



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Energiatehnoloogia instituut

## **KAUGLOETAVATE GAASIARVESTITE RAKENDAMISE MÕJU TARBIMISELE**

### **INFLUENCE OF REMOTE READABLE GAS METERS ON GAS CONSUMPTION**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Rasmus Paris

Üliõpilaskood 192148MASM

Juhendaja: Eduard Latõšov

*(Tiitellehe pöördel)*

## **AUTORIDEKLARATSIOON**

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

21.05.2021

Autor: Rasmus Paris

*/allkirjastatud digitaalselt/*

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

21.05.2021.

Juhendaja: Eduard Latõšov

*/allkirjastatud digitaalselt/*

Kaitsmisele lubatud

21.05.2021.

Kaitsmiskomisjoni esimees

Eduard Latõšov

*/ nimi ja allkirjastatud digitaalselt /*

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina, Rasmus Paris (sünnikuupäev: 21.07.1988 ),

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Kaugloetavate gaasiarvestite rakendamise mõju tarbimisele“,

*(lõputöö pealkiri)*

mille juhendaja on Eduard Latõšov,

*(juhendaja nimi)*

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

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

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

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

---

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

/allkirjastatud digitaalselt/ *(allkiri)*

\_\_\_\_\_ *(kuupäev)*

# TalTech Energiatehnoloogia Instituut

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Rasmus Paris, 192148MASM

Õppekava, peeriala: MASM02/18 – Elektrotehnoloogia ja soojusenergeetika

Juhendaja(d): Eduard Latõšov, dotsent, 6203908

Konsultant: Aleksander Aan, gaasivõrgu juht

Adven Eesti AS, 667 8600, adven.eesti@adven.com

### Lõputöö teema:

*Kaugloetavate gaasiarvestite rakendamise mõju tarbimisele*

Influence of Remote Readable Gas Meters on Gas Consumption.

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. Selgitada välja kaugloetavate gaasiarvestite mõju võrgubilansile
2. Kaugloetavate gaasiarvestite mõju võrguettevõtjale ja lõpptarbijale
3. Gaasiavariil lekkinud gaasikoguste täpsus

### Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teoreetilise osa koostamine	15.03.21
2.	Tarbijate valimine ja tarbimisandmete kogumine	15.04.21
3.	Tarbimisandmete analüüsimine	15.05.21

**Töö keel:** eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** 25.mai 2021 a

**Üliõpilane:** Rasmus Paris /allkirjastatud digitaalselt/ ".....".....201....a  
/allkiri/

**Juhendaja:** Eduard Latõšov/allkirjastatud digitaalselt/ ".....".....201....a  
/allkiri/

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

**Programmijuht:** Eduard Latõšov /allkirjastatud digitaalselt/ ".....".....201....a  
/allkiri/

*Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel*

# SISUKORD

EESSÕNA .....	7
Lühendite ja tähiste loetelu.....	8
SISSEJUHATUS .....	9
2. KAUGLOETAVATE ARVESTITE NÕUE JA VAJADUS .....	11
2.1 Kaugloetavad arvestid Eestis .....	13
2.2 Kaugloetavad arvestid Euroopas .....	15
3. KAUGLOETAVAD ARVESTID .....	20
3.1 Elster/Honeywell BK-G tüüpi arvesti .....	22
3.1.1 BK-G4 ja BK-G6 tüüpi arvestid .....	23
3.1.2 BK-G16 ja BK-G25 tüüpi arvestid .....	25
3.2 Ärikliendi arvesti korrektoriga.....	26
3.2.1 RVG rootorgaasiarvestid.....	26
3.2.2 RABO rootorgaasiarvestid.....	28
3.2.3 Korrektor EK280 .....	29
3.3 Arvestite valiku alused.....	31
4. GAASI TARBIMISANDMETE KOGUMINE .....	32
4.1 Andmete kogumise protsess.....	32
4.1.1 Eleringi Andmeladu ja selle põhiprotsessid.....	35
5. GAASI TARBIMISANDMETE ANALÜÜS .....	40
5.1 Kraadpäevade valik gaasitarbimise analüüsiks .....	43
5.2 Kuni 10 m <sup>3</sup> /h gaasi kasutusega tarbijad .....	45
5.2.1 Tunnipõhine tarbimine .....	48
5.3 Kuni 40 m <sup>3</sup> /h gaasi kasutusega tarbijad .....	51
5.3.1 Tunnipõhine tarbimine .....	53
5.4 Kuni 160 m <sup>3</sup> /h gaasi kasutusega tarbijad.....	56
5.4.1 Tunnipõhine tarbimine .....	59
5.5 Gaasivõrgu bilanss .....	63
5.6 Gaasiavarii.....	65
KOKKUVÕTE .....	69
SUMMARY.....	71
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	73
LISAD .....	76
Lisa 5.1 Tarbija 1.2 tarbimisgraafikud .....	76
Lisa 5.2 Tarbija 1.3 tarbimisgraafikud .....	78

Lisa 5.3 Tarbija 2.1 tarbimisgraafikud .....	80
Lisa 5.4 Tarbija 2.3 tarbimisgraafikud .....	82
Lisa 5.5 Tarbija 3.2 tarbimisgraafikud .....	84
Lisa 5.6 Tarbija 3.3 tarbimisgraafikud .....	86

## **EESSÕNA**

Käesolev magistri lõputöö teema algatus on autori Rasmus Paris enda poolt, kuna antud teema on väga uudne ja samas ka aktuaalne ning autor soovis teha uurimustöö antud teemal just sellepärast, et selgitada välja, kas kaugloetavate arvestite rakendamisel on mõju võrguettevõtjale, lõpptarbijale ja gaasimüüjatele.

Antud töö koostatakse ja algandmed kogutakse firmast Adven Eesti AS ja tütarfirmast Gaasienergia AS, kus peamisteks kontaktisikuteks on gaasivõrgu juht Aleksander Aan ja gaasivõrgu spetsialist Tõnis Roossaar. Autor avaldab tänu lõputöö juhendajale Eduard Latõšovile tema abivalmiduse, heade tähelepanekute ja innustamise eest lõputöö koostamisel. Autor soovib tänada kõiki, kes andsid panuse käesoleva lõputöö valmimisse.

Märksõnad: AMR, kauglugemine, kaugloetav gaasiarvesti, nutikas arvesti, kaugloetav mõõtur, gaas, magistritöö

## Lühendite ja tähiste loetelu

AMR- kauglugemine ( Automatic meter reading)

EIC kood - EIC kood (European Identification Code) on unifikseeritud kodeerimissüsteemi alusel turuosalisele või mõõtepunktile määratud unikaalne identifikaator, mis on vajalik gaasiturul tegutsevate turuosaliste kohta käiva infovahetuse automatiseerimiseks

EL - Euroopa Liit

GJJ - gaasijaotusjaam

MOP - maksimaalne lubatud töö rõhk (Maximum operating pressure)

OP - töö rõhk (Operating pressure)

$Q_{max}$  - maksimaalne tarbimiskogus

$Q_{min}$  - miinimum tarbimiskogus

$Q_{nom}$  - nominaal tarbimiskogus



## SISSEJUHATUS

Tänapäeval on suund andmete saamise automatiseeritusele, millega soovitakse teha andmete kogumine lihtsamaks, täpsemaks ja vähem aega nõudvamaks. Paljudel inimestel tuleb kokku puutuda erinevate kommunaalteenustega, milleks on siis üldjuhul elekter, vesi, soojus, jahutus ja gaas. Enamik neist kommunaalteenustest on viidud juba kauglugemissüsteemi ja andmete kogumine nii inimesele kui võrguettevõtjale tehtud mugavamaks ja täpsemaks. Elektriturul on võimalik olla lõpptarbijal kursis pidevalt elektrihinna muutustega, mis on seotud börsihinnaga, ja vastavalt sellele muuta oma energiatarbimist. Sarnast elektrituru olukorda sooviti tekitada ka gaasiturul, kus sellega seoses tekkis nõue „EL energiatõhususdirektiivi ja Euroopa Komisjoni soovitus 2021/27/EL“ alusel muuta kõik gaasiarvestid, mille tarbimine on aastas vähemalt üle 750 kuupmeetri, kaugloetavateks gaasiarvestiteks. Sellega sooviti tekitada gaasiturul analoogne olukord elektrituruga, kus lõpptarbijaja saab olla kursis gaasihinnaga igatunniselt ja vastavalt sellele muuta oma tarbimist või kasutada alternatiivseid kütte lahendusi.

Seoses kaugloetavate gaasiarvestite rakendamisega, peaksid muutuma mõõtmisandmed paremini kättesaadavateks nii lõpptarbijale kui võrguettevõtjale ja tarbitud gaasikogused täpsemateks. Varasemalt oli võrguettevõtjal suureks probleemiks lõpptarbijatelt andmete kätte saamine, millega seoses kasutati igakuises arveldamises prognoosnäite. Prognoosnäite rakendati eelneva sarnase keskmise kraadpäevade perioodi alusel või kui sellised andmed antud kliendi puhul puudusid, siis kasutati analoogse küttele lahenduse ja elamispinna suurusega kliendi tarbimisi. Gaasitarbimise kogused saadi taas korrektseks arveldamisel siis, kui klient otsustas taas näitu edastada, kuid võrguvaldaja ei saanud olla kindel ka edastatud andmete õigsuses. Samuti oli kliente, kes ei edastanud oma näite üldse. Nende puhul saadi korrektsed kogused ainult korra aastas toimuva kontrollnäidu võtmisel või mingil muul juhul gaasiarvesti juurde pääsemisel. Sellisel juhul tehti nendega korra aastas tasaarveldused. Lõpptarbijal oli võimalus gaasikoguste edastamisel muuta neid koguseid vastavalt enda soovile ilma, et võrguvaldaja saab selle õigsuses veenduda. Seoses sellega tekkisid võrguvaldajal gaasivõrgu bilansi puudujäägid ja ülejäägid vastavalt perioodidele.

Antud lõputöö eesmärgiks on uurida, kuidas ja kas üldse on mõjutanud kaugloetavatele gaasiarvestitele üleminekul gaasivõrgu bilanssi ja tarbijate tarbimiskoguseid. Selleks kogutakse andmeid erinevatest võrgupiirkondadest sarnaste võrreldavate andmetega klientide gaasikoguseid nii enne, kui peale kauglugemise süsteemi rakendamist ning

võrreldakse kogutud andmeid omavahel. Lisaks uurib antud töö autor gaasiavariil lekkinud gaasikogust, kus autor analüüsib gaasikoguseid varasemalt arvutatud arvutusmeetodi ja kaugloetavast gaasiarvestist laekuvate gaasikoguste vahel.

Kaugloetavate gaasiarvestite rakendamine sai kohustuslikuks alates 1.jaanuar 2021, seega varasemalt sellist uuringut gaasitarbimiste kohta pole teostatud ning teema on väga aktuaalne. Antud uurimistööga saavad võrguvaldajad teada antud süsteemi mõjust oma gaasivõrgu bilansile ja tarbijad oma igapäevasele gaasitarbimisele. Varasemalt 2012 aastal on teostatud Asma Garrab, Adel Bouallegue ja Faten Ben Abdallah poolt uurimustöö kaugloetavate elektriarvestite elektritarbimise kohta, mille pealkirjaks on „ A New AMR Approach for Energy Saving in Smart Grids Using Smart Meter and Partial Power Line Communication“. Antud lõputöö uurimistöös kasutakse antud ülesande lahendamisel järgnevaid tarkvarasid: Gasmu, enSuite, EiMonitor, EiServer, ISM Tool.

## 2. KAUGLOETAVATE ARVESTITE NÕUE JA VAJADUS

Kaugloetavad arvestid on olnud juba pikemat aega väga aktuaalne teema ja soov võrguettevõtjatel seda arendada ning rakendada on olnud suur. Elektri tarnijad olid ühed esimesed, kes antud kauglugemise süsteemi rakendasid ja kasutusele võtsid. Selle kasutuselevõtuga kaasnesid paljusi probleeme, kus andmete lugemine ei olnud täpne, ei edastanud andmeid või arvestite sagedus lausa segas koduseadmete tööd [1]. Suur positiivne pool asja rakendamisel oli aga see, et tarbijal oli võimalik antud elektri hind tunni või päeva põhiselt reaalajas jälgida ja võrrelda seda börsil toimuvaga. Vastavalt elektri hinnale sai tarbija oma tarbimist igal hetkel muuta. Elektri hind võis olla mingil hetkel lausa üle 200 €/MWh, kus tarbijal ei olnud otstarbekas elektrit rohkesti kasutada, vaid kasutas seda võimalikult minimaalselt kulude kokkuhoiduks [2]. Lisaks oli kaugloetavate arvestite rakendamine elektriturul abiks ka võrguettevõtjatele, kus nad said täpsemaid andmeid tarbijate tarbimisest ning sellega paranes ka nende elektrituru bilanss.

Seoses elektrituru eestvedamisega kauglugemise süsteemis proovisid ka teiste kommunikatsioonide võrguettevõtjad neid endil rakendada. Kauglugemise areng gaasivõrgus on järjest tähtsamal kohal, eriti viimaste aastate jooksul, kus terves maailmas soovitakse olla järjest keskkonnasõbralikumad ja energiatõhusamad. Seoses sellega koostas Euroopa Komisjon Brüsselis 25.septembril 2019 energiatõhususe direktiivi 2012/27/EL lisa, millega määratakse ära uute tarbimise mõõtmiste ja arvete koostamise sätted, kus tekib Euroopa Liidu riikidel tarbimisandmete kogumisel kauglugemise kohustus lisaks teistele kommunikatsioonidele ka gaasil. Riigid on seni pööranud tähelepanu energia säästmisel hoonete renoveerimisele ja nende energiatõhusaks määramisel. Energiadirektiivi muutusega on tekitatud kauglugemise kohustus neil gaasiarvestitel, mille gaasitarbimine ületab 750 kuupmeetri aastas või mille ülerõhk väliskeskkonna suhtes on üle 20 mbari. [3]

Majandus- ja taristuministri 28. juuli 2017. a määruse nr 41 „Gaasituru toimimise võrgueeskiri“ on sätestatud kohustusega peavad võrguettevõtjad mõõtesüsteemi kauglugemisele üle minema hiljemalt 1.jaanuar 2021. [4]

Energiatõhususdirektiivi muutmise konkreetne eesmärk oli komisjoni sõnul anda soojusenergia lõppkasutajatele piisavalt sagedase parema tarbimistagasisidega võimalus oma tarbimise üle ise otsustada. Selleks on läbivaadatud energiatõhususdirektiivis esitatud uued nõuded, millega edendatakse kaugloetavate seadmete kasutamist, sest nende abil saab lõppkasutajatele anda sagedast

tarbimisinfot. Muutmisdirektiivis ei ole tehniliselt määratletud, mis on kaugloetav seade. Direktiivi (EL) 2018/2002 põhjenduses 33 on kirjas, et „kaugloetavate arvestite näidu teadasaamiseks ei ole vaja juurdepääsu korteritesse või hoonete üksustesse“. Seda tuleb mõista kaugloetavate seadmete ühise miinimumomaduse, mitte ainsa omadusena. Põhjenduses 33 on samuti kirjas, et „liikmesriikidel on vabadus otsustada, kas kaasaskantavate või sõidukis paiknevate seadmetega (*walk-by/drive-by*) tehnoloogiaid peetakse kaugloetavateks või mitte“. See on liikmesriikidel oluline otsus, sest valikul on otsene mõju sellele, kuidas nad peavad artiklis 9c ja VIIa lisa sätestatud nõuded üle võtma ja jõustama. Näiteks kui liikmesriik otsustab käsitada kaasaskantavate või sõidukis paiknevate näidulugemisseadmete kasutamist kauglugemisenä, võib ta pidada nende kasutamist artikli 9c nõuete täitmiseks piisavaks. Ent see tähendab ka, et selliste süsteemidega hoonetes tuleb VIIa lisa punktis 2 sätestatud kohustuse kohaselt esitada asukatele sagedast tarbimisteavet. Teisisõnu, kui seadet käsitatakse artikli 9c kohaldamise seisukohalt kaugloetavana, tuleb seda käsitada samamoodi ka VIIa lisa punkti 2 kohaldamisel. Kui aga liikmesriik otsustab, et kaasaskantavate või autosse paigaldatud näidulugemisseadmete kasutamine ei ole kauglugemine, peab ta artikli 9c nõuete täitmiseks kehtestama muude, eesrindlikumate või täiendavate seadmete/süsteemide paigaldamise nõude. Sellisel juhul tuleb VIIa lisa punktis 2 sätestatud nõuet esitada sagedast kasutusteavet täita alles siis, kui sellised süsteemid on kasutusse võetud. Otsustades, kas käsitada kaasaskantavate või autosse paigaldatud näidulugemisseadmete. [5]

VIIIa Lisa punktis 2 on toodud välja arvete või tarbimisandmete esitamise miinimumsagedus, kus on välja toodud järgmised nüansid:

- kui on paigaldatud kaugloetav arvesti või küttekulujaotur, esitatakse alates 25. oktoobrist 2020 tegelikul tarbimisel või küttekulujaoturi näidul põhinev arve või tarbimisandmed lõppkasutajale vähemalt üks kord kvartalis, kui lõpptarbija on seda nõudnud või kui ta on valinud elektroonilise arve, muudel juhtudel kaks korda aastas;
- kui on paigaldatud kaugloetav arvesti või küttekulujaotur, esitatakse lõppkasutajale alates 1. jaanuarist 2022 tegelikul tarbimisel või küttekulujaoturi näidul põhinev arve või tarbimisandmed vähemalt üks kord kuus. Need võidakse teha kättesaadavaks ka interneti kaudu ja neid võib ajakohastada nii sageli, kui seda võimaldavad kasutatavad mõõtmisseadmed ja -süsteemid. Küte ja jahutus võidakse sellest nõudest vabastada hooajavälisel ajal. [6]

## 2.1 Kaugloetavad arvestid Eestis

Varasemalt polnud Euroopa Komisjoni poolt kaugloetavate arvestite kohta mingit nõuet, kuni siis 2018 aastani, millal koostati Euroopa energiatõhususdirektiiviga kauglugemise kohustus, millega vastavalt peavad kõik Euroopa liikmesriigid 2030.a-ks seatud 32,5%-lise energiasäästu eesmärgi saavutamiseks hoidma energiat kokku vähemalt 0,8% igal aastal. [7]

Kuna Euroopa Komisjon energiatõhususe direktiivi 2012/27/EL lisaga ei määratud täpselt, milline peaks olema kaugloetav arvesti, vaid andsid võimaluse liikmesriikidel endal teha selle otsuse. Seoses sellega võttis Eesti Majandus -ja taristuminister otsuse muuta 28.juulil 2017 kehtestatud määrust nr 41 „Gaasituru toimimise võrgueeskiri“, mis võeti siis vastu Eestis 19.juunil 2019 määrusega nr 38 ja mis jõustus alates 1. jaanuarist 2020. Sellega määrati ära kohustus, et võrguettevõtja tagab mõõtesüsteemi kauglugemise funktsioonile ülemineku hiljemalt 1. jaanuariks 2021. [8]

Lisaks on määratud Riigikogu poolt väljastatud „Maagaasiseadus“ 3. jaoga „Bilansivarustus“ paragrahv 11, kus on välja toodud järgmised punktid:

- bilanss käesoleva seaduse tähenduses on tasakaal turuosalisele bilansiperioodiks kokkulepitud gaasikoguse ning bilansiperioodil turuosalisele tarnitud gaasikoguse vahel;
- bilansiperiood on 24-tunnine periood, mis algab hommikul kell 07:00 ja lõpeb järgmise päeva hommikul kell 07:00. [9]

Nende eelnevate kehtestatud määruste ja seadustega pole aga võimalik muid lahendusi rakendada, kui ainult andmeside põhised kaugloetavad arvestid. Bilansiperioodi on 24 tunnine tsükkel, mille algus ja lõpp on 07:00 kohaliku aja järgi. Sellest tulenevalt ei ole võimalik andmeid autodest või mööda käies (*drive-by/walk-by*) selleks kellaajaks kõikidest tarbimiskohtadest kokku koguda ja edastada ka need Eleringi andmelattu. [10]

Seoses sellega tuleb võrguettevõtjatel kõikidel oma tarbijatel, kelle tarbimine ületab 750 kuupmeetrit aastas või mille ülerõhk väliskeskkonna suhtes on üle 20 mbari, vanad gaasiarvestid uute kaugloetavate gaasiarvestite vastu välja vahetada. Siia alla lähevad kõik gaasi kütteallikana kasutavad hooned, eramud aga ka näiteks suured korteriühistud, kes ostavad gaasi majaarvesti näidu põhjal. Korterites, kus gaasi kasutatakse ainult vee soojendamiseks ja söögi tegemiseks, mõõteseadmeid välja vahetama ei pea. Eestis on 26 gaasijaotusvõrku, kus tuleb paigaldada 40-50 000 uut

kaugloetavat arvestit. Sellest AS Gaasivõrgud ettevõtte peab kõige rohkem paigaldama, mis on pisut üle 15 000 arvesti ning Adven Eesti AS koos oma tütarettevõtte Gaasienergia AS peavad paigaldama ligi 2300 kaugloetavat mõõturit. Investeeringu suurusjärgud on vastavalt siis umbes 2,8 miljonit eurot ja Adven Eesti AS koos oma tütarettevõttega 0,7 miljonit eurot. [10]

Hetkel saab iga tarbija näha reaalselt oma elektri tarbimist, sarnane võimalus peaks tekkima ka kaugloetavate gaasiarvestite puhul. Kuupõhise arvestuse asemel tekib mitte ainult päevane, vaid lausa tunnipõhine arvestus. See annab tarbijale võimaluse jälgida, mis hinnaga gaas on ning vastavalt sellele oma tarbimist suunata. Abistavaks on see neile, kel kodus mitu soojusallikat. Siis saab vastavalt reaalselt nähtavale hinnale valida, kas kasutada kütteallikaks elektrit, gaasi või hoopis näiteks puitu. [11]

Enne täpsemaid määranguid ja seadusi proovisid gaasivõrguettevõtjad teisigi erinevaid süsteeme – Levira, M-Bus, Impulss lugemine ja veel paljusi teisi, kuid kõikide süsteemidega on olnud suured andmeside ja andmete kogumise probleemid ja oldi lõpuks algfaasis tagasi. Lisaks ei olnud ühegi süsteemiga võimalik kõiki tarbijate andmeid bilansiperioodi ajaks saada ja edastada. Levira süsteemi testimisel olid enamikel arvestitel levi puudulik. Antud süsteem pidavat küll olema vähem energianõudlik, mis peaks just sobima gaasi arvestitele, kuid levi puudumise probleemide esinemisel ei ole antud süsteem jätkusuutlik. M-Bus süsteem koormas gaasikoguste süsteemi ennast ja polnud otstarbekas. Impulss lugemine polnud ka pikas perspektiivis kasulik, kuna andmeid oli võimalik lugeda ainult lähedalt ehk *walk-by/drive-by* meetodil ning täpsusklass ei olnud piisav. Sellest tulenevalt on olnud kauglugemise rakendamine gaasivõrgus vaearikas ja aeganõudev, kuni siis tänase päevani, kus kasutatakse mõõtesüsteemide looja Elster/Honeywell enda kaugloetavate arvestite lahendusi.

Võrguettevõtjal on küll algselt vaja teha suur investeering, kuid antud kulud lähevad võrguteenuse tasusse, mille lõpuks peavad kinni maksma tarbijad suurema võrguteenuse tasu näol. Lisaks saab olema võrguettevõtjal peale kaugloetavate mõõturi paigaldust parem ülevaade tarbitavatest kogustest ja sellest tulenevalt peaksid paranema võrgubilansid.

## 2.2 Kaugloetavad arvestid Euroopas

Euroopa Liidu 28 liikmesriigil ja lisaks veel kahel Euroopa Liidu välisriigil (EL28 + 2-l) on 281 miljoni arvestiga elektritarbijat ja aastane nõudlus elektriarvestite järele uute seadmete ja asenduste jaoks jääb vahemikku 12–17 miljonit ühikut. Kaugloetavate arvestite läbimurde, pakkudes põhjalikumaid funktsioone kui põhilised arvesti andmed, kogumaht oli 2013. aasta lõpus 22%. [12]

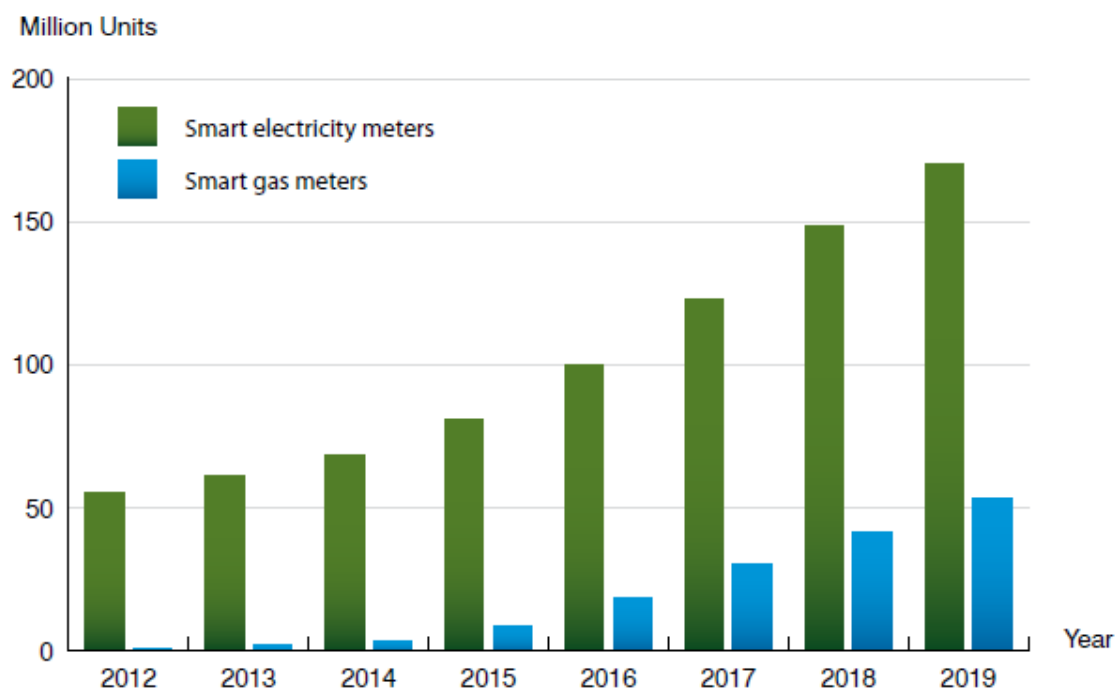
ELi eesmärk on täita oma tulevased kliima- ja energiaprobleemid ning nende saavutamiseks mängivad kaugloetavad arvestid olulist rolli. [13]

Direktiiv on ELi 20/20/20 eesmärkide saavutamiseks hädavajalik - viidates 2020. aastaks energiatõhususe 20% -le suurendamisele, CO<sub>2</sub>-heite vähendamisele 20% -le ja taastuvatest energiaallikatele 20% -le. [13]

EL kõrgelt reklaamitud 20/20/20 eesmärgid reklaamid sisaldavad soovitusi liikmesriikidele tehnoloogia hindamiseks ja selle tutvustamiseks. Viimastel aastatel on peaaegu kõik Euroopa riigid analüüsinud kaugloetava mõõtmise kulutasuvust ja antakse soovitus jätkata selle levitamist. 2013. aasta lõpus olid 13 Euroopa riiki välja töötanud regulatiivsed tegevuskavad kaugloetavate elektriarvestite täiemahuliseks kasutuselevõtuks ja veel vähemalt viis riiki olid lähedal sama otsuse tegemiseks. Seitse riiki on pühendunud ka üleriigiliste kaugloetavate gaasiarvestite kasutuselevõtule. Suurbritannias on kõige ulatuslikum kaugloetavate arvestite programm, kus plaaniti enne 2020. aastat rakendada 53 miljonit kaugloetavat elektri- ja gaasiarvestit. Prantsusmaal plaaniti rakendada 35 miljonit kaugloetavat arvestit ja nende kasutuselevõttu ja Hispaanias vastavalt 29 miljonit. [12]

2013. aastal toimus traadita ühenduse kasutamisel Euroopa kaugloetavate arvestite turul suur läbimurre. Suurbritannia liitus Itaalia, Hispaania ja Prantsusmaa trendiga rakendada kaugloetavaid mõõtureid. Telefónica valiti sideteenuste pakkujaks, kes moodustas umbes 70 protsenti elanikkonnast, ja millesse rajatakse umbes 23 miljonit sidekeskust. Sellest sai maailma suurim traadita M2M-i kasutuselevõtt siiani. Operaatori 2G / 3G võrk pakub piisavat katvust, umbes 98-le protsendile elanikest, oma teenindusterritooriumil aastaks 2020, samas kui ülejäänud 2 protsenti kaetakse tõhusalt väikesemahulise traadita ühendusega võrgusilma. Teine teenuse pakkuja Arqiva teenib ülejäänud 30 protsenti. [12]

Antud aastatel prognoositi, et kaugloetavate gaasimõõturite aastane kasvumäär aastatel 2013-2019 on 75,9 protsenti ja jõuab perioodi lõpuks 53,4 miljoni ühikuni ja levitamise määr on 45%, mis on graafiliselt toodud välja joonisel 2.1. [12]



Joonis 2.1 Rakendatud ja prognoositud kaugloetavad arvestid aastatel 2012-2019 (EL28+2) [12]

2017. aastaks on kaugloetav mõõtmine jõudnud varase küpsuse staadiumisse tänu massilisele kasutuselevõtuga Lääne-Euroopas. 2017. aasta lõpus pea 40% 281 miljonist EL28 + 2 elektritarbijast kasutas kaugloetavat kaugmõõtmist. [14]

2017. aasta prognoosi kohaselt 2019/2020 aastal jõuavad kaugloetavad elektriarvestid umbes 28 miljoni ühikuni aastas. Enamik uusi installatsioone leiab aset Prantsusmaal, Hispaanias ja Suurbritannias, märkimisväärselt panustavad ka riigid nagu Austria ja Holland. Pärast Itaaliat, kellel oli edumaa, oli Hispaania esimene suurem riik Lääne Euroopas, mis alustas massilisi paigaldusi. 2018-2020 aastal hakkab Prantsusmaa ja Ühendkuningriik installatsioonide määra tõstma, mis teeb tiptasemel kokku 10-12 miljoni ühikut aastas. [14]

Esimestena alustasid Itaalia ja Rootsi kaugloetavate arvestite üleriigilise kasutuselevõtuga. Itaalias plaaniti 2019. aastaks paigutada 13 miljonit teise generatsiooni mõõdikut ja lisaks 28 miljonit järgneval kümnendil. [14]

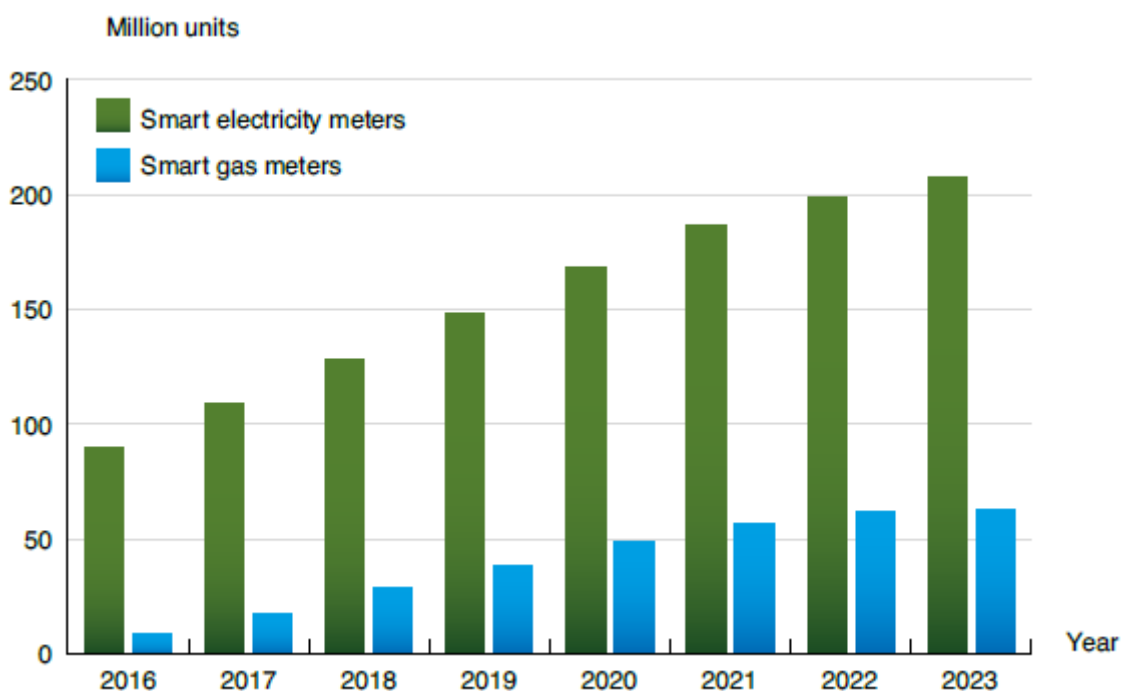
Saksamaa suhtus kaugloetavatesse arvestitesse väga ettevaatlikult ning plaanis 15-20-aastast üleminekuperioodi, mille jooksul kaugloetavad arvestid võetakse järk-järgult kasutusele valitud kliendigruppidele. 2016. aasta juulis jõudis Saksamaa olulise



verstapostini, kus kaugloetavaid arvesteid reguleeriv raamistik ja tegevuskava olid ametlikult heaks kiidetud. Kaugloetavad arvestid muutuvad kohustuslikuks umbes 10% klientide jaoks aastaks 2025/2028. [14]

Eesti oli esimesi riike Kesk-Ida-Euroopas, kes lõpetas üleriigilise kaugloetavate elektriarvestite projekti 2016. aasta lõpuks. Läti teeb osalise kasutuselevõtu suurematele elektritarbijatele ja Leedu käivitas pilootprojekti. Poolas on toimunud mõned suuremahulised installatsioonid, kuid seal ei olnud veel tehtud lõplikke otsuseid reguleeriva raamistiku kohta. [14]

2023. aastaks loodetakse Euroopas rakendada nii elektri, kui ka gaasi kaugloetavaid arvesteid lausa üle 200 miljoni ja ennustatakse, et kaugloetavate arvestite rakendamine jätkub tõusvas joones. (Vt joonis 2.2). [14]



Joonis 2.2 Rakendatud ja prognoositud kaugloetavad arvestid aastatel 2016-2023 (EL28+2) [14]

Aastal 2019 moodustasid kaugloetavad arvestid kogu elektrienergia mõõdikute saadetistest umbes 82 protsenti. Prantsusmaa oli turu mahu järgi ligi 8 miljoni ühikuga suurim ning Itaalia oli teine suurim turg, kuhu paigaldati aasta jooksul ligi 6 miljonit ühikut. [15]

2019. aasta lõpuks oli ligikaudu 45% EL27 + 3 elektritarbijatel kaugloetav arvesti ja eeldatav levitamise määr 2025. aastaks oli 69%. Negatiivne mõju toimus kaugloetavate arvestite saadetistel 2020. aastal COVID 19 tõttu, kus ajutiselt lükati mõõdikute

paigaldamine edasi, ehkki kaotatud mahud taastuvad eeldatavasti aastatel 2021–2022. Iga-aastased kaugloetava arvesti saadetised saavutavad tipu 2021. aastal umbes 26 miljoni ühikuga, mida toetavad Covid-19 järgsete käimasolevate projektide kiirendamine ning suuremate esimese laine kasutuselevõtuga sellistes riikides nagu Prantsusmaa ja Holland koos teise laine lähetustega Itaalias ja Rootsis. Enamik uusi arvestite installeerimisi toimub Prantsusmaal ja Ühendkuningriigis, kusjuures märkimisväärne panus pärineb ka riikides nagu Austria ja Holland ning hiljem ka Poola ja Kreeka. [15]

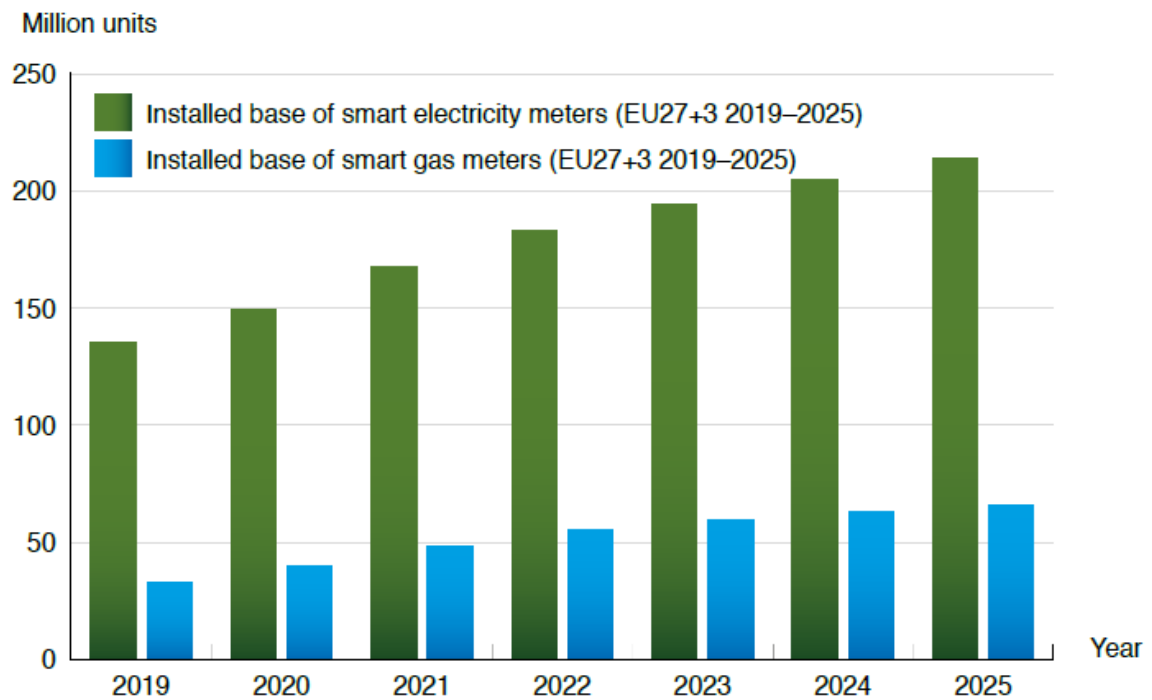
Arvestite levitamine paljudes Lääne-Euroopa riikides ja Põhjamaades on nüüdseks hästi arenenud või suures osas lõpule viidud ning nüüd keskendutakse aina enam Kesk- ja Ida-Euroopale. Väljavaade regioon hakkab nüüd täies mahus õigusaktidega paranema või osaline kasutuselevõtt on nüüd paigas või ootel mitmes riigis. [15]

Aastaks 2025 prognoositakse Kesk- ja Ida-Euroopa piirkondadele 46% EL27 + 3 arukate arvestite rakendamist. Teise laine ajal on samuti kaugloetavate arvestite rakendamise olulise kasvu näitajana Itaalia ja samuti levitamine Rootsis ja Soomes aastatel 2020–2021. Lisaks eeldatakse teise laine kasutuselevõtuga moodustada 30–35% iga-aastastest kaugloetavate arvestite saadetiste kogusumma antud piirkonnas. Järgmisena tulevad levitamisele teise põlvkonna mõõtesüsteemide rakendamine, kus 2020. aastatel on tõenäoliselt esimesteks eestvedajateks Hispaania, Norra ja Taani. [15]

Kaugloetava arvesti kasutuselevõtt kasvab kiiresti ka Euroopa gaasi turustamisturul. Kaugloetavate arvestite firma Berg Insight hindab, et kaugloetavad gaasiarvestid EL27 + 3-s jõudsid 2019. aastal 8,5 miljoni ühikuni. Nõudlus püsib kuni 2022. aastani stabiilselt 7–8 miljoni ühiku kohta aastas, pärast seda eeldatakse, et saadetised vähenevad järk-järgult. Itaalia oli suurim turg 2019. aastal aastas 3,9 miljoni ühikuga, samal ajal kui Prantsusmaa moodustas 2,3 miljonit ühikut. Kuigi Itaalia saadetised vähenevad alates 2019. aastast ja edasi, jäävad Prantsusmaa iga-aastased saadetised umbes 1,8–2,4 miljoni ühikuni aastas kuni langevad aastal 2023. [15]

Pärast mitmeid viivitusi peaks Ühendkuningriigi turg järk-järgult tõusma, et saavutada 3,4 miljoni ühikut aastaks 2022. Hollandis on mahud veidi alla 1,0 miljoni ühiku kuni aastani 2021. Mitmed väikesed ja keskmise suurusega riigid, sealhulgas Belgia, Iirimaa, Leedu ja Kreeka suurendavad iga-aastaste saadetiste osakaalu. Kaugloetavate energiamõõturite levik (elekter ja gaas) peaks 2025. aastaks jõudma 65 protsendini.

Paigaldatud ja prognoositav kaugloetavate arvestite osakaal on toodud välja joonisel 2.3. [15]



Joonis 2.3 Rakendatud ja prognoositud kaugloetavad arvestid aastatel 2019-2025 (EL27+3) [15]

### 3. KAUGLOETAVAD ARVESTID

Kui traditsioonilised arvestid mõõdavad ainult kogutarbimist, siis nutikad gaasiarvestid võimaldavad gaasitarbimise andmeid õigeaegselt registreerida ja neid andmeid analüüsida. Nutikad arvestid on osa nn nutivõrgu kontseptsioonist [16]. Tabelis 3.1 on välja toodud antud uurimustöös käsitletud Adveni Eesti AS ja Gaasienergia AS võrgupiirkonnas kasutatavad kaugloetavad arvestid.

Tabel 3.1 Kaugloetavate gaasiarvestite tüübid ja nende üldandmed [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23] [24]

Arvesti tüüp	Tarbimiskoguste vahemik Q / m <sup>3</sup> /h	Temperatuuride vahemik T / °C	Rõhk P / bar	Korrigeerimine
BK-G4Ete	0,04-6	-25 kuni +55	0,1	Temperatuur
BK-G6Ete	0,06-10	-25 kuni +55	0,1	Temperatuur
BK-G16B	0,16-25	-25 kuni +55	0,1	Temperatuur ja rõhk
BK-G25B	0,25-40	-25 kuni +55	0,1	Temperatuur ja rõhk
RVG G65 + EK280	5-100	-20 kuni +60	16	Temperatuur ja rõhk
RVG G100 + EK280	8-160	-20 kuni +60	16	Temperatuur ja rõhk
RABO G65 + EK280	0,05-100	-40 kuni +70	16	Temperatuur ja rõhk

Kaugloetav gaasiarvesti on elektrooniline seade, mis saab registreerida gaasi tarbimist ja saata arvesti näidud automaatselt teie energia tarnijale jälgimiseks ja arveldamiseks. [16]

Kaugloetavad gaasimõõturid võimaldavad kahe-suunalist sidet kesksüsteemi ja loenduri vahel. Gaasiarvesti näidud kantakse kesksüsteemi üle GPRS-i või NB-IoT kaudu. Nende tehnoloogiate silmapaistvateks omadusteks on suurepärase katvus ja piisav signaalitugevus kinnistes ruumides, mis on nutika mõõtmise projektide peamised nõuded. [16]

Keskkonnakaitse edendamiseks on Euroopa riikide eesmärk säilitada energiaressursse. Tarbijad peaksid olema teadlikud oma energiatarbimisest ja neid regulaarselt teavitama. Kaugloetav mõõtmine on uus tehnoloogia, mis pakub regulaarseid tarbeväärtusi kauglugemise abil, muutes lõppkasutaja individuaalse energiatarbimise läbipaistvamaks. Nii on tarbijal võimalik süstemaatiliselt energiateadlikkust suurendada ja energiakulusid vähendada. Nutikate mõõtesüsteemide jaoks mõeldud uuenduslike

Elsteri gaasimõõturitega on arvesti automatiseeritud lugemine võimalik igal ajal. Energiatarnijad saavad kasu võimalikult suurest paindlikkusest. [25]

Hinnamuutuste korral pole enam vaja kliente külastada ega hinnanguid hinnamuutuste korral teha. Veelgi enam, need vastavad juba õiguslikele raamistikutingimustele, mille kohaselt tuleb energiatarbimine muuta läbipaistvamaks ning lühendada lugemis- ja arveldusintervalle. Sest huvi isikliku energiakasutuse jätkusuutliku muutmise järel on palju suurem kui iga-aastase tarbimisarve puhul. [25]

Kauglugemise süsteemi rakendamise protsessi üheks esimeseks ülesandeks oli vanade gaasiarvestite, tähisega BK-G4 kuni BK-G25, välja vahetamine uute vastu. Suurematel arvestitel tuli välja vahetada leppekogusemõõtur. Uutel BK-G4 kuni BK-G25 tähisega mõõturitel on siis juba rakendatud Elster/Honeywelli tehase poolt täiendavad lisad kauglugemise süsteemi jaoks, kuid enne süsteemi rakendamist tuleb need vastava programmiga ära häälestada. Kodutarbijate jaoks mõeldud arvestid tähistega BK-G4 kuni BK-G10 seadistatakse programmiga ISM Tool ning suuremad arvestid alates BK-G16 ja arvestid, mis vajavad lisaks korrektoreid, seadistatakse programmiga enSuite. BK-G4 ja BK-G25 suurusega arvestid asuvad üldjuhul alates ühepere elamust kuni kortermajani. Ridaelamute ja kortermajade puhul on mõõturite suurusteks G16 kuni G25, kuna arveldus ja tarbimisandmed võetakse üldmõõturilt. Igasse boksi või korteri on paigaldatud lisaks väiksemat BK-G4 tüüpi arvestid, kuid need ei ole kaugloetavad ja ei kuulu võrguettevõtja vahetamise kohustusse. Ridaelamute ja kortermajade puhul on loodud korteriühistud, kellega käib üldmõõturi tarbimisandmete alusel arveldus.

Kaugloetavad gaasiarvestid muudavad inimeste elu mugavamaks, sest näitude edastamise kohustus kaob [11]. Lisaks kaugloetavatel gaasiarvestitel on traditsiooniliste arvestite ees suureks eeliseks see, et neile on integreeritud ventiil gaasimõõturi korpuses. Seda ventiili saab kesksüsteemist kaugjuhtimise teel sulgeda. Tänu sellele funktsioonile saab gaasimõõtureid paigaldada klientidele, kellel on probleeme tavamaksetega või üürikorterites, kus üürnike muutus on suur (näiteks Airbnb puhul) ning üürnik ei saaks tarbida rohkem, kui on lepinguga ette nähtud. Side ajal edastatakse nutikalt gaasimõõturilt juhtimissüsteemi suur hulk väärtusi, näiteks eeldatavad arvesti näidu väärtused või gaasiarvesti aku olek, mis on seadme õigeks tööks oluline. Samuti edastatakse gaasimõõturi diagnostika- ja teenindusparameetrid, sealhulgas teave seadme rikkumise kohta (tihendi kahjustus, katte eemaldamine jne). [16]

Arvestid RVG G65 või RABO G65 kuni RVG G400 koosnevad lisaks mõõturile ka leppekoguse mõõturist. Leppekoguse mõõtur ehk korrektor on gaasiarvestiga ühilduv mõõtevahend, mis automaatselt teisendab mõõtetetingimustel mõõdetud gaasi koguse leppetetingimustele vastavaks gaasi koguseks. Leppetetingimused on gaasi temperatuur 20°C ja gaasi absoluutne rõhk 1,01325 baari [26]. Sellise suurusega mõõturid paigaldatakse juba äriklientidele, kelle tarbimiskogused on väga suured ja ületavad 40 m<sup>3</sup>/h.

Antud uurimustöö keskendub GPRS lahendusele põhineval Elster/Honeywell mõõturitele, mis on rakendatud alates üksikelamu lõpptarbijast kuni ärikliendi lõpptarbijani, kuna neid mõõtureid kasutatakse uuritud piirkondades. Kodutarbijate puhul on kasutatud põhiliselt BK-G4 tüüpi mõõtureid, kuid osades suurema gaasi tarbimisega elamumajades on kasutatud ka BK-G6. Korterimajades ja ridaelamutes, kuhu on moodustatud korteriühistu, on kasutatud mahtarvesteid suuruses BK-G16 ja BK-25. Lisaks paigaldatakse sellise suurusega arvesteid äriklientidele, kellel puudub tootmine. Antud uurimustöö väljavalitud äriklientide mõõturiteks on rootorarvestid RVG G65, RVG G100 ja uuema tüüpi mõõtur RABO G65.

### **3.1 Elster/Honeywell BK-G tüüpi arvesti**

Kodutarbijatele on ette nähtud mahtarvestid, mille tüüpideks on alates BK-G1,6 kuni BK-G25. Mahulised arvestid on gaasiarvestid, mis mõõdavad otseselt arvestit läbinud gaasi mahtu perioodiliselt täites ja tühjendades mõõtekambreid. Sellesse rühma kuuluvad membraan-ja rootorarvestid [27].

Membraangaasiarvesteid kasutatakse Eestis põhiliselt jaotusvõrkudes kodu ja kommertstarbijatele vooga kuni 40 m<sup>3</sup>/h ning ülerõhuga kuni 0,5 baari edastatud gaasi mõõtmiseks. Ülekandevõrgus kasutatakse membraanarvesteid omatarbeks ( GJJ-s gaasi soojendamiseks ja ruumide kütteks) kasutatava gaasi mõõtmiseks. Selle tööpõhimõttega arvesteid on toodetud üle saja aasta, mille jooksul on täiustatud tootmise tehnoloogiat ja võetud kasutusse uusi vastupidavamaid materjale. Membraangaasiarvestis toimub mõõtmine gaasi läbilaskmisel deformeervate vaheseintega mõõtekambritest. Membraangaasiarvestite eeliseks on nende suur mõõtepiirkond, töökindlus ja maksumus. Standardsed membraangaasiarvestid on kasutatavad gaasi ülerõhul kuni 0,5 baari. [27]

BK-G mõõturid saavad olla siis GSM/GPRS või Nb-Iot võrgusidel põhinev, mis toetab siis SIM-kaarte ning levi parandamiseks on võimalus ka paigaldada väiline antenn, mis on võimalik ainult Nb-Iot võrguside puhul. [17]

Uuringus käsitletud mõõturid on GPRS andmesidel põhinevad.

### **3.1.1 BK-G4 ja BK-G6 tüüpi arvestid**

Antud lõputöös kasutatud arvesti tüübid Elster/Honeywell BK-G4Ete (joonis 3.1) ja BK-G6Ete (joonis. 3.2) on kahetorulised membraanmõõturid, kus gaas siseneb ühest torust, läbib vastava suurusega mahtkambrit ning seejärel väljub mõõturist teise toru kaudu. Mõõteseadmed töötavad pneumaatilise juhtimise põhimõttel, mistõttu see tagab madala mürataseme, pikaajalise stabiilsuse ja suure täpsuse ning võimaldab mehaanilist temperatuuri korrigeerimist (TC). [25]

Kõige enim on kasutatud ühepere elamumajas membraanmõõturit suuruses BK-G4. BK-G4 mõõtekambri maht on 1,2 liitrit ning tema mõõtevahemik jääb 0,04-6 m<sup>3</sup>/h (Q<sub>min</sub>-Q<sub>max</sub>) [18].

Uued kaugloetavaks mõõturi tüübiks on BK-G4Ete, kus Ete tähis tähendab, et mõõtur on GPRS võrguside liidesega. Aku kestvus on tavaliselt 15 aastat. Tööiga saab ka pikendada vähendatud suhtlussagedusele ja aku saab antud mõõturitel välja vahetada ilma andmete kadumiseta. Antud mõõtur suudab salvestada 4 560 kirjet tunnipõhiliselt, 190 kirjet päevas ja 13 kirjet kuus. [17]

Suureks plussiks on antud arvesti puhul integreeritud ventiili käivitamine kaugelt. Võrguettevõtja saab kaugelt mõõturi klappi sulgeda ja anda hiljem loa ka avada. [17]

BK-G4Ete maksimaalseks töö rõhuks on 100 mbar ning mõõturi ümbritsevaks temperatuuriks võib olla vahemik -25 °C kuni + 55 °C, mis saab olla ka gaasi temperatuuri vahemikuks. [17]

Antud mõõturi tundlikuselävi on 0,008 m<sup>3</sup>/h ning veapiiriks peetakse Q<sub>min</sub> kuni 0,1 Q<sub>nom</sub> ± 3% ja 0,1 Q<sub>nom</sub> kuni Q<sub>max</sub> ± 1,5%. [19]



Joonis 3.1 Kaugloetav membraanmõõtur Elster/Honeywell BK-G4Ete [17]

Gaasiarvesteid BK-G6Ete kasutatakse ärilistel eesmärkidel tarbitud gaasikoguse arvestamiseks, kui tarbimine ületab üle 6 m<sup>3</sup>/h. Kavandatud töötama maagaasi, propaani, butaani, inertgaaside ja muude ebaühtlase keemilise koostisega mitteagressiivsete gaasidega. [20]

Membraaniga gaasimõõturisse BK-G6Ete on sisse ehitatud temperatuuri muundur, mis võimaldab temperatuuri korrigeerimisega viia gaasi töömahu standardtingimustesse, samuti võimaldab sisseehitatud telemeetriamoodul arvestil edastada andmeid gaasi tarbimise kohta GPRS-sidekanali kaudu andmekogumis süsteemidesse. [20]

BK-G6Ete arvesti telemeetriamoodulil on taustvalgusega punktmaatriksnäidik, navigeerimine läbi menüüstruktuuri toimub 3 nupu abil. Arvesti on täiesti autonoomne seade, selle tööiga on vähemalt 10 aastat (kui arvestit küsitletakse kord kuus), selline energiatõhusus saavutatakse kaasaegsete väikese energiatarbega komponentide ja eraldi sisseehitatud toiteallikate abil. Minimaalne volukiirus antud mõõturil on 0,06 m<sup>3</sup>/h ja maksimaalne kuni 10 m<sup>3</sup>/h. BK-G6 membraanarvesti kambri maht on 2 liitrit ja maksimaalseks töö rõhuks 100mbar. Tundlikkuslävi on 0,008 ja maksimaalne mõõtekogus 10 m<sup>3</sup>/h. Mõõtuuri veapiiriks loetakse vahemikel Q<sub>min</sub> kuni 0,1 Q<sub>nom</sub> on ±3% ja 0,1 Q<sub>nom</sub> kuni Q<sub>max</sub> on ±1,5%. [20]

Mõõtuuri ümbritsevaks temperatuuriks võib olla vahemik -25 °C kuni + 55 °C, mis saab taas olla ka gaasi temperatuuri vahemikuks. [20]





Joonis 3.2 Kaugloetav membraanmõõtur Elster/Honeywell BK-G6Ete [20]

### 3.1.2 BK-G16 ja BK-G25 tüüpi arvestid

Sarnaselt ühepereelamu mõõturile on ka kortermaja ja ridaelamutes rakendatavad Elster/Honeywell BK-G16 ja BK-G25 mõõturid kahetorulised membraanmõõturid, mille on integreeritud mahu muundamise funktsioon ja impulssväljund. BK-G16 mõõтури kambri mahuks on 6 liitrit ja suurema mõõtuuri BK-G25 mahuks on 12 liitrit. [25]

Kaugloetavad mõõturite tüüpideks on BK-G16B (joonis 3.3) ja BK-G25B, mis on samuti GPRS lainevõrgul põhinevad ja neile on soovi korral võimalik lisada ka väline antenn juhul, kui mõõtur peaks asetsema kehva leviga asukohas. Aku kestvus on neil minimaalselt 8 aastat, mis siis taas sõltub määratud suhtlussagedusest. Integreeritud andmete logimise funktsioon registreerib tarnitud gaasimahu koos tegeliku ajaga. Salvetusmaht on 60 nädalat pooletunniste väärtuste jaoks. [21]



Joonis 3.3 Kaugloetav membraanmõõtur Elster/Honeywell BK-G16 [28]

Kaugloetavad mõõturite BK-G16 ja BK-G25 töö rõhuks on 100mbar ja mõõturite ümbritsevaks temperatuuriks võib olla vahemikus -25 °C kuni +55 °C, kuid gaasitemperatuur võib olla vahemikus -10 °C kuni +40 °C. [21]

BK-G16 mõõtevahemik on 0,16 kuni 25 m<sup>3</sup>/h (Q<sub>min</sub> kuni Q<sub>max</sub>) ning BK-G25 mõõtevahemik on 0,25 kuni 40 m<sup>3</sup>/h (Q<sub>min</sub> kuni Q<sub>max</sub>). [22]

## **3.2 Ärikliendi arvesti korrektoriga**

Tööstuslikud gaasimõõturid algavad suurusest G65 kuni G400. Sellise suurusega arvestid on üldjuhul siis RVG või RABO tüüpi. Tööpõhimõte on mõlemal sama, kuid RABO on RVG täiustatud versioon. Nendele mõlemale mõõturitele on siiski vajalik lisaks paigaldada leppekoguse mõõturid ehk korrektorid, mis aitavad korrigeerida koguseid, et mõõtmistulemused oleksid võimalikud täpsed. Lisaks rootorgaasimõõturid pole andmeside liidesega, vaid need liidesed on siis paigaldatud korrektorisse Elster/Honeywell EK280(vt ptk 3.2.3).

Juba aastaid on rootorgaasimõõturid end gaasikeskkonna mahu mõõtmisel tõestanud, eriti kui on vaja suurt täpsust, keskmise suurusega mõõtepiirkonda ja kompaktsed konstruktsiooni. [23]

Kõrgeima kvaliteediga disain, materjalid, töötlemine ja viimistlus koos Elsteri aastakümnete pikkuse kogemusega tagavad mõõtmistulemuste kõrge täpsuse ja töökindluse mis tahes töötingimustes. [23]

Rootorgaasimõõturite abil saab suure gaasi hulga täpselt registreerida, kus on määratakse ära mahu (m<sup>3</sup>) ja vooluhulga Q (m<sup>3</sup>/h) tööparameetrid. [23]

Antud uurimustöös on uuritavate lõpptarbijate gaasimõõturiteks RVG-G65, RVG-G100 ja RABO G-65 ning neile mõõturitele lisatud leppekogusemõõtur EK280.

### **3.2.1 RVG rootorgaasiarvestid**

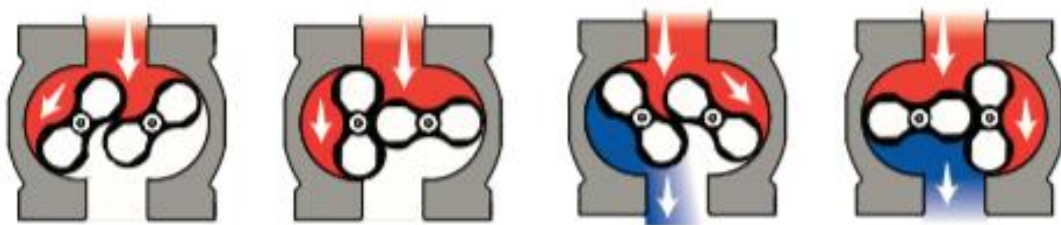
RVG tüüpi pöörlevad gaasimõõturid on ideaalne täiendus diafragma gaasimõõturitele ja turbiini gaasiarvestitele. [23]

Elster RVG rootormõõturid on gaasiliste keskkondade mahu mõõtmise vahendid ja töötavad vastavalt nihke põhimõttele. Nad registreerivad gaasimahu töötingimustes.

Mõõdetud väärtuste korrigeerimiseks standardmahule saab kasutada elektroonilisi koguste korrektoreid. [23]

Gaasi väljavoolu korral koguneb rõhulang loenduri sisse- ja väljalaskeava vahel. See põhjustab pöördemomendi tiivikutel, mis on omavahel ühendatud ülitäpsete sünkroniseerivate rataste kaudu. See omakorda põhjustab diametraalselt vastupidiste tiivikute pöörlemise. Tiivikute ja arvesti korpuse vahel puudub metallide omavaheline kontakt. Selle protsessi käigus täidetakse ja tühjendatakse perioodiliselt tiivikute ja korpuse vahele moodustatud mõõtekambrid. [23]

Pöörlevad tiivikud eraldavad voolava gaasi väikesteks, piiratud kogusteks ja loendatakse mehaanilise indeksi abil (joonis 3.4). [24]



Joonis 3.4 Rootorgaasimõõtuuri protsess [24]

Kõigepealt vasakpoolne tiivik pöörleb vertikaalse asendi suunas, kus gaas siseneb arvesti korpuse ja tiivikute õõnsuste vahele. Seejärel kui vasak tiivik on jõudnud vertikaalsesse ja parem horisontaalsesse asendisse, siis piiratud kogus gaasi püütakse vasakusse õõnsusse. Tiivikute pööramise jätkamisel vasakpoolses õõnsuses gaas vabastatakse. Samaaegselt gaas siseneb parema tiiviku ja korpuse vahelisse õõnsusse. Peale tiivikute järjekordseid pöördeid jõuab parempoolne tiivik vertikaalsesse asendisse ja piiratud kogus gaasi kogutakse parema tiiviku ja korpuse õõnsusse. [24]

Tiivikute pöörlemist - ja seega ka mõõtekambrite täitumiskordade arvu - vähendab mitme astmeline reductor ja äärikühendus, mis viiakse magnetühenduse kaudu kaheksakohalisele summaatorile. [23]



Joonis 3.5 Elsteri rootormõõtur RVG G65 [29]

Elster RVG G65 (joonis 3.5) tehnilised andmed:

- kambri maht on  $0,5 \text{ dm}^3$ ;
- gaasikoguse lugemise algus alates  $0,03 \text{ m}^3/\text{h}$ ;
- gaasikoguse mõõtmise vahemik on  $Q_{\min}$  on  $5 \text{ m}^3/\text{h}$  kuni  $Q_{\max}$  on  $100 \text{ m}^3/\text{h}$ ;
- temperatuuri taluvuse vahemik on  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$  kuni  $+60 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- maksimaalne rõhk  $P_{\max}$  võib olla kuni  $16 \text{ bar}$ ;
- mõõtuuri veapiiriks loetakse kuni  $0,2\% Q_{\max}$ . [23]

Elster RVG G100 tehnilised andmed:

- kambri maht on  $1,07 \text{ dm}^3$ ;
- gaasikoguse lugemise algus alates  $0,05 \text{ m}^3/\text{h}$ ;
- gaasikoguse mõõtmise vahemik on  $Q_{\min}$  on  $8 \text{ m}^3/\text{h}$  kuni  $Q_{\max}$  on  $160 \text{ m}^3/\text{h}$ ;
- temperatuuri taluvuse vahemik on  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$  kuni  $+60 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- maksimaalne rõhk  $P_{\max}$  võib olla kuni  $16 \text{ bar}$ ;
- mõõtuuri veapiiriks loetakse kuni  $0,2\% Q_{\max}$ . [23]

### 3.2.2 RABO rootorgaasiarvestid

Honeywelli pöörlevate gaasimõõturite areng on kõik ühendatud viimasesse mudelisse - RABO (joonis 3.6). Kasutades eelmiste RVG, IRM ja teiste nende valmistatud mudelite põhifunktsioone ja eeliseid. Nende disainilahenduste kombinatsioon tähendab, et RABO on valmis töötama suure hulga rakenduste jaoks konkurentsivõimelise hinnaga ja tulevikukindlate disaini omadustega. Pöördnihke põhimõtte hõlmab kahte tiivikut, mis pöörlevad järjestikku üksteist puudutamata sarnaselt RVG mõõtuurile (joonis 3.4). Iga pöörlemine on proportsionaalne mõõdiku läbitava gaasi määratud mahuga. [30]

Seejärel edastab reduktor need andmed kuni kaheksakohalisele mehaanilisele indeksile möödunud gaasi visuaalseks lugemiseks. Lisaks visuaalsele lugemisele on standardvarustuses madala sagedusega impulssväljund, mis võimaldab edastada hoone haldussüsteemi või mõne muu automaatse loenduri vormi abil kogutavaid andmeid. Saadaval on ka muid võimalusi, nagu näiteks kõrgsageduslik impulssväljund andmete täpsemaks kogumiseks ja ka S1D kooder, mis suudab andmeid edastada M-bussi ühenduse kaudu. RABO on saadaval flantsiga PN16-ühendusega suurustes 32–100 mm. [30]

RABO gaasimõõturite täpsus on nii suur, et sirgjoonelise toru tavapärased pikkused loenduri sisselaskeavas ei ole nende nõuete jaoks olulised. Neil on ka paindlikkus paigaldada horisontaalsetesse või vertikaalsetesse paigaldustesse koos võimalusega pöörata arvesti indeksit, et saada mõõturitest visuaalselt mugavam lugem. RABO mõõturite vooluhulgad võimaldavad täpset gaasi mõõtmist isegi siis, kui süsteemil on kõrge väljalülitumissuhe või kõikuv voolukiirus. [30]



Joonis 3.6 Elster/Honeywell RABO G65 [30]

Elster RABO G65 tehnilised andmed:

- kambri maht on 0,5 dm<sup>3</sup>;
- gaasikoguse lugemise algus alates 0,04 m<sup>3</sup>/h;
- gaasikoguse mõõtmise vahemik on  $Q_{min}$  on 0,05 m<sup>3</sup>/h kuni  $Q_{max}$  on 100 m<sup>3</sup>/h;
- temperatuuri taluvuse vahemik on -40 °C kuni +70 °C;
- maksimaalne rõhk  $P_{max}$  võib olla kuni 16 bar;
- mõõtuuri veapiiriks loetakse alla 0,1%  $Q_{min}$ . [24]

### 3.2.3 Korrektor EK280

EK280 on kompaktne, akutoitega helitugevuse muundamise seade, mida saab ühendada membraani, turbiini või rootorgaasimõõturitega. Gaasikoguse teisendamise

seade arvutab teisendusteguri C ja kokkusurutavuse K tarbimisandmete ning gaasi temperatuuri ja rõhu analoogmõõtmiste põhjal. Mahud ja voolukiirused baastingimustes ja voolukiirused mõõtmistingimustes arvutatakse nende algandmete põhjal. [31]

EK280 koosneb kas integreeritud või välise rõhuanduriga keskseadmest ja seadmega püsivalt ühendatud temperatuuriandurist. Kokkusurutavuse K saab programmeerida kõigi gaaside konstandiks või arvutada vastavalt erinevatele arvutusmeetoditele. Lisaks on EK280-l paindlik, konfigureeritav jadaliides ja neli reguleeritavat digitaalväljundit. See võimaldab mahu muundamisseadet kasutada paljudes erinevates rakendustes maagaasi mõõtmise valdkonnas ja tööstuses, kus on vajalik mahu teisendamine arveldamise eesmärgil, andmete salvestamine ja jälgimine. [31]

EK280 saab varustada GSM / GPRS-modemi ja toiteallikaga ning see katab nõudeid koguste teisendamiseks, andmete kogumiseks ja andmete edastuseks ühest seadmest. Lisaks on seadmel muid digitaalsisendeid ja see võimaldab ühendada lisaks teise rõhu- ja / või temperatuurianduri. Antud leppekogusemõõtur suudab mõõta rõhku kuni 80 bar. [32]

Enne lõpptarbija juurde rakendamist vastava gaasimõõturi külge, tuleb leppekogusemõõtur ära häälestada ning sisestada vastav SIM-kaart (joonis 3.7) kindla IP aadressiga, mille abil hakkab toimuma andmeside. Häälestamist teostatakse enSuite programmiga.



Joonis 3.7 Leppekogusemõõturi EK280 SIM-kaardi pesa ja modem [33]

Leppekogusemõõturi EK280 parameetrite määramiseks on loodud programm enSuite, mis tagab ligipääsu korrektorile [33]. Antud programmis tuleb sisestada vajalikud lõpptarbija andmed ja IP aadress ning määrata ära ka vastava paigaldatava gaasimõõturi impulsside arv. Lisaks tuleb ära määrata andmeside jaoks aknad ehk mis kellaaja vahemikus toimub korrektori ja andmete kogumise programmi EiServeri (ptk

4.1 joonis 4.1) vaheline andmeside. Kui määrata andmeside jaoks mitu akent, siis aku elu võib lüheneda [33].

### **3.3 Arvestite valiku alused**

Tarbijatele mõeldud membraangaasimõõturite töötemperatuuri vahemikud on  $-25\text{ °C}$  kuni  $+55\text{ °C}$  suured ning antud arvestid paigaldatakse alati siseruumidesse, kus temperatuurid ei saa nii madalale ega kõrgele tõusta. Mõõtmisvead küündivad nendel arvestitel  $\pm 1,5\%$  kuni  $\pm 3\%$ .

RVG rootorarvestite puhul on mõõturite temperatuurid vahemikud veidike soojema poole,  $-20\text{ °C}$  kuni  $+60\text{ °C}$ , kuna sellised arvestid paigaldatakse tihti katlaruumidesse, kus on kõrged temperatuurid. RABO tüüpi arvestid kannatavad ka suuremaid temperatuuri vahemikke,  $-40\text{ °C}$  kuni  $+70\text{ °C}$ , mis võimaldavad antut arvestit paigaldada ka väli tingimustesse. Sellised arvestid on paigaldatud üldjuhul gaasijaotuskappi. Lisaks on nad täpsemad, kui RVG mõõturid. RABO vead jäävad alla  $0,1\%$ , samas kui RVG arvestite mõõtmisviga on  $0,2\%$ .

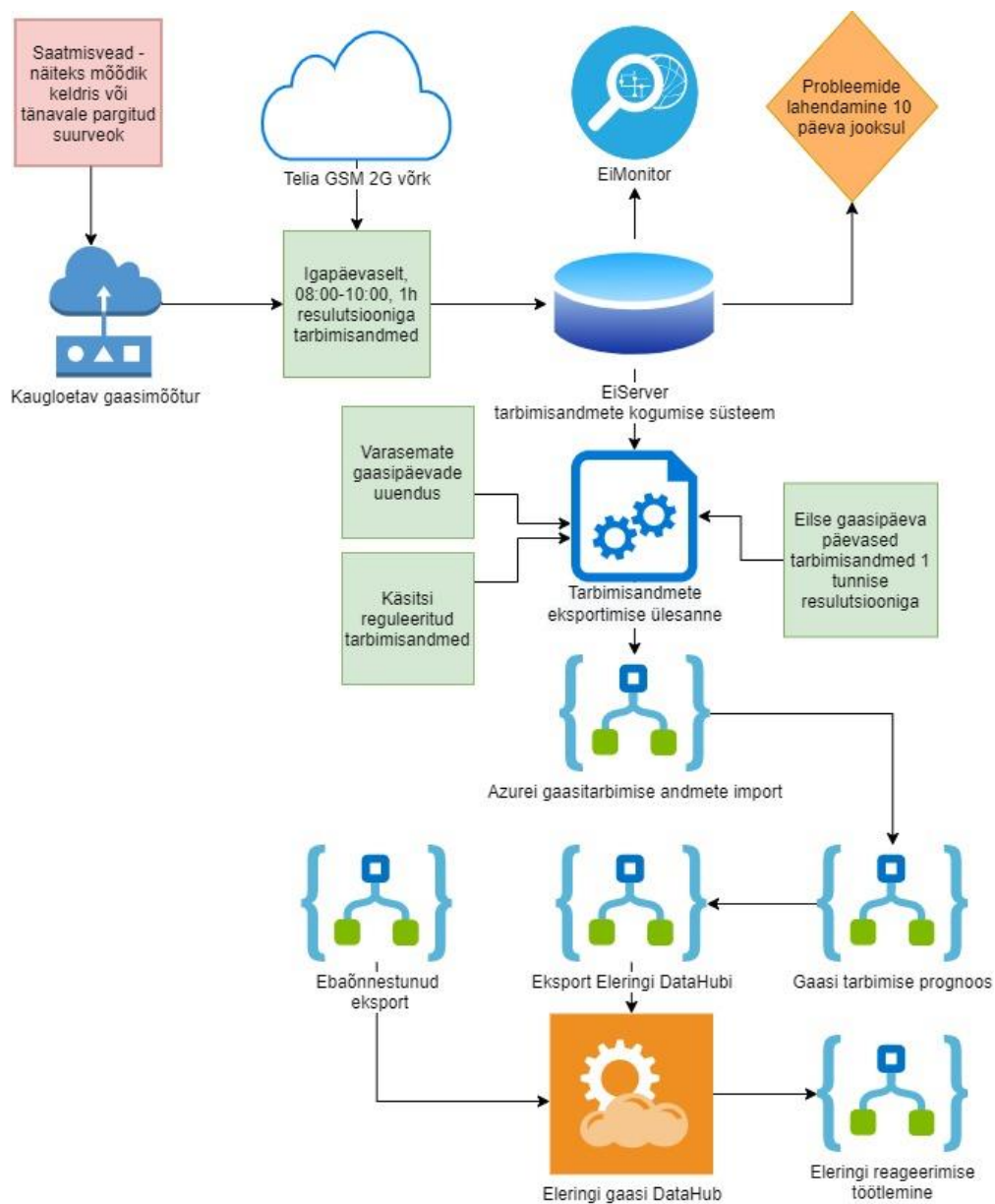
Lisaks käivad kõik Gaasienergia ja Adven Eesti AS rootorarvestid iga 8 aasta tagant tehnilises kontrollis kontrollimaks mõõturi mõõtmisõigsust. Membraanarvesteid ei kontrollita, kuna nende mõõtmisüsteem on teine ja ei vaja kontrollimist.

Vaadates arvestite tööparameetreid, siis võib järeldada, et mõõtmisvead on minimaalsed ja pole ainult ühele poole kaldu. Lisaks arvestavad äriklientide mõõturite korrektorid gaasi parameetreid ning teisendavad need korrektseks. Seetõttu mõjutavad kaugloetavad mõõturite mõõdetud ja edastatud gaasitarbimise kogused võrgubilanssi väga väikesel määral.

## 4. GAASI TARBIMISANDMETE KOGUMINE

### 4.1 Andmete kogumise protsess

Selleks, et andmed jõuaksid lõpuks võrguettevõtjani, sealt edasi gaasimüüjani ja lõpptarbijani kas siis arve näol või võimalusel ise tarbimisandmeid vastavast portaalist järgi vaadata, tuleb iga päevaselt tarbimisandmed kaugloetavast arvestist kätte saada kella 07:00. See aga tähendab eelnevalt pikki mahukaid andmete kogumise, töötlemise ja edastamise protsesse, mille skeem on põhjalikumalt välja toodud Joonisel 4.1.



Joonis 4.1 Kauglugemise süsteemi skeem



Joonise 4.1 kujutatud skeem näitab protsessi alates paigaldatud kaugloetavast arvestist kuni Eleringi andmelattu. Eleringi andmelaost omakorda teostakse veel muid protsesse, et need jõuaksid portaali, kust lõpptarbijad saavad ise oma tarbimist jälgida. Antud uurimustöö keskendub aga sellele protsessile, kuidas jõuavad kaugloetavatest arvestitest andmed Eleringi andmelattu.

Kauglugemise protsess algas kõigepealt sellest, et vanad gaasiarvestid suurusega G4 kuni G25 tuli välja vahetada uute vastu, millel oli siis juba rakendatud Elster/Honeywelli tehase poolt täiendavad lisad kauglugemise jaoks. Samuti suuremate alates RVG G65 või RABO G65 arvestite korrektorid EK220 tuli vahetada uuema tüüpi EK280 vastu, millele on lisatud kauglugemise süsteemi jaoks lisaks modem ja SIM kaardi pesa.

Antud kauglugemise mõõturist andmete väljastamise lahenduses on tehtud koostööd Telia Eesti AS-ga, kuid ei ole võetud kasutusele Telia enda poolset Iot võrgu kauglugemise lahendust. Adven Eesti AS ja Gaasienergia AS ning paljud teised gaasivõrgufirmad on vajaliku süsteemi ise endal välja arendanud, et mitte olla sõltuvad kolmandatest osapooltest. Joonisel 4.1 on kujutatud Adven Eesti AS ja Gaasienergia AS firma lahendus.

Uutel arvestitel on siis lisatud SIM kaart, mis on siis GSM 2G võrgul põhinev. BK-G4 kuni BK-G25 tüüpi arvestitel käib tarbimisandmete edastamine suunaga arvestist EiServeri ehk arvesti edastab andmeid iga päev kella 08:00st kuni 10:00ni vahemikus tunnise resolutsiooniga, mis siis võetakse EiServeris vastu. Suuremate arvestite puhul, kus on lisaks korrektor, toimub andmete edastamine kahel suunal. Korrektorisse on paigaldatud SIM kaardid ning igale korrektorile on ka määratud oma enda staatiline IP aadress, kuhu siis EiServer edastab iga päev kindlal kellaaja vahemikus signaali, kust alles seejärel korrektor edastab andmed EiServeri. Antud lahendus on kahesuunaline, kuna süsteemi ja korrektori ajad ei klapi, sest EiServeri aeg on kella keeramise tõttu mitmel korral aastas muutumises, kuid korrektori aeg on aastaringselt sama. Korrektori aku parema kestvuse tõttu on korrektori modem väljaspool kindlaks määratud kellaaja vahemikku magavas olekus. EiServerist tehtud pöördumisel korrektori äratav see modemi, mis seejärel siis edastab andmed EiServeri süsteemi.

EiServer on kauglugemise mõõturist saadavate tarbimisandmete kogumise süsteem, kust edasi toimub juba eksport suunaga Eleringi andmelattu. EiServeris ilmnenud vead, nagu näiteks puudulik andmeside, tuleb lahendada võrguettevõtjal 10 päeva jooksul. EiServeri süsteemis on mõõtepunktiga seotud andmed, milleks on siis näiteks mis ajast alates peab mõõtesüsteem edastama andmed või mis ajast alates enam mitte.

Mõõtepunkt on koht võrguühenduse gaasitorustikul kuhu paigaldatakse mõõtevahendid ja kus mõõdetakse võrgust väljuvat või võrku sisenevat gaasi kogust. Kõik mõõtepunktid, mille kaudu tarbitakse Võrguettevõtja võrgust gaasi koguses vähemalt 750 kuupmeetrit aastas, peavad olema varustatud mõõtesüsteemiga, mis gaasi koguse mõõtmisel arvestab gaasi temperatuuri mõõtesüsteemis ning võimaldab mõõteandmete kauglugemise funktsiooni. [26]

Lisaks on loodud EiMonitor programm võrguettevõtja võrguosakonna jaoks, kust on võimalik töötajatel olla kursis mõõdikute tööga. Sellest programmist on võimalik näha mõõdiku tarbimisandmeid ja milliseid veateateid on esinenud. Veateadeteks võivad siis olla andmeside puudulikus, kellaaja nihe või andmete edastamise hilinemine. Tarbimisandmed vajavad antud programmi puhul lisa andmetöötlust.

EiServerist edasi eksportimiseks on loodud eraldi tarbimisandmete edastamise süsteem (*Daily Consumption Data Export Task*), kust siis päeva tarbimisandmed edastatakse edasi juba tabeli kujul. Antud süsteemil on kolm ülesannet, kus esiteks edastatakse eelmise gaasipäeva tarbimisandmed 1 tunnise resolutsiooniga. See on näiteks juhul, kui mõõdikul on tarbimisandmete edastamisega probleeme ning kui lõpuks taas edastamine õnnestub, siis see rakendus aitab korjata eelnevate päevade tarbimisandmed kokku. Teiseks tehakse eelmiste gaasipäevade uuendused ehk mõõturid millel on olnud andmeside probleem ning pole eelnevad päevad andmeid edastanud, siis kui lõpuks andmed saavad edastatud siis antud süsteem uuendab tarbimisandmeid. Kolmandaks võimaluseks on käsitsi tarbimisandmeid reguleerida ehk sundida uuesti mõõturil andmeid edastama ja sisestada tarbimisandmed käsitsi. See on vajalik ainult siis, kui automaatne uuendus ei toimi.

EiServerist otse Eleringi andmelattu ei ole võimalik eksporti teostada, kuna antud programmist väljuvad tarbimisandmed ei ole ilma töötluseta nende jaoks loetavad. Selleks on loodud lisa vahe komponendid, mis aitavad kogu protsessi läbi viia. Peale tarbimisandmete edastamise süsteemi toimub gaasitarbimise andmete import Azure'i keskkonda (*Azure Gas Consumption Data Import*), mis on võrguettevõtte enda pilve teenus, mis tegeleb siis andmete kättesaamisega ja hoiustamisega.

Microsoft Azure, mida tavaliselt nimetatakse Azure'iks, on Microsofti ettevõtte poolt loodud pilvandmeteenus rakenduste ja teenuste loomiseks, testimiseks, juurutamiseks ja haldamiseks pilves endas, serveris või lausa seadmes endas koha peal. [34]

Lisaks on loodud gaasi tarbimisandmete prognoosimise süsteem (*Gas Consumption Estimation*), mille rakendamine on vajalik sellistel juhtudel, kui kaugloetavast mõõturist ei ole mingil põhjusel andmeid kätte saadud. Eleringi tarbimisandmete lattu on

võrguettevõtjal kindel kohustus siiski andmed edastada igapäevaselt, siis selleks prognoosib antud süsteem puuduolevad lõpptarbija tarbimisandmed. EiServeri süsteemil on ka prognoosnäidu võimalus, kuid antud süsteemi prognoos ei tööta piisavalt hästi ja täpselt ning selle lisa juurutamine on väga kallis. Riskide maandamiseks loodi siis lisa tarbimisandmete prognoosimise (*Gas Consumption Estimation*) rakendus, mis oli võrguettevõtja jaoks odavam, täpsem ja tõhusam variant.

Prognoos -ja tegelikud tarbimisandmed on käes, siis toimub järgmise rakenduse Export to Elering Data Hub abil kõikide lõpptarbijate andmete edastamine Eleringi enda pilve süsteemi, kust toimub omakorda andmetöötlus. Peale Elering Data Hub andmetöötlust antakse teada selle süsteemi poolt võrguettevõtjale, millised andmed tulid läbi ja millised jäid siiski edastamata. Võib olla ka olukord, kus Eleringi enda Data Hubi pilvesüsteemi rakendus ei saa üldse andmeid kätte. Selliste olukordade jaoks loodi lisa rakendused riskide maandamiseks ning töö efektiivsuse jaoks, ilma et peaks võrguettevõtja töötajad ise hakkama tuhandete klientide seest otsima neid puuduolevaid andmeid ja neid taas käsitsi edastama. Selliseks olukorraks loodi kaks eraldi rakendust – Eleringi reageerimise töötlemise (*Elering Response Processing*) ja ebaõnnestunud ekspordi rakendus (*Failsafe*). Need kaks rakendust on niivõrd targad, et võib lausa topeltki saata tarbimisandmeid, sest rakendused sorteerivad andmed nii läbi, et topelt sarnaseid andmeid ei edastata ning tänu sellele ei toimu ka süsteemide ülekoormamist. Failsafe rakenduse kasulikkus ilmneb siis, kui Eleringi Andmeladu pole mingil põhjusel me andmeid siiski kätte saanud või gaasiandmebaas ei töötle meie süsteemist saadetuid andmeid läbi või esineb mingi muu veateade, siis käivitub Failsafe rakendus. Failsafe analüüsib meile teadaolevaid andmeid ja Eleringi süsteemi vastuseid ning kui rakendus avastab puuduolevad andmed, siis edastab ta need uuesti. Tänu sellele rakendusele ei pea töötaja kulutama aega ja ressursi ilmnenu vigade käsitsi välja otsimiseks ja lahendamiseks.

Eleringi gaasi pilvandmebaas (*Elering Gas Data Hub*) võtab vastu andmeid igapäevaselt ühe tunnise resolutsiooniga. Antud keskkond on mõeldud andmevahetuseks nii võrguettevõtjate, avatud tarnijate ja lõpptarbijate ehk turuosaliste vahel, mis on toodud välja joonisel 4.2. Avatud tarnijateks on siis gaasimüüjad, kes saavad kliendi volitusel nende tarbimisandmetele ligi, et oleks võimalikult täpne ülevaade tarbitavatest kogustest mille põhjal saaks teha gaasi müümiseks paremaid pakkumisi kliendi jaoks.

#### **4.1.1 Eleringi Andmeladu ja selle põhiprotsessid**

Eleringi Andmeladu on elektri ja gaasi andmekeskuste infosüsteem, kuhu on koondatud kõik elektri ja gaasi ülekandega seotud lepingud ning ka tarbimise mõõteandmed. [35]

Andmeladu on digitaalne keskkond, mille kaudu toimub gaasiturul andmevahetus avatud tarnija vahetamiseks, mõõteandmete edastamiseks turuosaliste vahel, nende säilitamiseks ning turuosalisele seadusega pandud kohustuste täitmiseks ja talle antud õiguste tagamiseks. [36]

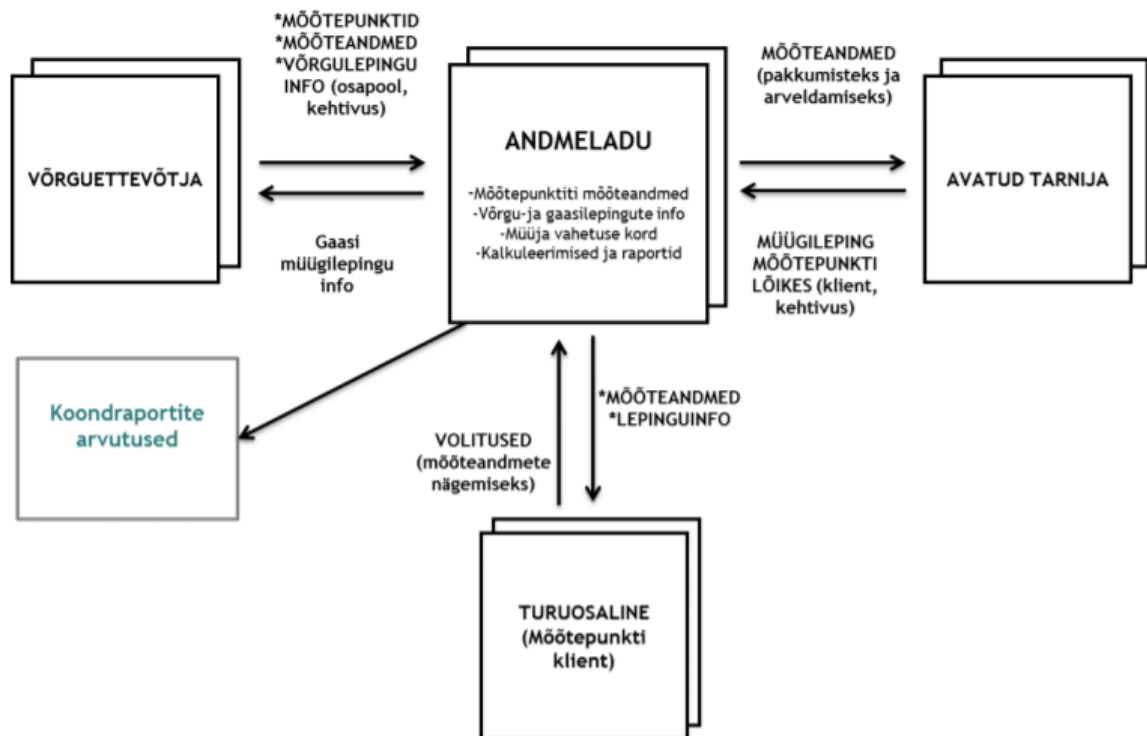
Andmelao eesmärk on turuosaliste võrdse kohtlemise printsiipe arvestav efektiivse andmevahetuse protsessi tagamine avatud gaasiturul. Andmeladu tagab selleks õigusi omavatele turuosalistele võrdsetel alustel juurdepääsu gaasikoguste mõõteandmetele ja võimaldab kiiret tarnija vahetuse protsessi. [36]

Andmelao arenduse eest vastutab Elering, kelle ülesandeks on ka kogu süsteemi edaspidine hooldus. Võrguettevõtjad vastutavad sisestatud andmete mahu ja nende kvaliteedi, mõõteandmete täpsuse, bilansiperioodide põhise jaotuse ja sisestatud kliendiinfo korrektsuse eest. Avatud tarnijad vastutavad sisestatud gaasimüügi lepingute info õigsuse eest. [36]

Andmelaos on defineeritud Eesti gaasiturul tegutsevad turuosalised. Kõik turuosalised ja mõõtepunktid identifitseeritakse üheselt Andmelao poolt väljastatud unikaalse koodiga (EIC kood). [36]

Andmelao kasutamiseks on kokku lepitud ühtsed andmeformaadid. [36]

Turuosalised saavad süsteemihalduri veebiportaali kaudu oma mõõteandmetele ligipääsu ja võimaluse andmete allalaadimiseks. Samuti on veebiportaalis turuosalisele nähtav kogu teda puudutav info: lepingute tähtajad, avatud tarnijad, tunni- või päevapõhised mõõteandmed, turuosalise EIC kood ja turuosalisega seotud mõõtepunktide EIC koodid. [36]



Joonis 4.2 Eleringi andmelao põhiprotsessid. [36]

Andmelao kasutajate tegevused on alljärgnevad.

Võrguettevõtja edastab:

- turuosalise andmed EIC koodi saamiseks;
- turuosalise EIC koodi seose uute andmetega;
- mõõtepunkti metaandmed (uue lisandumisel või olemasoleva andmete muutumisel) Sealhulgas: mõõtepunkti EIC kood, mõõtepunkti tüüp, aadress, võrgulepingu sõlminud turuosalise EIC kood, kliendi tüüp, võrgulepingu algus- ja lõppkuupäev;
- võrguühenduse katkemise ja taastamise;
- mõõtepunkti kohta mõõteandmed (kWh ja m<sup>3</sup>). [36]

Avatud tarnija edastab:

- mõõtepunktide alusel avatud tarne lepingute info, sh lepingu alguse ja lõpu aeg;
- tarnelepingu lõppemise ja katkemise kuupäeva;
- päringu turuosalise EIC koodi järgi tema mõõtepunktide leidmiseks;
- päringu turuosalise EIC koodi leidmiseks;
- kinnituse turuosalise volitusest 12 kuu mõõteandmete saamiseks;
- päringu turuosalise 12 kuu mõõteandmete saamiseks. [36]

Andmeladu:

- edastab võrguettevõtjale tema soovil registreeritud turuosalise EIC kood;
- edastab võrguettevõtjalt saabunud mõõteandmed edasi vastaval ajahetkel antud mõõtepunkti avatud tarnijale ja teistele selleks õigust omavatele turuosalistele;
- saadab avatud tarnijale turuosalise 12 kuu mõõteandmed volituse olemasolul või eitava vastuse volituse puudumisel;
- saadab avatud tarnijale kinnituse lepingu sõlmimise registreerimisest või selle ebaõnnestumisest tingimuste mittesobimise korral;
- saadab võrguettevõtjale info avatud tarne lepingu lisandumisest või muutmisest mõõtepunktis;
- saadab avatud tarnija bilansihaldurile info avatud tarne lepingu lisandumisest või muutmisest mõõtepunktis;
- kodeerib kõik turuosalised;
- saadab avatud tarnijale turuosalise EIC koodi, mõõtepunkti EIC koodi ja isiku kontaktandmed, kes on andnud volituse oma mõõtepunkti 12 kuu mõõteandmete alusel pakkumiste tegemiseks. [36]

Turuosaline saab veebiliidese kaudu:

- hallata volitusi avatud tarnijatele pakkumise saamiseks ehk enda 12 viimase kuu mõõteandmete pärimiseks Andmelaost;
- hallata oma kontaktandmeid volituse alusel tehtud pakkumise saamiseks avatud tarnijale;
- vaadata enda mõõtepunktide mõõteandmeid;
- vaadata Andmelaos olevat infot oma avatud tarne ja võrgulepingute kohta;
- esindada juriidilist isikut, kelle esindusõigust kontrollitakse äriregistris ettevõtte poolt esitatud juhatuse liikmete nimekirja alusel. [36]

Süsteemi- ja bilansihaldur saavad Andmelaost:

- defineeritud bilansihalduri bilansiselgituse avatud tarne piirkonna;
- bilansihalduri bilansipiirkonnas olevate bilansiselgituseks vajalike mõõtepunktide mõõteandmed;
- koondraportid: müüjate lõikes, võrguettevõtjate lõikes ja bilansiportfellide lõikes. [36]

Süsteemihaldur sisestab Andmelattu:

- võrguettevõtjate ja avatud tarnijate nimekirja koos tegevusõigusega;

- avatud tarnija tegevuse lõpetamisel avatud tarne lepingu katkemised. [36]

Andmeladu arvutab bilansiselgituseks vajalikud koondraportid:

- võrguettevõtja võrgust edastatud gaasi kogused koondmõõteandmetena avatud tarnijate lõikes;
- avatud tarnijate portfellis koondmõõteandmed võrguettevõtjate lõikes;
- bilansihalduri portfellis olevate avatud tarnijate bilansiselgituse mõõtepunktide koondandmed, mis arvatakse bilansihalduri bilansiselgituse piirkonda (nn IN piirimõõtepunktid);
- võrguettevõtja bilansihalduri bilansiselgituse portfelist maha arvatud kogus, mis arvatakse mõõtepunktidest, kus kliendi mõõtepunkt ja võrguettevõtja mõõtepunkt on erinevate bilansihaldurite portfellides (nn OUT piirimõõtepunktid);
- võrguettevõtja portfelli arvutuseks arvutab Andmeladu võrguettevõtja võrku sisenenud gaasikogused ja võrguettevõtja võrgust väljunud gaasikogused kehtivate võrgulepingute ning teiste avatud tarnijate gaasilepingute alusel, vahe võrdub võrguettevõtja portfelli kogus. [36]

## 5. GAASI TARBIMISANDMETE ANALÜÜS

Antud peatükis esitatud andmed on saadud ettevõtete Alexela AS, Adven Eesti AS ja Gaasienergia AS sisestest ühistest programmidest Gasmu, EiServer ja EiMonitor.

Gasmu on Alexela AS ettevõtte loodud sisene gaasitarbimise interneti lehekülg. Antud programmile on tagatud ka ligipääs osadele Adven Eesti ja Gaasienergia AS töötajatele. Sinna kogutakse nende kolme firma klientide kõik igakuised gaasitarbimise näidud.

Seoses Majandus- ja taristuministri 28. juuli 2017. a määruse nr 41 „Gaasituru toimimise võrgueeskiri“ sätestatud kohustusega peavad võrguettevõtjad mõõtesüsteemi kauglugemisele üle minema hiljemalt 1.jaanuar 2021, siis alustasid ettevõtted kaugloetavate mõõturite paigaldamise ja süsteemi loomisega juba 2019 aasta lõpus, et olla õigeaegselt valmis tarnima andmeid Eleringi andmelattu [4].

Kaugloetavate andmete täpsel kellaajal automaatne fikseerimine ja edastamine peaks andma parema ülevaate võrguettevõtjale, lõpptarbijale ja ka gaasimüüjale tarbitavatest kogustest võrreldes varasema ajaga. Varasemalt oli võimalik lõpptarbijal teavitatud kogustega mängida, kus üldjuhul talvel sooviti teavitada väiksemaid koguseid ja suvel suuremaid, et ühtlustada kommunaalkulude makse ning lootes ära kasutada suvist soodsamat gaasihinda. Osad lõpptarbijad ei teavitanud regulaarselt gaasinäite ning neile tehti prognoosnäidud, mis ei pruukinud olla üldsegi täpsed ning nendel klientidel tuli käia võtmas iga aasta kontrollnäite, et teha hilisemaid koguste korrekture.

Seoses toimivale kaugloetavale süsteemile on tekkinud võimalus võrrelda automaatselt edastavate tarbimisandmeid varasema tarbimisandmetega, kus näidu teatamise kohustus on olnud lõpptarbijal. Analüüsi käigus on soov uurida väljavalitud klientide gaasi tarbimist ja selgitada välja, kui palju erinevad tarbimisandmed varasemate võrreldavate perioodidega.

Ligi 2300 kliendi hulgast võrdluseks sobivad vaid üheksa klienti. Väljavalitud klientide valimisel tuli arvesse võtta klientide gaasivõrguga liitumislepingut ja tarne alustamise kuupäeva ja kaugloetava süsteemi rakendamise algust, et oleks piisavalt võrreldavaid andmeid. Paljud kliendid, kellel oli juba kaugloetav mõõtur paigaldatud 2019 aasta lõpus, olid uued kliendid ja seetõttu polnud piisavalt varasemaid võrreldavaid andmeid ning teiste kauaaegsete klientide kaugloetavad mõõturid said paigaldatud alles 2020 aasta keskpaigas. Lisaks tuli arvestada valiku tegemisel sellega, et hoonete iseärasused ei oleks muutunud. Antud võrdlusel on võetud arvesse ka kraadpäevasi, et gaasi



tarbimisandmete analüüs oleks võimalukult analoogsetel tingimustel nii enne kaugloetavate gaasiarvestite rakendamist kui peale nende rakendamist.

Analüüsimiseks välja valitud lõpptarbijad on jagatud kolme gruppi, mis on välja toodud tabelis 5.1. Lõpptarbijate kuu tarbimiste analüüsimiseks aasta lõikes on valitud välja aasta enne kauglugemise süsteemi (enne AMR) ja süsteemi toimise ajal (AMR). Lisaks on analüüsiks valitud välja talvine ja suvine periood (tabel 5.2), kus igast perioodist omakorda on võetud tarbimisandmed analüüsimiseks gaasipäeva tunniste intervallidega: 24h ja nädala tarbimine. 24 tunnise tarbimisandmetel on võetud aluseks kuu keskpaik. Nädalase gaasitarbimise andmed on võetud alates 24 tunnise gaasipäevast järgneva nädala esmaspäevast.

Esimesse gruppi kuuluvad lõpptarbijad, kelle tarbimiskogus saab olla kuni 10 m<sup>3</sup>/h, kelleks siis üldjuhul on elamumajad. Kõige sagedasem paigaldatav mõõtur on BK-G4Ete ning kui tarbimine võib ületada 6 m<sup>3</sup>/h, siis on antud elamumajja paigaldatud suurem mõõtur BK-G6Ete. Teise gruppi on valitud lõpptarbijad, kelle tarbimine ületab 10 m<sup>3</sup>/h ja maksimaalne gaasi tarbimine võib küündida tipp hetkel kuni 40 m<sup>3</sup>/h. Sellisteks klientideks on üldjuhul ridaelamud ja kortermajad, kuhu on moodustatud korteriühistud (KÜ). Samuti võivad sellisteks klientideks olla ka ärikliendid, kellel puudub tootmine ning gaasi tarbitakse ainult sooja vee ja ruumide kütteks ning söögi tegemiseks. Kolmandasse gruppi on valitud ärikliendid kelle tarbimine on kuni 160 m<sup>3</sup>/h ja nende mõõturid vajavad lisaks leppekogusemõõtuuri olemasolu.

Tabel 5.1 Tarbijate grupid, tähised ja nende mõõturid.

Tarbimine kuni 10 m <sup>3</sup> /h	Tarbimine kuni 40 m <sup>3</sup> /h	Tarbimine kuni 160 m <sup>3</sup> /h
<b>Tarbija 1.1</b>	<b>Tarbija 2.1</b>	<b>Tarbija 3.1</b>
Mõõtuuri tüüp BK-G4Ete	Mõõtuuri tüüp BK-G25B	Mõõtuuri tüüp RVG G65 + EK280
		Mõõtuuri tüüp RVG G65 + EK280
<b>Tarbija 1.2</b>	<b>Tarbija 2.2</b>	<b>Tarbija 3.2</b>
Mõõtuuri tüüp BK-G4Ete	Mõõtuuri tüüp BK-G16B	Mõõtuuri tüüp RVG G100 + EK280
<b>Tarbija 1.3</b>	<b>Tarbija 2.3</b>	<b>Tarbija 3.3</b>
Mõõtuuri tüüp BK-G6Ete	Mõõtuuri tüüp BK-G16B	Mõõtuuri tüüp RABO G65 + EK280

Esimesse gruppi kuuluv Tarbija 1.1 ehitusalune pind on 244 m<sup>2</sup>, millest köetavaks pinnaks on 201,9 m<sup>2</sup>. Tarbitakse gaasi alates 2017 aasta maist ja tema andmete edastamine kaugloetava mõõtuuri kaudu algas 14. oktoober 2019 kell 13:00. Tarbija 1.2

tarbib gaasi alates november 2015 ja andmed edastatakse automaatselt alates 16. november 2019 kella 14:00. Tegemist on kahe korruselise 245 m<sup>2</sup> paarismajaga ning mõlemale majaosale on paigaldatud oma mõõtur. Tarbija 1.2 köetav pind on ligi 129 m<sup>2</sup>. Tarbija 1.3 ehitusalast ja köetavat pinda ei väljastata. Kliendi esimene tarbimise näit on november 2016 ja esimene kaugloetav gaasinäit on saadud 23. detsember 2019 kell 09:00.

Teise gruppi kuuluv Tarbija 2.1 on kahe korruseline kortermaja, mille ehitusalune pind on 956 m<sup>2</sup>. Antud kortermaja esimene gaasinäit on saadud september 2015 aastal ja esimene kaugloetav tarbimiskogus edastati 15. november 2019 kell 17:00. Tarbija 2.2 on üheksa boksiga ridaelamu, kes hakkasid tarbima gaasi september 2017 ning nende esimene kaugloetav gaasinäit saadi 14. november 2019 kell 13:00. Tarbija 2.3 on lasteaed, mille ehitusalune pind on 1 814,5 m<sup>2</sup> ning selles köetav moodustub 1 550,2 m<sup>2</sup>. Lasteaia esimene gaasitarbimise näit edastati 2017 aasta mais ning esimene kaugloetav gaasi tarbimise näit edastati 23. oktoober 2019 kell 10:00.

Kolmandasse gruppi kuuluvad suuremad tarbijad, kes kasutavad üldjuhul gaasi tootmisprotsessides. Tarbija 3.1 on betoonitehas, kus asub kaks tootmisliini. Lõpptarbija soov oli paigaldada mõlemale liinile mõõturid, et pidada eraldi arvestust. Antud objektile on paigaldatud kaks eraldi Elster RVG G65 arvestit koos leppekogusemõõturite EK280-ga. Esimene liin sai avatud september 2015 ja liin 2 avati oktoobris 2016 aastal. Mõlemad arvestid edastasid esimesed kaugloetavad gaasinäidud 09. jaanuar 2020 kella 14:00 ja 15:00 ajal. Tarbija 3.2 on linnukasvatus farm, kus gaasi kasutatakse lindude ruumide kütteks. Kokku on kinnistul 14 linnukasvatushoonet. Köetavaks pinnaks on antud objektile kokku 1 221 m<sup>2</sup>, kuid kõrgete hoonete lagede tõttu on köetava ala ruumalaks 4 033 m<sup>3</sup>. Esimene gaasinäit edastati 2015 aasta septembris ning esimene kaugloetava gaasinäidu edastamine toimus 03. detsember 2019 kell 11:00. Viimane väljavalitud klient, Tarbija 3.3, on suur laohoone, kus gaasi kasutatakse hoone kütmiseks. Antud hoone on suurem ja kõrgem, kui Tarbija 3.2 hooned kokku. Antud laohoone köetavaks pinnaks on registreeritud 16 263,8 m<sup>2</sup> ja hoone kõrguseks on 15 meetrit, mis teeb hoone mahuks lausa 213 883 m<sup>3</sup>. Tarbija 3.3 esimene näit on edastatud mai 2017 aastal ning kaugloetav gaasinäit 28. oktoober 2019 kell 12:00.

Kaugloetava gaasiarvestite rakendamise teine analüüsiosa keskendub Võrgupiirkonna A gaasivõrgu bilansile, kus võrreldakse võrgupiirkonna igakuist bilanssi nii enne kui pärast kaugloetava süsteemi rakendamist aasta jooksul, et selgitada välja, kas täpsetel kellaaegadel laekuvate gaasiandmete tõttu on gaasivõrgu bilanss paremini tasakaalus. Võrgupiirkonna A bilansi võrdlusel on võetud arvesse kraadpäevasi.

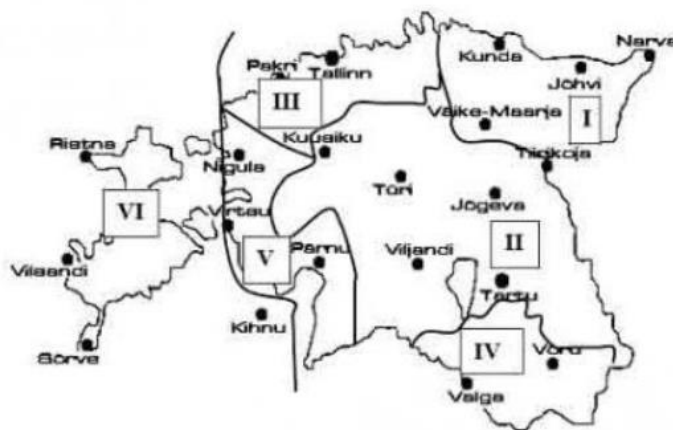
Viimaseks analüüsiks võeti võrdluseks samas gaasivõrgu piirkonnas toimunud gaasiavarii, et selgitada välja gaasikoguste erinevused matemaatiliste tehete arvutades ja kaugloetavast leppekogusemõõturist väljavõtte vahel.

## 5.1 Kraadpäevade valik gaasitarbimise analüüsiks

Kraadpäev on hoone sisetemperatuuri ja välisõhu temperatuuri vahet iseloomustav näitaja, mille ühikuks on Celsiuse skaala ( $^{\circ}\text{C}$ ) järgi ühekraadine temperatuuri erinevus arvestusliku sisetemperatuuri ja ööpäeva ehk 24-tunnise ajavahemiku keskmise välisõhu temperatuuri vahel. [37]

Sageli on olemasoleva hoone energiatarbimise hindamisel otstarbekas võrrelda energiatarbimist erinevate perioodide vältel. Suur osa soojuse tarbimisest hoones sõltub valitsevast välisest kliimast, mis erinevate aastate vahel pole päris sama. Erinevuste kõrvaldamiseks tuleb kasutada kraadpäevi. [38]

Tingituna kliimaatilistest erinevustest pole kraadpäevade arvud erinevates Eesti piirkondades võrreldavad. Tallinna Tehnikaülikooli poolt läbi viidud uuringu [39] põhjal on pakutud, et kraadpäevade alusel on sobilik Eesti jagada kuueks piirkonnaks. Need kraadpäevade võtmepiirkonnad ja keskused, milliste välisõhu temperatuuride alusel määratakse piirkonna kraadpäevad, on järgmised: I Jõhvi, II Tartu, III Tallinn, IV Valga, V Pärnu ja VI Ristna (joonis 5.1). [38]



Joonis 5.1 Võtmepiirkondade piirid [38]

Antud analüüsiks valitud lõpptarbijad asuvad kõik III Tallinn võtmepiirkonna piirides ning arvestades lõpptarbijate gaasitarbimise algusega, siis on analüüsiks valitud kraadpäevad alates 2017 aastast. Kraadpäevade andmed on saadud Kredexi elektrooniliselt lehelt saadavast tabelist, mida täiendatakse iga kuu alguses [38].

Energiamärgise andmiseks vajaliku hoone kaalutud energiaerikasutuse arvutamisel võetakse hoone tasakaalutemperatuuri väärtuseks alati 17 °C [37], siis antud gaasitarbimise analüüsis on võetud aluseks just selle temperatuuri kraadpäevad. Hoone tasakaalutemperatuur on hoone siseõhu temperatuur Celsiuse skaala (°C) järgi, milleni tuleb ruumiõhku kütte- ja ventilatsioonisüsteemiga kütta arvestades, et õhu soojenemine tasakaalutemperatuurist ruumi vajaliku siseõhu temperatuurini toimub vabasoojuse (näiteks inimestest, elektritarvititest, päikesekiirgusest eralduv soojus) arvel [37].

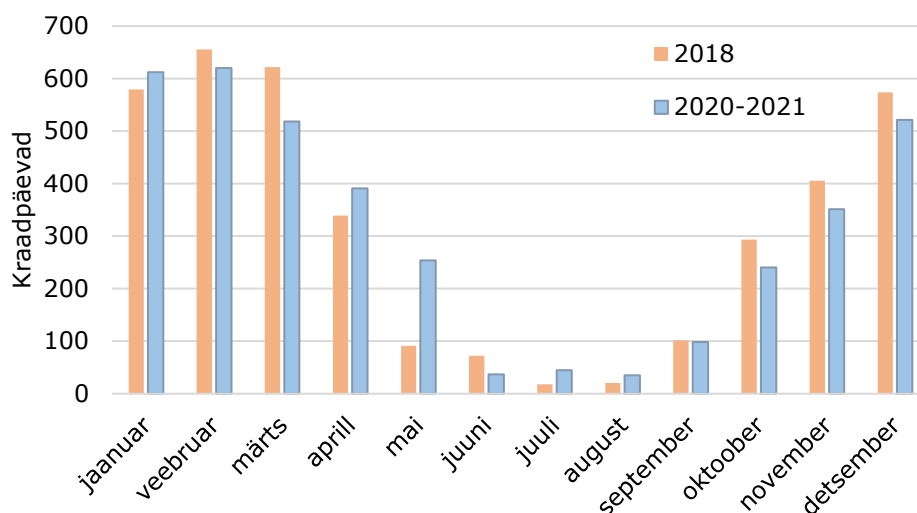
Analüüsi jaoks on välja valitud kraadpäevad alates 2017 aastast kuni 2021 aasta viimase esitatud andmeteni. Selleks, et analüüs oleks võimalikult sarnastel tingimustel, siis on välja valitud nendest ajavahemikest omakorda talvise kütteperioodi ja suvise perioodi kvartalisse jäävad kraadpäevad. Nende kraadpäevade omavaheline erinevus püsib 5% piires. Välja valitud kraadpäevad on välja toodud tabelis tabelis 5.2 ning omavahel võrreldavad kraadpäevad, mis jäävad lubatud erinevuse piiresse on tähistatud eraldi värviga. Oranži värviga on tähistatud perioodi enne AMR ja sinisega AMR ajal. 2021 aasta andmed lõppevad aprilli kuuga ning puuduolevad andmed on tabelis märgitud „ - “.

Tabel 5.2 I ja III perioodi kraadpäevad aastatel 2017-2021.

	Tasakaalutemp. tB	I periood			III periood		
		jaanuar	veebruar	märts	juuli	august	september
2017a	17	583	540	496	55	44	148
2018a	17	579	656	622	18	20	101
2019a	17	655	466	497	44	29	149
2020a	17	434	448	459	45	35	98
2021a	17	612	620	519	-	-	-

Gaasivõrgu bilansi võrdluseks on võetud III Tallinn võtmepiirkonna kraadpäevad, sest Tallinna kraadpäevi vaadatakse kui Eesti keskmisi [38].

Nii tarbijate aasta gaasitarbimiste kui ka gaasivõrgu bilanssi võrdluse analüüsi aegadeks valiti terve 2018 aasta ja kaugloetavaks perioodi vahemikuks alates aprill 2020 kuni märts 2021, et võrreldavate perioodide kraadpäevad oleks võimalikult sarnased ja aasta kraadpäevade summa erinevus ei ületaks 5%. 2018 aasta kraadpäevade koguarv oli 3 771 ning teise kaugloetava ajaperioodi kraadpäevade koguarv 3 723. Kuude lõikes toimub suuremaid erinevusi, mis on välja toodud joonisel 5.2, kuid aasta kraadpäevade koguarvu omavaheliseks erinevuseks on 1,27%.



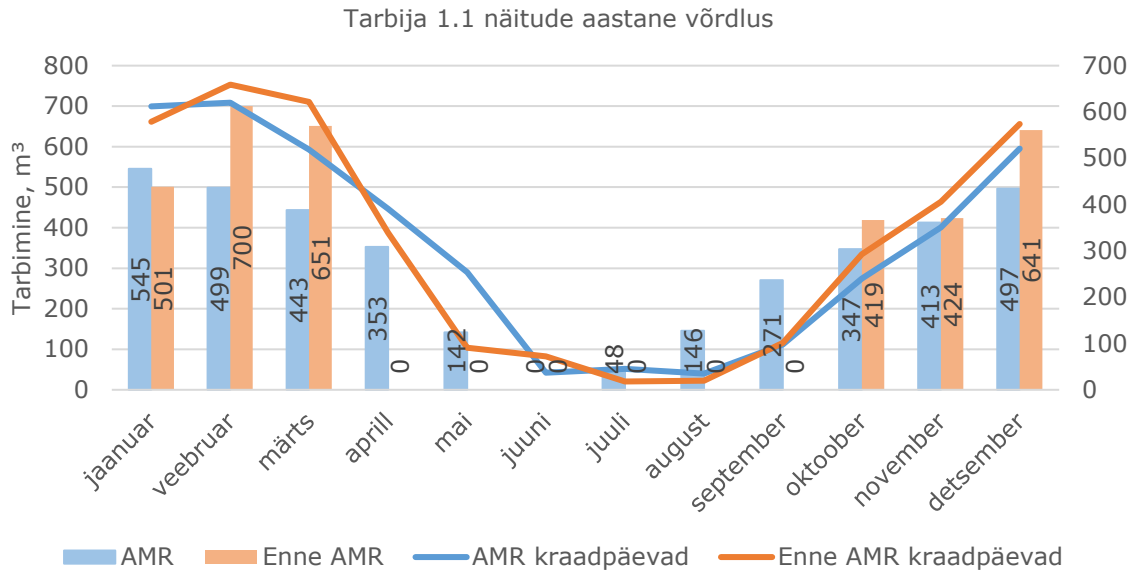
Joonis 5.2 Kraadpäevade aastane võrdlus

Kõige väiksema kraadpäeva erinevusega kuud on september, jaanuar ja veebruar ning suvekuudel juuni, juuli, august, kus välised temperatuurid on kõrgemad. Kõige suurem kraadpäevade erinevus on mai kuus, kus enne AMR perioodil oli kuu kraadpäevade arvuks 91 ja AMR ajal 254.

## 5.2 Kuni 10 m<sup>3</sup>/h gaasi kasutusega tarbijad

Kõikidel tarbijatel on nüüdseks juba toimivad kaugloetavad mõõturid ning saavad jälgida oma gaasitarbimisi igapäevaselt tunniste intervallidega. Järgnev analüüs keskendub siis kolmele elamumaja tarbija gaasi kasutusele, kelle tarbimiskogused küündivad kuni 10 m<sup>3</sup>/h. Sellise tarbimiskoguse juures elamumaja kliendid kasutavad üldjuhul gaasi kütteks, sooja tarbevee saamiseks või söögi tegemiseks. Kaugloetavate tarbimisandmete iga tunnistest gaasi kogustest võiks välja kujuneda tarbija gaasi tarbimise harjumused ning vaadelda, kas tarbija kasutab gaasi ka sooja tarbevee valmistamiseks. Lisaks analüüsitakse 24 tunnise ja nädala tarbimise graafikuid selleks, et näha gaasikatla töö režiimi seadistust ning kuidas muutub tarbimine iga tunniselt ja kas sellest kujuneb välja igapäevaselt sarnane gaasitarbimise muster.

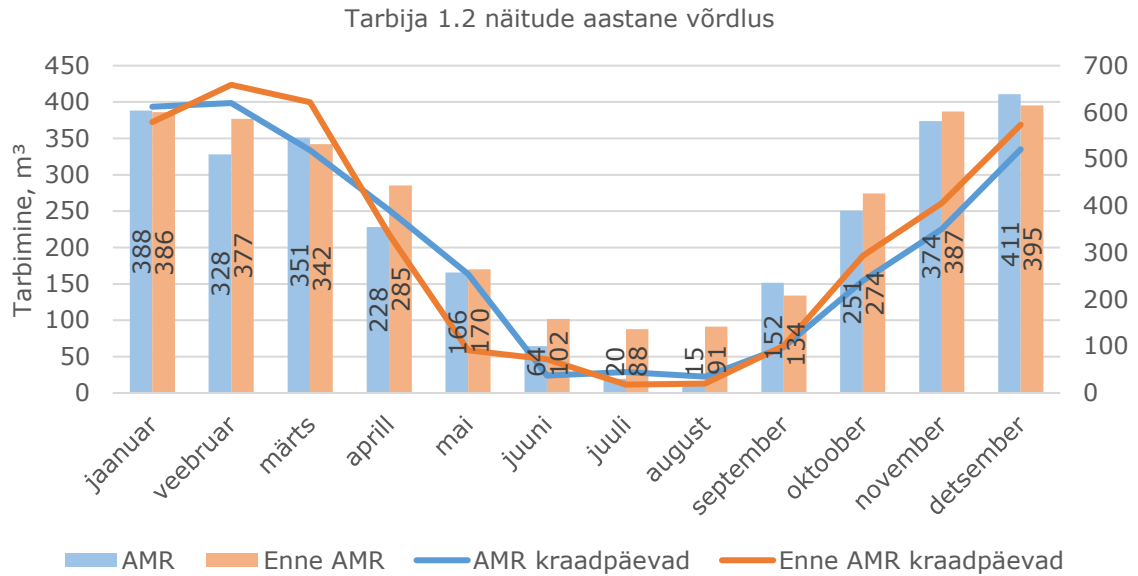
Alustuseks analüüsitakse Tarbija 1.1 aastaseid gaasi tarbimist kuu lõikes, mis on välja toodud joonisel 5.3. Gaasitarbimise aastase võrdluse graafikusse on kaasatud ka kraadpäevad selgitamaks, kas tarbimise kogused on kooskõlas kraadpäevade muutustega.



Joonis 5.3 Tarbija 1.1 aastane gaasitarbimine kuu lõikes

Graafikul (joonis 5.3) on oranži värviga tarbimine enne kauglugemise süsteemi ja sinise värviga gaasitarbimine peale kaugloetava mõõturi paigaldust. Varasemalt oli antud tarbija 2018 aastal esimesed neli kuud teavitanud gaasinäite ning järgnevatel kuudel antud aastal enam mitte. Jaanuaris on näha, et tarbimised on kooskõlas kraadpäevadega. AMR perioodil on olnud natukene külmem kuu kui 2018 jaanuaris ning sellest tingituna on olnud ka tarbimine suurem. 2108 aasta veebruaris on klient teavitanud aga tunduvalt suurema näidu, kui 2021 aasta veebruaris kaugloetav süsteem on edastanud. Vaadates kraadpäevade tõusu 80 ühiku võrra, siis tarbimise tõus on olnud 199 m<sup>3</sup>. Ülejäänud aasta kliendi gaasitarbimised maist kuni detsembrini on prognoositud. Aprillikuu tarbimine on olnud 2018 aastal 0 m<sup>3</sup>, kuid vaadata antud perioodi kraadpäevi, siis oleks pidanud realselt toimuma ka gaasitarbimist aprillikuus, kuid klient oli teavitanud antud kuu näiduks 0 m<sup>3</sup>. Samuti on toimunud 2020 aastal gaasi tarbimist juulis, augustis ja septembris, kuid varasemal 2018 aastal olid ka nende kuude tarbimised nullid. 2018 aasta kogu tarbimine oli 3 335,703 m<sup>3</sup> ja AMR perioodil edastatud tarbimisandmete põhjal 2020-2021 aasta tarbimine 3 702,617 m<sup>3</sup>.

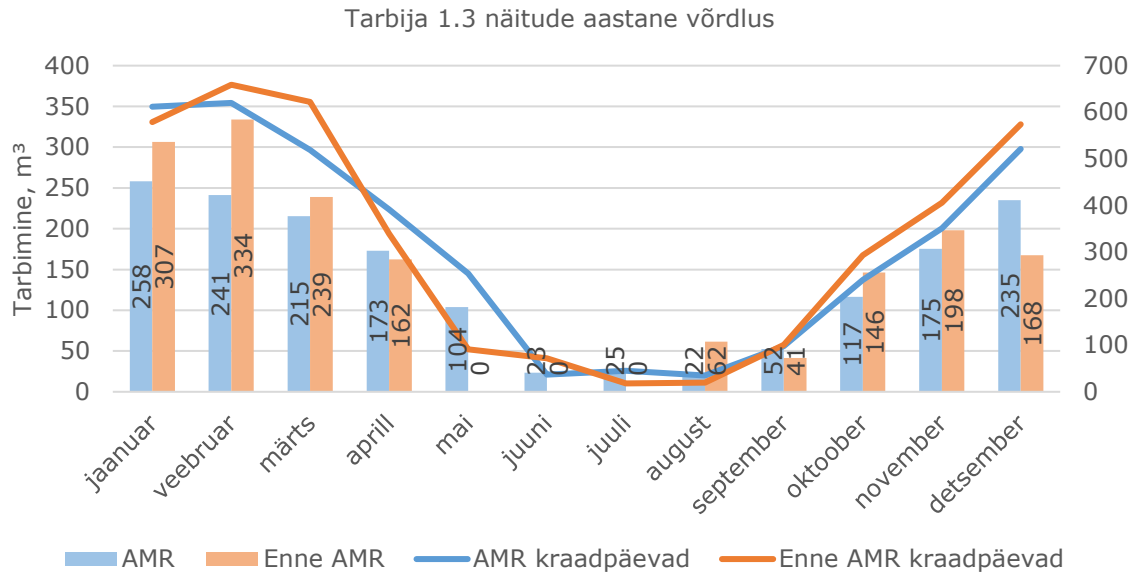
Tarbija 1.2 gaasitarbimise andmed 2018 aastal on kõik prognoositud, kuna antud tarbija ei soovinud edastada gaasinäite. Tarbimisgraafiku võrdlusest, mis on välja toodud joonisel 5.4, saame analüüsida aasta prognoositavate gaasinäite tegelikkusega. 2018 aastal on tarbijale prognoositud terve aasta tarbimiseks 3 031,555 m<sup>3</sup>. 2020-2021 AMR perioodi jooksul tegelik aastane gaasi tarbimine on olnud 2 746,470 m<sup>3</sup>, mis teeb mõlema perioodi koguste erinevuseks 9,41 %.



Joonis 5.4 Tarbija 1.2 aastane gaasitarbimine kuu lõikes

Vaadates aasta lõikes kuu gaasitarbimisi koos kraadpäevadega, siis esimese kolme kuu tarbimiskogused on üpris sarnases muutumises kraadpäevadega nii enne AMR perioodi kui ka AMR ajal. Maikuu kraadpäevade erinevus on suurem, kui seda väljendub gaasitarbimises. Kraadpäevade järgi on olnud 2018 aastal soojem kui 2020 aastal, kuid 2018 prognoositavad tarbimisandmetel on gaasi tarbimine olnud just siis kliendil suurem. Gaasinäitude suuremad erinevused enne AMR ja AMR vahel on ilmnenud juunis, juulis ja augustis. Suvekuude tarbimise prognoos tundub olevat kliendi jaoks liiga suur. 2018 aastal prognoositi kliendile juuni, juuli ja augustikuu tarbimise kogusteks 101,896 m<sup>3</sup>, 87,605 m<sup>3</sup> ja 91,16 m<sup>3</sup>, kuigi tegelik tarbimine samal perioodil 2020 aastal olid 64,32 m<sup>3</sup>, 19,655 m<sup>3</sup> ja 14,856 m<sup>3</sup>. Aasta lõpu viimasel kuul tundub ka prognoositud kliendile väiksem kogus, kui tegelik tarbimine oleks võinud olla, sest kraadpäevade järgi oli 2018 aastal külmem kui 2020 aastal.

Tarbija 1.3 2018 aasta gaasitarbimise näidud on peaaegu kõik kliendi edastatud gaasinäidud välja arvatud oktoobrikuu oma, mis on prognoositud. Graafikut analüüsides (joonis 5.5) saame võrrelda kliendi edastatud gaasinäite AMR perioodi näitudega. 2018 aasta tarbija kogu gaasi tarbimise koguseks on 1 595,047 m<sup>3</sup>. 2020-2021 aastase AMR perioodi gaasi tarbimise koguseks on saadud 1 641,840 m<sup>3</sup>. Tarbija on 2018 aastal tarbinud 46,793 m<sup>3</sup> vähem, kui 2020-2021 aastasel AMR perioodil, kuigi kraadpäevade järgi on olnud just 2018 aasta külmem aasta.



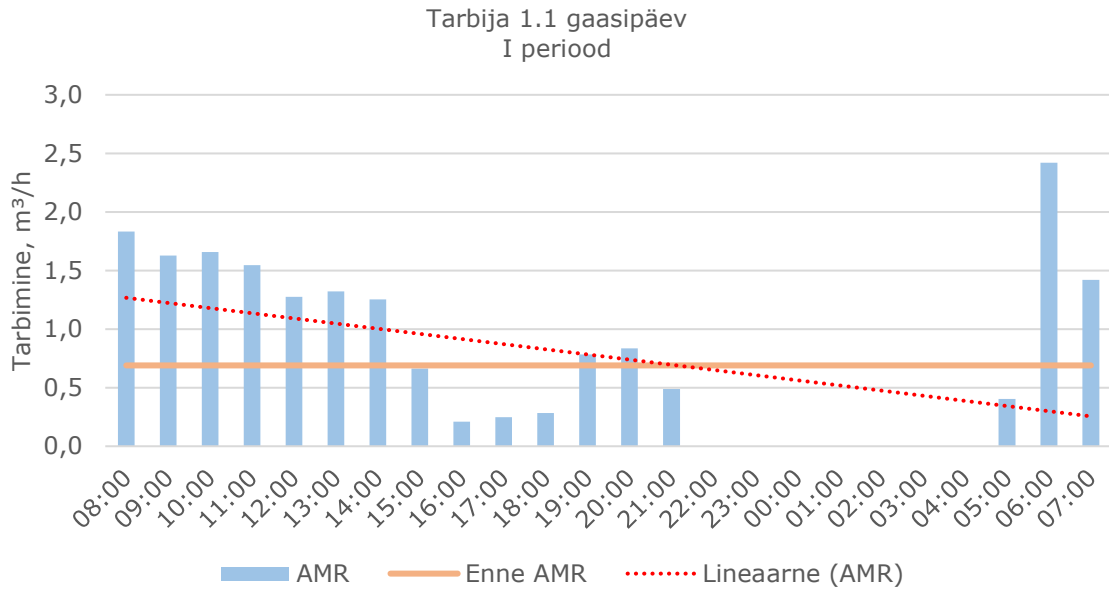
Joonis 5.5 Tarbija 1.3 aastane gaasitarbimine kuu lõikes

Aasta alguse kraadpäevi vaadates tundub, et tarbija on kasutanud gaasi vastavalt külmemal kuul ka rohkem. Vaadeldes maikuud kuni juuli kuuni, siis tundub, et tarbija ei oleks selles vahemikus kordagi gaasi tarbinud enne AMR perioodi. Juuni ja juuli enne AMR perioodi kraadpäevade vahemik on sarnane AMR perioodile, kuid väikest tarbimist on siiski ainult märgata ainult AMR perioodidel. Augustikuus on klient varasemalt edastanud sarnase suurusjärgu gaasikoguse, mis on AMR perioodil fikseeritud juunis, juulis ja augustis kokku. Suurim tarbimise erinevus ilmneb aga detsembrikuus, kus 2018 aastal on olnud külmem periood, kui 2020 aasta detsembris, kuid tarbimine on tunduvalt väiksem. Siit võiks järeldada, et tarbija on öelnud antud kuul tegelikkusest väiksema gaasi tarbimise näidu. Sellest võib olla tingitud ka kogu aastase tarbimise väiksem kogus võrreldes AMR perioodiga.

### 5.2.1 Tunnipõhine tarbimine

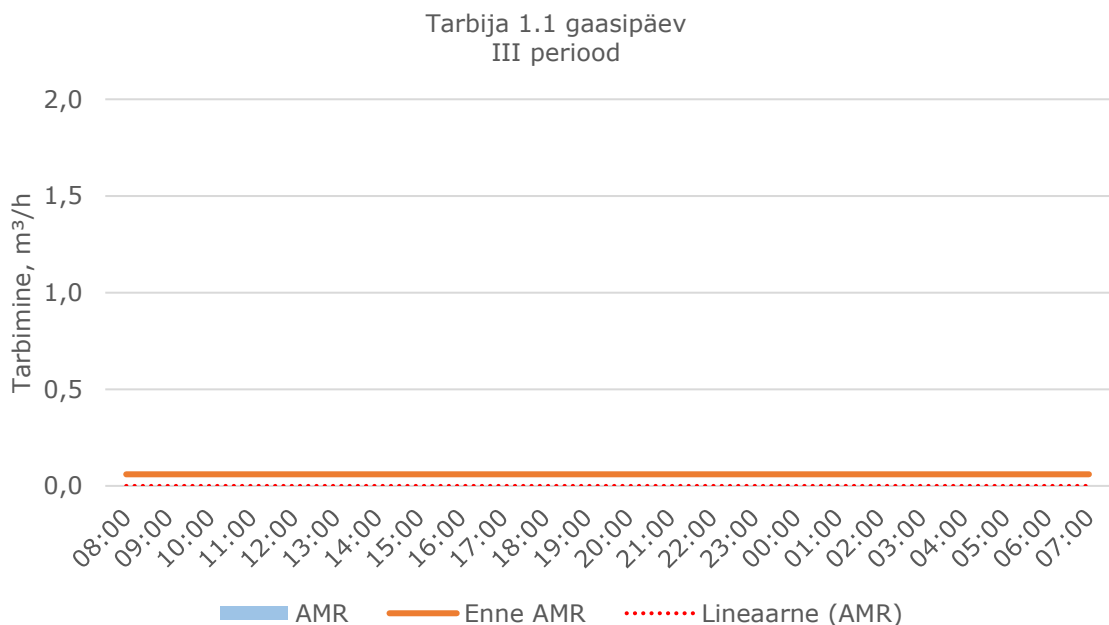
Kõige pealt analüüsitakse Tarbija 1.1 ööpäevast tarbimiskogust I perioodil, kus oli 2018 aasta külmim periood ning tarbimine suurim. Varasemalt oli tarbijal ja gaasimüüjal võimalik arvutada välja ainult keskmised tarbimised kuutarbimise põhjal. Arvestades kliendi 2018 aasta veebruari gaasinäitu, milleks oli 700,341 m<sup>3</sup>, siis sai välja arvutada, et Tarbija 1.1 tarbis keskmiselt igas päevas 1,01 m<sup>3</sup>/h. Kaugloetava süsteemi tõttu on võimalik vaadelda jooniselt 5.6 tegelikku Tarbija 1.1 gaasitarbimist.





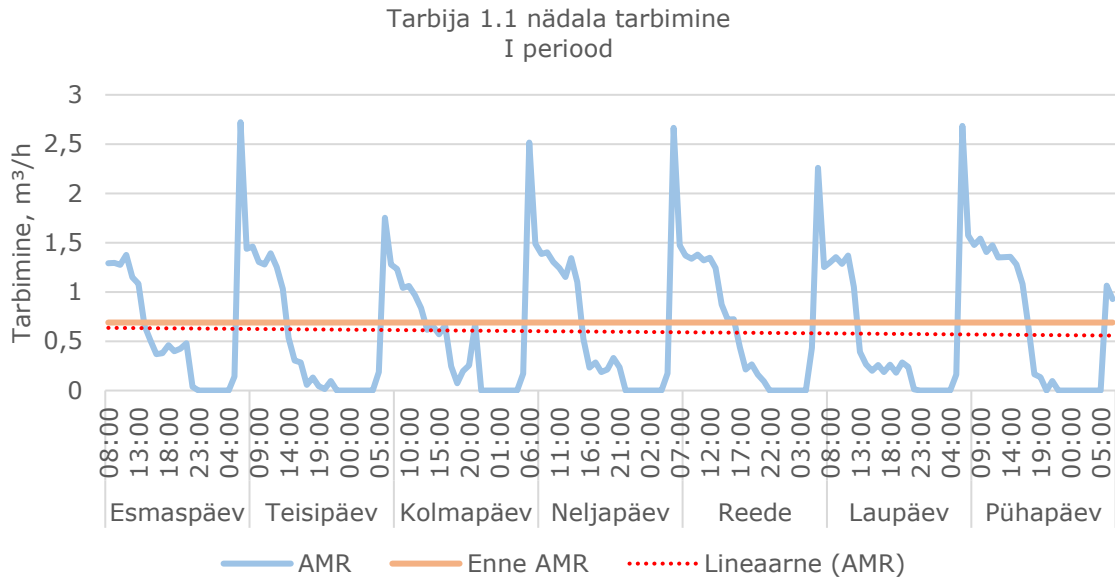
Joonis 5.6 Tarbija 1.1 I perioodi gaasipäeva gaasi tarbimine

I perioodi 24 tunnisest tarbimisgraafikust saab välja lugeda, et gaasitarbimine on gaasipäeval vahemikus 0 - 2,42 m<sup>3</sup>/h. Kui varasemalt sai arvata, et klient tarbib ühtlaselt iga tund sama koguse, siis tegelikkus näitab langevat tarbimistrendi 24 tunni jooksul. Ajavahemikul 22:00 kuni 04:00 ei toimu tegelikult üldse gaasitarbimist. Päeva suurim tarbimine toimub hommikul 06:00 ajal, kus saavutati 2,42 m<sup>3</sup>/h.



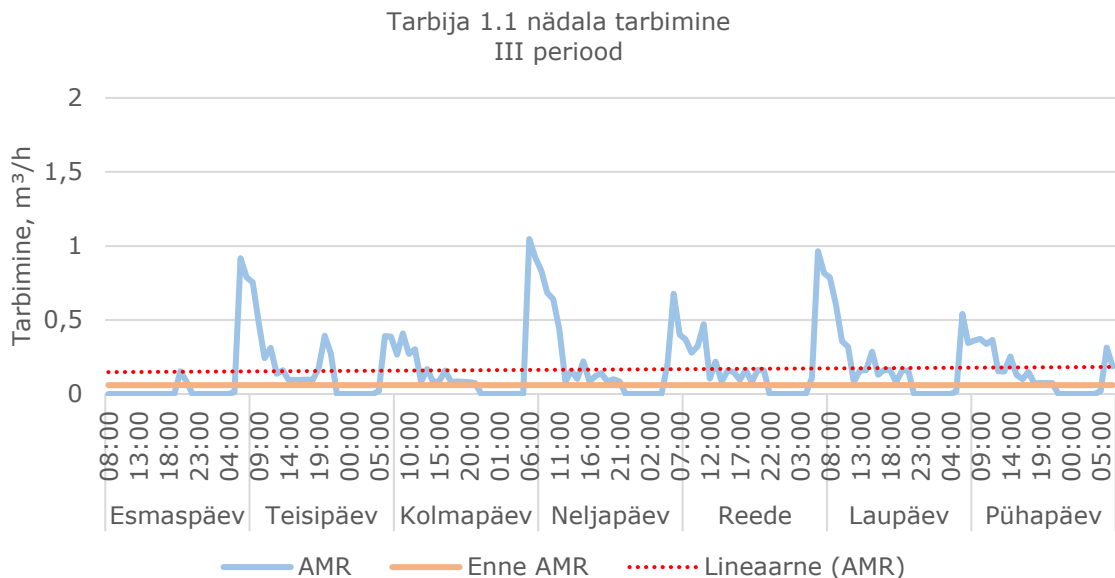
Joonis 5.7 Tarbija 1.1 III perioodi gaasipäeva gaasi tarbimine

III perioodi 24 tunnises graafikus ilmneb, et tarbimist sellel päeval ei toimunud (joonis 5.7).



Joonis 5.8 Tarbija 1.1 I perioodi gaasitarbimise nädala graafik

I perioodi nädala gaasitarbimise graafikult (joonis 5.8) on näha päevast päeva sarnast tarbimismustrit nagu oli gaasipäeva tarbimisgraafikus, millest võib järeldada, et antud elamumajas on gaasikatel seadistatud töötama külmal perioodil kella 05:00 kuni 21:00. Hommikul hakkab taas gaasikatel tööle ning tarbimine saavutab oma kõrgpunkti, milleks on näiteks esmaspäeval 2,72 m<sup>3</sup>/h. Nädala lineaarne kaugloetav gaasitarbimine on madalam, kui varasemalt arvatud nädala keskmine gaasitarbimine.



Joonis 5.9 Tarbija 1.1 III perioodi gaasitarbimise nädala graafik

III perioodi nädala tarbimisgraafikust näeme ka tarbimist suvekuudel, mis on endiselt sarnase muustriga nagu oli näha 24 tunnistes graafikutes. Antud perioodi

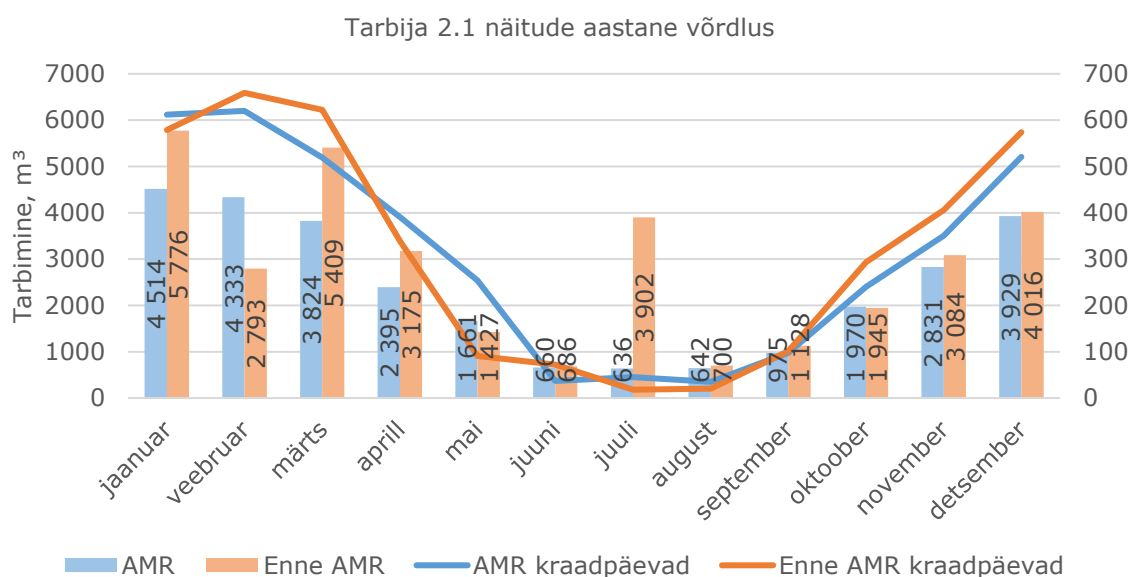
tarbimisgraafikust võiksime järeldada, et Lõpptarbija 1 kasutab gaasi ka soojavee valmistamiseks.

Tarbija 1.2 ja Tarbija 1.3 I ja III perioodi tunnise intervalliga gaasitarbimise graafikutega on võimalik tutvuda lisadest: L5.1, L5.2.

### 5.3 Kuni 40 m<sup>3</sup>/h gaasi kasutusega tarbijad

01.jaanuar 2018 sai kohustuslikuks korteriühistu (KÜ) loomine kõikidel kortermajadel ja ridaelamutel [40]. Seoses sellega muutus ka gaasivõrgu ettevõtete liitumistingimused osadele tarbijatele. Varasemalt paigaldati kortermajadele üks üldmõõtur, kuid ridaelamutele rajati enne KÜ loomist igale ridaelamuboksile enda gaasiliitumispunkt ning igasse boksi paigaldati gaasiarvesti, mis tähendas, et iga boksi jaoks tehti ka eraldi gaasilepingud. Seoses KÜ moodustamise kohustusega sai paigaldatud edaspidi sarnaselt kortermajadega ka ridaelamutele üldmõõtur, kus gaasimüüjatel ja võrguettevõtetal käis arveldus edaspidi ainult ühe gaasimõõturi koguste alusel.

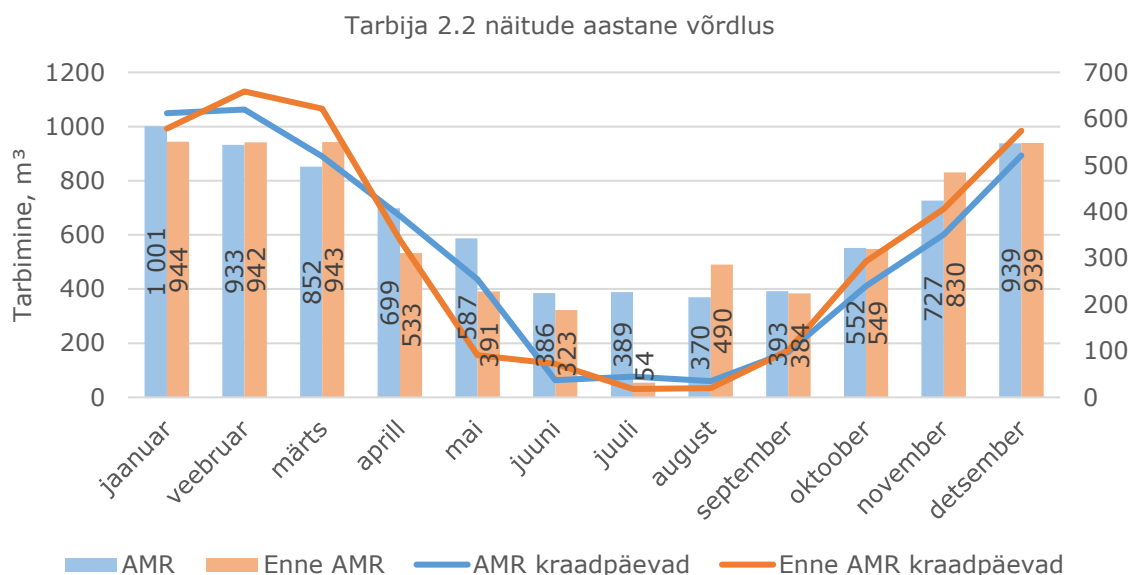
Tarbija 2.1 on kortermaja, kus tarbitakse gaasi 2018 aastal kokku 34 040,267 m<sup>3</sup> ning AMR perioodil 28 369,42 m<sup>3</sup> (Joonis 5.10). Kahe perioodi erinevus on 5 670,847 m<sup>3</sup>, mis on liiga suur erinevus kahe perioodi vahel, arvestades kraadpäevade aastane erinevus on ainult 48 ühikut ning selline kogus tundub olevat terve ühe kuu tarbimiskogus külmal perioodil.



Joonis 5.10 Tarbija 2.1 aastane gaasitarbimine kuu lõikes

Tarbija 2.1 gaasikogused on tunduvalt vähenenud peale kaugloetavate gaasimõõturite paigaldust ning vaadates gaasitarbimisi aasta lõikes koos antud perioodi kraadpäevadega, siis on näha gaasikoguste ühtlasemat muutumist terve aasta vältel. Enne AMR perioodi on kahe kuu gaasitarbimised ebakooskõlas kraadpäevadega. 2018 aasta külmimal perioodil veebruarikuus on tarbimine olnud tunduvalt madalam, kui näiteks oli seda jaanuaris ja märtsis. Samas suvisel soojal juulikuul on tarbimise kogus edastatud sama suur, kui on seda fikseerinud AMR perioodil kaugloetav gaasimõõtur külmal detsembrikuul. Siit võib järeldada, et varasemalt enne AMR perioodi on gaasikoguste edastamisega mängitud, kus on soovitud külmal perioodil vähendada kommunaalkulusid ning edastada suvel väiksema kommunaalkulude puhul suurem kogus.

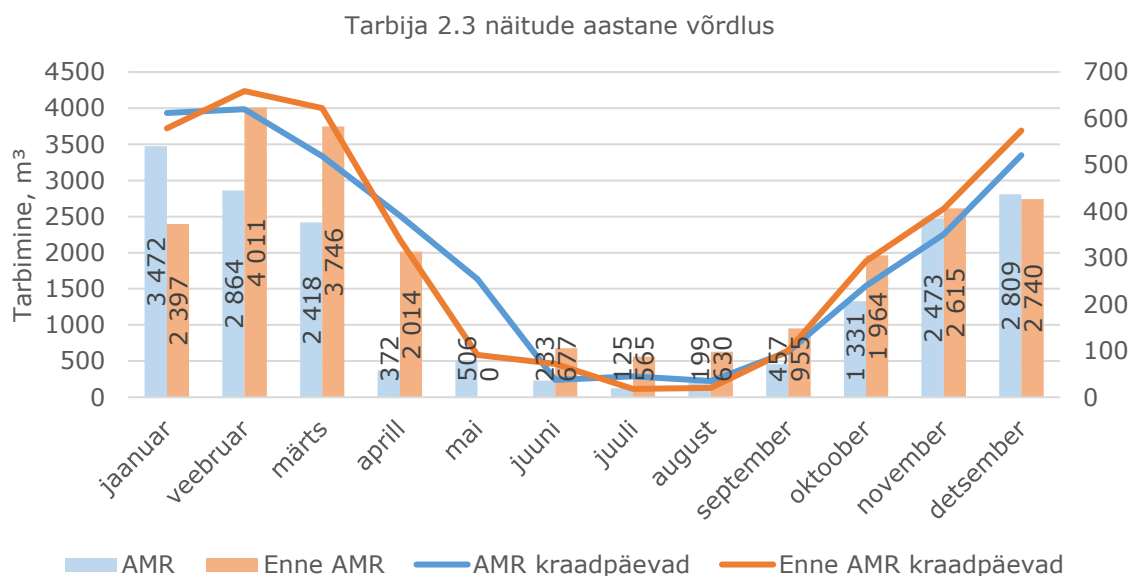
Tarbija 2.2 on üheksa korteriga ridaelamu, kus 2018 aasta kogu gaasitarbimise kogus on olnud 7 322,325 m<sup>3</sup> ja aastane AMR perioodi kogus 7 824,62 m<sup>3</sup> (joonis 5.11).



Joonis 5.11 Tarbija 2.2 aastane gaasitarbimine kuu lõikes

Analüüsid Tarbija 2.2 gaasitarbimise graafikut, siis on näha gaasitarbimist aasta lõikes vähemalt iga kuu minimaalselt 370 m<sup>3</sup>. Kõige madalam gaasitarbimine on fikseeritud 2020 aasta augustis, kus kraadpäevade arv on ainult 35 ühikut. Siit saab järeldada, et antud ridaelamu kasutab gaasi lisaks küttele ka sooja tarbevee valmistamiseks. Suurim erinevus enne AMR ja AMR perioodi vahel on juulikuus, kus 2018 aastal edastati koguseks ainult 54 m<sup>3</sup> ja 2020 aasta juulis 389 m<sup>3</sup>. Juuli 2018 aasta tarbimise koguse põhjuseks võib arvata puhkuste perioodi, kus elanikud sõitsid kodust ära ning soojavee tarbimist peaaegu polnud. 2020 aasta juulis olid elanikud rohkem kodus seoses COVID-19 pandeemiaga ning seetõttu tarbiti ka rohkem gaasi sooja tarbevee valmistamiseks.

Tarbija 2.3 on lasteaed, kus 2018 aasta tarbimine oli 22 314,542 m<sup>3</sup> ja AMR perioodi aastane tarbimine 17 257,84 m<sup>3</sup>, mis teeb kahe perioodi erinevuseks 5 056,702 m<sup>3</sup>. Analüüsidest Tarbija 2.3 kahe erineva perioodi gaasitarbimist (joonis 5.12), siis on märgata suurt tarbimise langust 2020 aasta aprillikuus. Antud madala gaasitarbimise põhjuseks võib taas nimetada COVID-19 pandeemiat, mis algas 2020 aasta märtsis, peale mida pidid kõik inimesed olema kodus isolatsioonis. Seda võib pidada suure tõenäosusega antud perioodi madala gaasitarbimise põhjuseks.

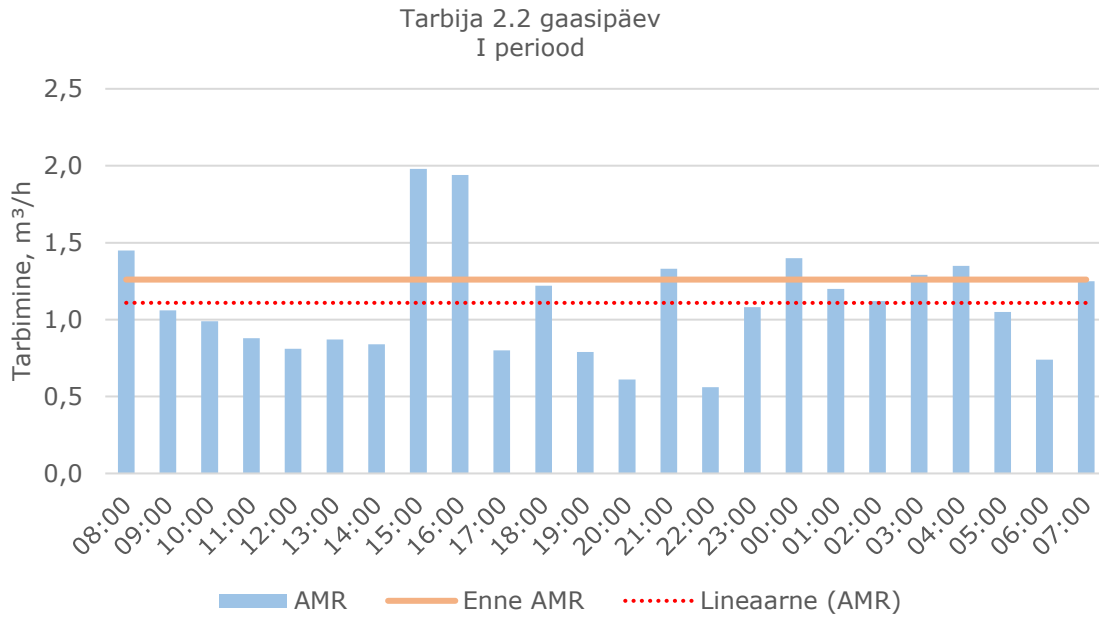


Joonis 5.12 Tarbija 2.3 aastane gaasitarbimine kuu lõikes

Lisaks on aasta esimese kuu gaasitarbimise erinevus suur võrreldes AMR perioodiga ja pole kooskõlas kraadpäevade arvuga. Veebruaris ja märtsis on enne AMR perioodil palju suurem gaasitarbimine kui AMR perioodil, kuid kraadpäevade erinevus kahe perioodi vahel ei ole nii suur. Nii tekibki kokkuvõttes 5 056,702 m<sup>3</sup> erinevuses kahe perioodi vahel.

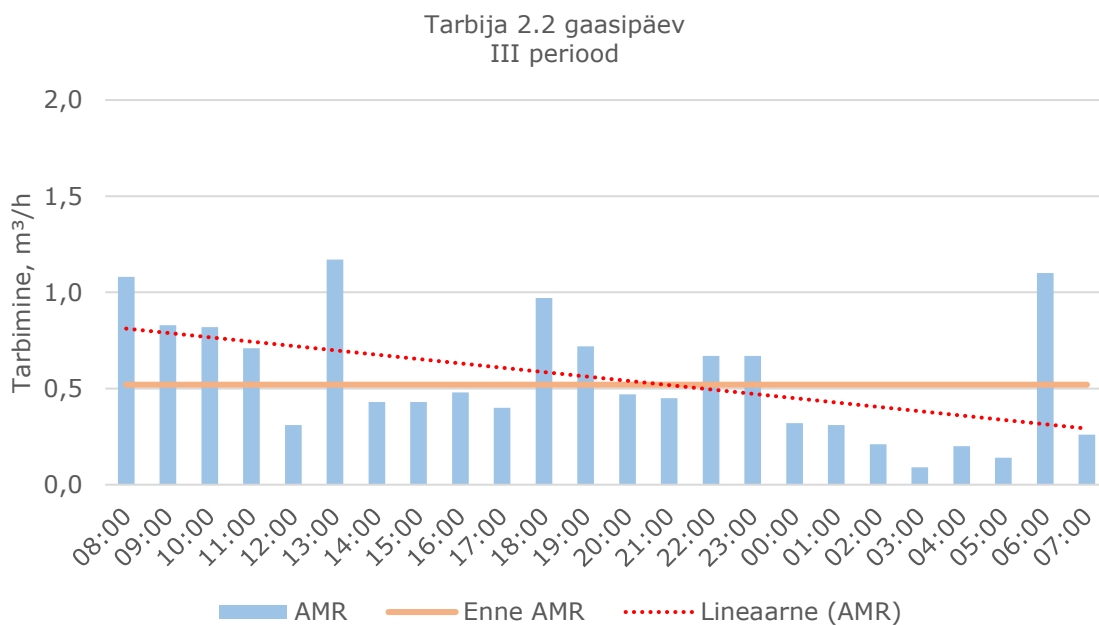
### 5.3.1 Tunnipõhine tarbimine

Jooniselt 5.11 selgus, et Tarbija 2.2 tarbib gaasi lisaks küttele ka sooja tarbevee valmistamiseks. Järgnevalt analüüsitakse Tarbija 2.2 tarbimist ka tunniste intervallidega selgitamiseks välja, kas graafikus ilmnevad mingid tarbimise iseärasused. Tarbija 2.1 ja Tarbija 2.3 tarbimisgraafikud asuvad lisades L5.3 ja L5.4.



Joonis 5.13 Tarbija 2.2 I perioodi gaasipäeva gaasi tarbimine

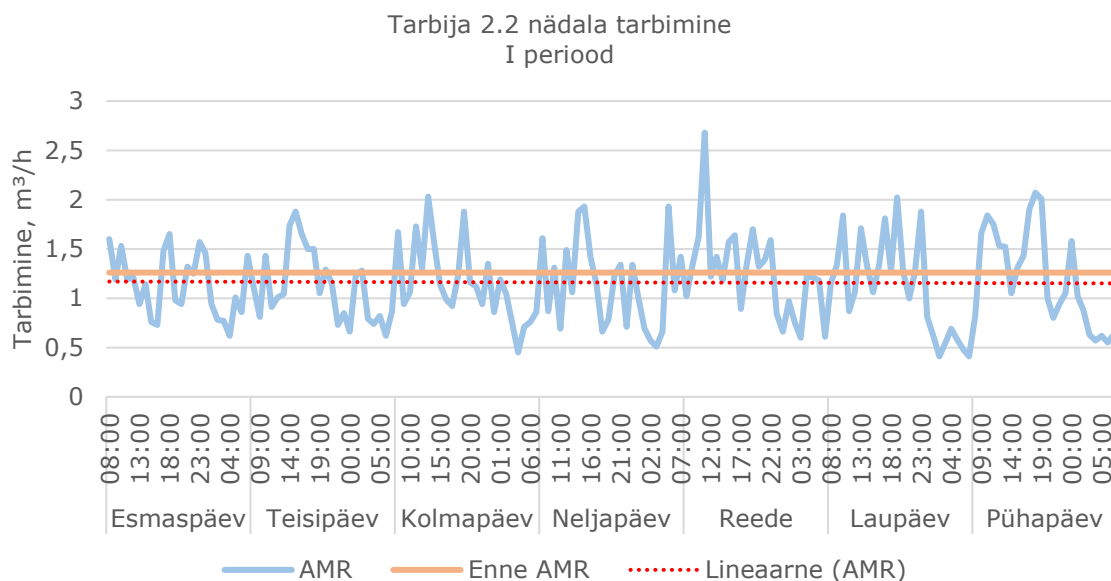
Tarbija 2.2 talvisel gaasipäeval suuremaid tarbimiste kõikumisi üles-alla pole (joonis 5.13). Gaasipäeva tarbimise suurim kogus on saavutatud kella 15:00 ja 16:00 ajal, mil tarbimine on küündinud peaaegu 2 m<sup>3</sup>/h.



Joonis 5.14 Tarbija 2.2 III perioodi gaasipäeva gaasi tarbimine

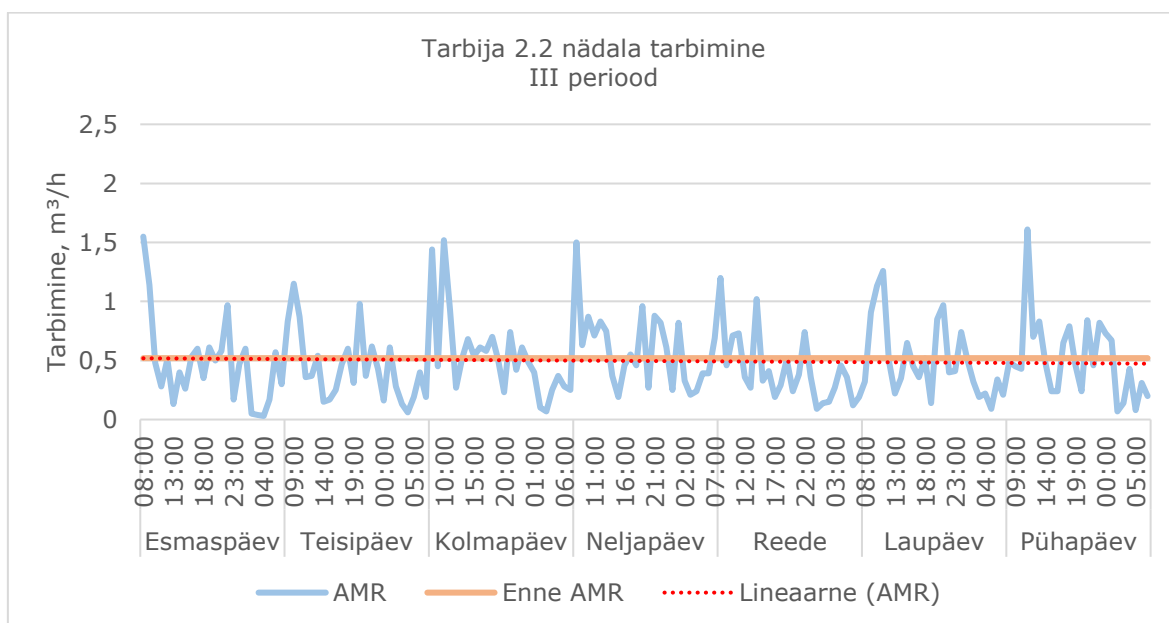
Tarbija 2.2 suvise perioodi gaasitarbimiselt (joonis 5.14) on märgata suuremaid tarbimiste erinevusi, kuna gaasi ei kulu küttele ning pigem suuremad tarbimised on tingitud sooja tarbevee valmistamiseks. Jooniselt 5.30 on märgata suuremaid tarbimisi

hommikul kell 06:00, 08:00 ajal, lõunasel perioodil kell 13:00 ja peale tööpäeva kella 18:00 ajal.



Joonis 5.15 Tarbija 2.2 I perioodi gaasitarbimise nädala graafik

Tarbija 2.2 esimese perioodi nädala graafikult (joonis 5.15) on näha suuremaid gaasi tarbimiste kõikumisi, kus tarbimine varieerub 0,45-2,68 m<sup>3</sup>/h vahel. Enne AMR perioodi võis Tarbija 2.2 arvutada tunni keskmiseks tarbimiskoguseks 1,26 m<sup>3</sup>/h terve kuu lõikes, kuid tegelikkus oleks olnud teistsugune.



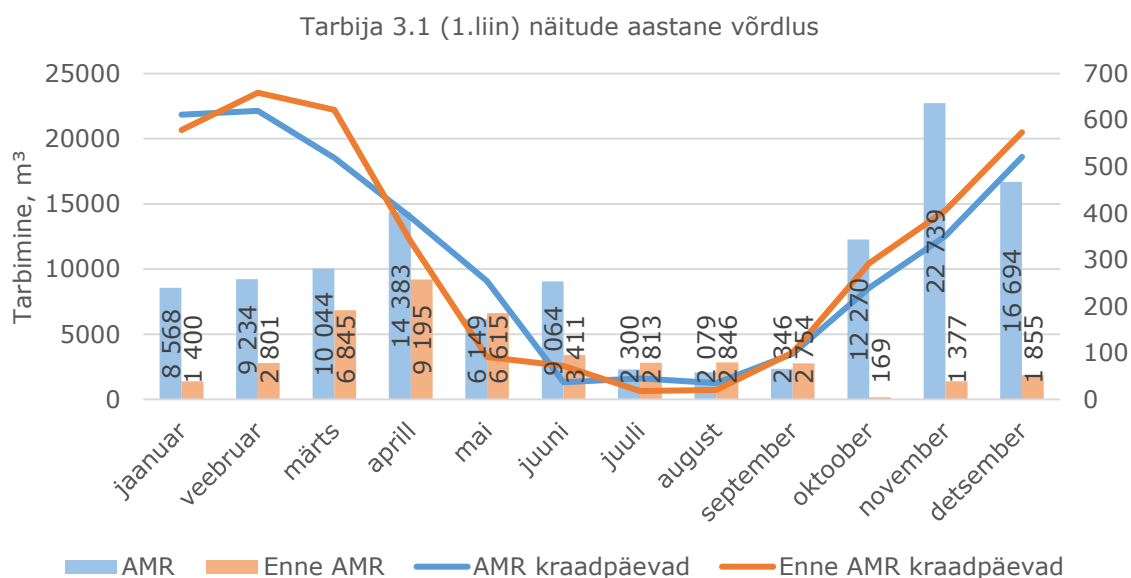
Joonis 5.16 Tarbija 2.2 III perioodi gaasitarbimise nädala graafik

Tarbija 2.2 suvise perioodi nädalaselt tarbimisgraafikult (joonis 5.16) on märgata kindlatel kellaaegadel tarbimise tõusu, mis ilmnes ka Tarbija 2.2 gaasipäeva tarbimise graafikust. Suurimad tarbimised on fikseeritud hommikul kella 08:00 ajal, millest saab järeldada tarbijate soojavee kasutamisest tingitud gaasi kasutamise tõusu.

## 5.4 Kuni 160 m<sup>3</sup>/h gaasi kasutusega tarbijad

Varasemalt enne kauglugemise süsteemi algust tuli enamikel äriklientidel ise gaasitarbimise näit edastada, kui just ei oldud kuidagi eraldi kokkulepet tehtud võrguettevõtjaga. Äriklientide puhul on tarbimiskogused juba palju suuremad, kui elamumajad ja kortermajadel ning seetõttu gaasinäidu teavitamise aeg määras kuu gaasitarbimise koguseid. Eriti suured erinevused tegelikkuse ja teavitatud näitude vahel võivad tulla nendel, kes kasutavad gaasi tootmisprotsessides.

Järgnevalt analüüsitakse Tarbija 3.1 gaasikoguseid enne AMR ja AMR perioodi vältel. Antud tarbija on betoonitehas ja tal on selleks kaks tootmisliini, mistõttu sai kunagi paigaldatud ka mõlemale liinile oma mõõtur koos leppekogusemõõturiga. See annab võimaluse nüüd jälgida mõlema kahe liini gaasitarbimist tunnise intervalliga, mis annab võimaluse Tarbijal ka paremaid pakkumisi tellijatele teha ja näha kui palju millegi tootmiseks gaasi kulub. Mõlema liini aastased tarbimisgraafikud on toodud välja joonisel 5.17 ja 5.18. Tarbija 3.1 tarbis 2018 aastal esimesel liinil kokku 42 081 m<sup>3</sup> ja teisel liinil 132 851 m<sup>3</sup>. AMR perioodi ajal tarbis Tarbija 3.1 vastupidiselt 2018 aastale. Esimesel toomisliinil tarbiti 115 869,036 m<sup>3</sup> ja teisel tootmisliinil 67 667,314 m<sup>3</sup>.

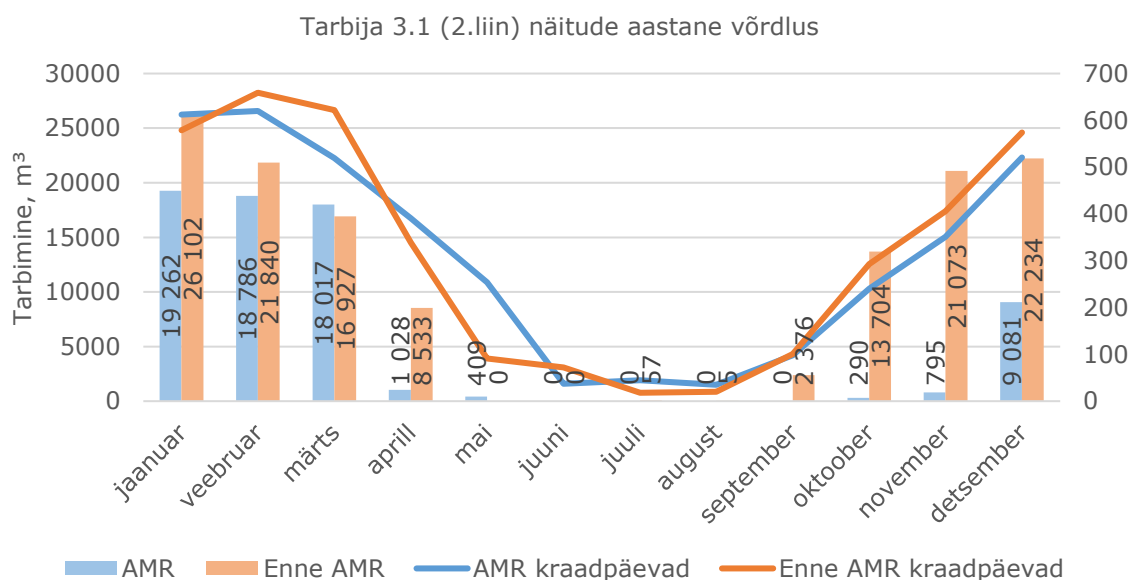


Joonis 5.17 Tarbija 3.1 1.liini aastane gaasitarbimine kuu lõikes



Tarbija 3.1 gaasikasutus on suunatud kahe katla tööle, mis on mõeldud betooniruumi küttele, et betoon kiiremini kuivaks ning kuuma vee tootmiseks, mida kasutatakse talvise välise kruusa ja liiva soojendamiseks, et sellest saaks valmistada betoonisegu. Esimene liin on kasutanud gaasi rohkem AMR perioodil ja teine liin rohkem just enne AMR perioodi. Analüüsidest antud tarbimise graafikuid saame järeldada, et gaasi kulub külmematel perioodidel rohkem kui soojematel. Antud gaasitarbimise mahud tunduvad siiski sõltuvat kraadpäevadest.

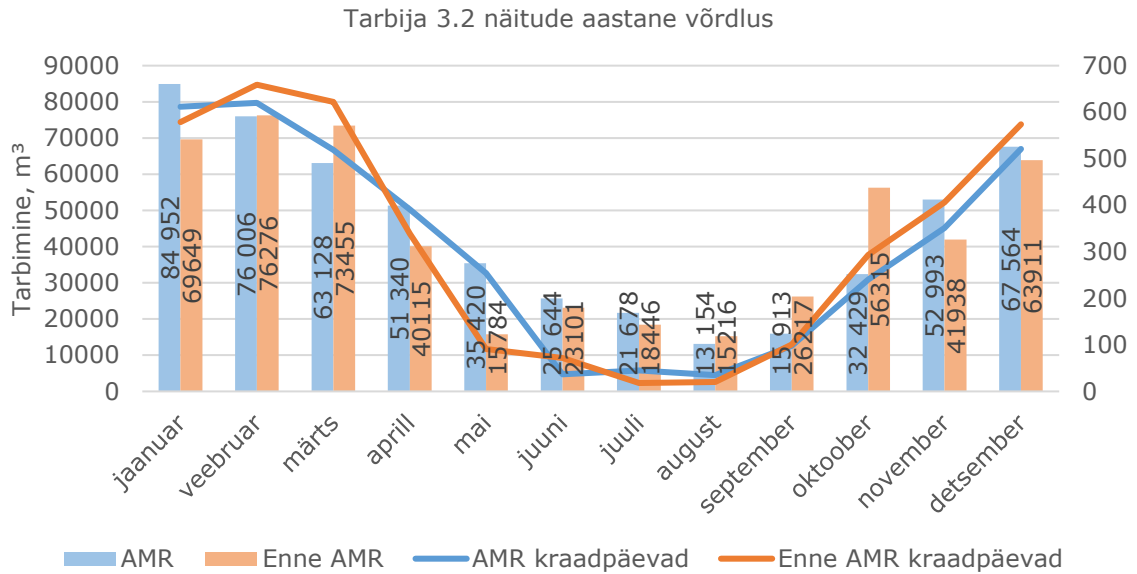
Täpsem info liinide otstarbe kohta puudub, kuid vaadates mõlema liini mõlema perioodi kogu tarbimist, siis liin 1 ja liin 2 on tarbinud 2018 aastal 174 932 m<sup>3</sup> ja AMR perioodil 183 536,35 m<sup>3</sup>. Tarbimise suurusjärk on suhteliselt sama ning koguste erinevused sõltuvad tellimuste arvust, mahust ning välisest temperatuurist.



Joonis 5.18 Tarbija 3.1 2.liini aastane gaasitarbimine kuu lõikes

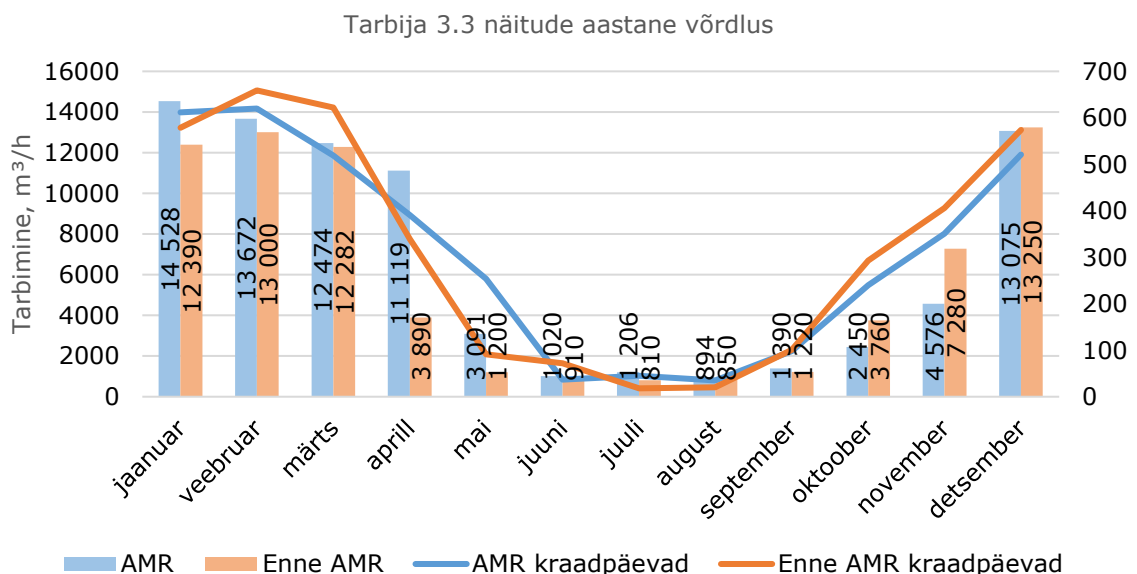
Teise Tarbija 3.2 gaasikasutus on toodud välja joonisel 5.19. Antud tarbija gaasikasutus sõltub suurelt just kraadpäevadest, kuna Tarbija 3.2 on linnukasvatusfarm. Lindudele on vaja tagada väga täpne kindel temperatuur, seega mida külmem periood, seda rohkem tarbitakse gaasi.

2018 aastal enne AMR perioodi tarbiti aasta peale kokku 520 423 m<sup>3</sup> ja AMR perioodil 540 221,178 m<sup>3</sup>. Arvestades aasta kraadpäevi, siis peaks iseenesest olema 2018 aasta tarbimine suurem, kui kahjuks ei ole teada tibude koguseid ja kas kõik ruumid vajasisid kütmist.



Joonis 5.19 Tarbija 3.2 aastane gaasitarbimine kuu lõikes

Tarbija 3.3 on suur laohoone, mis kasutab gaasi hoone kütteks. Hoone on küll mahult suurem, kui Tarbija 3.2, kuid hoone on uuem ehk eeldusel ka energiatõhusam ning kauba ladustamisel ei vaja nii kõrgeid temperatuure nagu lindude kasvatamisel linnufarmis. Lisaks ei pruugi olla kõik laoruumid köetavad.



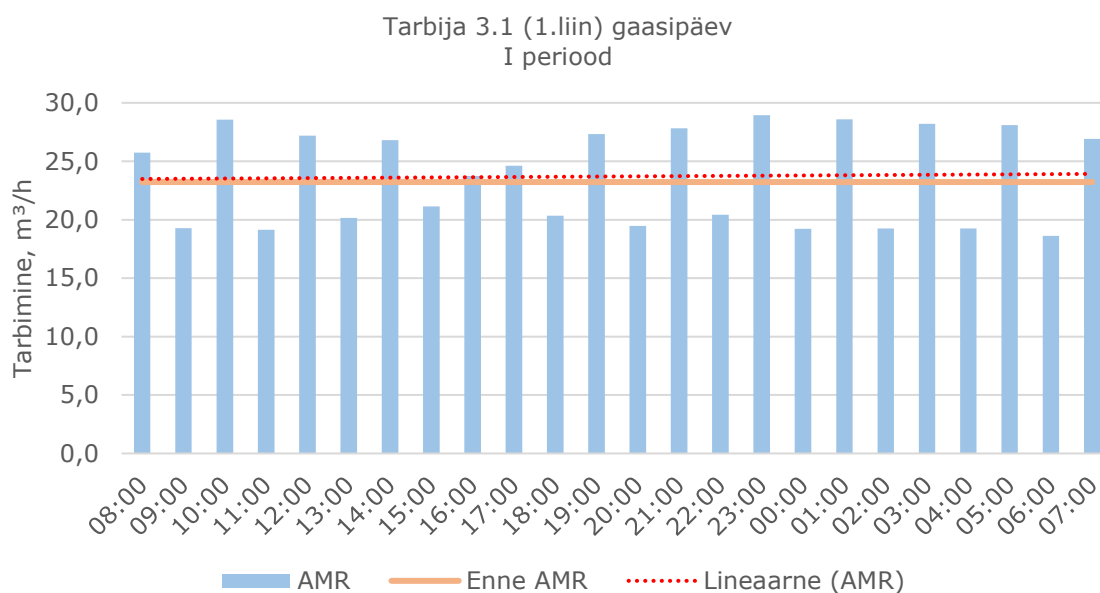
Joonis 5.20 Tarbija 3.3 aastane gaasitarbimine kuu lõikes

Tarbija 3.3 aastane graafik on toodud välja joonisel 5.20, kus on taas näha sõltuvust kraadpäevadest. Enne AMR perioodi tarbiti aasta peale kokku 70 842 m³ ja AMR perioodil 79 495,024 m³. Sarnaselt Tarbija 3.2 tarbimise ja kraadpäeva suhtele on ka

Tarbija 3.3 AMR perioodi tarbimine suurem kui enne AMR perioodi. Kraadpäevade järgi peaks olema vastupidine olukord, sest AMR periood oli kraadpäevade järgi soojem. Kõige suurem tarbimiskoguste erinevus esineb aprillikuu tarbimistes, kus AMR perioodil on fikseeritud kuu tarbimiseks 11 119,477 m<sup>3</sup> ja 2018 on klient teavitanud aprillikuu näiduks ainult 3890 m<sup>3</sup>.

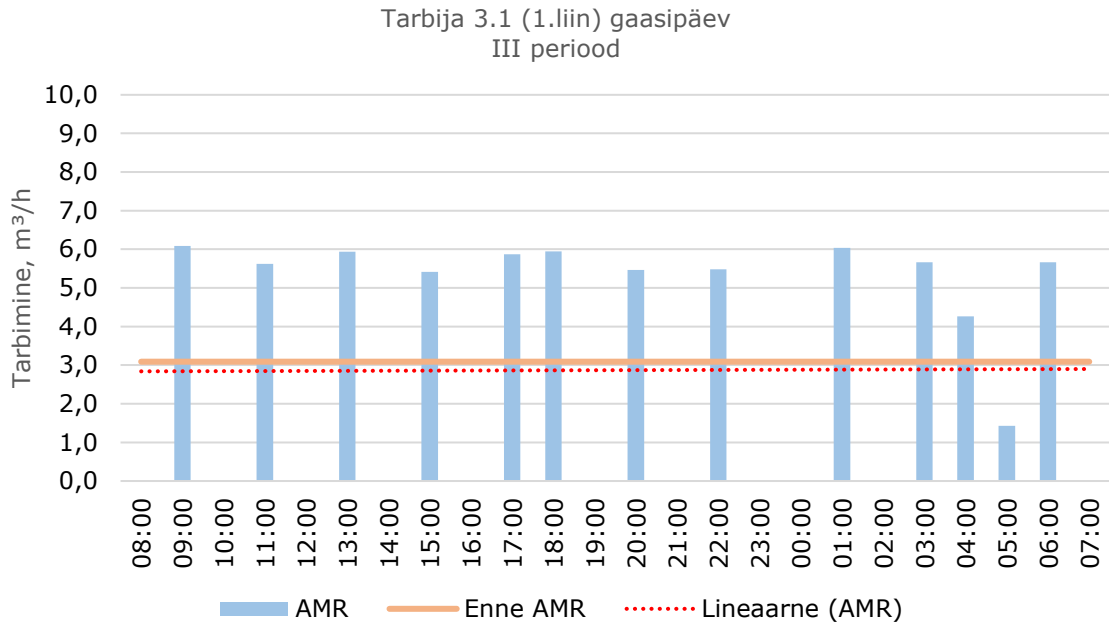
### 5.4.1 Tunnipõhine tarbimine

Tarbija 3.1 puhul oli tegemist betooni tootmisega. Järgmisena analüüsitakse mõlema liini tunnise intervalliga tarbimisgraafikuid, mis on toodud välja joonisel 5.21, 5.22, 5.23 ja 5.24 selgitamaks kas esineb mingeid tarbimismustreid antud perioodidel.



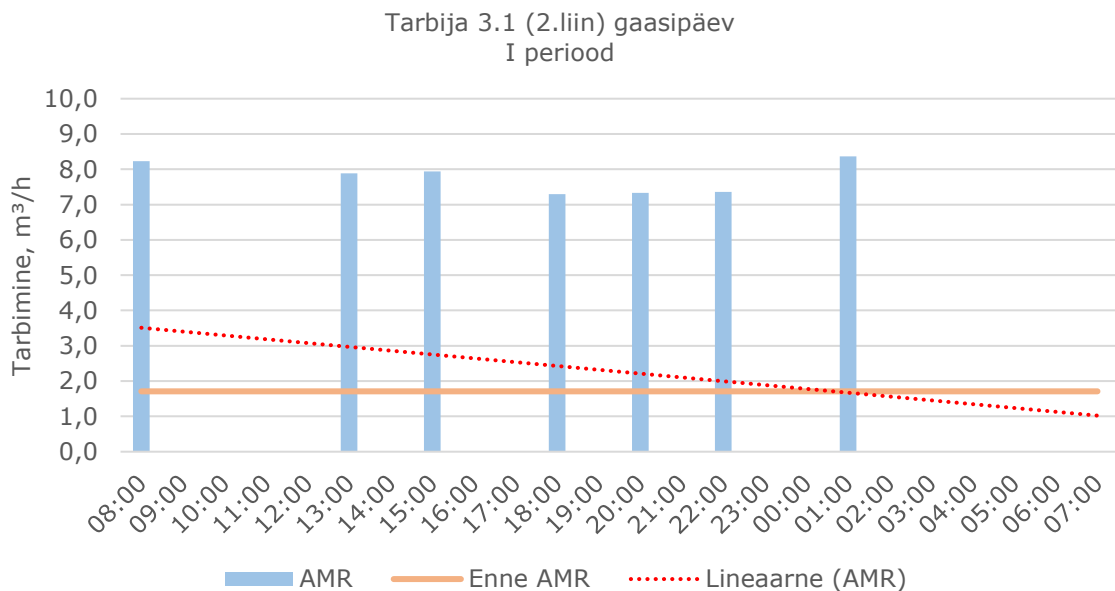
Joonis 5.21 Tarbija 3.1 1.liini I perioodi gaasipäev

Esimese liini talvise perioodi gaasipäevalt on näha tarbimise kõikumisi iga tunni tagant. Suuremad tarbimised ületavad 25 m<sup>3</sup>/h ja madalamad jäävad 20 m<sup>3</sup>/h või alla sellegi.



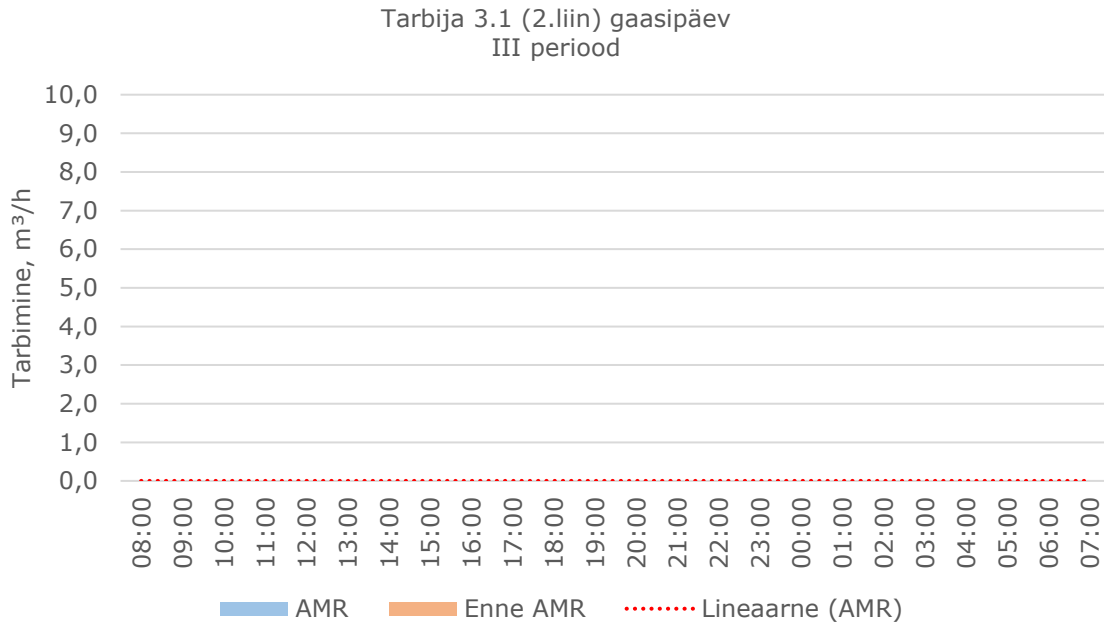
Joonis 5.22 Tarbija 3.1 1.liini III perioodi gaasipäev

Tarbija esimese liini suvisel perioodil toimub tarbimine sarnase mustriaga, kus tarbimine kõigub iga tunni tagant välja arvatud kella 17:00 ja 18:00 ning 03:00 ja 04:00 ajal, kus tarbimine püsib 2 tundi järjest. Tarbimise kõrgpunktid püsivad 5-6 m<sup>3</sup>/h piires. Suvisel perioodil madalamatel tarbimistel ei toimu üldse tarbimist.



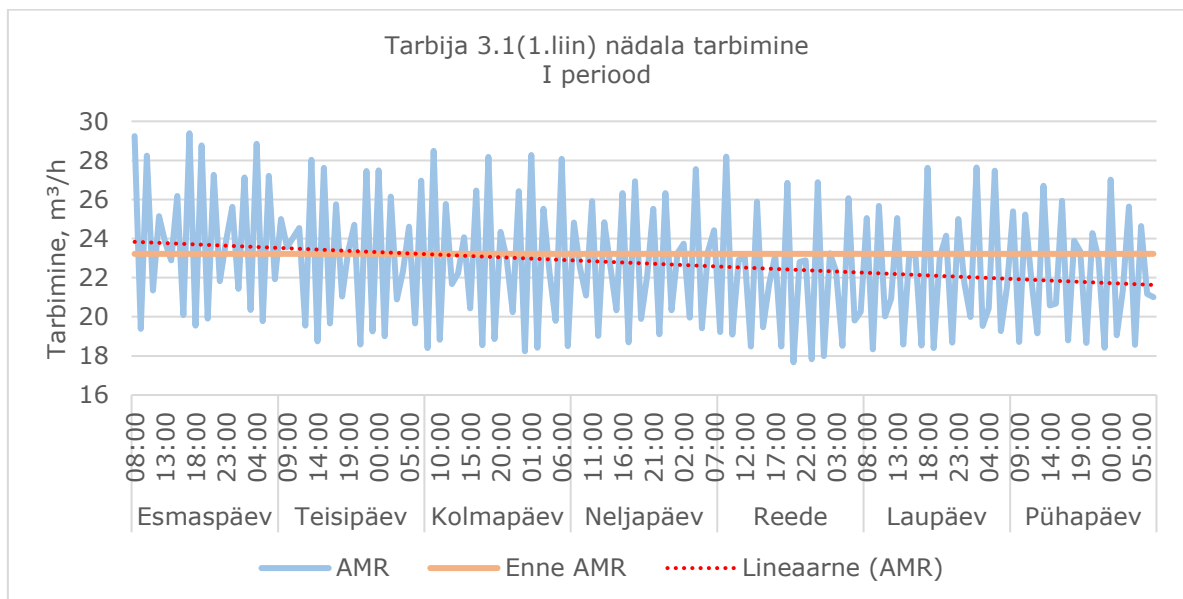
Joonis 5.23 Tarbija 3.1 2.liini I perioodi gaasipäev

Tarbija 3.2 teise liini külmal perioodil toimub tarbimine 24h jooksul kaootiliselt. Tarbimise ilmnemisel on tarbimise suurusjärk 7-8 m<sup>3</sup>/h, mida juhtub ööpäevase tarbimise puhul seitse korda. Ülejäänud aegadel tarbimist ei toimu.



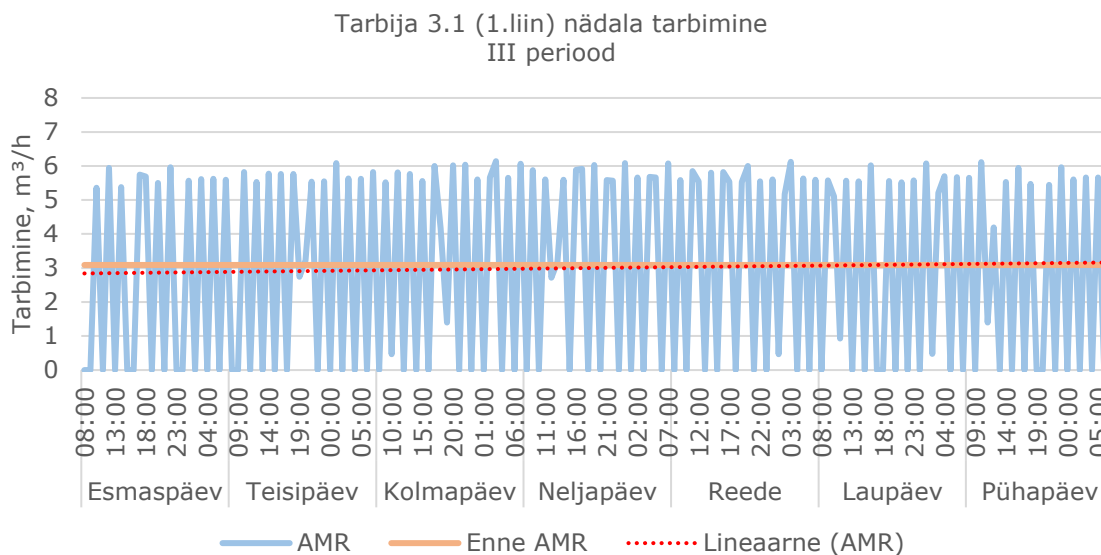
Joonis 5.24 Tarbija 3.1 2.liini III perioodi gaasipäev

Tarbija 3.1 teise liini suvisel perioodi välja valitud gaasipäeval tarbimist ei toimu (joonis 5.24).



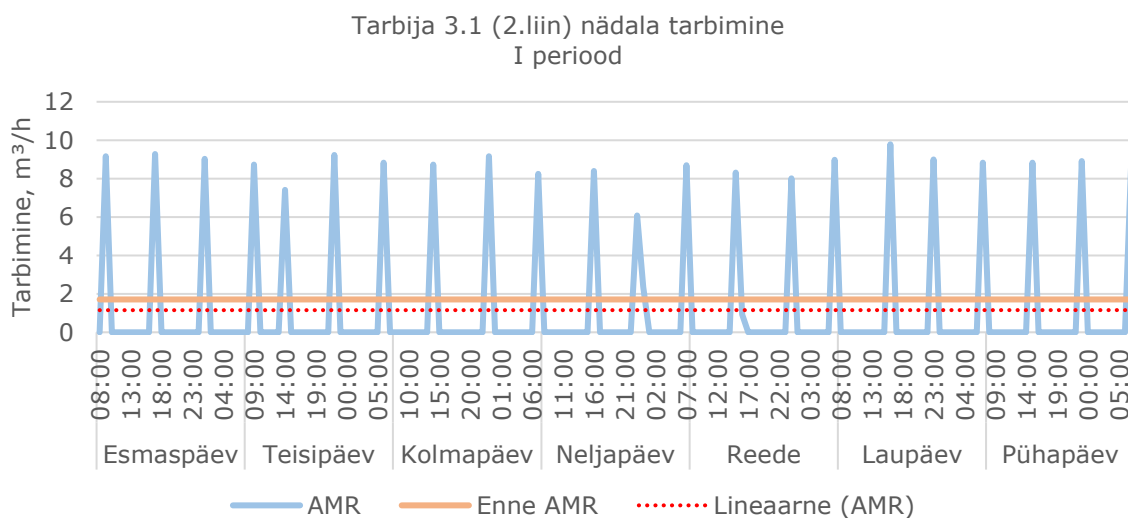
Joonis 5.25 Tarbija 3.1 1.liini I perioodi gaasitarbimise nädala graafik

Tarbija 3.1 esimese liini esimese perioodi graafikust, aga näeme suuremaid kõikumisi, kuid tarbimismuster on sarnane gaasipäeval ilmnenud mustriga (joonis 5.25). Varasemalt oli võimalik arvutada taas ainult päeva keskmine tarbimine tunnis, milleks oli 23,22 m<sup>3</sup>/h, kuid tegelik tarbimise varieerumine toimub 17,672 - 29,39 m<sup>3</sup>/h vahemikus antud analüüsitaval nädalal.



Joonis 5.26 Tarbija 3.1 1.liini III perioodi gaasitarbimise nädala graafik

Sarnaselt esimesele perioodile, on ka kolmandal perioodil teise liini tarbimine sarnase mustriga, kuid soojemate ilmade tõttu on tarbimise tegelik vahemik 0 - 6,119 m<sup>3</sup>/h piires (joonis 5.26). Varasemalt võis tarbija arvestada ainult keskmise tarbimisega, milleks oli 3,09 m<sup>3</sup>/h.



Joonis 5.27 Tarbija 3.1 2.liini I perioodi gaasitarbimise nädala graafik

Tarbija 3.1 teise liini tarbimisgraafikust (joonis 5.27) on näha kindlat tarbimismustrit, kuid gaasitarbimist ei esine kindlate intervallidega. Kui tarbimine on tunni vältel toimunud, siis selle tarbitud kogused on 6 - 10 m<sup>3</sup>/h ning peale tarbimise toimumist on gaasi tarbimine peatatud mitmeks tunniks, kuni taas siis toimub tarbimine tunni jooksul.



Joonis 5.28 Tarbija 3.1 2.liini III perioodi gaasitarbimise nädala graafik

Tarbija teise liini kolmandal perioodi nädala graafikul ei ilmnunud tarbimist (joonis 5.28).

Tarbija 3.2 ja 3.3 tarbimisandmete graafikud on esitatud lisades L5.5 ja L5.6.

## 5.5 Gaasivõrgu bilanss

Bilanss on bilansiperioodis bilansiportfelli sisenenud ja bilansiportfelist väljunud gaasi koguste tasakaal. Bilansi selgitamise eesmärk on selgitada mõõdetud tarnete alusel bilansihalduri bilansiportfelli tegelik bilanss ning selgitada selle alusel tema bilansiportfelli eabilanss. [41]

Enne kauglugemise süsteemi laekusid gaasitarbimise näidud 10 päeva vältel, mis suure tarbimise puhul võis tekitada suuri bilansi puudujääke. Võrguettevõtjal oli ka seetõttu raskem planeerida võrku gaasi osta. Kauglugemise perioodil peaks see mure olema lahendatud ja tarbimiskogused laekuvad õigeaegselt. Suureks kaugloetava süsteemi eeliseks on veel see, et tarbijad ei saa oma kogustega enam mängida, vaid süsteem edastab täpsed kogused.

Järgmisena analüüsitakse Võrgupiirkonna A gaasivõrgu bilanssi nii enne AMR perioodi kui ka AMR perioodil. Ajavahemikuks on võetud sama periood, mis võeti ka tarbijate analüüsis (joonis 5.2). Tabelis 5.3 ja 5.4 on välja toodud igakuised gaasivõrgu bilansid.

Tabel 5.3 AMR eelse perioodi Võrgupiirkonna A gaasivõrgu bilansitabel (2018.a)

Aeg	Müük / m <sup>3</sup>	Ost / m <sup>3</sup>	Bilanss / m <sup>3</sup>	Protsent / %
Jaanuar	792 507	801 829	-9 322	-1,18
Veebruar	896 867	907 416	-10 549	-1,18
Märts	850 808	860 815	-10 007	-1,18
Aprill	463 670	469 123	-5 453	-1,18
Mai	492 004	492 267	-263	-0,05
Juuni	239 950	232 585	7 365	3,07
Juuli	180 570	180 794	-224	-0,12
August	164 055	159 370	4 685	2,86
September	219 140	223 600	-4 460	-2,04
Oktoober	473 304	481 618	-8 314	-1,76
November	639 959	619 625	20 334	3,18
Detsember	783 557	820798	-37241	-4,75
Aasta	6 196 391	6 249 840	-53 449	-0,86

2018 aastal müüdi Võrgupiirkonnas A kokku 6 196 391 m<sup>3</sup> ning osteti sisse 6 249 840 m<sup>3</sup>. Sellel aastal müüdi gaasi rohkem kui osteti, mis tähendab, et aasta võrgubilanss on -53 449 m<sup>3</sup> ehk 0,86%.

Välja valitud AMR perioodi aastane gaasi müük on olnud 7 195 539,18 m<sup>3</sup> ja ost 7 231 595 m<sup>3</sup>. Sarnaselt 2018 bilansile, on ka selle perioodi aasta bilanss kokkuvõttes miinuses. Bilansi vahe on -36 056 m<sup>3</sup> ehk 0,50 %.

Tabel 5.4 AMR perioodi Võrgupiirkonna A gaasivõrgu bilansitabel (2020-2021)

Aeg	Müük / m <sup>3</sup>	Ost / m <sup>3</sup>	Bilanss / m <sup>3</sup>	Protsent / %
Jaanuar	969 131	965 503	3 628	0,37
Veebruar	940 758	942 159	-1 401	-0,15
Märts	831 362	832 773	-1 411	-0,17
Aprill	543 747	551 538	-7 791	-1,43
Mai	400 708	410 937	-10 229	-2,55
Juuni	330 785	323 692	7 093	2,14
Juuli	344 208	347 780	-3 572	-1,04
August	300 134	299 936	198	0,07
September	334 107	338 023	-3 916	-1,17
Oktoober	556 040	563 473	-7 433	-1,34
November	727 913	731 324	-3 411	-0,47
Detsember	916 646	924457	-7811	-0,85
Aasta	7 195 539,18	7 231 595	-36 056	-0,50



Tabelites esinevate kuude tarbimistelt on näha, et tarbimismahud on tunduvalt suuremad külmematel perioodidel. 2018 aasta kuude bilansist on märgata, suuremaid bilansi erinevusi, mis võibki olla põhjustatud erinevatel aegadel laekunud tarbimisandmetest, prognoosnäitudest ja edastatud valedest tarbimisandmetest.

Igakuiste väiksemate bilansierinevuste põhjusteks võivad olla mõõturite mõõtmisvead või lekked kuskil gaasipaigaldistes. Lekkeid kontrollitakse iga-aastases hooldusringkäikudes ja antud võrgu piirkonnas teostati lisaks hooldusringkäikudele ka 11.novembris 2020 korraline tehniline kontroll Inspecta Estonia OÜ poolt. Tehnilise kontrolli käigus tuvastatud kaks leket sai koheselt likvideeritud ning vaadates 2020 aasta detsembrikuu ja 2021 aasta esimese kolme kuu bilanssi, siis bilanss on protsentuaalselt paremaks läinud, kuid endiselt esinevad bilansi erinevused. Need saab liigitada mõõturite mõõtmisvigade alla.

Võrreldes kahte perioodi, siis on näha, et AMR perioodi aastane bilansimaht on suurenenud ligi miljoni kuupmeetri võrra võrreldes 2018 aasta bilansiga. Kui varasemalt oli bilansi puudujääk aastas 0,86%, siis AMR perioodil, mil mahud on suuremad, on bilansi puudujääk aastas langenud 0,5% peale.

## 5.6 Gaasiavarii

07. juulil 2020 aastal toimus Võrgupiirkonnas A gaasiavarii. B-kategooria gaasitorustiku lähedal toimusid kaevetööd, mille käigus vigastati magistraalitorustikku. Antud võrgus on B-kategooria gaasitorustiku tööõhk (OP) 4,0 bar. Gaasiavarii tõttu jäid paljud lõpptarbijad gaasita. Eriti mõjus antud gaasiavarii firmadele kelle tootmine sõltub gaasi olemasolust.

Gaasiavariid fikseeritakse alati gaasiavarii aktiga, kuhu märgitakse gaasiavarii kellaeg ning millal sulgeti gaas lähimast maakraanis või kummikiilsibril ja muud tähtsad detailid antud juhtunud olukorra kohta. Antud gaasiavarii toimus kell 10:15 ning lähima kummikiilsibril sulgemine toimus kell 10:55. Selle arvestuse järgi toimus gaasileke 40 minutit.

Varasemalt enne kaugloetava süsteemi olemasolu tehti gaasilekke arvutused arvutis valemi 5.1 järgi, kuid nüüd on võimalik näha gaasitarbimise muutusi ja tarbimisgraafikuid iga tunnise intervalliga. Antud gaasiavarii analüüs keskendub lekkinud gaasikoguste võrdlusele, et selgitada välja kui täpselt olid varasemad arvutused teostatud.

Gaasikao arvutus on firma sisene inseneri praktilal põhinev koostatud arvutus. Gaasikao arvutuse valem [42] on:

$$Q = t * \pi * \varphi * r^2 * \sqrt{\frac{2 * g * P}{\gamma}} \quad (5.1)$$

kus  $Q$  – gaasikulu tunnis,  $m^3/h$ ;

$t$ - ajakulu 1h, s;

$\pi$  - Archimedese konstant;

$\varphi$  - kiirusetegur, mis arvestab avas tekkinud kohttakistusest tingitud kiiruse kadu, m/s;

$r$  - toru raadius, m;

$g$  - raskuskiirendus, N/kg;

$P$  – gaasi tööõhk, mmH<sub>2</sub>O;

$\gamma$  – gaasi tihedus kg/m<sup>3</sup>.

Varasemalt on meil teada juba  $\pi$ , milleks on 3,14159. Lisaks on teada meil  $\varphi$ , mille väärtuseks on 0,63 m/s. Raskuskiirenduseks  $g$  on meil 9,81 N/kg. Gaasikulu  $Q$  on tunni jooksul kulunud gaasihulk, seega  $t = 3\,600$  sekundit. Teised andmed valemis on pidevas muutumises ning need määratakse gaasiavarii akti koostamise hetkel. Antud gaasiavarii toimus B-kategooria gaasipaigaldisega, mille tööõhuks  $P$  on 4,0 bar. See teisendatakse ümber mmH<sub>2</sub>O ühikusse, mis tähendab, et  $P$  väärtus valemis on 40 789,65 mmH<sub>2</sub>O, kuna 1 bar = 10 197,162129779 mmH<sub>2</sub>O. Toru raadiuseks on kohapeal tekitatud vigastatud koha suurus, mis mõõdetakse mõõtelindiga ja fikseeritakse koha peal aktis. Antud gaasiavarii ava raadiuseks on 0,035 m. Viimaseks määravaks ühikuks on gaasi tihedus  $\gamma$ , mis võetakse igakuiselt maagaasi kvaliteeditunnistuselt. Antud avarii toimus juulis 2020 aastal, siis valitakse vastava kuu kvaliteeditunnistus. Juulis 2020 aastal oli  $\gamma$  väärtus 0,6999 kg/m<sup>3</sup> [43]. Nüüd, kui väärtused valemis on olemas, lisame need valemisse:

$$Q = 3\,600 * 3,14159 * 0,63 * 0,035^2 * \sqrt{\frac{2 * 9,81 * 40\,789,65}{0,6999}}$$

Saame väärtuse  $Q$ , milleks on 2 330,30 m<sup>3</sup>/h.

Gaasiavarii aktil fikseeriti gaasiavarii aeg 10:15 ning kummikiilsiiibri sulgemise aeg 10:55, mis teeb gaasilekke ajaks 40 minutit. Meil on eelnevalt leitud gaasikulu tunnis, seega saame nüüd leida gaasikulu 40 minuti jooksul. Selleks teisendame 40 minutit

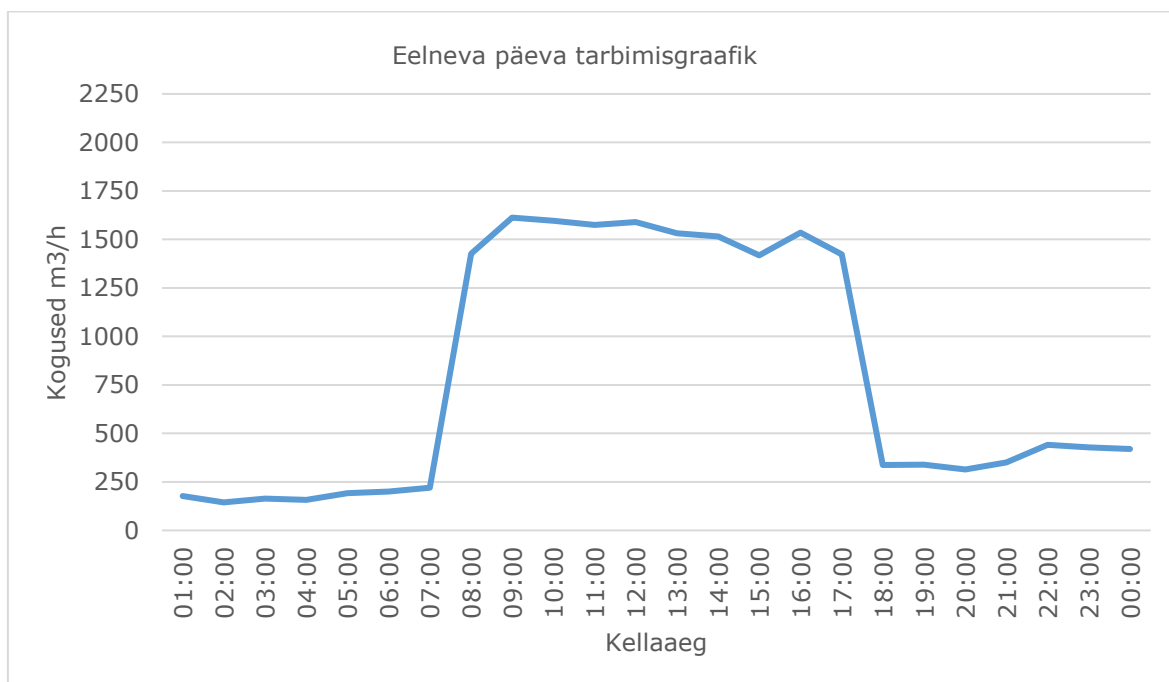
arvuks, mille arvuliseks väärtuseks saab olema 0,67. Viimaks leiame siis lekkinud gaasi koguse :

$$Q_{kulu\ aja\ jooksul} = 2\ 330,30 * 0,67$$

Korrutamise järel saame vastuseks, et  $Q_{kulu\ aja\ jooksul} = 1\ 563,31\ m^3$ .

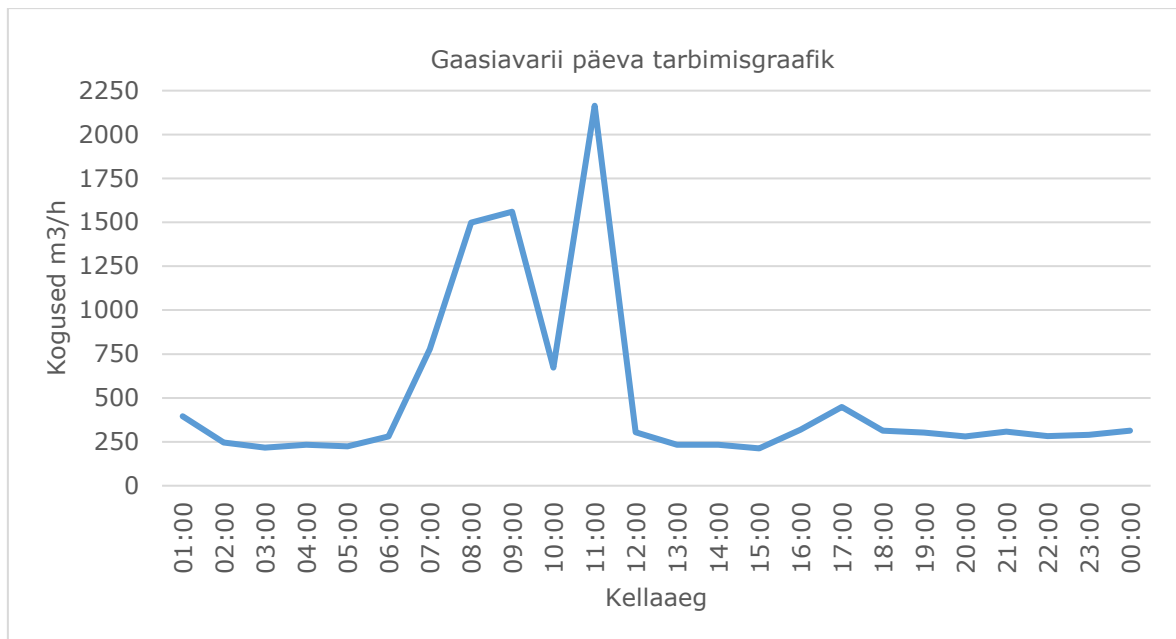
Õnneks oli paigaldatud juba varasemalt antud võrgupiirkonna gaasijaotuskappi kaugloetav mõõtur koos leppekoguse mõõturiga, mille tõttu oli võimalik gaasitarbimisi jälgida tunni põhiselt ka antud päeval.

Esmalt analüüsib töö autor gaasiavariile eelneva päeva tarbimist, mis on välja toodud joonisel 5.53. Sealt saab järeldada, et antud võrgupiirkonna tavapärase tarbimine on 150-400 m<sup>3</sup>/h, kuid tööpäeval peale kella 07:00 toimub suur tarbimise tõus. Tarbimine tõuseb 1 420 m<sup>3</sup>/h ja püsib 1 420 – 1 610 m<sup>3</sup>/h vahemikus kuni kella 17:00. Peale seda langeb tarbimine tavapärasele tarbimisvahemikule. Antud võrgupiirkonnas on palju ärikliente, kes kasutavad gaasi tööstuslikult, millest võib just olla antud kellavahemikul tingitud suur gaasitarbimine.



Joonis 5.53 Gaasiavariile eelneva päeva gaasitarbimise graafik.

Teisena analüüsib töö autor gaasiavarii päeva tarbimisgraafikut, mis on toodud välja joonisel 5.54.



Joonis 5.54 Gaasiavarii päeva gaasitarbimise graafik

Sarnaselt gaasiavariile eelnevale päevale on ka gaasiavarii päeval tavapärane tarbimine madalam, kuni kella 07:00, kus toimub taas gaasitarbimise tõus. Tavapärane tarbimine jääb vahemikku 200-450 m<sup>3</sup>/h. Gaasiavarii päeval toimub gaasitarne tõus taas 1 500 m<sup>3</sup>/h juurde, kuid peale kella 09:00 toimus järsk langus 672 m<sup>3</sup>/h. Selle põhjuseks võib arvata, et kaevetööde piirkonna ärikliente oli varasemalt teavitatud antud päeval teostavatest keerulistest kaevetöödest ning eeldatavasti ärikliendid ei planeerinud sellele päevale suuremaid töid.

Kell 10:00 on toimunud taas suur tarbimise tõus kuni 2 163 m<sup>3</sup>/h, mis kestis kella 11:00 ning seejärel kell 12:00 langes kuni 383 m<sup>3</sup>/h. Gaasiavarii toimus kella 10:00 – 11:00 vahemikus. Lähtudes välja võetud tarbimisandmete igatunnistest kogustest gaasiavarii päeval, saadakse gaasilekke koguseks antud kellaaja vahemikus 1 491,39 m<sup>3</sup>/h.

Varem arvatatud gaasilekke koguse ja kaugloetavast gaasimõõturist saadud koguste vaheks on 71,92 m<sup>3</sup>/h. Sellest saab järeldada, et varem arvatatud tulemused on olnud päris täpsed ja jäävad tegelikult lekkinud gaasi suurusjärku. Antud erinevus võib tulla fikseeritud aja täpsusest ning mõõdetud lekkekoha suurusel. Need faktorid mängivad 4,0 bar töö rõhu juures suurt rolli.

## KOKKUVÕTE

Antud magistri uurimustöö eesmärgiks oli analüüsida kaugloetavate gaasiarvestite rakendamise mõju tarbimisele, võrgupiirkonna bilansile ja gaasiavarii ajal lekkinud gaasikogustele. Analüüsi käigus võrreldi omavahel tarbijate varasemalt edastatud kuu gaasitarbimise näite ja kaugloetava süsteemi fikseeritud andmeid. Lisaks eelnimetatule analüüsis töö autor tarbijate gaasitarbimiste andmeid 24 tunni ja nädala jooksul vaatlemaks lähemalt nende gaasikoguseid igatunniselt.

Käesoleva aasta 1. jaanuari seisuga on Eestis kohustuslik gaasivõrgu ettevõtjal rakendada tarbijatele kaugloetavad gaasiarvestid. Andmeanalüüsitava võrgupiirkonna 2300 kliendi hulgast võrreldavad andmed on saadavad ainult üheksa kliendi kohta, kellel on piisavalt tarbimisandmeid laekunud nii enne kauglugemise süsteemi rakendamist kui ka kauglugemise süsteemi ajal.

Gaasitarbimiste andmete analüüsi teostamiseks on kogutud väljavalitud tarbijate igakuised tarbimiskogused ning talvise ja suvise perioodi tarbimisandmed tunnise intervalliga. Analüüsimiseks väljavalitud perioodid olid kooskõlas kraadpäevadega, mille erinevused ei ületanud 5%.

Uurimustöö analüüsi tulemuste käigus selgus, et mõningad tarbijad oleks pidanud teatud kraadpäevadel tarbima tunduvalt rohkem gaasi, kui varasemalt edastati. Analüüsi käigus ilmnis, et kulude optimeerimiseks edastati külmematel perioodidel väiksemaid gaasitarbimise näite ja soojemal perioodil suuremaid. Võrgubilansi analüüsist tuli välja, et tarbimismahtude suurenemisel on gaasivõrgu bilans paranenud. Väiksemal määral esines küll bilansi erinevusi, kuid need võivad olla tingitud arvestite mõõtmisvigadest. Gaasiavarii gaasilekke arvutuste ja kaugloetava mõõturi gaasitarbimise raporti võrdlusest selgus, et varasemalt arvatud meetodi puhul leitavad lekkinud gaasikogused on samas suurusjärgus kaugloetavast mõõturist saadud kogustega. Kahe tulemuse erinevuseks võib lugeda mõõdetud lekkekoha mõõtmete täpsust ning fikseeritud lekkinud gaasi ajavahemikku.

Uurimustöö käigus ilmnunud tulemuste alusel võib järeldada, et kaugloetavate gaasiarvestite rakendamisel on tarbijatel parem ülevaade oma gaasi tarbimisest ning sellest tulenevalt saavad tarbijad planeerida oma gaasi kasutust efektiivsemalt ja ökonoomsemalt. Samuti on gaasivõrgu ettevõtetal seetõttu täpsemad gaasitarbimise bilansid ning gaasimüüjatel on võimalus teha tõhusamaid gaasimüügi pakkumisi, mis mõjutavad positiivselt tarbijaid. Õigeaegsete ja täpsete tarbimisandmete laekumise

tulemusena peaks gaasimüüjate ja võrguettevõtjate võimalik tarbimiskogustest tekkinud rahaline negatiivne mõju olema minimaalne.

Arvestades sellega, et käesoleva uurimustöö objektiks oli ainult 9 tarbijat 2300 kliendist kelle kohta kättesaadavad andmed võimaldavad tarbimise võrdlemist ja analüüsi, soovitab antud uurimustöö autor jätkata uurimist kaugloetavate gaasiarvestite rakendamise mõju tarbimisele ja gaasikoguste maksumusele suurima valimiga, mis peaks olema kättesaadav järgmisest aastast.

## SUMMARY

The objective of this master's thesis was to analyse remote-readable gas meters' influence on the accuracy of reported consumption by customers, network area balance and determining the amount of gas leaked during gas accidents. During the analysis consumer's previously forwarded gas consumption readings were compared with data from remote-readable systems on months with similar number of degree days. In addition the author analysed consumers gas expenditure during 24 hours and a week looking at hourly gas consumption.

As of this year January 1st it is mandatory for gas network providers in Estonia to employ remote-readable gas meters for consumers. Out of the 2300 customers, for the gas network that the paper analysed, only 9 were selected with enough data from before and after the installation of the remote-readable gas meters.

For analysing gas consumption, data was collected from selected clients during winter and summer periods with an hourly interval. The range of period that was analysed was in accordance with degree days where the difference in temperature did not exceed 5%.

During the analysis it was discovered that quite a few consumers should have had much higher gas consumption on certain degree days than they previously had stated. It also became apparent during the analysis that to optimize costs during colder periods clients would report lower gas usage and during warmer periods higher. From network balance examination it was seen that with the increase of volume in gas consumption the gas network balance improved. To a lesser degree there were balance differences but those might have been caused by measurement errors. Looking at gas accident leak calculations and remote-readable meters' gas consumption reports during gas accidents, both results were with in the same order of magnitude. The difference in results could be attributed to the gas leak rupture measurement accuracy and the fixated time period of the gas leak.

From the results it can be concluded that remote-readable gas meters give a better overview of gas consumption to consumers using which they can make their gas usage more efficient and economical. Also these meters give gas network providers more preciser gas usage statements and gas sellers the opportunity to give more accurate gas prices. Due to timely and accurate gas expenditure data gas and gas network providers should receive minimal financial impact from possible gas consumption related issues.

Owing to the fact that, the current thesis only looked at 9 consumers out of 2300, whose data could be used for more consumption comparisons and analysis, the author of this thesis recommends further research into remote-readable gas meters' influence on gas usage and volume prices using a larger sample size, which should be available next year.



## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

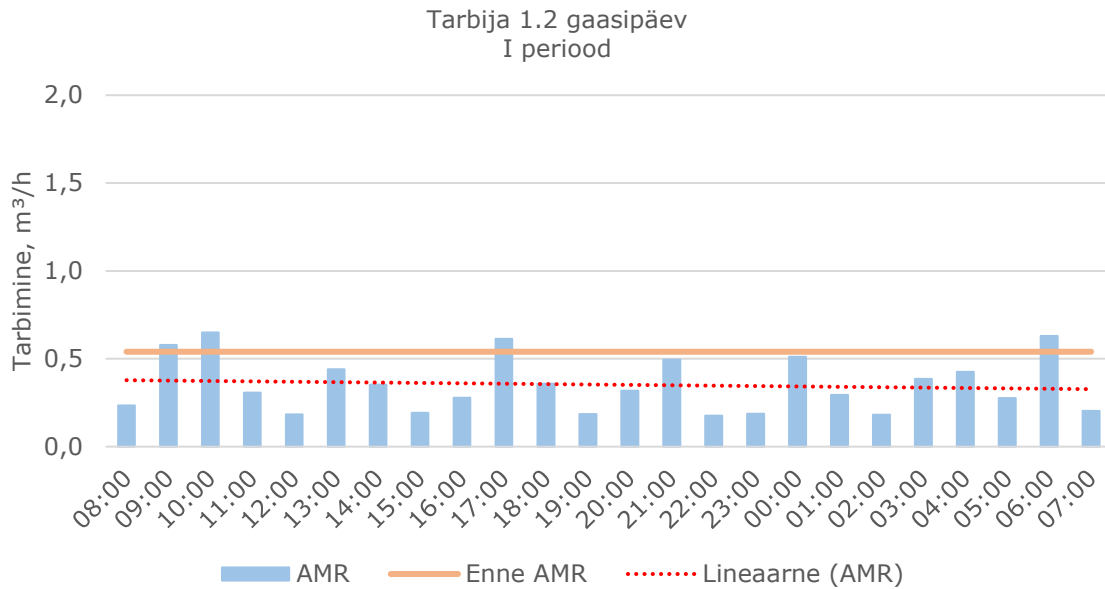
- [1] L. Velsker, „www.majandus.postimees.ee,” AS Postimees Grupp, 30 11 2012. [Võrgumaterjal]. Available: <https://majandus.postimees.ee/1058028/eesti-asjatundjad-kaugloetavaid-arvesteid-pole-pohjust-suudistada>. [Kasutatud 18 02 2021].
- [2] G. M. OÜ, „Reede hommikul on elekter ülikallis, hinnad ulatuvad üle 200 euro megavatt-tunnist,” *Geenius*, 2021.
- [3] Maaleht, „www.maaleht.delfi.ee,” *Maaleht*, 13 11 2019.
- [4] Majandusminister, „www.riigiteataja.ee,” Riigikantselei; Justiitsministeerium, 26 06 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/129122020033>. [Kasutatud 30 03 2021].
- [5] E. Komisjon, „ec.europa.eu,” 25 09 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/3/2019/ET/C-2019-6631-F1-ET-ANNEX-1-PART-1.PDF>. [Kasutatud 25 03 2021].
- [6] E. P. J. E. L. NÕUKOGU, „eur-lex.europa.eu,” 21 12 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2002&from=EN>. [Kasutatud 25 03 2021].
- [7] O. Tüksammel, „www.city24.ee,” Baltic Classifieds Group, 07 05 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.city24.ee/et/kinnisvarauudised/14720/arvestite-kauglugemine-muutub-kohustuslikuks-igas-korteris>. [Kasutatud 01 04 2021].
- [8] M.-. j. taristuminister, „www.riigiteataja.ee,” 26 06 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/126062019011>. [Kasutatud 02 04 2021].
- [9] Riigikogu, „www.riigiteataja.ee,” 01 07 2003. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/131122020003>. [Kasutatud 01 04 2021].
- [10] A. Krjukov, „Tulevaks aastaks tuleb gaasiarvestid välja vahetada,” *Eesti Rahvusringhääling*, 2019.
- [11] A. E. AS, „www.adven.com,” 25 09 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://adven.com/ee/uudised/gaasiarvestid-muutuvad-kaugloetavaks-ja-voimaldavad-tarbimist-jalgida-tagantjarele-tunnipohiselt/>. [Kasutatud 11 04 2021].
- [12] B. Insight, „www.berginsight.com,” 12 01 2014. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.berginsight.com/reportpdf/productsheet/bi-sm10-ps.pdf>. [Kasutatud 13 04 2021].
- [13] N. A. Systems, „www.nasys.no,” Nordic Automation Systems, 28 09 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.nasys.no/nas-introduces-smart-gas-meter-module-to-meet-the-european-2020-directive/>. [Kasutatud 13 04 2021].
- [14] B. Insight, „www.berginsight.com,” 19 10 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.berginsight.com/ReportPDF/ProductSheet/bi-sm13-ps.pdf>. [Kasutatud 14 04 2021].
- [15] B. Insight, „www.berginsight.com,” 10 06 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.berginsight.com/ReportPDF/ProductSheet/bi-sm15-ps.pdf>. [Kasutatud 14 04 2021].
- [16] Geovap, „www.ave-system.com,” Geovap, 28 03 2019. [Online]. Available: <https://www.ave-system.com/en/newsandevents/ave-communicates-with-smart-gas-meters>. [Accessed 11 04 2021].
- [17] H. International, „www.elster-instromet.com,” Honeywell International Inc, 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.elster->

- instromet.com/en/product-details/1292/en/THEMIS-UNO\_EI6\_(GSM\_GPRS\_or\_NBIOT)?fid=F032EA0A896F40B486350FF21BE30E5E#sbox0=;. [Kasutatud 19 04 2021].
- [18] Elster GmbH, „<https://docuthek.kromschroeder.com/>,“ 01 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://docuthek.kromschroeder.com/documents/index.php?folder=400041&language=de&menuid=29&selclass=&sellang=&topmenu=0>. [Kasutatud 19 04 2021].
- [19] FIE Radtšenko, „магазин-счетчиков.рф“, 2020-2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://магазин-счетчиков.рф/magazin/product/schetchik-gaza-bk-g4ete-elster#shop2-tabs-10>. [Kasutatud 20 04 2021].
- [20] FIE Radtšenko, „магазин-счетчиков.рф“, 2020-2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://xn----7sbajcomiunrr2bq2fc.xn--p1ai/magazin/product/schetchik-gaza-bk-g6ete-elster#shop2-tabs-2>. [Kasutatud 20 04 2021].
- [21] H. I. Inc, „[www.elster-instromet.com](http://www.elster-instromet.com),“ Honeywell International Inc, 2021. [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.elster-instromet.com/en/product-details/1175/en/themis-log?fid=F032EA0A896F40B486350FF21BE30E5E#sbox0=](https://www.elster-instromet.com/en/product-details/1175/en/themis-log?fid=F032EA0A896F40B486350FF21BE30E5E#sbox0=;);. [Kasutatud 19 04 2021].
- [22] E. GmbH, Betriebsanleitung Balgengaszähler BK-G1,6 bis BK-G25, Saksamaa: Elster GmbH, 2017.
- [23] Elster Handel GmbH, „[www.solennisflowmeters.com](http://www.solennisflowmeters.com),“ 21 03 2017. [Võrgumaterjal]. Available: [http://www.solennisflowmeters.com/solennis\\_sl116\\_elster\\_rvg\\_gas\\_meter.htm](http://www.solennisflowmeters.com/solennis_sl116_elster_rvg_gas_meter.htm). [Kasutatud 21 04 2021].
- [24] Honeywell, „[www.honeywellprocess.com](http://www.honeywellprocess.com),“ 06 2016. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.honeywellprocess.com/library/marketing/tech-specs/Elster-Rotary-Gas-Meter-Datasheet.pdf>. [Kasutatud 21 04 2021].
- [25] Elster, „[www.elster-instromet.com](http://www.elster-instromet.com),“ 09 2014. [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.elster-instromet.com/assets/downloads/EI\\_SupplyProgram\\_2014\\_09.pdf](https://www.elster-instromet.com/assets/downloads/EI_SupplyProgram_2014_09.pdf). [Kasutatud 19 04 2021].
- [26] A. E. AS, „[www.adven.com](http://www.adven.com),“ 2019. [Võrgumaterjal]. Available: [https://adven.com/app/uploads/2020/10/ADVEN\\_EESTI\\_AS\\_MAAGAASI\\_VORGULEPINGU\\_TUUPTINGIMUSED\\_2019.pdf](https://adven.com/app/uploads/2020/10/ADVEN_EESTI_AS_MAAGAASI_VORGULEPINGU_TUUPTINGIMUSED_2019.pdf). [Kasutatud 06 04 2021].
- [27] E. AS, „[www.elering.ee](http://www.elering.ee),“ Elering AS, [Võrgumaterjal]. Available: <https://elering.ee/gaasituru-kasiraamat/3-vorgugaasi-mootmine/33-mootetingimustes-gaasikoguse-mahu-mootmine/331>. [Kasutatud 14 04 2021].
- [28] FERRARI SRL, „[www.ferrariwelcome.it](http://www.ferrariwelcome.it),“ FERRARI SRL, 01 09 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://ferrariwelcome.it/prodotti/010921.html>. [Kasutatud 20 04 2021].
- [29] E. GmbH, „<http://www.elster.vn>,“ -. [Online]. [Accessed 21 04 2021].
- [30] DMS Ltd, „[www.dmsltd.com](http://www.dmsltd.com),“ 2016-2021. [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.dmsltd.com/p\\_126\\_elster-rabo-rotary-gas-meter](https://www.dmsltd.com/p_126_elster-rabo-rotary-gas-meter). [Kasutatud 21 04 2021].
- [31] Elster GmbH, „<https://docuthek.kromschroeder.com>,“ 02 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://docuthek.kromschroeder.com/documents/index.php?folder=401127&language=de&menuid=29&selclass=&sellang=&topmenu=0>. [Kasutatud 21 04 2021].
- [32] Honeywell International Inc, „[www.elster-instromet.com](http://www.elster-instromet.com),“ 2021. [Võrgumaterjal]. Available: [https://www.elster-instromet.com/en/product-details/303/en/EK280?fid=F032EA0A896F40B486350FF21BE30E5E#sbox0=field1](https://www.elster-instromet.com/en/product-details/303/en/EK280?fid=F032EA0A896F40B486350FF21BE30E5E#sbox0=field1;);. [Kasutatud 21 04 2021].

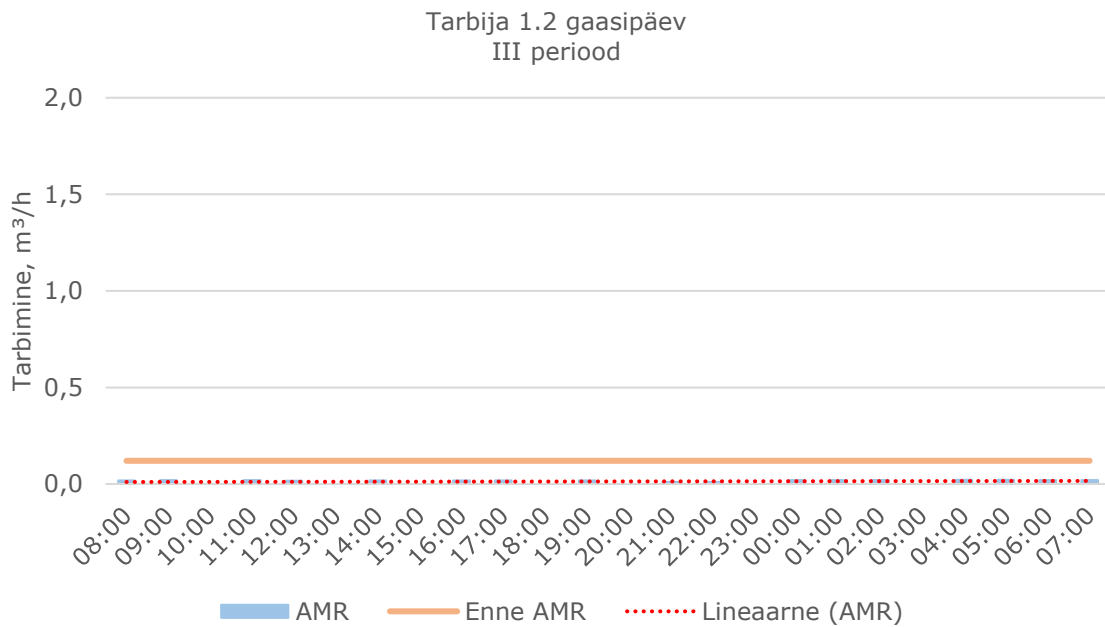
- [33] Elster GmbH, „<https://docuthek.kromschroeder.com>,“ 11 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://docuthek.kromschroeder.com/documents/index.php?folder=401127&lang=de&menuid=29&selclass=&sellang=&topmenu=0>. [Kasutatud 22 04 2021].
- [34] Microsoft, "https://azure.microsoft.com/," Microsoft Azure, 2021. [Online]. Available: <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/what-is-azure/#most-popular-questions>. [Accessed 06 04 2021].
- [35] E. AS, „[www.elering.ee](http://www.elering.ee),“ Elering AS, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.elering.ee/andmeladu-infosusteemid>. [Kasutatud 08 04 2021].
- [36] E. AS, „[www.elering.ee](http://www.elering.ee),“ 03 2020. [Võrgumaterjal]. Available: [https://elering.ee/sites/default/files/2020-03/GAAS\\_Andmeladu\\_Kasutamise\\_ja\\_liitumise\\_juhend\\_202003.pdf](https://elering.ee/sites/default/files/2020-03/GAAS_Andmeladu_Kasutamise_ja_liitumise_juhend_202003.pdf). [Kasutatud 08 04 2021].
- [37] Majandus- ja taristuminister, „[www.riigiteataja.ee](http://www.riigiteataja.ee),“ Majandus- ja taristuminister, 06 05 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/122082019004>. [Kasutatud 04 05 2021].
- [38] KredEx, „[www.kredex.ee](http://www.kredex.ee),“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.kredex.ee/et/energiatohusus/tooriistad-energiatohususe-mootmiseks>. [Kasutatud 04 05 2021].
- [39] T. K. Instituut, „Eesti kraadpäevad ja nende kasutusjuhend: I etapp.,“ 2003.
- [40] Riigikogu, „[www.riigiteataja.ee](http://www.riigiteataja.ee),“ 01 01 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/109052017014>. [Kasutatud 10 05 2021].
- [41] Elering AS, „[www.elering.ee](http://www.elering.ee),“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://elering.ee/gaasituru-kasiraamat/6-bilansihaldus/63-bilansivastutuse-protsessid/633-bilansi-selgitamine>. [Kasutatud 21 05 2021].
- [42] Gaasienergia AS & Adven Eesti AS, *Gaasikao arvutus*, Tallinn, 2016.
- [43] Elering AS, „Maagaasi kvaliteeditunnistus juuli 2020,“ Elering AS, 2020.

# LISAD

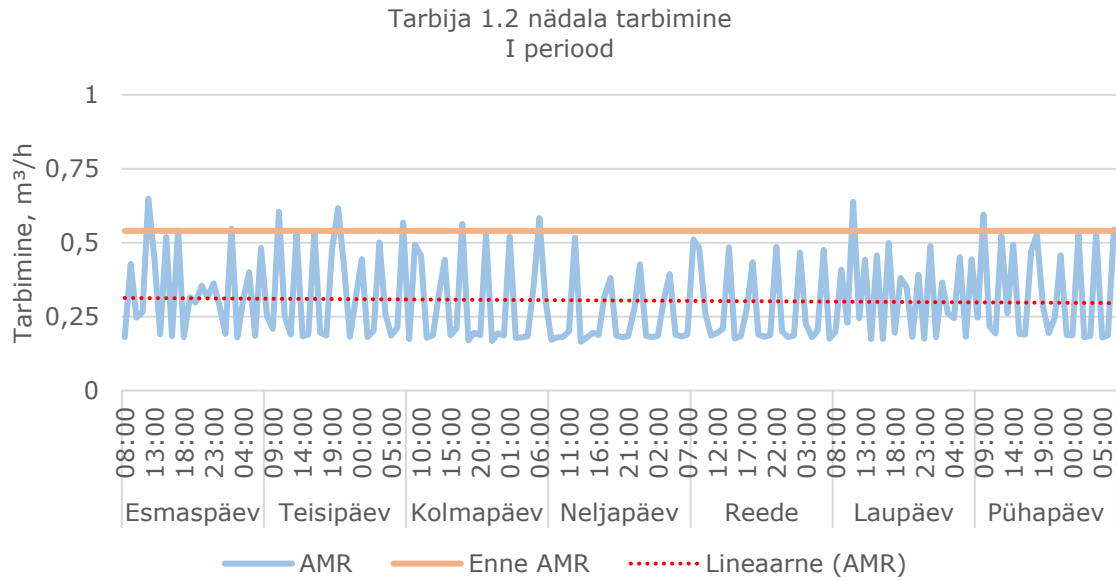
## Lisa 5.1 Tarbija 1.2 tarbimisgraafikud



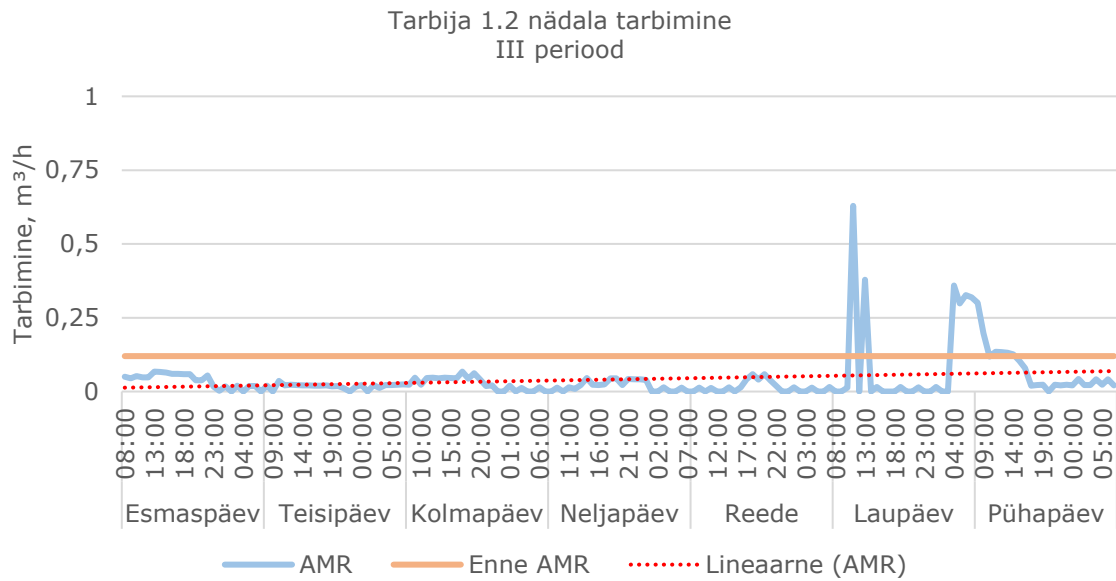
Joonis L5.1 Tarbija 1.2 I perioodi gaasipäeva gaasi tarbimine



Joonis L5.2 Tarbija 1.2 III perioodi gaasipäeva gaasi tarbimine

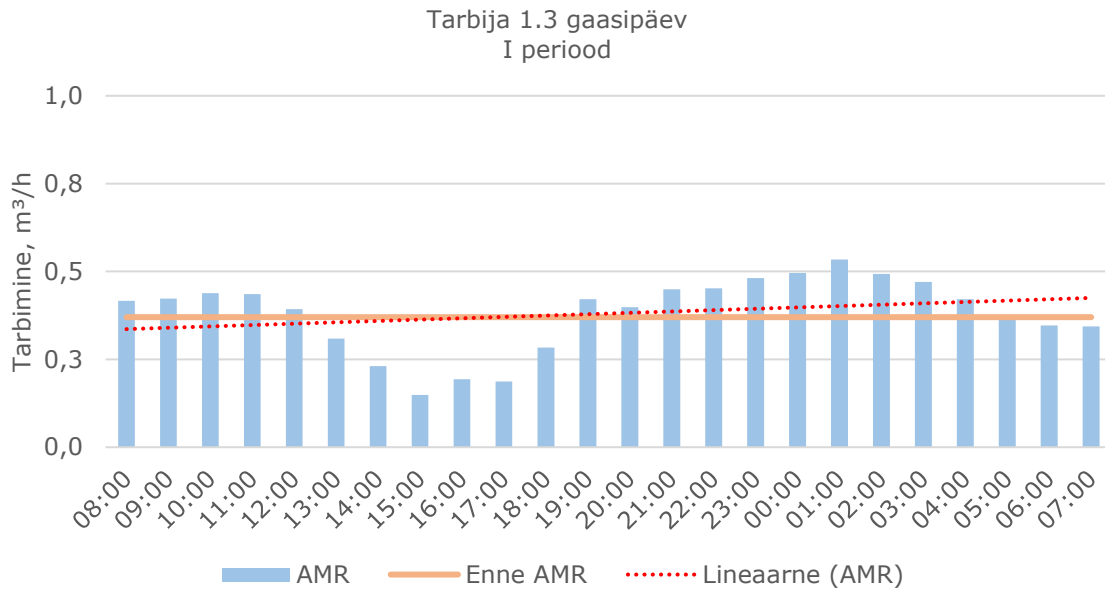


Joonis L5.3 Tarbija 1.2 I perioodi gaasitarbimise nädala graafik

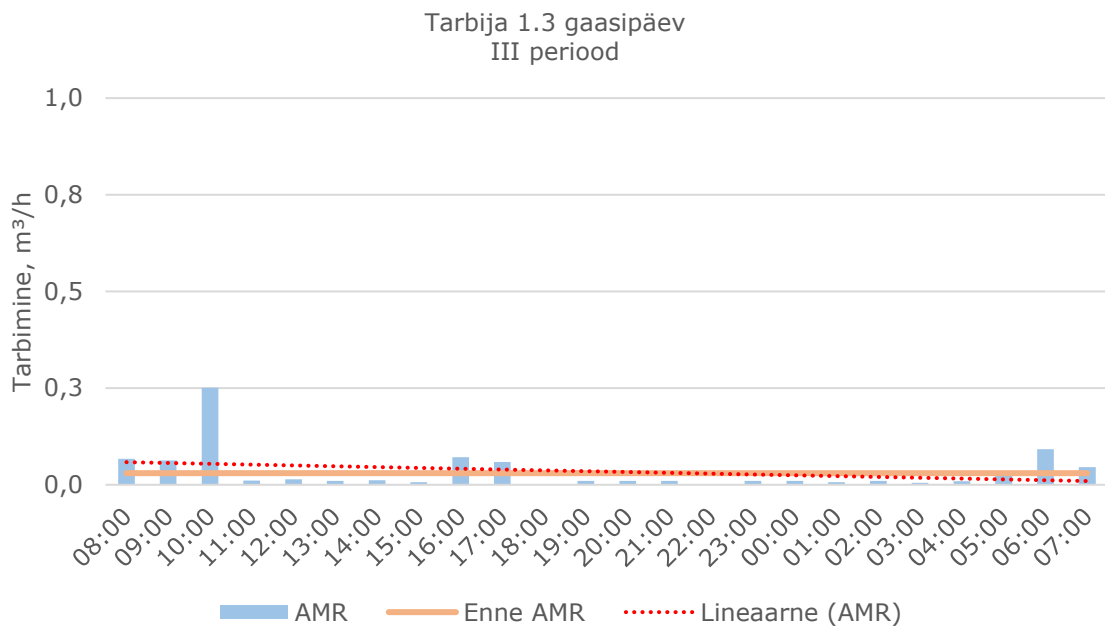


Joonis L5.4 Tarbija 1.2 III perioodi gaasitarbimise nädala graafik

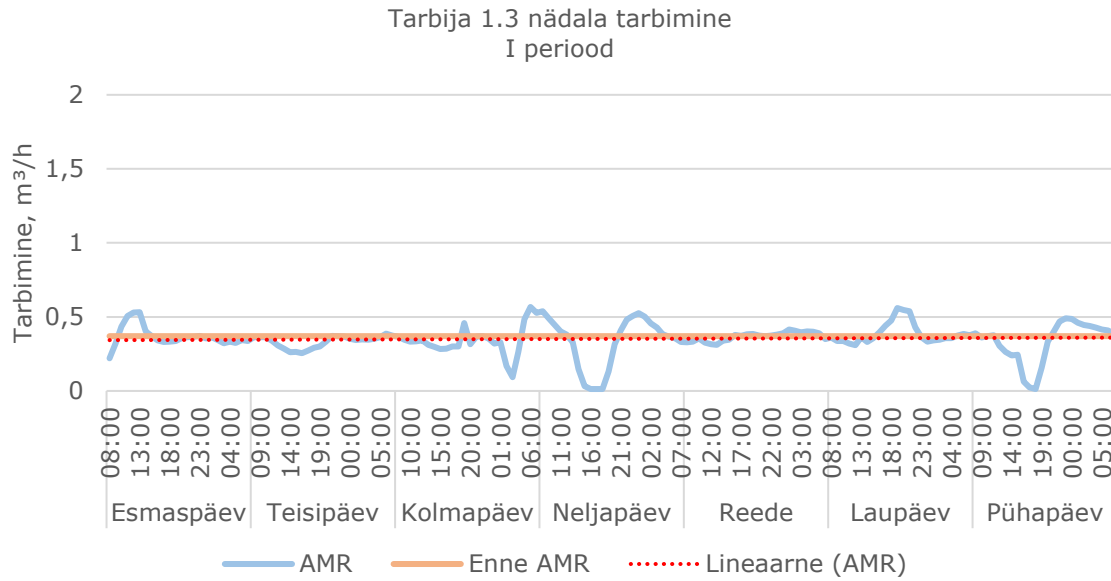
## Lisa 5.2 Tarbija 1.3 tarbimisgraafikud



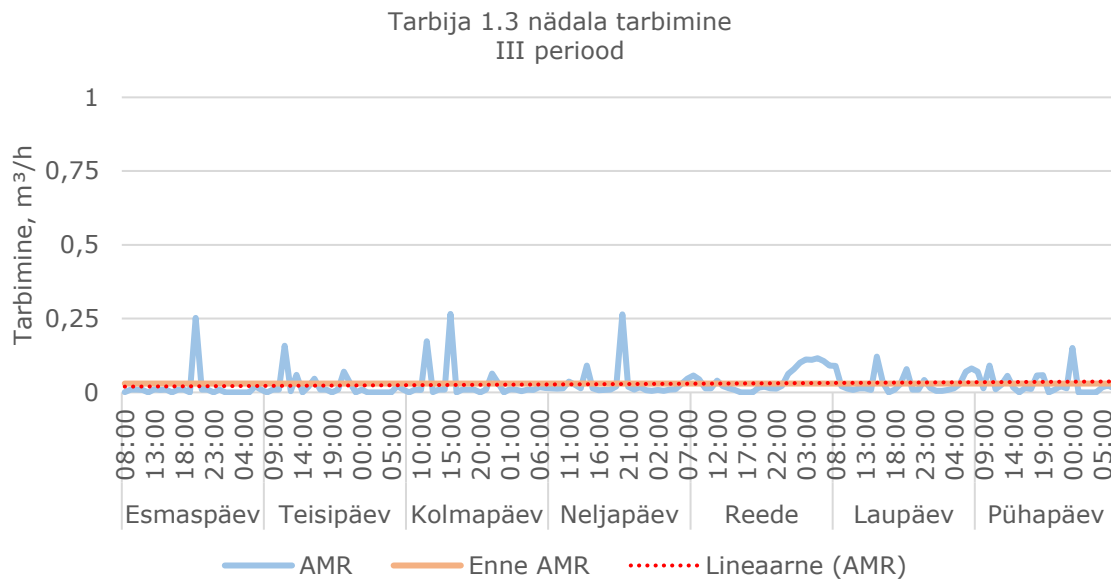
Joonis L5.5 Tarbija 1.3 I perioodi gaaspäeva gaasi tarbimine



Joonis L5.6 Tarbija 1.3 III perioodi gaaspäeva gaasi tarbimine

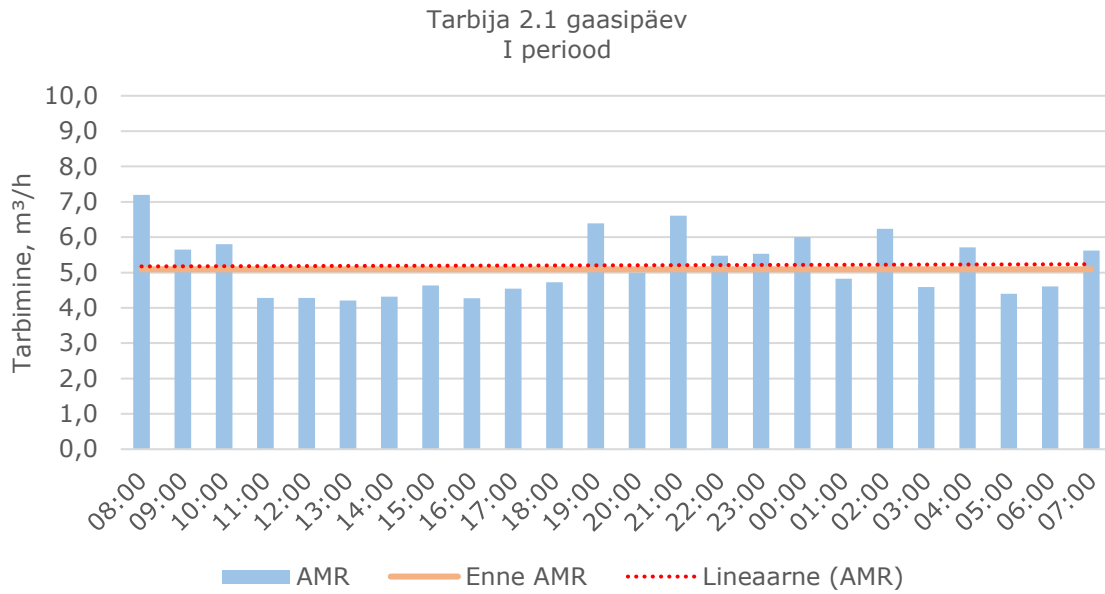


Joonis L5.7 Tarbija 1.3 I perioodi gaasitarbimise nädala graafik

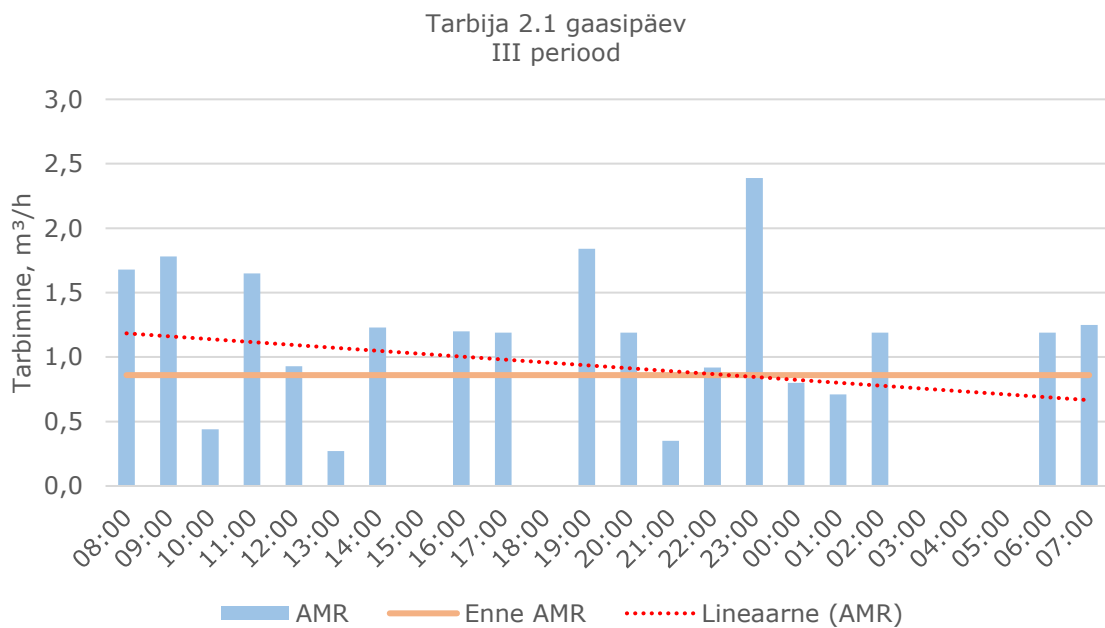


Joonis L5.8 Tarbija 1.3 III perioodi gaasitarbimise nädala graafik

### Lisa 5.3 Tarbija 2.1 tarbimisgraafikud

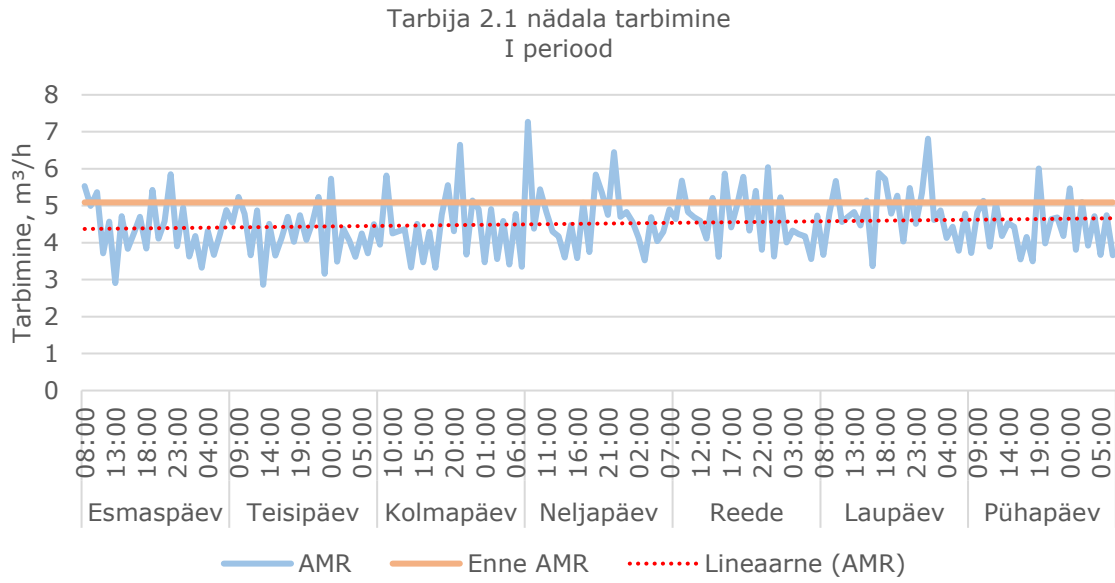


Joonis L5.9 Tarbija 2.1 I perioodi gaasipäeva gaasi tarbimine

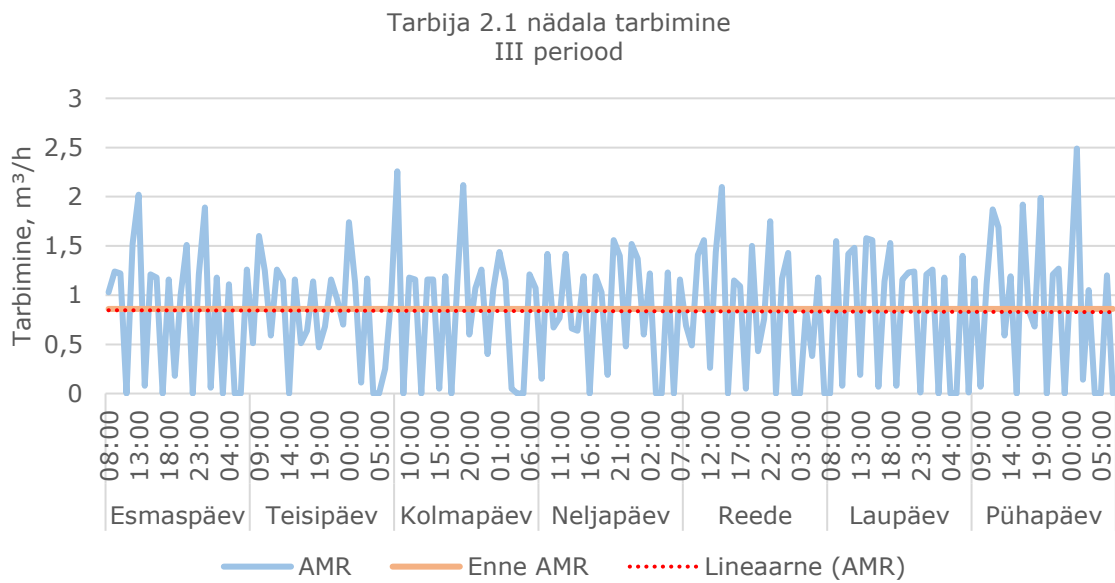


Joonis L5.10 Tarbija 2.1 III perioodi gaasipäeva gaasi tarbimine



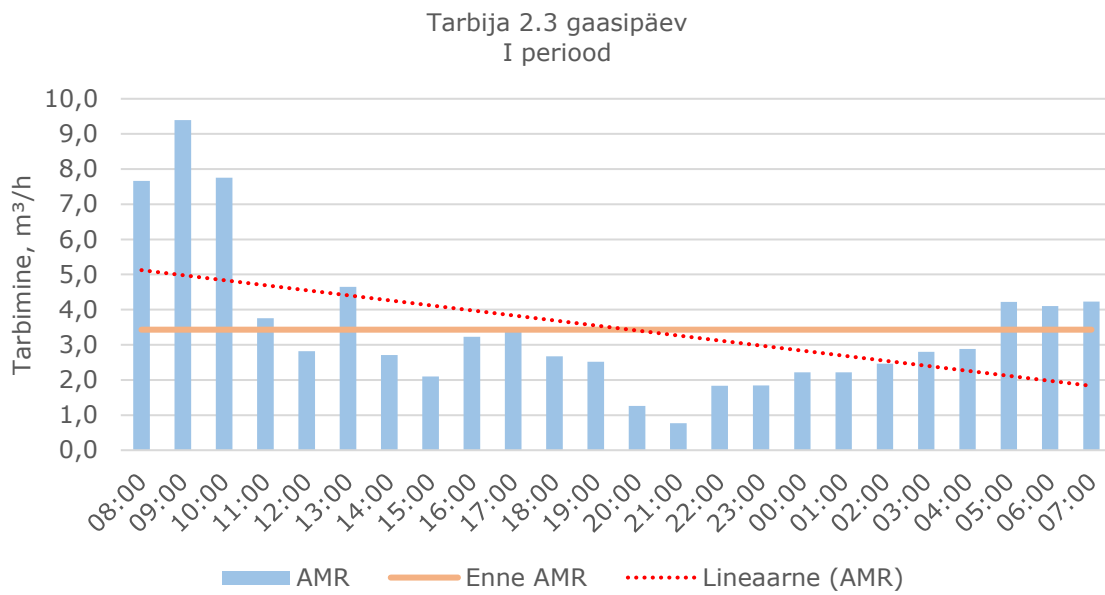


Joonis L5.11 Tarbija 2.1 I perioodi gaasitarbimise nädala graafik

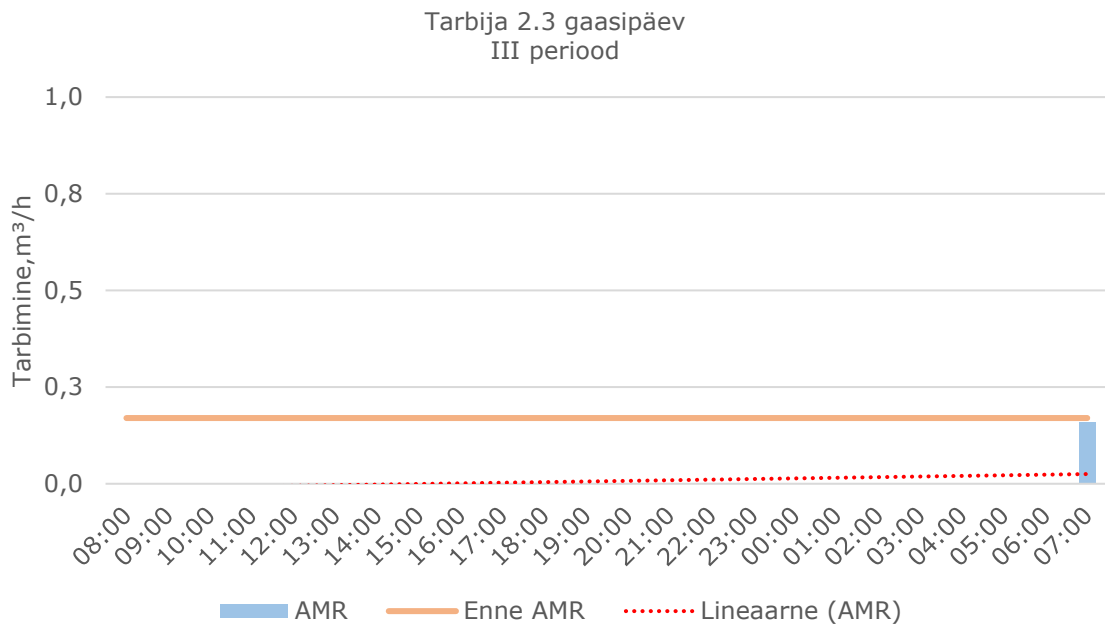


Joonis L5.12 Tarbija 2.1 III perioodi gaasitarbimise nädala graafik

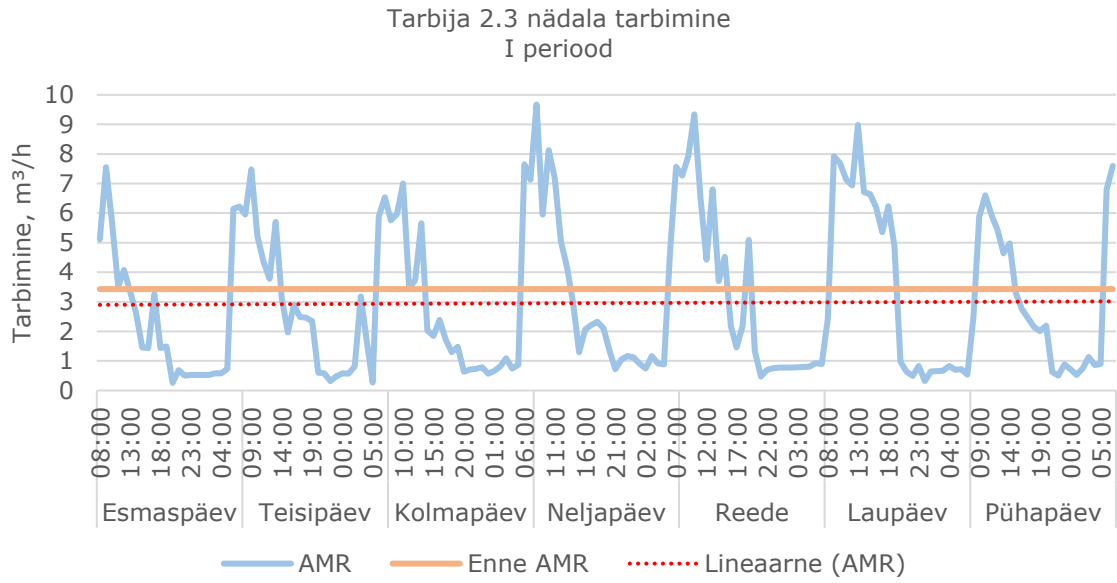
## Lisa 5.4 Tarbija 2.3 tarbimisgraafikud



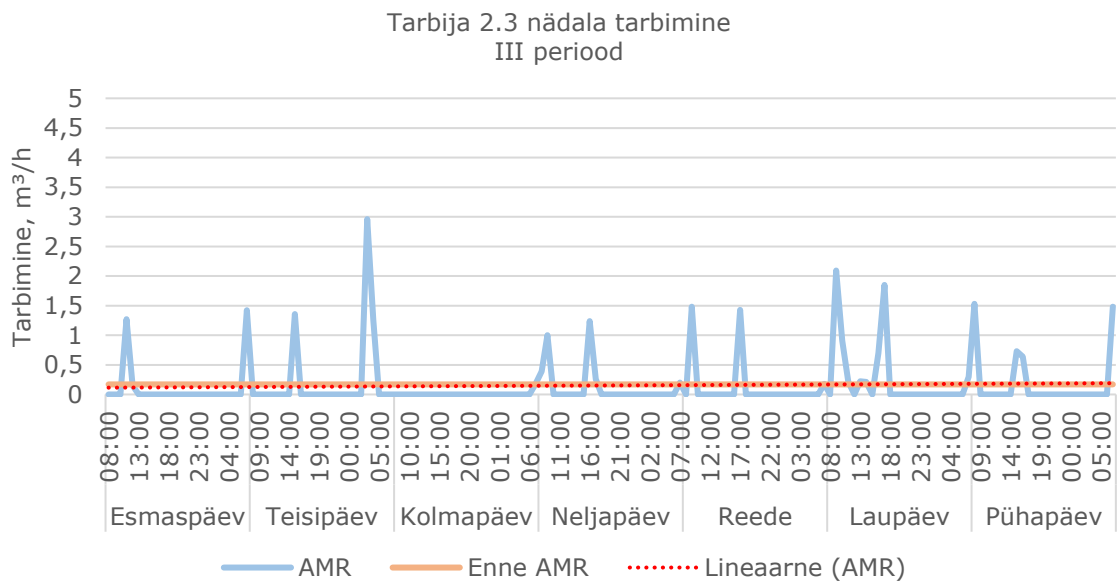
Joonis L5.13 Tarbija 2.3 I perioodi gaasipäeva gaasi tarbimine



Joonis L5.14 Tarbija 2.3 III perioodi gaasipäeva gaasi tarbimine

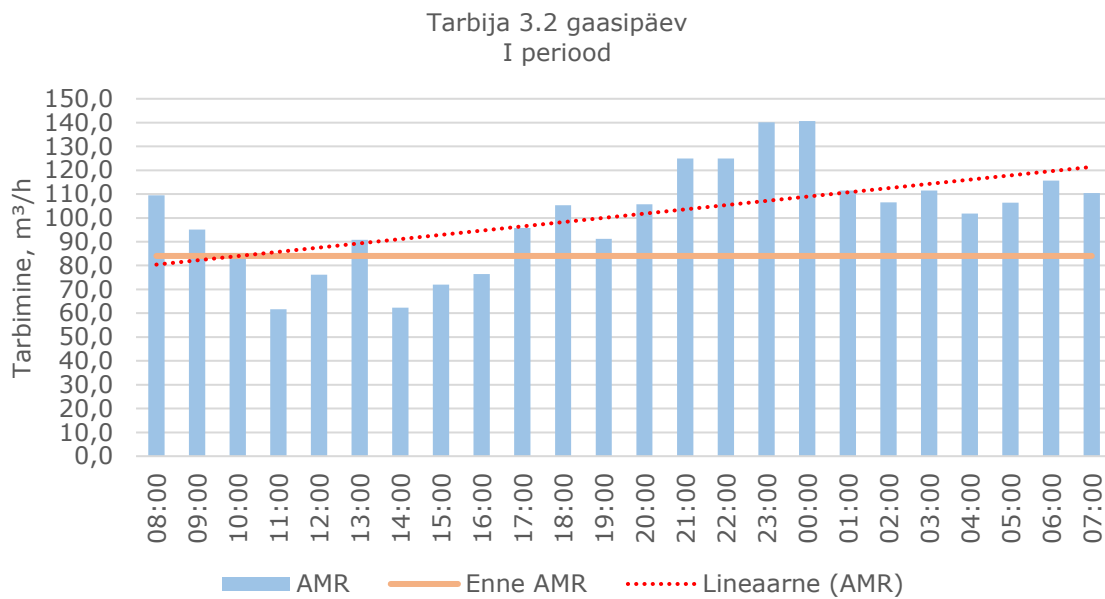


Joonis L5.15 Tarbija 2.3 I perioodi gaasitarbimise nädala graafik

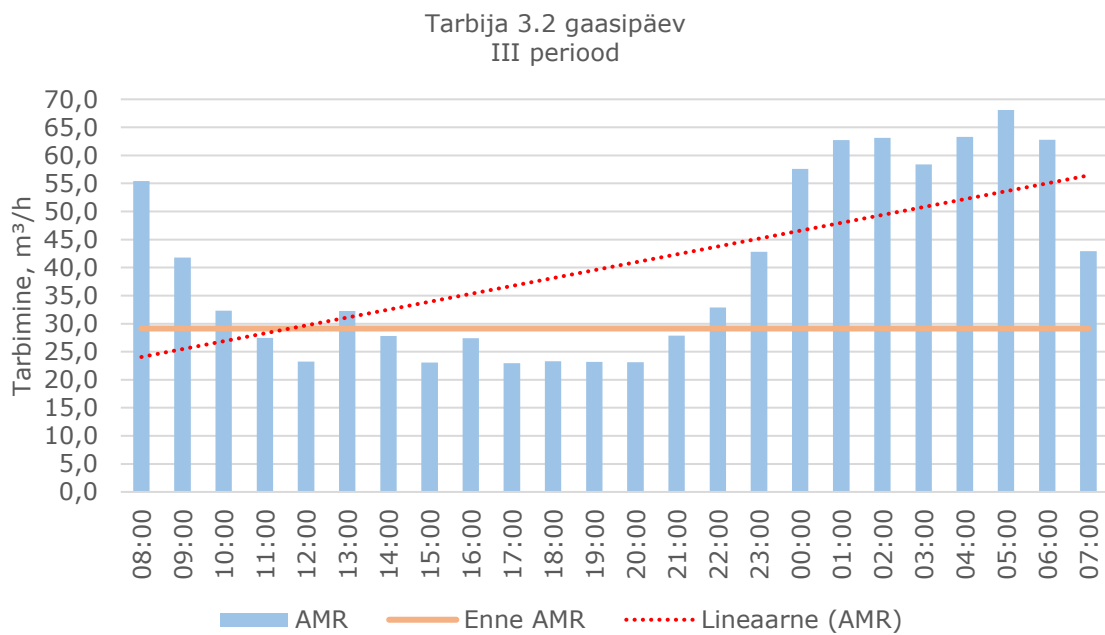


Joonis L5.16 Tarbija 2.3 III perioodi gaasitarbimise nädala graafik

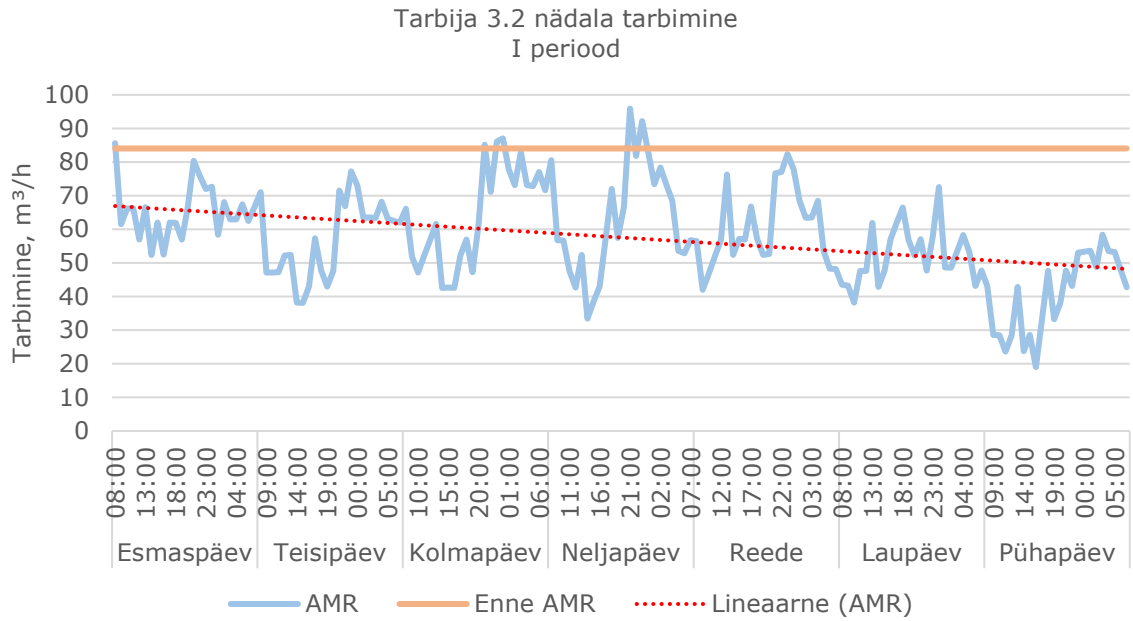
## Lisa 5.5 Tarbija 3.2 tarbimisgraafikud



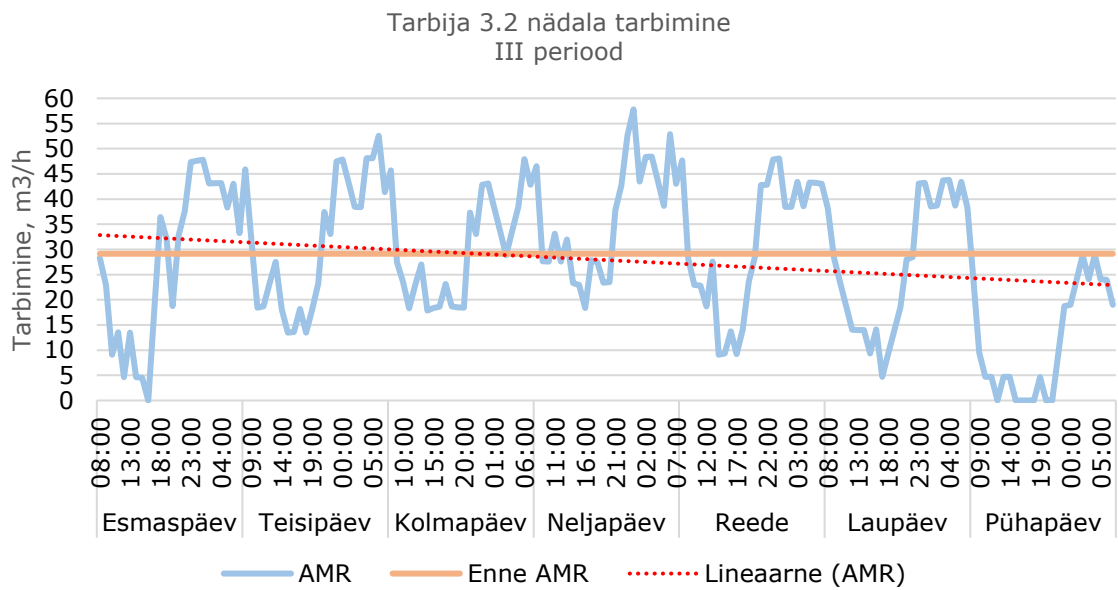
Joonis L5.17 Tarbija 3.2 I perioodi gaasipäeva gaasi tarbimine



Joonis L5.18 Tarbija 3.2 III perioodi gaasipäeva gaasi tarbimine

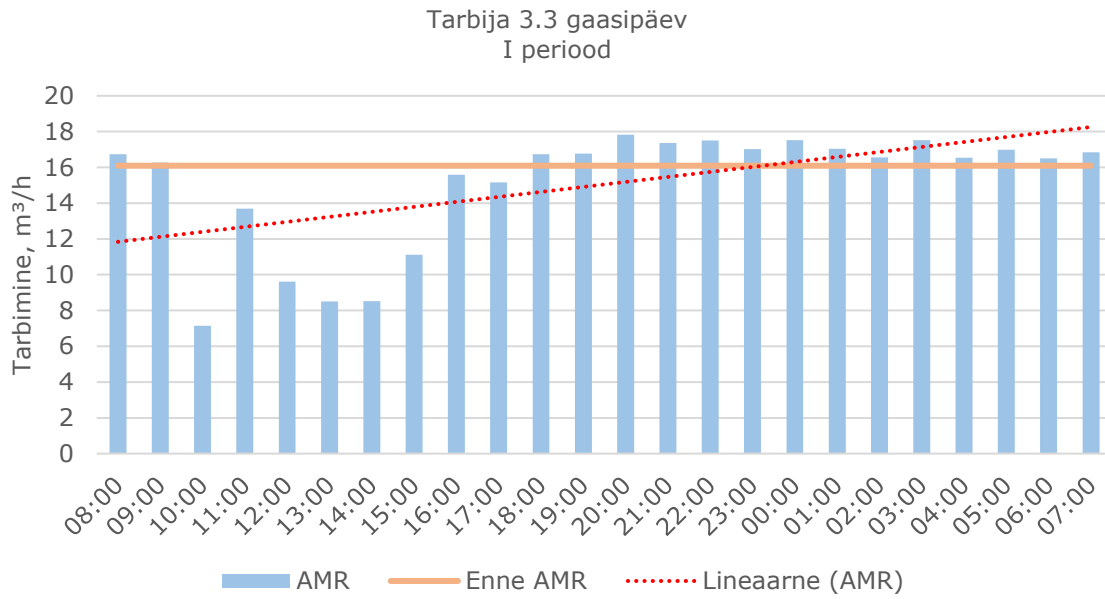


Joonis L5.19 Tarbija 3.2 I perioodi gaasitarbimise nädala graafik

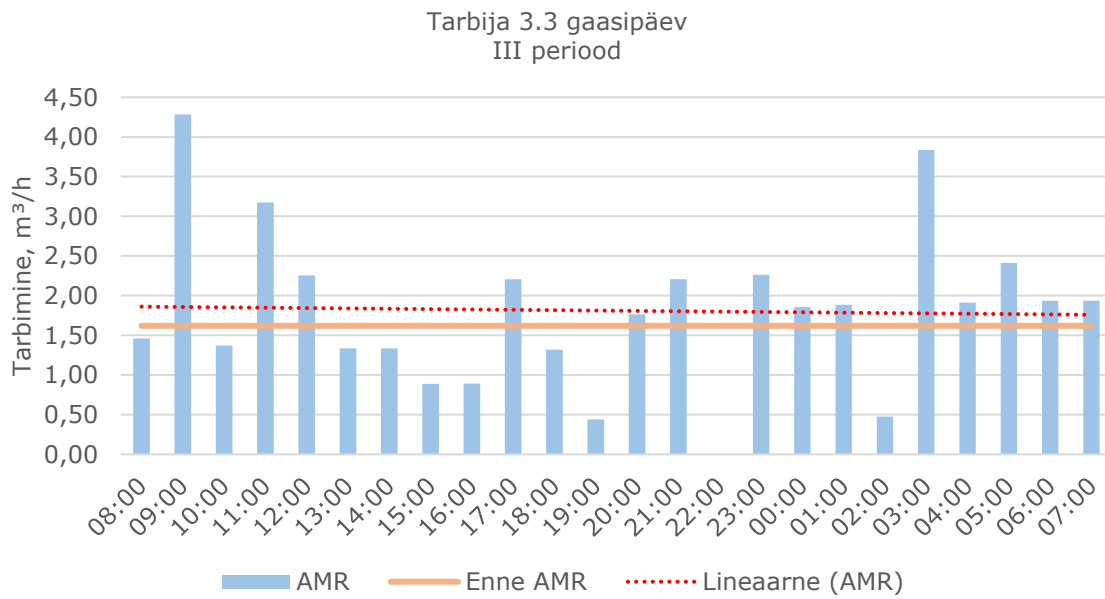


Joonis L5.20 Tarbija 3.2 III perioodi gaasitarbimise nädala graafik

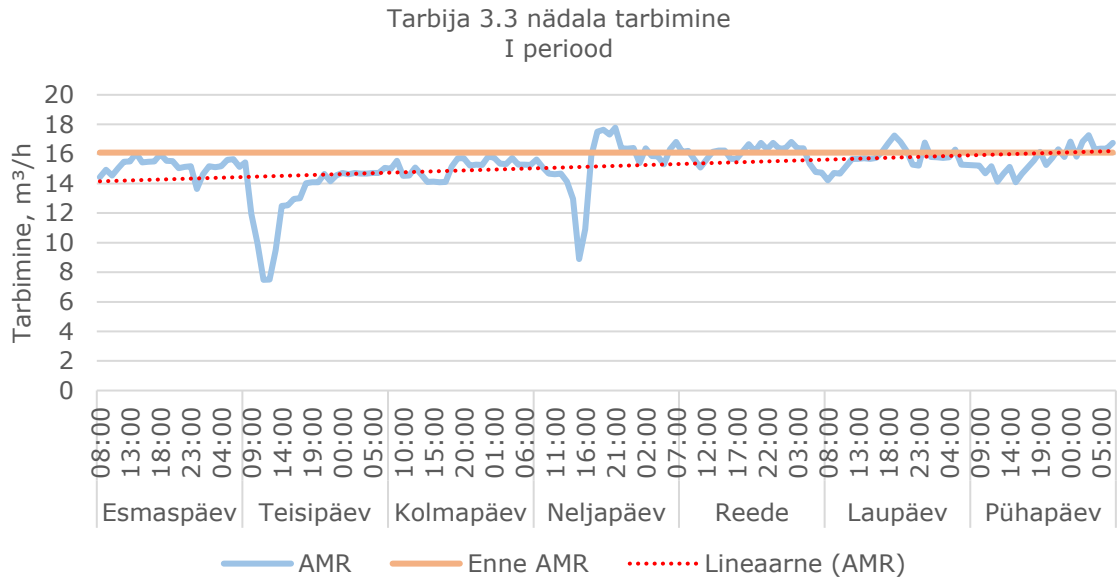
## Lisa 5.6 Tarbija 3.3 tarbimisgraafikud



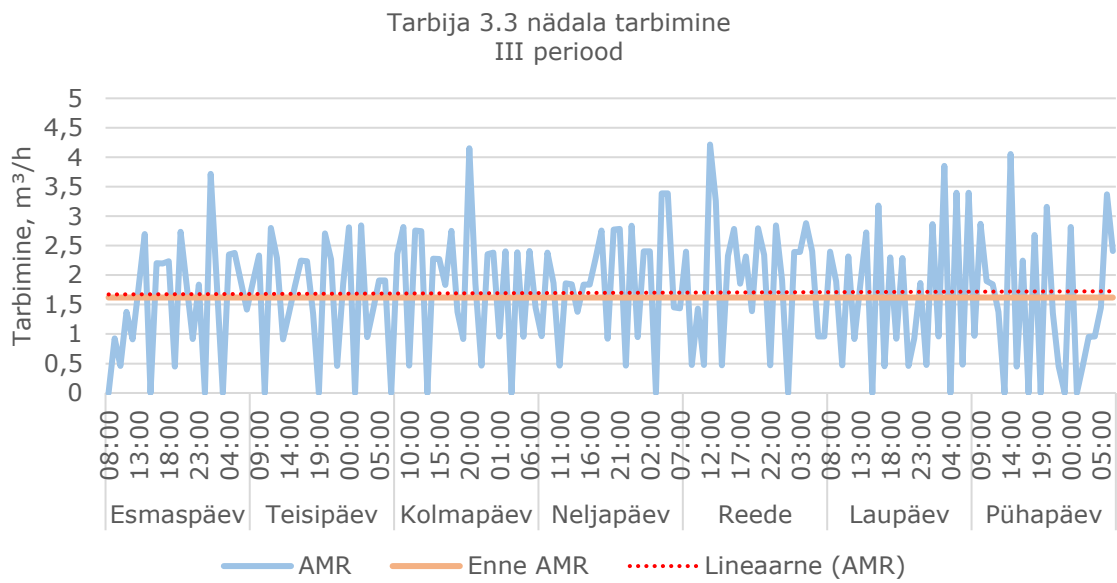
Joonis L5.21 Tarbija 3.3 I perioodi gaasipäeva gaasi tarbimine



Joonis L5.22 Tarbija 3.3 III perioodi gaasipäeva gaasi tarbimine



Joonis L5.23 Tarbija 3.3 I perioodi gaasitarbimise nädala graafik



Joonis L5.24 Tarbija 3.3 III perioodi gaasitarbimise nädala graafik