-arengukavad/napi-kaugkuttepiirkonna-arengukava/napi-kaugkutte-vorgupiirkonna-soojusmajanduse-arengukava/>

[17] "Pelletid on keskkonnasõbralik kütus, mis asendab fossiilkütuseid" [Võrgumaterjal].

URL: <https://www.pellet.ee/pelletid>

[18] "Valdkonna tutvustus", Konkurentsiamet, [Võrgumaterjal]. URL:

<https://www.konkurentsiamet.ee/et/vesi-soojus/soojus/valdkonna-tutvustus>

[19] "Soojuse piirhinna kooskõlastamise põhimõtted", Konkurentsiamet, Tallinn, 2020,

https://www.konkurentsiamet.ee/sites/default/files/Soojus/soojuse_piirhinna_kooskõlastamise_põhimõtted.pdf

LISAD

LISA 1

	Maagaasi börsi hind+akts., võrgut (GET E	19,86	22,58	19,96	20,03	20,03	23,25	28,5	33,81	40,25	52,67	73,06	94,98	100,02	89,39	102,65	121,54
	MWh hind=(((m3 hind*1000)+aktsiis+gaasivõrguteenus)/1000)*10,	20,97	23,69	21,07	21,14	21,14	24,36	29,61	34,92	41,36	53,78	74,17	96,09	101,13	90,50	103,76	122,65
		ülemise kütteväärtuse alumine väärtus 10,1189 kwh/m3 kohta															
		aktsiis 40 eur/1000 m3 kohta															
	17+0,13*maagaasi 1000 m3 hind	võrguteenus 69,73 eur/1000 m3 kohta															
		jaan.21	veebr.21	märts.21	apr.21	mai.21	juuni.21	juuli.21	aug.21	sept.21	okt.21	nov.21	dets.21	jaan.22	veebr.22	märts.22	apr.22
Maagaas, 9,5	Maagaasi 1000 m3 hind	212,22	239,7463	213,2319	213,94	213,94	246,527	299,657	353,394	418,567	544,257	750,6039	972,4343	1023,439	915,8635	1050,055	1241,222
	Maagaasi hind 1 MWh kohta (Get Baltic	20,97	23,69	21,07	21,14	21,14	24,36	29,61	34,92	41,36	53,78	74,17	96,09	101,13	90,50	103,76	122,65
	Kaugkütte piirhind	44,59	48,17	44,72	44,81	44,81	49,05	55,96	62,94	71,41	87,75	114,58	143,42	150,05	136,06	153,51	178,36
	Põlevkiviõli hind (Statistikaamet)	302,74	324,16	344,47	345,46	331,30	334,21	350,57	353,97	365,63	410,10	435,26	471,34	454,68	486,73	516,15	675,65
	+57 eur aktsiis +18 eur transport	377,74	399,16	419,47	420,46	406,30	409,21	425,57	428,97	440,63	485,10	510,26	546,34	529,68	561,73	591,15	750,65
	22+0,11*põlevkiviõli 1 t hind																
		jaan.21	veebr.21	märts.21	apr.21	mai.21	juuni.21	juuli.21	aug.21	sept.21	okt.21	nov.21	dets.21	jaan.22	veebr.22	märts.22	apr.22
Põlevkiviõli, 11.388	Põlevkiviõli 1 t hind (Statistikaamet)+akt	377,74	399,16	419,47	420,46	406,30	409,21	425,57	428,97	440,63	485,10	510,26	546,34	529,68	561,73	591,15	750,65
	Kütuse hind 1 MWh kohta	33,17	35,05	36,83	36,92	35,68	35,93	37,37	37,67	38,69	42,60	44,81	47,98	46,51	49,33	51,91	65,92
	Kaugkütte piirhind	63,55	65,91	68,14	68,25	66,69	67,01	68,81	69,19	70,47	75,36	78,13	82,10	80,26	83,79	87,03	104,57
	39+0,24*pelleti 1 t hind																
		jaan.21	veebr.21	märts.21	apr.21	mai.21	juuni.21	juuli.21	aug.21	sept.21	okt.21	nov.21	dets.21	jaan.22	veebr.22	märts.22	apr.22
Pellet kasutegur, 5	Pelleti 1 t hind (kütusemüüjatelt)	188,00	188,00	188,00	188,00	188,00	188,00	188,00	188,00	188,00	188,00	188,00	188,00	266,00	266,00	266,00	266,00
	Pelleti hind 1 MWh kohta	37,60	37,60	37,60	37,60	37,60	37,60	37,60	37,60	37,60	37,60	37,60	37,60	53,20	53,20	53,20	53,20
	Kaugkütte piirhind	84,12	84,12	84,12	84,12	84,12	84,12	84,12	84,12	84,12	84,12	84,12	84,12	102,84	102,84	102,84	102,84
	28+0,10*maagaasi 1000m3 hind																
	Hind eurot/MWh kohta	jaan.21	veebr.21	märts.21	apr.21	mai.21	juuni.21	juuli.21	aug.21	sept.21	okt.21	nov.21	dets.21	jaan.22	veebr.22	märts.22	apr.22
Kaugkütetorustiku rek.	Olemasoleva võrguga hind	61,52	61,52	71,82	71,82	71,82	71,82	71,82	71,82	71,82	109,36	134,34	188,58	197,26	197,26	197,26	253,61
	Rek. torustikuga piirhind	49,22	51,97	49,32	49,39	49,39	52,65	57,97	63,34	69,86	82,43	103,06	125,24	130,34	119,59	133,01	152,12
	Võrdlus	jaan.21	veebr.21	märts.21	apr.21	mai.21	juuni.21	juuli.21	aug.21	sept.21	okt.21	nov.21	dets.21	jaan.22	veebr.22	märts.22	apr.22
	Kaugkütte hindade võrdlus	44,59	48,17	44,72	44,81	44,81	49,05	55,96	62,94	71,41	87,75	114,58	143,42	150,05	136,06	153,51	178,36
	Maagaas	63,55	65,91	68,14	68,25	66,69	67,01	68,81	69,19	70,47	75,36	78,13	82,10	80,26	83,79	87,03	104,57
	Põlevkiviõli	84,12	84,12	84,12	84,12	84,12	84,12	84,12	84,12	84,12	84,12	84,12	84,12	102,84	102,84	102,84	102,84
	Pellet	49,22	51,97	49,32	49,39	49,39	52,65	57,97	63,34	69,86	82,43	103,06	125,24	130,34	119,59	133,01	152,12
	Rek. Torustik																