

Energiatehnoloogia instituut

**ENERGIAVAESUSE JA KAUGKÜTTESÜSTEEMIDE
LIGIPÄÄSETAVUSE RUUMILINE ANALÜÜS**

**GEOSPATIAL ANALYSIS OF ENERGY POVERTY AND
DISTRICT HEATING ACCESSIBILITY**

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Kristian Kirs

Üliõpilaskood: 194107EACB

Juhendaja: Anna Volkova, kaasprofessor tenuuris

Tallinn 2024

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.

“30.” mai 2024

Autor: Kristian Kirs

/ allkirjastatud digitaalselt /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“30.” mai 2024

Juhendaja: Anna Volkova

/ allkirjastatud digitaalselt /

Kaitsmisele lubatud

“.....”202... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ allkirjastatud digitaalselt /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Kristian Kirs (11.01.2000)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Energiavaesuse ja kaugküttesüsteemide ligipääsetavuse ruumiline analüüs, mille juhendaja on Anna Volkova
 - 1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

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

/ allkirjastatud digitaalselt /

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Kristian Kirs, 194107EACB

Õppekava, peeriala: EACB Keskkonna-, energia- ja keemiatehnoloogia

Juhendaja: Anna Volkova, kaasprofessor tenuuris, 620 3905

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Energiavaesuse ja kaukküttesüsteemide ligipääsetavuse ruumiline analüüs

(inglise keeles) *Geospatial Analysis of Energy Poverty and District Heating Accessibility*

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Anda ülevaade energiavaesuse mõistest, ajaloost ja sotsiaalmajanduslikest mõõtmetest.
2. Panna paika meetodika, sealhulgas andmekogumisvõtted ja GIS-kaardistamise lähenemisviisid.
3. Analüüsida tulemusi, tuua välja energiavaesuse levik ja ruumilised mustrid Eesti omavalitsustes
4. Esitada järeldused ja soovitused poliitikakujundajatele ja teistele sidusrühmadele.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Lõputöö teema ja eesmärkide seadmine	21.02.2024
2.	Kirjanduse ülevaate koostamine	30.04.2024
3.	Andmekogumine ja töötlus	18.04.2024
4.	Andmete ruumiline GIS-analüüs	13.05.2024
5.	Lõputöö kirjutamine	20.05.2024

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "31." mai 2024.a

Üliõpilane: Kristian Kirs "30." mai 2024.a

/ allkirjastatud digitaalselt /

Juhendaja: Anna Volkova "30." mai 2024.a

/ allkirjastatud digitaalselt /

Programmijuht: Oliver Järvik ".....".....2024.a

/ allkirjastatud digitaalselt /

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	8
SISSEJUHATUS	9
1. ENERGIAVAESUS: TAUST JA ARENG	10
1.1 Energiavaesuse mõiste	10
1.1.1 Ajalooline käsitlus	10
1.1.2 Tänapäevane arusaam	11
1.1.3 Energiasüsteemid ja kaugküte	13
1.2 Energiavaesuse mõõdikud	14
1.2.1 Indikaatorid ja lävendid	14
1.2.2 Globaalsed ja kohalikud mõõdikud	16
1.3 Energiavaesuse sotsiaalmajanduslikud mõõtmised	17
1.3.1 Mõju haavatavale elanikkonnale	17
1.3.2 Majanduslikud ja poliitilised tegurid	18
1.4 Energiavaesuse vähendamise meetodid	18
1.4.1 Innovatsioon ja tehnoloogiline areng	18
1.4.2 Keskkonnapoliitika ja -meetmed	20
1.4.3 Haavatava elanikkonna kaitse	20
1.5 Ruumanalüüsi kasutus energiavaesus analüüsides	21
1.5.1 Kaardistamise ja ruumilise analüüsi võtted	21
1.5.2 Juhtumuringud ja rakendused	22
2. UURINGU METOODIKA	24
2.1 Kaugküte Eestis	24
2.2 Andmekogumiskava	24
2.2.1 Allikad ja andmetüübid	24
2.2.2 Andmekogumise võtted	25
2.3 GIS-kaardistamise lähenemisviisid	26
2.3.1 Tööriistad ja tarkvara	26
2.3.2 Kihistamise ja visualiseerimise meetod	27
2.4 Analüütiline raamistik	28
2.4.1 Indikaatorite tuvastamine	28
2.4.2 Leibkonna keskmine sissetulek	29
2.4.3 Keskmine energiatarve	30
2.4.4 Keskmine küttekulu	32
2.4.5 Energiavaesuse osakaalu leidmine	34
3. TULEMUSTE ANALÜÜS	36

3.1 GIS-kaardistamise energiavaesuse tulemus.....	36
3.2 Energiavaesuse analüüs.....	39
3.2.1 Piirkondlik analüüs ja ruumilised mustrid.....	39
KOKKUVÕTE	41
SUMMARY.....	42
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	43
LISAD	47

EESSÕNA

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on käsitleda üht olulisemat tänapäevast sotsiaalmajanduslikku probleemi - energiavaesust. Energiavaesus mõjutab otseselt inimeste elukvaliteeti, olles tihedalt seotud eluasemekulude, sissetulekute ning energiatarbimisega. Töö keskendub Eesti omavalitsuste ruumianalüüsile, et tuvastada piirkonnad, kus energiavaesus on kõige teravam ning mõista selle põhjuseid. Bakalaureusetöö koostamine oli inspireeriv ja samas väljakutseid pakkuv teekond, mis nõudis süvenemist nii teoreetilistesse kontseptsioonidesse kui ka praktilistesse andmeanalüüsi meetoditesse. Töös on kasutatud mitmeid andmeallikaid, sealhulgas Statistikaameti ja Ehitisregistri andmeid, ning ruumianalüüsi jaoks GIS-tarkvara ArcGIS Pro. Eesmärk oli analüüsida, kui suur osa sissetulekust kulutatakse energiakuludele ning kuidas see mõjutab erinevaid sotsiaalmajanduslikke grupe.

Tahaksin tänada kõiki, kes toetasid ja aitasid kaasa selle töö valmimisele. Esiteks, suur tänu minu juhendajale, kaasprofessor Anna Volkovale, kelle teadmised ja juhised olid hindamatud kogu tööprotsessi jooksul. Tema asjatundlikkus ja kannatlikus minu juhendamisel olid mulle suureks toeks ning aitasid mul hoida fookust ja motivatsiooni. Samuti tahan tänada oma perekonda ja sõpru nende toetuse eest. Nende mõistmine ja julgustavad sõnad andsid mulle jõudu ja innustust isegi kõige keerulisematel hetkedel. Lõpuks, eriline tänu Tallinna Tehnikaülikoolile ja Energiatehnoloogia Instituudile, kes pakkusid vajalikku akadeemilist ja tehnilist tuge. See projekt poleks olnud võimalik ilma ülikooli ressursse ja toetavat õpikeskkonda.

Loodan, et käesolev töö annab väärtusliku panuse energiavaesuse mõistmisse ja selle leevendamisele Eestis ning pakub kasulikke teadmisi kõigile huvitatud osapooltele. Energiavaesuse leevendamine on samm õiglasema ja jätkusuutlikuma ühiskonna poole, kus kõigil on võrdne juurdepääs taskukohasele ja usaldusväärsele energiale.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

Abreviaatuur:

5GDHC – 5. põlvkonna kaugküte ja -jahutus (inglise keeles *5th generation district heating and cooling*)

EHR – Ehitisregister

EJKÜ – Eesti jõujaamade ja kaugkütte ühing

EL – Euroopa liit

GIS – Geograafiline infosüsteem

KOV – Kohalik omavalitsus

MS – Microsoft

ÜRO – Ühinenud Rahvaste Organisatsioon

Valemite tähised:

A – Pindala

E – Energiakulu ruutmeetri kohta

K – Tavaeluruum (korter)

L – Leibkonnad

M – Soojusenergia hind

P – Elanikud

Q – Energiatarve

S – Sissetulek

V – Soojusenergia kulutuste osakaal netosissetulekust

Alamindeksite tähised:

i – omavalitsusüksus

j – asustusüksus

SISSEJUHATUS

Energiapuuduse idee on muutunud aktuaalseks viimastel aastatel, kui 2021. aastal energia hinnad kasvasid hüppeliselt. Eesti inimeste reaalsed sissetulekud pole kasvanud, kuid elamiskulud on suurenenud. Energiavaesusest saame rääkida, kui inimesed, kes peavad kulutama proportsionaalselt suure osa oma sissetulekust energiaarvetele. Kõrged energiakulud võivad sundida inimesi valima, kas kulutada raha toidule, tervishoiule või maksta arveid, mis hoiavad nende kodud soojas ja valgustatud. Vastasel juhul võib puudulik toasoe mõjutada negatiivselt nii elanike, kui ka hoone enda tervisliku seisundit.

Käesoleva bakalaureusetöö ruumiandmete analüüsi eesmärk on tuvastada Eesti omavalitsuste seast energiavaesed piirkonnad ja analüüsida millest see tingitud on. Uurimisel on kasutatud kaugkütevõrgu hinda €/MWh, omavalitsuses elavate inimeste netosissetulekuid ning elamufondi energiakulu, et leida kui suure osa sissetulekust kulutatakse energiale.

Teema eesmärk on koguda ja töödelda andmeid Eesti omavalitsuste kohta, sealhulgas sissetulekud, energiakulud ja elamute energiatõhusus, teha GIS-põhine ruumianalüüs energiavaesuse leviku tuvastamiseks ja visualiseerimiseks ning võrrelda omavalitsuste tulemusi ja tuvastada piirkonnad, kus energiavaesus on kõige suurem.

Uurimisobjektiks on Eesti omavalitsused ja nende kaugküttesüsteemid. Hetkeseisuga on Eestis piirkondi, kus energiavaesuse probleemid on teravamad, eriti madalama sissetulekuga ja ebaefektiivse energiakasutusega aladel. Töös kasutatakse mitmeid andmeallikaid ja analüüsimeetodeid, sealhulgas Statistikaameti ja Ehitisregistri andmeid, samuti GIS-tarkvara ArcGIS Pro ruumianalüüsiks ja kaardistamiseks. Meetodid hõlmavad ka statistilist analüüsi ja võrdlevaid meetodeid, et tuvastada energiavaesuse mustrid ja põhjused.

1. ENERGIAVAESUS: TAUST JA ARENG

See peatükk annab põhjaliku ülevaate energiavaesust käsitlevast kirjandusest. See algab energiavaesuse määratlemisest, selle ajaloolise arengu ja tänapäevaste arusaamade kujunemisest ning kaugküttesüsteemide rolli rõhutamisest. Järgmisena uuritakse erinevaid energiavaesuse näitajaid, sealhulgas globaalseid ja kohalikke mõõdikuid. Uuritakse sotsiaalmajanduslikke mõõtmeid, keskendudes haavatavale elanikkonnale avaldunud mõjule ning majanduslikele ja poliitilistele teguritele. Lõpuks antakse ülevaade tehnoloogilistest ja uuenduslikest lahendustest energiavaesuse vähendamiseks, rõhutades taastuvenergia- ja keskkonnapoliitika olulisust. See peatükk loob aluse energiavaesuse keerukuse ja selle tagajärgede mõistmiseks.

1.1 Energiavaesuse mõiste

1.1.1 Ajalooline käsitlus

Energiavaesuse uuringute alguspäevil leidis laialdasemat kasutust mõiste „kütusevaesus“, mis kerkis esile energia taskukohasuse ja sotsiaalse ebavõrdsuse kriiside koosmõjust, saavutades erilist tähelepanu just Ühendkuningriigis. Kuigi antud probleem eksisteeris juba enne termini kasutuselevõttu, sai kütusevaesuse mõiste omale kindla määratluse alles 20. sajandi lõpupoole. Algse tähelepanu keskmes oli perede võimekus tagada endale piisav kütte, kuna tegemist oli murega mis muutus väga aktuaalseks 1970ndate aastate naftakriiside tõttu. Need sündmused tõid päevavalgusele globaalsete energiaturgude haavatavuse ja energia hindade vahetu mõju inimeste elujärjele, eriti neile, kes asuvad majandusliku heaolu skaala madalamatel astmetel [1].

Suurem arenguhüpe kütusevaesuse termini kinnistumisel toimus 1990ndatel aastatel, mil avalikustati esimene teemat käsitlev raamat, kus kirjeldati mõistele vastavat definitsiooni. Seda määratleti olukorrana, kus leibkonnad peavad kulutama rohkem kui 10% oma sissetulekust küttele, et tagada piisav toasoojus, mis on Maailma Tervishoiuorganisatsiooni andmete kohaselt 18 kuni 21 kraadi. See lävend polnud üksnes rahaline mõõdik, vaid tõi esile ka külmas ja niiskes keskkonnas elamisega kaasnevaid tervise ja heaolu riske. Kütusevaesuse mõiste eristamine märkis olulist nihet mõistmaks energiat mitte lihtsalt kaubana, vaid põhilise inimvajadusena, mis on hädavajalik elukvaliteedi ja sotsiaalse heaolu tagamiseks [1].

Ajaloolises kontekstis on kütusevaesus tihedalt olnud seotud üldisema sotsiaalmajandusliku ebavõrdsusega ühiskonnas. Esialgsed uuringud ja poliitilised algatused keskendusid muredele, mida tõid endaga kaasa ebatõhus kütmine, tõusvad

energiahinnad ja sissetulekute ebavõrdsus. Kuigi antud olukorra põhiprobleemid on globaalses võtmes jätkuvalt samad, on tänapäeva arutelu seotud laiemalt ka energia julgeoleku, keskkondliku jätkusuutlikkuse ja sotsiaalse võrdõiguslikkuse küsimustega [1].

Euroopa liidu esimesed jõupingutused energiavaesuse defineerimisel on pärit aastast 2009, kui võeti kasutusele direktiiv 2009/72/EÜ, mis esialgu keskendus elektrivarustusele. Direktiivi üks eesmärkidest oli kohustada liikmesriike võtma asjakohaseid meetmeid haavatavate tarbijate kaitsmiseks, võttes eelkõige arvesse nende energiaostuvõimetust. Direktiivi 3. artikli 7. punkti kohaselt tehti liikmesriikidele ülesandeks määratleda kaitsetumate tarbijate mõiste, mis võib hõlmata ka neid, kes kogevad energiavaesust ning rakendada meetmeid nende vajaduste rahuldamiseks. Need meetmed pidid tagama haavatavate tarbijate kaitse, eelkõige keelustades elektrivõrgu katkestamise kriitilistel aegadel. See põhisamm tähistas ELi-sisese struktureeritud lähenemisviisi algust, mille eesmärk on üles tõstatada ja leevendada energiavaesust kui eraldiseisvat sotsiaalset ja majanduslikku probleemi, luues aluse järgnevatele algatustele, mille mõte on aidata madala sissetulekuga leibkondadel toime tulla kõrgete energiakuludega [2].

1.1.2 Tänapäevane arusaam

Algupäraselt on laiemalt kütusevaesuse teematikaga tegeletud peamiselt ainult Ühendkuningriigis, kuid tänapäevaks on kütusevaesuse termin arenenud edasi energiavaesuseks ning seda on kasutusele võetud nii Euroopa Liidu dokumentatsioonis, kui ka globaalses võtmes. Uus termin oli loodud eesmärgiga et oleks parem arusaam, kuidas hõlmab mõiste endas laiemat hulka energiateenuseid ja muresid. See laiem kontseptsioon sisaldab endas mitte ainult võimalust lubada endale kütmist ja kodusooja säilimist, vaid ka juurdepääsu elektrile, jahutusele, puhtale söögitegemisele ja muudele olulistele energiateenustele. Üleminek uuele terminile peegeldab energiavaesuse mitmetahulise olemuse ülemaailmset tunnustamist ning millega toimetulemiseks on loodud rahvusvahelisi strateegiaid, programme ja kokkuleppeid [3].

Üks globaalsetest võtmedokumentidest, mis rõhutab rahvusvahelist pühendumust energiavaesusega tegelemisele, on ÜRO säästva arengu eesmärgid, mille seitsmenda punkti eesmärk on tagada 2030. aastaks kõigile juurdepääs taskukohasele, usaldusväärsele, säästvale ja kaasaegsele energiale. Antud eesmärk rõhutab sellele, kui oluline on laiendada juurdepääsu elektrile ja puhastele kütustele, parandada energiatõhusust ja suurendada taastuvenergia kasutamist. Agenda 2030 raamistik, mille hulka kuulub 7. säästva arengu eesmärk, annab põhjaliku kavandi ülemaailmseks

tegevuseks energiavaesuse vastu, tunnistades selle eesmärgi kriitilist rolli laiemate arengueesmärkide saavutamisel [4].

Kuigi Euroopa liidus on hakatud käsitlema energiavaesuse probleemi mõnevõrra hiljem kui Suurbritannias, on viimase aja jooksul ELi energiavaesuse arutelu osas jõutud ära teha palju tööd, et integreerida antud probleem Euroopa liidu energiapoliitikasse. Selle raames on käivitatud Euroopa energiaostuvõimetuse vaatluskeskus (EPOV) 2016. aasta detsembris, mis moodustas raamistiku energiavaesuse mõõtmiseks ja analüüsimiseks liikmesriikides. Paketi „Puhas energia kõikidele eurooplastele“ vastuvõtmine aastatel 2018–2019 integreeris energiavaesuse mõiste veelgi laiemasse energia- ja kliimapoliitikasse, tugevdades ELi pühendumust selle levinud probleemi lahendamisele. Viimasel ajal on ELi sotsiaalkliimafondi asutamine 2023. aastal ja muudetud energiatõhususe direktiiv 2023. aasta septembris jätkanud nendele alustele tuginemist, tagades jätkuva toetuse ja uuenduslikud lahendused energiavaesuse leevendamiseks kõikjal Euroopas [5].

Euroopa Liidu kehtestatud energiatõhususe direktiiv on nurgakiviks ELi üldises strateegias, mille eesmärk on suurendada energiatõhusust ja vähendada selle kaudu energiatarbimist liikmesriikides. Direktiivi raames julgustatakse liikmesriike võtma vastu meetmeid, et energiatõhususe tõstmisest saadav kasu laieneks kõigile elanikkonnarühmadele, eriti neile, keda ohustab energiavaesus (Direktiivis kasutatakse mõistet energiaostuvõimetus). See hõlmab hoonete renoveerimist, energiatõhusate seadmete kasutamise edendamist ja energiasäästu soodustava käitumise julgustamist. Keskendudes nõudluse vähendamisele ja energiakasutuse parandamisele, aitab direktiiv leida lahendusi energiakulude finantsilisele survele, mida eriti kogevad madalama sissetulekuga pered, parandades nende ligipääsu taskukohasele energiale [6].

Eestis on lähtutud energiavaesuse probleemiga tegelemisel eelmainitud Euroopa Liidu direktiivist. Riik on seadnud omale eesmärgiks vähendada energiatarbimist ja parandada energiatõhusust erinevates sektorites, käsitledes seeläbi ka energiaostuvõimetust [7]. Samuti on Eestis võetud vastu „Eesti riiklik energia- ja kliimakava aastani 2030 (REKK 2030)“, mis sõnastab riigi lähenemise energiavaesuse küsimuse leevendamisele laiemate energia- ja kliimaeesmärkide raames, näidates ühtset strateegiat, mis ühtib nii riiklike prioriteetide kui ka Euroopa Liidu direktiividega [8].

Energiavaesust mõjutavad ka sellised rahvusvahelised lepingud, mis käsitlevad kliimapoliitikat. Ülemaailmne üleminek vähese CO₂-heitega energiasüsteemidele

rõhutab vajadust õiglaste lahenduste järele, mis tagavad, et energiapoliitika ja turudünaamika muutused ei mõjutaks negatiivselt haavatavat elanikkonda. See hõlmab kaalutlust selle kohta, kuidas fossiilkütustest loobumine võib mõjutada juurdepääsu taskukohastele energiateenustele ning vajadust sihipärase toetuse ja investeeringute järele taastuvenergia lahendustesse, mis suudavad lahendada nii keskkonna- kui ka sotsiaalseid probleeme [9].

Energiavaesus avaldub energialiikide ja sektorite lõikes erinevalt. Kütte puhul on probleem sageli eluaseme tõhususe ja kütusekulu ümber, eriti külmemas kliimas, kus ebapiisav isolatsioon ja kõrged küttehinnad võivad kaasa tuua suuremahulisi probleeme. Elektrienergia osas võib energiapuudus mõjutada nii linna- kui ka maapiirkondi, kusjuures maapiirkondades on sageli vähearenenud infrastruktuuri tõttu probleeme juurdepääsuga, samas kui linnapiirkondadel võib kõrgete kulude ja madalate sissetulekute tõttu olla rohkem probleeme taskukohasusega [3].

Aspektid, mis tulenevad energeetikasektori mõjust energiavaesusele hõlmavad endas energiavarustuse kättesaadavust ja usaldusväärset, energiateenuste taskukohasust ja energiaallikate jätkusuutlikkust ning ka elamufondi seisukorda. Energiavaesusega tegelemine nõuab seega terviklikku lähenemisviisi, mis arvestab energia tarnimise infrastruktuuri, energia hinnakujunduse majandusmudeleid ning energia tootmise ja tarbimise keskkonnamõjusid [3].

1.1.3 Energiasüsteemid ja kaugküte

Energiasüsteemide, kaugkütte ja energiavaesuse vaheline seos on keeruline, puudutades jätkusuutlikkuse, tõhususe, juurdepääsu ja taskukohasuse küsimusi. Tulenevalt sellest, et riigid püüavad üle minna puhtamatele energiasüsteemidele, on kaugküte saamas linna energiamaastiku oluliseks komponendiks, eriti külmemas kliimas, kus küttevajadused moodustavad suure osa kodumajapidamiste energiatarbimisest. Kaasaegsed süsteemid hõlmavad erinevatest allikatest pärit energia tootmist, edastamist, jaotamist ja tarbimist. Need süsteemid on kesksel kohal majanduskasvu toetamisel, elukvaliteedi parandamisel ja keskkonnasäästlikkuse tagamisel. Kuid ebatõhusus, fossiilkütustest täielik loobumine ja ebavõrdne juurdepääs energiale, kus inimesed ei saa endale lubada ega kasutada elementaarseks heaoluks vajalikke energiateenuseid, võivad süvendada energiavaesust [10].

Laialt levinud kaugküttevõrkudega riikides on soojusvarustuse kättesaadavus üldiselt suurem. Kaugküte, mis hõlmab soojuse jaotamist tsentraliseeritud asukohast elamutesse ja hoonetesse isoleeritud torude võrgu kaudu, võib pakkuda tõhusaid ja

kulutõhusaid küttelahendusi. Nendel süsteemidel on paindlikkus integreerida erinevaid energiaallikaid, sealhulgas taastuvaid energiaallikaid, nagu biomass, geotermiline energia ja päikesesoojus, aga ka tööstusprotsesside heitsoojust. See aitab kaasa küttesektori ja üldise energiasüsteemi dekarboniseerimisele, suurendades energiajulgeolekut ja -tõhusust [11].

Hoolimata nendest eelistest on energiavaesus paljudes piirkondades mitmesuguste tegurite tõttu endiselt pakiline probleem. Võrkude erastamine, kütusehinna tõus ja palgataseme tõus energeetikasektoris aitavad kaasa tariifide tõusule, muutes küttearved oluliseks osaks majapidamiste eelarvetest. Vajadus võtta kasutusele rohkem taastuvaid energiaallikaid ja uuendada vananevaid võrke nõuab suuri investeeringuid, mis suurendavad veelgi kulusid. Ebatõhusad energiasüsteemid, mida iseloomustavad suured ülekandekaod, vananev infrastruktuur ja sõltumine kulukatest või keskkonnakahjulikest kütustest, võivad neid probleeme süvendada, asetades haavatavamad elanikkonnad suuremasse energiavaesuse ohtu [12].

Kaugküttesüsteemid, võimaldades mastaabisäästu ja integreerides taastuvaid energiaallikaid, võivad aidata leevendada mõningaid energiavaesuse aspekte. Siiski võib nendele süsteemidele ülemineku ja ülalpidamisega kaasnev rahaline koormus koos tõusvate tariifidega paraku tekitada olulisi väljakutseid. Võrdse juurdepääsu tagamine taskukohastele ja säästvatele küttelahendustele on endiselt energiavaesusega võitlemise oluline aspekt [13].

1.2 Energiavaesuse mõõdikud

Energiavaesus on mitmekülgne probleem, mis hõlmab erinevaid mõõtmeid, selles peatükis käsitletakse energiavaevuse mõiste iseloomustamiseks erinevaid näitajaid ja parameetreid.

1.2.1 Indikaatorid ja lävendid

Indikaatorid

Energiavaesuse näitajad hõlmavad erinevaid aspekte, sealhulgas kaasaegsete energiateenuste kättesaadavust, kütuste ja elektritarbimist elaniku kohta, energia taskukohasust ning puhta energia kättesaadavust. Need näitajad on energiavaesuse mõistmiseks ja tõhusaks lahendamiseks üliolulised. Energiavaesuse nõustamiskeskuse (EPAH) eelkäija, Euroopa energiavaesuse vaatluskeskus (EPOV), on peamisteks näitajateks tuvastanud madala absoluutse energiatarbimine, kommunaalmaksete võlgnevused, kõrged energiakulud võrreldes sissetulekutega ja suutmatuse hoida sobivat kodutemperatuuri [14].

Mitmemõõteline energiavaesusindeks (MEPI) keskendub peamise näitajana kaasaegsetele energiateenustele juurdepääsu puudumisele. Lisaks on teisteks olulisteks näitajateks kodus piisava soojuse hoidmise võime, kommunaalmaksete võlgnevused ja energiakasutust mõjutavad elamistingimused. Energiavaesuse näitajad võib laias laastus jagada kolme alamkategoriasse [15]:

- **Liigne energiakoormus:** see mõõdab leibkonna sissetulekute osakaalu, mis kulub energiakuludele. Suure energiakoormusega leibkonnad kogevad suurema tööenõususega energiapuudust.
- **Netosissetulek:** see hõlmab leibkondi, kelle sissetulek jääb pärast energiakulude mahaarvamist allapoole vaesuspiiri. Sellistel majapidamistel on sageli raskusi põhiliste energiavajaduste rahuldamisega.
- **Tegelik energiatarbimine:** see uurib, kas leibkonnad tarbivad piisavalt energiat, et säilitada põhiline elatustase, võttes arvesse piirkondlikke ja kliimamuutusi.

Terviklik lähenemine energiavaesuse mõõtmisele hõlmab mitme mõõtme, nagu energia kättesaadavuse, taskukohasuse, tõhususe ja juhtimise, arvessevõtmist. Teadlased rõhutavad energiavaesuse hindamise olulisust mitmemõõtmelisest vaatenurgast, sidudes selle tervise, hariduse, vaesuse ja keskkonnavalaste tulemustega. Kütusevaesuse mõju majanduskasvule, vaimsele tervisele ja piirkondlikele erinevustele on uuritud, rõhutades vajadust laiapõhjaliste näitajate järele selle probleemi tõhusaks lahendamiseks [15].

Lävendid

Kodumajapidamiste energiavaesuse ulatuse määramisel on ülioluline välja selgitada vastavad lävendid. Sel eesmärgil on välja pakutud erinevaid meetodeid [16]:

- **Kõrge energiatarif (HEQ):** määratletud kui energiakulud, mis üldjuhul ületavad 10% leibkonna sissetulekust, kuigi teatud uuringute puhul kasutatakse ka finantsvaradega arvestamiseks kohandatud 8% künnist.
- **Madala sissetuleku ja kõrge energiakulu (LIHC):** see näitaja hõlmab nii väikese sissetulekuga (alla elatusmiinimumi) kui ka kõrgete energiakuludega leibkondi võrreldes nende sissetulekuga.
- **Madal sissetulek ja madala energiakvaliteediga maja (LILEQ):** see näitaja keskendub madala sissetulekuga leibkondadele, kes elavad madala energiatõhususega majades. Variantide hulka kuuluvad LILEQ- (rahaliste piirangute tõttu alatarbivad leibkonnad) ja LILEQ+ (ületarbimisega leibkonnad).

- **Madal energiatõhusus ja suutmatus investeerida renoveerimisse (LEQ):** see mõõdab leibkondi, kes ei suuda rahaliste piirangute tõttu oma kodu energiatõhusust parandada, tehes täiendavaid erinevusi majaanike (oLEQ) ja üürnike (tLEQ) vahel.

Energiavaesuse piirmäärad võivad varieeruda sõltuvalt piirkondlikest erinevustest, avaliku halduse kvaliteedist ja inflatsioonimäärast. Seetõttu on energivaesuse täpseks kajastamiseks oluline arvestada nii absoluutse energiatarbimise taset kui ka kodumajapidamiste suhtelist energiakoormust nende sissetulekutasemega võrreldes. Tõhusa poliitika ja sekkumiste väljatöötamiseks on oluline mõista energivaesuse näitajaid ja lävendeid. Mitmemõõtmelise lähenemisviisi kasutuselevõtuga saavad poliitikakujundajad paremini tegeleda energivaesust soodustavate erinevate teguritega ja rakendada lahendusi, mis parandavad kõigi juurdepääsu taskukohasele, usaldusväärsele ja säästvale energiale [17].

1.2.2 Globaalsed ja kohalikud mõõdikud

Üleriigilised ja kohalikud energivaesusmõõdikud erinevad oma ulatuse ja fookuse poolest. Üleriigilised mõõdikud annavad tavaliselt väga laiapindse ja üldistava ülevaate probleemist riiklikul tasandil, võttes arvesse selliseid tegureid nagu keskmine energiatarbimine, sissetulekute tase ja juurdepääs kaasaegsetele energiateenustele kogu elanikkonna ulatuses. Need mõõdikud toetuvad sageli standardiseeritud indikaatoritele ja lävenditele, et hinnata energivaesuse levimust suuremal skaalal, võimaldades võrrelda eri piirkondade või riikide vahel [18].

Teisest küljest on kohalikud energivaesusmõõdikud rohkem kohandatud konkreetsete geograafiliste piirkondade või kogukondade jaoks, võttes arvesse kohalikke tegureid, mis võivad muret mõjutada, näiteks eluasemetingimused, piirkondlikud omapärad ja energiaressursside kättesaadavus. Kohalikud mõõdikud võivad hõlmata nüansse, mis võivad üleriigilistes hinnangutes tähelepanuta jääda, andes üksikasjalikuma ülevaate energivaesusest konkreetses kontekstis [18].

Üleriigilised energivaesusmõõdikud on poliitilisest seisukohast üliolulised selleks, et koostada riiklike strateegiaid ja välja töötada sekkumisi, et käsitleda energivaesust laiemalt, samas kui kohalikud mõõdikud võivad anda teavet selle kohta, kuhu täpsemalt on vaja erinevaid algatusi ja kogukonna tasandi sekkumisi, et leevendada energivaesust konkreetses piirkonnades. Kombineerides nii üleriigilisi kui ka kohalikke mõõdikuid, saab tõhusaks energivaesusega tegelemiseks kasutusele võtta

terviklikuma lähenemisviisi, võttes arvesse nii makrotasandi suundumusi kui ka mikrotasandi väljakutseid [19].

1.3 Energiavaesuse sotsiaalmajanduslikud mõõtmised

1.3.1 Mõju haavatavale elanikkonnale

Energiavaesuse sotsiaalmajanduslik mõju Euroopa enim haavatavatele elanikkonnarühmadele on kriitiline probleem, mis vajab tähelepanu. Ebaproportsionaalselt palju on mõjutatud sellised ühiskonna grupid nagu madala sissetulekuga leibkonnad, eakad ja tervisehäiretega inimesed, mis toob kaasa mitmesuguseid negatiivseid tagajärgi. Energiavaesus süvendab olemasolevat ebavõrdsust, kuna see mõjutab sotsiaalseid tegureid, nagu vaesus, eluks kõlbulik eluase ja piiratud ligipääs tervishoiule, asetades haavatavad elanikkonnad majanduslikult, keskkonnaalaselt ja sotsiaalselt ebakindlasse olukorda [20].

Energiavaesuse mõju Euroopa haavatavatele elanikkonnarühmadele hõlmab tervise ja heaolu halvenemist, haridusvõimaluste vähenemist ja suurenenud sotsiaalset tõrjutust [20]. Haavatavad isikud seisavad sageli silmitsi väljakutsetega piisava toatemperatuuri hoidmisel, mis võib põhjustada terviseprobleeme, nagu hingamisprobleemid ja südame-veresoonkonna haigused [21]. Lisaks võib energiavaesus piirata juurdepääsu olulistele teenustele ja võimalustele, süvendades veelgi enam vaesust ja sotsiaalset marginaliseerumist [20].

Lisaks soodustavad energiavaesuse esinemissageduse ruumilised ja piirkondlikud omadused Euroopas haavatavate elanikkonnarühmade sotsiaalmajanduslike väljundite erinevusi. Ida-, Kesk- ja Lõuna-Euroopa riike mõjutab energiavaesus eriti suurel määral ning haavatavad rühmad seisavad silmitsi sissetulekuvaesuse tõttu täiendavate raskustega [22]. Süsteemne ebaõiglus, mis ümbritseb energiapuudust postkommunistlikes riikides, toob esile keeruka koosmõju majanduslike üleminekute, piirkondliku ebavõrdsuse ja sotsiaalse haavatavuse vahel [23].

Haavatava elanikkonna energiavaesuse probleemiga tegelemine nõuab sihipäraseid sekkumisi, mis võtavad arvesse eri rühmade konkreetseid vajadusi ja väljakutseid. Energiatõhususe parandamisele, energiakulude katteks rahalise abi andmisele ja puhastele energiaallikatele juurdepääsu parandamisele suunatud poliitikad võivad aidata leevendada energiavaesuse sotsiaalmajanduslikku mõju haavatavatele elanikkonnarühmadele. Seades prioriteediks elamute moderniseerimise ja rakendades strateegiaid ebasoodsas olukorras olevate majapidamiste energia kättesaadavuse parandamiseks, saavad poliitikakujundajad töötada selle nimel, et vähendada Euroopa

haavatavate elanikkonnarühmade energiavaesusest tulenevat sotsiaalmajanduslikku koormust [24] [25].

1.3.2 Majanduslikud ja poliitilised tegurid

Majanduslikud ja poliitilised tegurid mõjutavad oluliselt Euroopa energiavaesust. Paljude Euroopa majapidamiste suutmatusest piisavatele energiateenustele juurde pääseda või neid endale lubada on üha suurem mure, mida mõjutavad mitmesugused majanduslikud ja poliitilised seotud aspektid [26]. Sellised tegurid nagu eluaseme kvaliteet, sisetulekute tase ja geograafiline asukoht põhjustavad energiavaesust, kusjuures maajapidamised on eriti haavatavad [20]. Lisaks võib elamufondi halb tehniline seisukord suurendada optimaalse küttestandardi säilitamise kulusid, mis süvendab energiavaesust [25].

Lisaks peetakse energiavaesuse peamisteks põhjusteks kütusehindade tõusu, madalat sisetulekut ja eluaseme kvaliteeti, mis rõhutab, kui oluline on tegeleda majanduslike erinevustega ja eluasemetingimustega, et võidelda energiavaesusega. Vabale turule viidud elektrisektorid on toonud kaasa uue energiavaesuse vormi, mille tulemusel seisavad madala sisetulekuga leibkonnad silmitsi kõrgemate energiakulude ja sotsiaalse tõrjutusega [27]. Poliitiline maastik, majanduslangus, ebavõrdsus ja pidevas muutuses olevad tarbimisharjumused mõjutavad ka energiavaesuse esiletõstmist poliitilistes päevakordades kogu Euroopas [28].

1.4 Energiavaesuse vähendamise meetodid

Igal KOV-l on eesmärk vähendada oma piirkonnas energiavaesust. Allpool on toodud välja meetmed, mis aitavad seda leevendada.

1.4.1 Innovatsioon ja tehnoloogiline areng

Innovatsioon mängib energiavaesuse leevendamisel otsustavat rolli uute tehnoloogiate, ärimudelite ja lähenemisviiside juurutamise kaudu, mis parandavad energia kättesaadavust, taskukohasust ja jätkusuutlikkust.

Kaugküttevõrkude edusammud on energiavaesusega võitlemisel eriti olulised. Energiatõhususe suurendamisele, kulude vähendamisele ja jätkusuutlikkuse edendamisele suunatud muutused võivad täielikult muuta küteteenuste osutamist ning tarbimist. Nendeks sammudeks võivad olla näiteks kaugkütte täiustatud juhtimissüsteemid, mis saavad paremini kohaneda kõikuvate energiavajadustega ja optimeerida energiakasutust. Samuti on tähtis madala temperatuuriga

kaugküttesüsteemide juurutamine. Nutikad kaugküttevõrgud, eriti 4. ja 5. põlvkonna süsteemid, on selles sektoris innovatsiooni esirinnas. Need süsteemid on loodud madala energiatarbega hoonete soojuse ja jahutuse varustamiseks minimaalsete võrgukadudega, maksimeerides seeläbi energijaotuse efektiivsust ja minimeerides jäätmeid. Sellised uuendused võivad optimeerida energiakasutust ja oluliselt parandada kaugküttevõrkude üldist jõudlust [29].

5. põlvkonna kaugkütte ja -jahutuse (5GDHC) süsteemide kasutuselevõtt Eestis tähendab olulist edasiminekut riigi lähenemises linnade energiamajandusele. Need süsteemid põhinevad madalatel töötemperatuuridel (alla 35°C) ja kahesuunalisi energiavooge, mis võimaldavad integreerida erinevaid taastuvaid energiaallikaid, nagu geotermiline- ja päikesesoojusenergia. Peamine uuendus seisneb nende detsentraliseeritud energiavoos, mis võimaldab hoonetel jagada üleliigset soojust ja jahutust, suurendades seeläbi üldist energiatõhusust ja vähendades kadusid. Eestis on 5GDHC jaoks soodsad tingimused tulenevalt soojuspumpade laialdasest kasutamisest ja üleliigsete soojusallikate olemasolust, mistõttu on see hea lahendus säästvaks linnaarenguks. 5GDHC süsteemide kasutuselevõttu teeb eriti soodsaks võimekus salvestada liigset energiat, mis tähendab, et soojemal ajal kogutud soojust saab salvestada ja kasutada külmemal perioodil, optimeerides energiakasutust aastaringelt. See süsteem toetab ka tööstusprotsesside ja andmekeskuste heitsoojuse integreerimist, suurendades veelgi selle tõhusust ja jätkusuutlikkust. 5GDHC kasutuselevõtt Eestis on ajendatud nende süsteemide võimest töötada maapinnalähedasel temperatuuril, vähendades oluliselt energiakadusid võrreldes traditsiooniliste kaugküttevõrkudega [30].

Veel üks tõhus strateegia on halvasti soojustatud mitmepereelamute ühendamise tõhusate kaugküttevõrkudega. Selline lähenemine võib oluliselt parandada energiavaesuse all kannatavate elanike elutingimusi ja elukvaliteeti. Integreerides need hooned kaugküttesüsteemidesse, saavad elanikud kasu töökindlamatest ja tõhusamatest küttelehendustest, mis suurendavad nende mugavust ja heaolu. Ka taastuvate energiaallikate, näiteks biomassi, integreerimine kaugküttesüsteemidesse võib oluliselt suurendada energiatõhusust ja jätkusuutlikkust. Kaugküttevõrkudega ühendatud biomassist soojuse ja elektri koostootmisjaamad mängivad olulist rolli taastuvate energiaallikate osakaalu suurendamisel energiasüsteemides, aidates seeläbi kaasa kaugküttesüsteemide jätkusuutlikkusele ja keskkonnasäästlikkusele. Taastuenergia kasutamine kaugküttes vähendab süsinikdioksiidi heitkoguseid ning selle integreerimist eelistavate kaugküttesüsteemide projekteerimine toetab nii

energiatõhususe kui ka keskkonnasäästlikkuse eesmärgi, aidates kaasa küttekulude ja energiatootmise keskkonnamõjude vähenemisele [31].

1.4.2 Keskkonnapoliitika ja -meetmed

Euroopa keskkonnapoliitika mõjutab oluliselt energiavaesust. Euroopa Liit edendab aktiivselt taastuvate energiaallikate kasutamist, et võidelda kliimamuutustega ja parandada energiajulgeolekut. Taastuvenergia direktiiv seab eesmärgid kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamiseks, taastuvenergia osakaalu suurendamiseks ja energiatõhususe suurendamiseks. on loodud energiavaesusega võitlemiseks, propageerides taastuvate ja keskkonnasõbralike energiaallikate kasutamist, mille tulemuseks võivad olla säästvamad ja kulutõhusamad energialahendused kodumajapidamistele. EL on välja töötanud paketi "Puhas energia kõikidele eurooplastele" mille eesmärk on standardiseerida energiaraamistikke ja edendada ühiseid energeetilisi ettevõtmisi ELis, keskendudes eelkõige keskkonnasõbralike ja tõhusate kütelahenduste edendamisele. Rõhuasetus puhta energia integreerimisele, energiatõhususe parandamisele ja kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamisele on kooskõlas kaugküttesüsteemide tõhustamise eesmärkidega [32].

1.4.3 Haavatava elanikkonna kaitse

Madala sissetulekuga leibkondade tõhusaks kaitsmiseks ja energiavaesuse leevendamiseks on oluline mitmekülgne lähenemisviis, mis hõlmab rahalisi meetmeid, reguleerivaid raamistikke ja kogukonnapõhiseid algatusi. Finantsmeetmed, nagu toetused, maksuvabastused ja otsene rahaline abi, on haavatavate leibkondade vahetu finantskoormuse vähendamisel kriitilise tähtsusega. Need meetmed aitavad tagada põhiliste energiavajaduste rahuldamise ilma muid olulisi kulusi kahjustamata. Näiteks võivad toetused vähendada energiaarveid, muutes energia madala sissetulekuga peredele taskukohasemaks, samas kui maksuvabastused võivad pakkuda täiendavat rahalist leevendust, vähendades üldist maksukoormust [33].

Regulatiivsed raamistikud mängivad olulist rolli ka madala sissetulekuga leibkondade kaitsmisel. Poliitikad, mis takistavad mittemaksmise tõttu ühenduste katkemist, eriti kriitilistel perioodidel, näiteks talvekuudel, tagavad, et majapidamised säilitavad juurdepääsu olulistele energiateenustele. Ühenduse katkestamise keelud võivad pakkuda turvavõrgu kõige haavatavamatele inimestele, vältides olukordi, kus pered jäävad kütte või elektrita. Lisaks võib garanteeritud minimaalse tasuta energiakoguse kehtestamine koos tagada, et põhilised energiavajadused on alati rahuldatud, olenemata leibkonna majanduslikust olukorrast [33].

Ühendusepõhised algatused, nagu energiakogukondade loomine, võivad soodustada sotsiaalset kaasatust ja kollektiivset tegevust energiavaesuse vastu. Need algatused võivad aidata vähendada energiakulusid ühiste taastuenergiaprojektide ja energiateenuste hulgiostmise kaudu. Energiakogukonnad võivad pakkuda ka suutlikkuse suurendamise ja hariduse platvormi, aidates kodumajapidamistel kasutusele võtta energiatõhusaid tavasid ja tehnoloogiaid. Näiteks saavad kohalikud omavalitsused toetada energiakogukondade loomist, pakkudes esmast rahastamist, hõlbustades õigusraamistikke ja pakkudes tehnilist abi nende jätkusuutlikkuse ja tõhususe tagamiseks [33].

Lisaks võib kodu renoveerimisse ja energiatõhususe parandamisse investeerimine avaldada pikaajalist mõju energiavaesuse vähendamisele. Programmid, mis pakuvad rahalist abi isolatsiooni, akende ja küttesüsteemide uuendamiseks, võivad oluliselt vähendada energiatarbimist ja kulusid. Renoveerimine ei paranda mitte ainult kodude energiatõhusust, vaid parandab ka elutingimusi, aidates kaasa elanike üldisele heaolule. Kohalikud omavalitsused saavad mängida otsustavat rolli, koordineerides neid jõupingutusi ja tagades, et renoveerimisprogrammid on kättesaadavad kõige haavatavamatele elanikkonnarühmadele [33].

1.5 Ruumanalüüsi kasutus energiavaesus analüüsides

1.5.1 Kaardistamise ja ruumilise analüüsi võtted

Ruumianalüüsil on energiavaesuse uuringutes ülioluline roll, pakkudes ülevaadet probleemi ruumilisest jaotusest, mustritest ja teguritest. Ruumanalüüsi tehnikaid kasutades saavad teadlased paremini mõista selle mure geograafilisi erinevusi, tuvastada levialasid ning hinnata ruumilisi seoseid energiavaesuse ja erinevate sotsiaalmajanduslike tegurite vahel. Ruumanalüüs ka probleemi ulatust ja kontsentratsiooni, võimaldades teha sihipäraseid sekkumisi ja poliitilisi soovitusi energiavaesuse tõhusaks lahendamiseks [34].

Ruumianalüüsi tehnikaid, nagu ruumiline autokorrelatsioon, ruumiline regressioon ja georuumiline kaardistamine, kasutatakse tihtilugu säärestes uuringutes, et analüüsida ruumilisi mustreid, uurida ruumilisi seoseid energiavaesuse ja muude muutujate vahel ning visualiseerida näitajate ruumilist jaotust. Need meetodid võimaldavad teadlastel tuvastada probleemiga seonduvaid ruumilisi klastreid, hinnata ruumiliste tegurite mõju ja mõista ruumilist dünaamikat nii piirkonna kui ka riigi tasandil. Lisaks aitab ruumanalüüs tuvastada energiapuuduse suhtes haavatavuse ruumiliselt erinevaid komponente [34].

1.5.2 Juhtumuuringud ja rakendused

Energiavaesuse uurimine GIS-i abil on andnud väärtuslikke teadmisi selle pakilise probleemi dünaamikast ja võimalikest lahendustest. See peatükk tutvustab mitmeid juhtumuuringuid ja rakendusi, mis illustreerivad nende lähenemisviiside tõhusust erinevates kontekstides. Valitud uuringud näitavad, kuidas kaugküttesüsteemid saavad leevendada energiavaesust, pakkudes taskukohaseid ja usaldusväärseid küttelahendusi, eriti linnapiirkondades ja karmide talvedega piirkondades. Veelgi enam, GIS-i integreerimine probleemi analüüsimisel pakub selle mõistmiseks ja lahendamiseks ruumilist mõõdet, võimaldades sihipäraseid sekkumisi. Siin on mõned näited tehtud uurimustöödest, mille uurimuse keskmes on ruumiline analüüs ja kaugküttevõrgud:

- ***„Energy Poverty: Computing the Silent Problem of Developed Countries”***

Autorid: Alfred Larsson, Märta Strømme, Herman Falkenmark, ja Freja Klucis
Uurimustöö käsitleb energiavaesust Rootsis, Uppsala vallas. Autorite eesmärk on määratleda energiavaesuse mõiste Rootsi kontekstis ja koostada mudel selle levimuse hindamiseks, võttes arvesse kohalikke sotsiaalmajanduslikke tegureid. Sissetulekute ja energiatarbimise andmeid analüüsid leidsid nad, et 9,78% Uppsala elanikest kogeb energiapuudust, mis on määratletud kui 10% sissetulekust energiaarvetele kulutamine. Peamised puudused, mis on tingitud sotsiaalmajanduslikest teguritest on brutotulu, haridustase ja sõltuvus sotsiaalhoolekandest [35].

- ***„Energy Transition for the Rich and Energy Poverty for the Rest? Mapping and Explaining District Heating Transition, Energy Poverty, and Vulnerability in Czechia”***

Autorid: Hedvika Kodůusková, Adriana Ilavská, Tereza Stašáková, Dominik David, Jan Osička

Töö uurib kaugküttesüsteemi ümberkujundamise mõju energiavaesusele Tšehhis. Kasutades kahefaasilist järjestikust selgitavat uurimistööd, töötatakse uuringus välja energia haavatavuse indeks, et hinnata sotsiaal-ruumilist jaotust, ning viiakse läbi kohalikke uuringuid nende leidude kinnitamiseks ja laiendamiseks. Uurimustöö tuvastab mitu sotsiaalmajanduslikest ja materiaaltehnilistest teguritest mõjutatud teekonda, mis viivad energiavaesusele, tuues esile kaugküttesüsteemide kriitilise rolli linnapiirkondades ja nende sotsiaal-majanduslikku nõrkust energiahindade tõusu ja varasemate dereguleerimispuudluste taustal [36].

- ***„Residential Heating under Energy Poverty Conditions: A Field Study”***

Autorid: Sofia-Natalia Boemi, Giorgos Panaras, ja Agis M. Papadopoulos

Töös uuritakse energiavaesust Kesk-Makedoonias, Põhja-Kreekas. Uuringus uuritakse energiavaesuse mõju selle piirkonna majapidamistele, kus karmid talved nõuavad märkimisväärseid küttevajadusi. Ankeetküsitluse abil koguti uuringus andmeid majapidamiste energiatarbimise, sotsiaal-majandusliku seisundi ja hoone soojusnäitajate kohta. Tulemused näitavad, et paljudel majapidamistel on kõrgete energiakulude ja madalate sissetulekute tõttu raskusi piisava sisetemperatuuri säilitamisega, mis põhjustab tervise ja elukvaliteedi halvenemist. Uuring rõhutab vajadust sihipärase poliitika järele, et parandada energiatõhusust ja toetada Kreeka haavatavat elanikkonda [37].

- ***„Energy poverty in the Netherlands at the national and local level: A multi-dimensional spatial analysis”***

Autorid: Peter Mulder, Francesco Dalla Longa, ja Koen Straver

Töö selgitab välja tähelepanuta jäetud energiavaesuse probleemi Hollandis, mida süvendavad alates 2021. aastast tõusvad energiahinnad. Kasutades ruumilisi mikroandmeid, mis katavad 80% Hollandi leibkondadest, hinnatakse uuringus energiavaesust kolme mõõtmega kaudu: taskukohasus, kodude energeetiline kvaliteet ja võimekus osaleda energeetilisel üleminekul. Uuringutulemused näitavad, et 7% leibkondadest seisavad silmitsi kõrgete energiakulude, halva isolatsiooni ja madala sissetulekuga ning suur osa leibkondadest ei saa rahaliste piirangute tõttu energiatõhususe parandamisse investeerida. Uuring tõstab esile energiavaesuse ruumilise koondumise äärealadesse ja tihedalt asustatud linnaosadesse, vaidlustades praeguseid poliitilisi lähenemisviise ning rõhutades vajadust tasakaalustatud rahaliste vahendite, hinnastiimulite ja koduisolatsioonistandardite kombinatsiooni järele, et probleemiga tõhusalt tegeleda [16].

2.UURINGU METOODIKA

2.1 Kaugküte Eestis

Lõputöö eesmärk oli luua interaktiivne ruumianalüüsi tööriist energiapuudulikkuse hindamiseks, et esile tuua kõige haavatavamad piirkonnad. Eestis on kaugküte väga oluline. Kaugküte on energiavaesuse leevendamise seisukohast tähtis, kuna see on palju efektiivsem kui individuaalsed küttesüsteemid. Kaugküttesüsteemid võivad vähendada küttekulusid tarbijatele, kuna suuremahuline tootmine ja tõhusam energiakasutus võimaldavad toota soojusenergiat soodsamalt. Eestis sõltub olukord maakonniti. Järgnevas peatükis on kirjeldatud andmekogumisviise ja nende rakendamist objektiivsete hinnangute saavutamiseks.

2.2 Andmekogumiskava

Energiavaesuse välja selgitamiseks on tarvis andmeid seda enim mõjutavate faktorite kohta. Kuna antud töö käsitleb energiavaesust KOV tasemel on enim eelistatud andmed valdade ja linnade tasemel. Andmete kogumisel eelistati saadaval olevaid andmeid alates kõige väiksemast territoriaalsusest, ehk asutusüksustest (asulad, kus on teadaolevalt olemas kaugküttevõrgustik). Selliste andmete puudumise korral, kasutati üldisemaid omavalitsusüksuse andmestike ning kui puudusid ka sellisel tasemel andmed, kasutati maakonnapõhiseid tabeleid.

2.2.1 Allikad ja andmetüübid

Uurimustöö tegemisel kasutati erinevate ametiasutuste kogutud andmeid, nende seas Statistikaameti andmebaase, Ehitisregistrit ja EJKÜ andmeid. All pool on välja toodud nende andmebaaside päritolu

2021. aasta rahvaloenduse seast:

- RL21003: Rahvastik, 31. Detsember 2021. (Elukoht ja vanus)
- RL21701: Tavaleibkonnad, 31. Detsember 2021 (Elukoht ning näitaja)
- RL21822: Tavaleibkonnad (Elukoht, leibkonna tüüp, eluruumi tubade arv ning eluruumi tüüp)
- RL21803: Rahvastik (Elukoht, vanuserühm, eluruumi tüüp)
- RL21202: Tavaeluruumidega hooned, eluruumid ja eluruumide pind (Asukoht, näitaja ning hoone tüüp)
- RL21210: Asutustatud tavaeluruumidega hooned, eluruumid ja eluruumide pind (Asukoht, näitaja ning hoone tüüp)
- RL21132: Rahvastik (Elukoht, tööhõiveseisund)

Teiste statistikaameti andmebaaside seast:

- ST004: Palgatöötaja kuu keskmine brutotulu ja brutotulu saajad (2022, piirkond/haldusüksus, näitaja)
- SK154: Keskmine pension kuus, 1. jaanuar (Maakond, 2024)

Hoonete energiaklasside kogumisel kasutati EHR-i infoportaali, ehitiste koondvaate andmebaasi [38]. Soojusenergia müügihinnad aastast 2023 on võetud EJKÜ poolt kogutud andmete seast.

2.2.2 Andmekogumisevõtted

EJKÜ andmete põhjal tuvastati, et Eestis on 214 kaugkütet tarbivat erisuuruses asulat. Kõige väiksem neist on Otepää vallas asuv 15 elanikuga Otepää küla, ent seal pole üksi elamahoone kaugküttevõrguga ühendatud. Kõige väiksem asula, kus kaugküttevõrgus on ka elamuhonetest tarbijaid, on Taagepera küla Tõrva vallas, kus elanikke on 91. Suurimaks kaugküttega asulaks on Tallinn.

Eesti 79-st omavalitsusest 74-s on vähemalt üks kaugküttega asutusüksus. Kaugküttepiirkonnad puuduvad järgmistes valdades: Setomaa vald, Saarde vald, Toila vald, Kihnu vald ja Ruhnu vald. Samuti tuleks märkida, et kuigi Vormsi valla Hullo külas on olemas kaugküttepiirkond, on andmed selle kohta äärmiselt piiratud, mis tõttu antud uurimustöös on see asula järelduste tegemisel välja arvatud.

Tabelis 2.1 on esitatud Eesti maakonnad ning nendele vastav kaugküttevõrgustike arv. Enim kaugküttevõrgustikke on Harjumaal, kus neid on 37 ning need paiknevad igas omavalitsuses, sellele järgneb 22 asulaga Tartumaa.

Tabel 2.1 Kaugküttepiirkondade paigutus maakonniti

Eesti maakonnad	Omavalitsuste koguarv	Kaugküttega omavalitsused	Kaugküttega asulate arv
Harju maakond	16	16	37
Hiiu maakond	1	1	4
Ida-Viru maakond	8	7	19
Jõgeva maakond	3	3	10
Järva maakond	3	3	15
Lääne maakond	3	3	8
Lääne-Viru maakond	8	8	19
Põlva maakond	3	3	14
Pärnu maakond	7	5	16
Rapla maakond	4	4	10
Saare maakond	3	2	8
Tartu maakond	8	8	22
Valga maakond	3	3	9

Viljandi maakond	4	4	16
Võru maakond	5	4	7

2.3 GIS-kaardistamise lähenemisviisid

Geograafiline infosüsteem (GIS) on mitmekülgne vahend, mis võimaldab ruumiandmete kogumist, haldamist, analüüsimist ja visualiseerimist. GIS-tehnoloogia on juba pikka aega olnud oluliseks abivahendiks mitmesugustes teadusvaldkondades, pakkudes unikaalseid võimalusi ruumilise teabe tõlgendamiseks ja esitamiseks.

GIS võimaldab luua täpseid ja detailseid kaarte, mis aitavad mõista geograafilisi mustreid ja trende. Kaardid võivad sisaldada erinevaid kihte, mis kujutavad erinevaid andmekogumeid, nagu demograafilised andmed, loodusvarad ja infrastruktuur. GIS võimaldab integreerida erinevaid andmekogumeid ühisesse süsteemi, võimaldades seeläbi keeruliste ruumiliste analüüside teostamist. Näiteks saab kombineerida demograafilisi andmeid keskkonnaandmetega, et uurida tervisemõjusid või sotsiaalseid ebavõrdsusi. GIS-i kasutamine aitab ka tuvastada probleeme ja määratleda nende ruumilist ulatust.

Lisaks pakub GIS väärtuslikke teadmisi, mis toetavad tõenduspõhist otsuste tegemist ja poliitikakujundamist. Ruumiandmete põhjal saab planeerida ja juhtida maakasutust, linnaplaneerimist, keskkonnakaitset ja palju muud. GIS-i lähenemisviisid uurimistöodes hõlmavad mitmeid etappe, alates andmete kogumisest ja haldamisest kuni ruumianalüüsi ja modelleerimiseni. Ruumianalüüs ja modelleerimine on GIS-i kasutamise keskmes. GIS pakub erinevaid tööriistu ruumilise statistika ja analüüsi teostamiseks, näiteks tiheduse analüüsi, klasteranalüüsi ja kuuma koha analüüsi, et tuvastada mustreid ja trende.

Visualiseerimine ja kaardistamine on samuti GIS-i olulised komponendid. GIS võimaldab luua visuaalselt atraktiivseid ja informatiivseid kaarte ja diagramme, mis aitavad keerulist teavet lihtsal ja arusaadaval viisil esitada. Kolmemõõtmelised visualiseeringud pakuvad sügavamalt arusaamist maastikust ja infrastruktuurist, olles eriti kasulikud linnaplaneerimises ja keskkonnauuringutes [39].

2.3.1 Tööriistad ja tarkvara

Käesoleva bakalaureusetöö ruumiandmeanalüüsil kasutati kaardistamistarkvara ArcGIS Pro. Tegemist on täiustatud geograafilise infosüsteemi (GIS) tarkvaraga, mida arendab Esri, ettevõtte mis on olnud GIS-tehnoloogia arendamise esirinnas alates selle loomisest. Ettevõtte asutati aastal 1969 USA-s ning juba algusest peale keskendus see GIS-

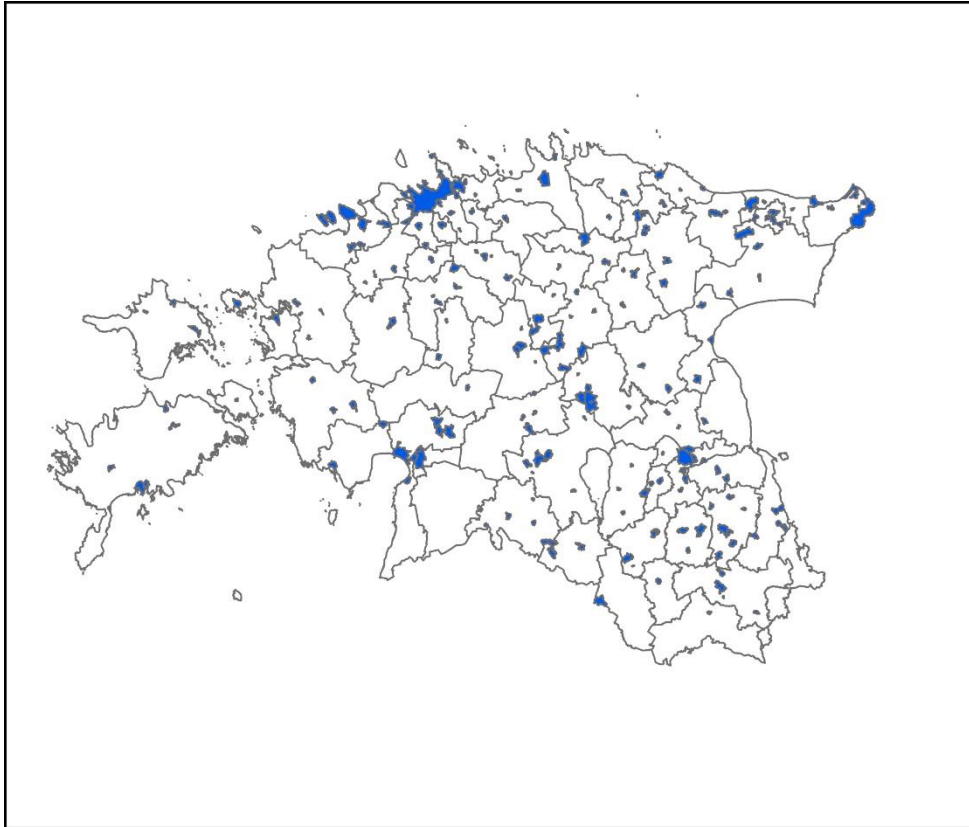
tehnoloogia arendamisele ja rakendamisele erinevates valdkondades, nagu keskkonnahaldus, planeerimine ja ressursside juhtimine.

1980. aastatel tõi Esri turule ArcInfo, esimese laialt levinud GIS-tarkvara, mis oli mõeldud spetsialistidele keerukate ruumianalüüside ja -modelleerimise jaoks. 1990. aastatel tutvustas Esri ArcView GIS-i, kasutajasõbralikumat tarkvarapaketti, mis tegi GIS-tehnoloogia kättesaadavamaks laiemale kasutajaskonnale. 2000. aastal käivitas Esri ArcGIS platvormi, mis ühendas ArcInfo ja ArcView parimad omadused ning laiendas neid uute tööriistade ja funktsioonidega. ArcGIS-i esimene versioon pakkus integreeritud lähenemist GIS-andmete haldamiseks, analüüsimiseks ja visualiseerimiseks.

ArcGIS Pro arendus algas 2010. aastatel, kui Esri otsustas luua täiesti uue ja kaasaegse GIS-tarkvara, mis vastaks tänapäevastele nõudmistele ja tehnoloogilistele võimalustele. 2015. aastal tutvustati ArcGIS Pro-d avalikkusele kui ArcGIS platvormi järgmise põlvkonna tarkvara. ArcGIS Pro oli loodud pakkuma paremat kasutajakogemust, täiustatud analüüsivõimalusi ja tihedat integreeritust pilveteenustega. See on loodud spetsiaalselt ruumiandmete haldamiseks, analüüsimiseks ja visualiseerimiseks. ArcGIS Pro pakub laia valikut tööriistu ja funktsioone, mis võimaldavad täpset ja tõhusat kaardistamist ja ruumianalüüsi. Tarkvara võimaldab hõlpsat ühildumist MS Exceli andmetabelitega, mis lihtsustab töödeldud andmete visualiseerimist.

2.3.2 Kihistamise ja visualiseerimise meetod

Antud töö ruumianalüüsi aluskihiks on võetud haldus- ja asustusüksuste andmed, mis pärinevad maakatastri katastrikaardilt. Ruumiandmeteks on maakonnad, omavalitsused, asustusüksused. Need on seotud Statistikaameti poolt kehtestatud Eesti haldus- ja asustusjaotuse klassifikaatoriga (EHAK). Omavalitsuste ja asustusüksuste ruumiandmete aluskihid on võetud Maa-ameti Geoportaalist, haldus- ja asustusjaotuse leheküljelt [40]. Järgneval joonisel 2.1 on esitatud kõik Eesti KOV-d ning asulad, kus on tuvastatud toimiv kaugküttevõrk, sellel kaardil kujutatud asulad ning nendele vastavad andmed on aluseks ruumianalüüsi tegemisel selle uurimustöö raames.



Joonis 2.1 Eesti omavalitsused ja toimiva kaugküttega asustusüksused

Peatükis 2.2.1 kirjeldatud andmebaasidest pärinevad andmed koondati analüüsiks MS Exceli tabelitesse. Andmetega teostati arvutusi ning saadud tulemused viidi üle ArcGIS Pro kaardikihtide faili ning ühildati Maa-ameti Geoportaalist võetud omavalitsuste kihi failiga. Ruumianalüüsi tulemusena saab iga omavalitsus omale arvulise väärtuse, mille alusel omistatakse ArcGIS Pro-s vastav värv pingerea alusel. Töö lõpus, lisade osas on esitatud Exceli tabeli arvutuste koondtabel kaugküttegavõrkudega omavalitsuste kohta. Peatükis 2.4 käsitletakse Exceli keskkonnas andmetega teostatud arvutusi.

Järgnevates alapeatükkides on käsitletud MS Exceli keskkonnas teostatud ruumianalüüsi arvutused andmebaasides kogutud andmete põhjal.

2.4 Analüütiline raamistik

2.4.1 Indikaatorite tuvastamine

Energiavaesuse hindamiseks on mitmeid indikaatoreid, mis aitavad tuvastada ja analüüsida leibkondade võimet tasuda energiarveid ning säilitada piisav soojusmugavus. Järgnevalt on välja toodud indikaatorid, mida kasutatakse energiavaesuse hindamisel.

- Energiakulu osakaal sissetulekust on peamine näitaja, mis väljendab, kui suur osa majapidamise sissetulekust kulub energiakulude katteks. Tavaliselt peetakse

majapidamist energiavaeseks, kui nende energiakulud ületavad teatud protsendi nende sissetulekust. Euroopas on see künnis sageli 10% [41].

- Võimalik võrrelda majapidamise energiakulusid piirkonna mediaansissetulekuga. Kui majapidamine kulutab rohkem kui mediaan, kuid nende sissetulek on alla mediaani, peetakse neid energiavaesteks [42].
- Elamute üldine seisukord ja kasutatavate kütteseadmete vanus on samuti olulised näitajad. Vanad ja ebaefektiivsed kütteseadmed suurendavad energiakulusid, samas kui kaasaegsed ja tõhusad lahendused aitavad kulusid vähendada [17].
- Majapidamiste energiavaesuse hindamiseks analüüsitakse ka kodude energiatõhusust. Mida energiatõhusam on elamu, seda väiksemad on küttekulud ja vastupidi [42].
- Majapidamised, kus ei kõeta piisavalt on mõju tervisele, näiteks vastuvõtlikumad külmahaigustele. Inimesed, kes kogevad pidevalt raskusi energiaarvete tasumisel, võivad tunda häbi või ärevust, mis mõjutab nende üldist heaolu ja elukvaliteeti [41].
- Taskukohane energiateenus on oluline näitaja. Kui majapidamised elavad piirkondades, kus energia on kallid või kus esineb sagedasi elektrikatkestusi, suureneb energiavaesuse risk [17].

2.4.2 Leibkonna keskmine sissetulek

Iga KOV keskmise kuu netosissetuleku määramiseks on vajalik määrata järgmised parameetrid:

- Elanike arv omavalitsuses, mida on võimalik saada 2021. aasta rahvaloenduse tabelist RL21003
- Hõivatud elanikkond omavalitsuses, saadaval rahvaloenduse tabelist RL21132
- Pensionäride arv omavalitsuses, samuti tabelist RL21132
- Keskmine netopalk omavalitsuses – Brutopalka andmed saadaval Statistikatabelist ST004, need arvutatakse omakorda ümber netopalgaks.
- Keskmine pension – Saadaval on ainult maakondlikud andmed, mis tähendab, et KOV-le omistatakse, vastava maakonna väärtus.
- Keskmine leibkonna suurus – keskmise leibkonna suuruse määramisel võetakse arvesse ainult kortermajades elavaid leibkondasid. Selle jaoks vajalik KOV elanike arv, kes elab kortermajades, mille on võimalik saada rahvaloenduse andmebaasist RL21803 ning leibkondade arv kortermajades, mille saab tabelist RL21822. Leitud KOV-põhised väärtused omavahel läbi jagades, saab keskmise, kortermajas elava, leibkonna suuruse omavalitsuses.

Valem 2.1 võimaldab leida keskmise leibkonna suuruse omavalitsusüksuses

$$L_{kesk,i} = \frac{P_i}{L_{kogu,i}} , \quad (2.1)$$

kus $L_{kesk,i}$ on KOV keskmine korterelamus elava leibkonna suurus,

P_i on KOV elanike arv korterelamutes,

$L_{kogu,i}$ on KOV korterelamutes elavate leibkondade koguarv.

Järgnevalt, valemis 2.2 on välja toodud valem mille abil arvutati välja keskmine leibkonna netosissetulek KOV-s:

$$S_{leibkond,i} = \left(\frac{(P_{h,i} * S_{palk,i}) + (P_{p,i} * S_{pension,i})}{P_i} \right) * L_{kesk,i} , \quad (2.2)$$

kus $S_{leibkond,i}$ on korteris elava leibkonna keskmine sissetulek KOV-s,

$P_{h,i}$ on tööga hõivatute arv KOV-s,

$P_{p,i}$ on mittetöötavate pensionäride arv KOV-s,

P_i on kogu elanike arv KOV-s,

$S_{palk,i}$ on netopalgast moodustuv sissetulek KOV-s,

$S_{pension,i}$ on pensionist moodustuv sissetulek KOV-s,

$L_{kesk,i}$ on keskmine korterelamus elava leibkonna suurus KOV-s.

2.4.3 Keskmine energiatarve

Iga KOV keskmise korterelamuruumi küttekulu arvutamiseks on vaja määrata järgmised parameetrid:

- Keskmine korteri pindala (m²)
- Keskmine soojuse tarbimine korteri pindala ühiku kohta (kWh/m²a)

Järgnevalt on kirjeldatud iga omavalitsuse keskmise korteri pindala leidmiseks valemit 2.3, mis saadi kasutades 2021. aasta rahvaloenduse tabelit RL21210, kust saadi omavalitsuspõhised andmed kortermaja tavaeluruumide kogupinna ning arvu kohta. Keskmise pindala arvutamise valem:

$$A_{kesk,i} = \frac{A_{kogu,i}}{K_i} , \quad (2.3)$$

kus $A_{kesk,i}$ on keskmine korteri pindala omavalitsusüksuses (m²),

$A_{kogu,i}$ on kogu elanikega tavaeluruumide (vähemalt 3-korteriliste elamute kategoorias) pind omavalitsuses (m²),

K_i on teadaoleva pinnaga, elanikega tavaeluruumide (vähemalt 3-korterliste elamute kategoorias) arv.

Keskmise korteri soojustarbimise kõige täpsemaks määramiseks oli vaja teha lisaanalüüs. Selleks oli tarvis võtta Ehitisregistri infoportaali koondvaate tabelist iga toimiva kaugküttevõrguga asustusüksuse vähemalt 3-korterilise elamuhoone energiaklassi andmed. Hooned, mis analüüsiks sobisid, pidid vastama järgmistele parameetritele:

- Ehitise asukoht – Vald ning kaugküttega asula
- Ehitise tehniline näitaja – Soojusvarustuse liik, kaugküte
- Ehitise seisund – Olemas
- Peamine kasutamise otstarve – Kolme või enama korteriga elamud

Nii on võimalik tuvastada igas asustusüksuses eluruumide energiaklassid ning neile vastavad suletud netopinnad. Kuna EHR-i andmed kipuvad olema puudulikud ning paljudel elamuhoonetel on energiaklass aegunud või puudub, siis kogutud andmeid infoportaalist kasutati üldistuseks, ehk saadud pindalad ning neile vastavad energiatähised tehti ümber osakaaludeks, kus kogu parameetritele vastav pindala asulas, sõltumata energiaklassist võrdub 100-protsendiga.

Kuigi igal energiatõhusustähisel on olemas oma kindel energiatarbe vahemik, siis antud töös üldistatakse energiaklassid kolme kategooriasse. A-, B- ja C-klassiga hoonetesse suhtume kui uutesse või rekonstrueerimist läbinuisse ning vastavalt „Hoonete rekonstrueerimise pikaajalisele strateegiale“ määrame energiakuluks 70 kWh/(m²a). Hoonetele energiaklassiga D, E ja F määratakse kuluks 170 kWh/(m²a). Hooned, mis on F-ist madalamad, saavad kulumääraks 250 kWh/(m²a) [43].

Saades kätte iga uuritava asula korterelamute energiaklasside osakaalud ning korrutades selle läbi sama asula elanikega korterite kogupindalaga, mis on saadud rahvaloenduse tabelist RL21210 või väiksemate asulate puhul tuletatud valla keskmiste andmete põhjal, on võimalik saadud pindalad korrutada neile määratud energiaklasside kuludega. Kõikide energiaklasside kulud kokku summeerides, saab teada kui suur on iga asula kaugküttega liitunud korterelamute summaarne energiatarve megavatt-tundides aastas. Seda väärtust jagades kogu asula korterelamuruumi pindalaga on võimalik saada asula keskmist energiakulu kilovatt-tundides ruutmeetri kohta aastas. Võttes ühe omavalitsuse kõikide kaugküttega asulate tulemused kokku, saab leida valla/linna energiatarbe (kWh/m²a) aritmeetilise keskmise. Seda tulemust on omakorda võimalik korrutada eelnevalt saadud keskmise korterelamuruumi pindalaga, et saada omavalitsuse keskmise korteri energiatarvet aastas (kWh/a).

Valem 2.4 asula keskmise aastase energiakulu leidmiseks ruutmeetri kohta:

$$E_{kesk,j} = \frac{\sum(E_{osakaal,j} * A_{kogu,j} * E_{kulu})}{A_{kogu,j}}, \quad (2.4)$$

kus $E_{kesk,j}$ on asula keskmise aastase energiakulu ruutmeetri kohta (kWh/m²a),

$E_{osakaal,j}$ on spetsiifilise energiatähisega korterelamute pindala osakaal kõikide energiaklassidega elamute seas protsentides,

$A_{kogu,j}$ on kogu elanikega tavaeluruumide (vähemalt 3-korteriliste elamute kategoorias) pind omavalitsuses (m²),

E_{kulu} on määratud energiakulu kilovatt-tundides ruutmeetrikohta aastas, vastavalt energiaklassile (kWh/m²a).

Valem 2.5 omavalitsuse keskmise ruutmeetri energiatarbe leidmiseks:

$$E_{kesk,i} = \frac{E_{sum,i}}{T_i} = \frac{\sum_{j=1}^{T_i} E_{kesk,ij}}{T_i}, \quad (2.5)$$

kus $E_{kesk,i}$ on omavalitsuse keskmise aastase energiakulu ruutmeetri kohta (kWh/m²a)

$E_{sum,i}$ on omavalitsuse kõikide uuritavate asulate keskmiste aastaste energiakulude summa ruutmeetri kohta (kWh/m²a),

T_i on uuritavate asulate kogus omavalitsusüksuses,

$E_{kesk,ij}$ on omavalitsuse territooriumil asuva asustusüksuse keskmise aastase energiakulu ruutmeetri kohta, mis on saadud eelmisest valemist (kWh/m²a).

Valem 2.6 omavalitsuse keskmise korteri aastase energiatarbe leidmiseks (kWh/a):

$$Q_i = E_{kesk,i} * A_{kesk,i}, \quad (2.6)$$

kus Q_i on omavalitsuse keskmise korteri aastane energiakulu (kWh/a),

$E_{kesk,i}$ on omavalitsuse keskmise aastase energiakulu ruutmeetri kohta (kWh/m²a),

$A_{kesk,i}$ on keskmine korteri pindala omavalitsusüksuses (m²).

Sarnaselt on võimalik leida ka ühe konkreetse asustusüksuse korterelamuruumi väärtusi.

2.4.4 Keskmise küttekulu

Selleks, et arvutada välja ühe keskmise leibkonna igakuist küttearvet omavalitsuses on vaja koguda järgmisi andmeid:

- KOV kaugküttepiirkondade küttestariifid (€/MWh), mis on saadud EJKÜ andmetabelist, millele lisati käibemaks 20% kuna andmed pärinevad aastast 2023.
- Asustusüksuse keskmise korteri aastane küttekulu (kWh), mida on võimalik saada alapeatüki 2.4.2 valemistest

Alustuseks on tarvis leida eelnevalt välja toodud andmetega ühe asustusüksuse keskmise leibkonna rahaline kulu kaugküttele aastas. Eeldame, et ühes korterelamuruumis elab ainult üks leibkond. Aastase kulu leidmiseks on vaja korrutada asula keskmist energiatarvet korteri kohta soojuse müügihinnaga:

$$K_{l,j} = Q_j * M_j , \quad (2.7)$$

kus $K_{l,j}$ on ühe asustusüksuse keskmise leibkonna rahaline kulu kaugküttele aastas (€/aastas),

Q_j on asustusüksuse keskmise korteri aastase energiatarve (MWh/a),

M_j on soojuse müügihind kaugküttepiirkonnas koos käibemaksuga (€/MWh).

Järgnevalt on tarvis leida ühe asula summaarsed kulutused kaugküttele. Selleks on vaja võtta eelnevalt valemist 2.7 saadud leibkonna tulemus ning korrutada vastava leibkonna arvuga asulas.

$$K_{kogu,j} = K_{l,j} * L_{kogu,j} , \quad (2.8)$$

kus $K_{kogu,j}$ on ühe asustusüksuse kõikide vastavate leibkondade kogu rahaline kulu kaugküttele aastas (€/aastas),

$K_{l,j}$ on ühe asustusüksuse keskmise leibkonna rahaline kulu kaugküttele aastas (€/aastas),

$L_{kogu,j}$ on asustusüksuse korterelamuruumides elavate leibkondade koguarv.

Järgneva sammuna tuleb leida leibkonna keskmised kulutused omavalitsuses kaugküttele aastas. Selleks tuleb summeerida kõikide KOV-s asuvate kaugküttega asulate kulutused ning jagada vastavate asulate leibkondade arvuga:

$$K_{kesk,i} = \frac{\sum_{j=1}^{T_i} K_{kogu,j}}{\sum_{j=1}^{T_i} L_{kogu,j}} , \quad (2.9)$$

kus $K_{kesk,i}$ on ühe omavalitsuse kõikide vastavate leibkondade keskmine rahaline kulu kaugküttele aastas (€/aastas),

T_i on uuritavate asulate kogus omavalitsusüksuses,

$K_{kogu,j}$ on ühe asustusüksuse kõikide vastavate leibkondade kogu rahaline kulu kaugküttele aastas (€/aastas),

$L_{kogu,j}$ on asustusüksuse korterelamuruumides elavate leibkondade koguarv.

Viimase sammuna on saabki leida keskmise soojusenergia müügihinna omavalitsuses. Selle jaoks tuleb jagada keskmise leibkonna rahalist kulu küttele, mis on saadud valemist 2.9, keskmise korteri energiatarbega KOV-s valemist 2.6:

$$M_{kesk,i} = \frac{Q_i}{K_{kesk,i}}, \quad (2.10)$$

kus $M_{kesk,i}$ on ühe omavalitsuse keskmine soojusenergia hind megavatt-tunni eest (€/MWh),

Q_i on omavalitsuse keskmise korteri aastase energiakulu (kWh/a),

$K_{kesk,i}$ on ühe omavalitsuse kõikide vastavate leibkondade keskmine rahaline kulu kaugküttele aastas (€/aastas).

2.4.5 Energiavaesuse osakaalu leidmine

Saades kätte eelnevates alapeatükides leitud väärtused on võimalik hõlpsasti välja arvutada energiavaesuse osakaalu ning selle olemust omavalitsuste tasemel.

Selle jaoks on vaja valemist 2.9 leitud keskmist küttekulu ning valemist 2.2 leibkonna keskmist netosissetulekut.

$$V = \frac{K_{kesk,i}}{S_{leibkond,i}}, \quad (2.11)$$

kus V on ühe omavalitsuse keskmise leibkonna soojusenergiale kulutatud summa osakaal netosissetulekust,

$K_{kesk,i}$ on ühe omavalitsuse kõikide vastavate leibkondade keskmine rahaline kulu kaugküttele kuus (€/kuus),

$S_{leibkond,i}$ on korterelamuruumis elava leibkonna keskmine sissetulek KOV-s (€/kuus).

Sarnaselt valemile 2.11, on võimalik leida ka energiavaesuse osakaalu ühiskonna nõrgemate gruppide seas, võttes näiteks üksikud, mittetöötavad pensionärid

$$V_{pension} = \frac{K_{kesk,i}}{S_{pension,i}}, \quad (2.12)$$

kus $V_{pension}$ on ühe omavalitsuse üksiku pensionäri soojusenergiale kulutatud summa osakaal sissetulekust,

$K_{kesk,i}$ on ühe omavalitsuse kõikide vastavate leibkondade keskmine rahaline kulu kaugküttele kuus (€/kuus),

$S_{pension,i}$ on pensionist moodustuv sissetulek KOV-s (€/kuus).

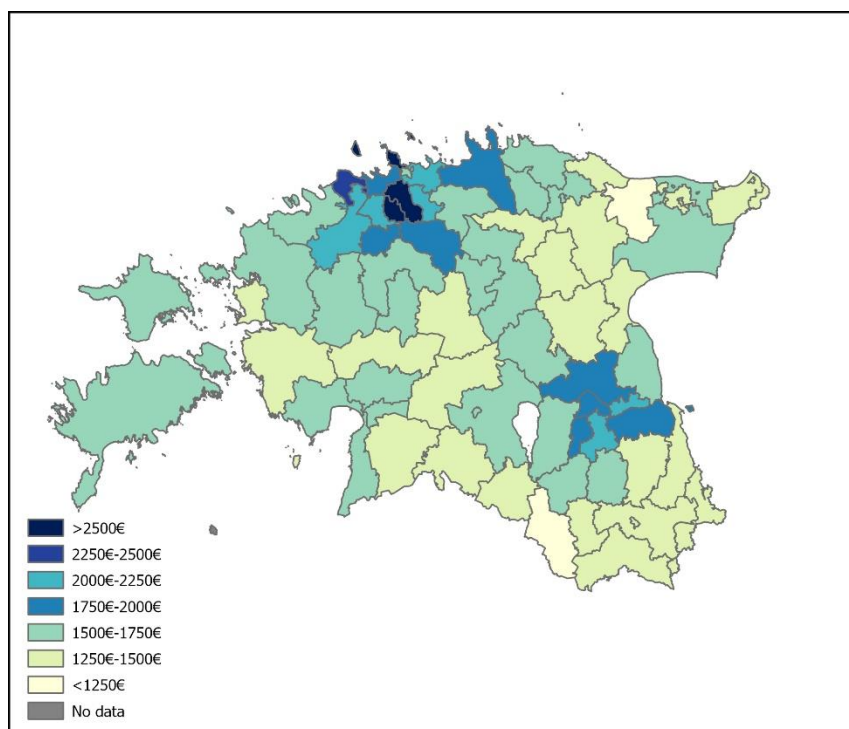
Uurimustöö analüütilise andmetöötluse tulemused on esitatud lisas 1. Olenemata sellest, et isegi kui antud analüütilise raamistiku põhjal tehtud arvutuste tulemusena ei leidu Eestis piirkondasid, mis ületaksid kirjanduses üldtunnustatud energiavaesuse indikaatorit 10% (s.o osakaal kuludest soojuse tagamiseks netosissetulekust), siis antud töö raames on ikkagi võimalik ülal välja toodud kolme parameetri põhjal võrrelda suhtelist energiavaesust Eesti omavalitsustes.

3.TULEMUSTE ANALÜÜS

3.1 GIS-kaardistamise energiavaesuse tulemus

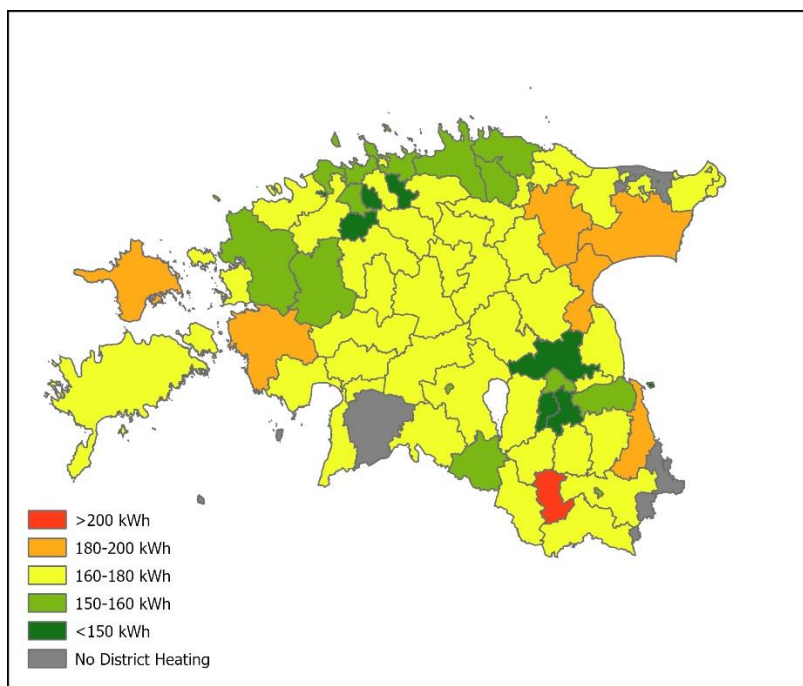
Järgnevalt on esitaud ruumianalüüsi tulemused Eesti omavalitsuste põhjal. Energiavaesuse põhifaktorid, millest see sõltub on leibkonna sissetulek, elamupinna energiatarve ja küttehind. Esimesed kolm kaarti on tehtud energiavaesuse kolme põhifaktori esitamiseks ning neile järgneb põhikaart, mis on eelneva kolme kategooria koondtulemus. Lisaks on ka väljatoodud üksikpensionäri leibkondade koondtulemuste kaart. Töö tulemusena loodud kaartide alusandmetena kasutatud analüütilise uuringu arvutused on esitatud lisa 1.

Joonis 3.1 näitab ühte kolmest põhifaktorist, mis mõjutab energiavaesuse kujunemist. Joonisel 3.1 näeme, et omavalitsustes, mis on lähemal Eesti suurimatele tõmbekeskustele (Tallinn ja Tartu) on netosissetulekud märgatavalt suuremad. Kõige madalamad sissetulekud on Lügänuuse- ja valga vallas. Suures plaanis on eesti keskmise leibkonna sissetulek 1250-1500€ ja 1500-1750€.



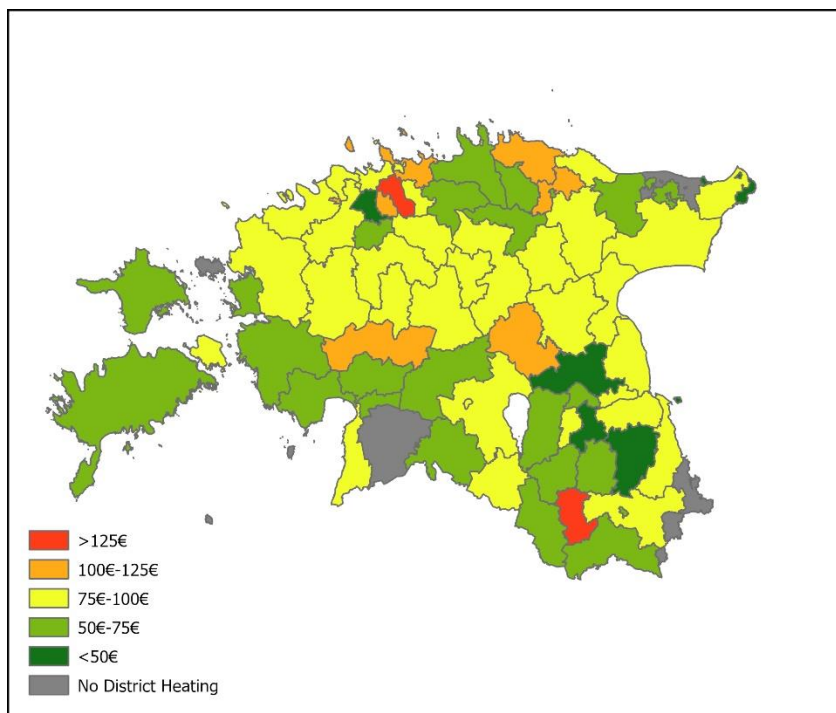
Joonis 3.1 Keskmine korterelamus elava leibkonna netosissetulek Eesti omavalitsustes

Joonis 3.2 näitab järgmist energiavaesust kujundavat faktorit, milleks on korterelamute energiatarve. Energiatarve sõltub põhilisest hoone energiaklassist, soojuskadudest, kaugküttevõrgu liigist (tõhus, mittetõhus) ja inimeste sooja harjumusest (temperatuur).



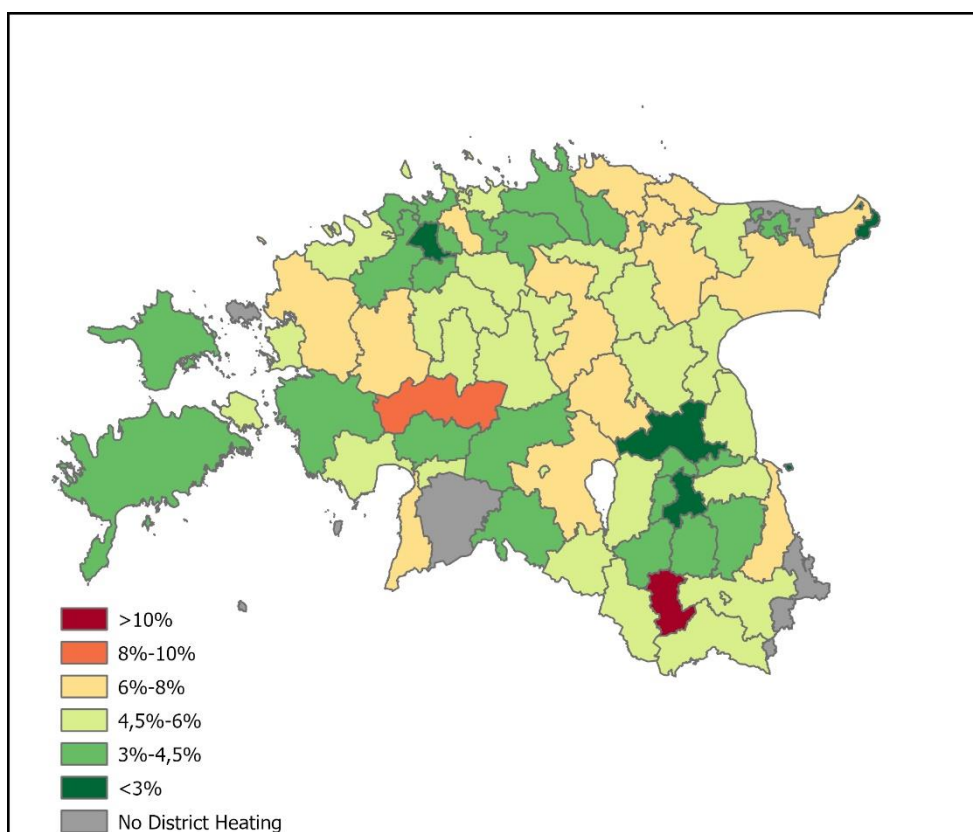
Joonis 3.2 Keskmise korterelamu energiatarve kilovatt-tundi ruutmeetri kohta aastas

Joonisel 3.3 on kujutatud energiavaesuse kolmest põhifaktorist kõige olulisem mõjutaja, rahaline kulu energiale. Kaardi koostamisel on leitud keskmine leibkonna kulu kaugküttele omavalitsuses kuus. Energia arve mõjutab oluliselt energiavaesust, kuna seda ei saa mõjutada tarbija vaid kaugkütte soojuse tootja. Kaugkütte energiaarve erineb piirkonniti ja saadaval olevatest kütte allikatest. Näiteks Narva linn tarbib soojust Balti Elektriijaama jääsoojusest, mille tulemusena on energia hind riigi üks väiksemaid.



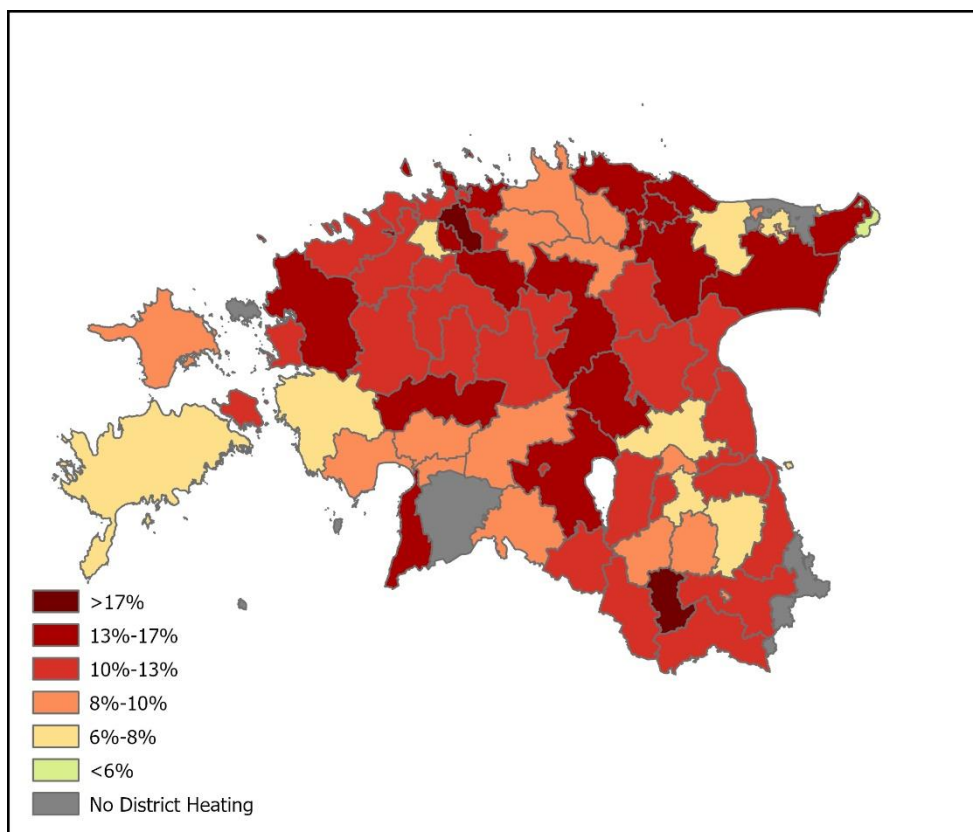
Joonis 3.3 Keskmine kaugkütte ühendusega leibkonna kulu soojusenergiale kuus

Joonisel 3.4 on kujutatud protsent keskmise kaugküttega korterelamus elava leibkonna netosissetulekust, mis kulub toasooja tagamisele Eesti omavalitsustes. Kaardil on näha, et omavalitsusi, kus keskmisel leibkonnal kulub üle 10% netosissetulekust küttele on ainult üks, Antsla vald. Keskmine tulemus jääb aga 4,5 – 6 protsendi ümbrusesse. Näha on, et Eesti kahe suurima tõmbekeskuse (Tallinna ja Tartu) ümbruses on tulemused paremad võrreldes Kirde-Eesti omavalitsustega. Märkimisväärne on aga see, et ühed parimad näitajad on samaaegselt Ida-Viru maakonna suurimates linnades (Narva, Sillamäe, Kohtla-Järve ja Jõhvi linnad).



Joonis 3.4 Protsent keskmise kaugküttega korterelamus elava leibkonna netosissetulekust, mis kulub toasooja tagamisele

Joonisel 3.5 on kujutatud protsenti kaugküttega korterelamus elava keskmise üksikpensionäri netosissetulekust, mis kulub toasooja tagamisele. Üksikpensionärid Eestis on väga haavatavas seisundis ühiskonna sotsiaalgrupp. Võrreldes joonisel 3.4 esitatud tulemustega, on energiavaesus nende seas palju probleemsem, 79-st omavalitsusest 48-s ületatakse kriitilist piiri 10% netosissetulekust. Kõige suurem energiavaesus on Kirde- ja Kesk-Eesti maapiirkondades, samal ajal kui linnapiirkondades ja saartel on olukord parem.



Joonis 3.5 Protsent kaugküttega korterelamus elava keskmise üksikpensionäri netosissetulekust, mis kulub toasooja tagamisele

3.2 Energiavaesuse analüüs

3.2.1 Piirkondlik analüüs ja ruumilised mustrid

Võrdluspõhine piirkondlik analüüs võimaldab tuvastada ja mõista energiavaesuse erinevusi ja mustreid Eesti omavalitsustes, pakkudes detailset ülevaadet, kuidas sissetulekud, energiatarbimine ja küttekulud varieeruvad erinevates piirkondades. See analüüs tugineb GIS-kaardistamise tulemustele ja statistilistele andmetele, mis võimaldavad selgelt visualiseerida energiavaesuse geograafilisi erinevusi. Järgnevalt analüüsime energiavaesuse kolme põhifaktorit.

Sissetulek

Teadatuntud arusaam, et leibkondade sissetulekud on suurlinnade (Tallinn, Tartu) piirkondades suuremad kinnitab ka käesoleva bakalaureusetöö ruumianalüüs. Madala sissetulekuga piirkonnad on Kirde- ja Kagu-Eesti. Parem olukord on Saartel, Lääne- ja Kesk-Eestis. Kõige madalama sissetulekuga leibkonnad on Ida-Viru maakonnas, Lüganuse vallas, kus ühe keskmise leibkonna netosissetulek on 1185 eurot kuus. Kõige kõrgema sissetulekuga leibkonnad asuvad Harjumaal, Rae vallas ning seal piirkonnas elava leibkonna keskmine netosissetulek on 2736 eurot. 79 omavalitsuse peale on keskmiseks leibkonna netosissetulekuks 1633 eurot kuus.

Küttekulu

Kütmise rahalist kulu leibkonnale mõjutab kaugküttevõrgu seisund (tõhus, mittetõhus), energiakaod, kasutatav ressurss, tarbitav soojusenergia kogus megavatt-tundides, tariif ja piirhind, mis on kokkulepitud Konkurentsiameti ja energiatootja vahel. Madalaimad küttearved on Tartu ümbruses, Ida-Viru maakonna linnades ja Harjumaal Saku vallas. Ühed suurimad kulutused soojusele on Põltsamaa ja Põhja-Pärnumaa valdades. Üks huvitav tähelepanek on, et Keila linnas ning Harjumaa rikkamates omavalitsustes, nagu Viimsi, Rae ja Kiili vallas, on ühtaegu ka ühed kõrgemad kütte kulutused, kuid Narvas ja teistes Kirde-Eesti linnades on küttehinnad riigi ühed madalamad, mis aitab kompenseerida madalamaid sissetulekuid ja vananenud elamufondi ebatõhusust. Siiski on maapiirkondades ja väiksemates omavalitsustes, kus kaugküttevõrkude efektiivsus võib olla madalam ja küttekulud kõrgemad, energiavaesuse määr kõrgem.

Energiatarve

Joonisel 3.2 on näha keskmist korterelamu energiatarvet kilovatt-tundides ruutmeetri kohta. Kaardil on tumerohelisega määratud need piirkonnad, mille keskmine korterelamu ruutmeeter vastab hoone energiatõhususklassis tähistusele C, mis on Kredexi miinimumnõue oluliselt rekonstrueeritavatele hoonetele [44]. Seda nõuet täidab seitse omavalitsust 79-st. Miinimumnõuet täidavad osad vallad Harju-, Rapla- ja Tartumaal (Keila linn, Kiili vald, Raasiku vald, Kohila vald, Kambja vald, Nõo vald, Tartu vald). Ülejäänud piirkonnad kuuluvad D- ja madalamasse klassi, mis suurendab elamupinna soojuskadusid.

Piirkondlikud erinevused

Antsla vald on igal kaardil silmapaistev, kuna andmed oli väga piiratud ja üldistused tehtud ühise malli järgi. Konkreetnes piirkonnas oli ainult üks kaugküttevõrk, mis on väike ja mitte efektiivne. Kui võrrelda kahte omavahel väga erinevat omavalitsuste gruppi – Tallinna naabervaldasid (Viimsi vald, Rae vald ja Kiili vald), mis on ühtlasi ka kõrgeimate sissetulekutega omavalitsused Eestis, Ida-Virumaa linnapiirkondadega (Narva, Sillamäe, Kohtla-Järve ja Jõhvi), kus sissetulekud on Eesti ühed madalamad. Näeme, et sissetulekutel on väiksem mõju energiavaesusele võrreldes soojusenergia tariifidega, isegi kui võtta arvesse elamuhoonete energiatõhusust, mille parandamine võib oluliselt alandada leibkonna kulutusi küttele. Järeldus, et hoonete energiatõhusus mängib rolli energiavaesusel, aga soojusenergia tariif mõjutab kõige rohkem.

KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk oli analüüsida energiavaesust ja kaugküttesüsteemide ligipääsetavust Eesti omavalitsustes, keskendudes energiahindadele, elanike sissetulekutele ja elamute energiakuludele. Töö algas probleemipüstituse ja eesmärkide sõnastamisega, milleks oli tuvastada energiavaesed piirkonnad ja analüüsida nende põhjuseid. Teoreetilises osas anti ülevaade energiavaesuse mõistest, selle ajaloost ja sotsiaalmajanduslikest mõõtmetest. Seejärel kirjeldati töö metoodikat, sealhulgas andmekogumisvõtteid ja GIS-kaardistamise lähenemisviise. Andmekogumiseks kasutati Statistikaameti ja Ehitisregistri andmeid ning analüüsiks kasutati GIS-tarkvara ArcGIS Pro. Andmeanalüüs hõlmas energiakulu osakaalu sissetulekust, kodude energiatõhusust ja elamute energiatarvet.

Töö tulemused kinnitavad, et energiavaesus on Eestis piirkonniti väga erinev ja sõltub tugevalt majanduslikest, tehnoloogilistest ja sotsiaalsetest teguritest. Töö tulemused aitavad paremini mõista energiavaesuse probleemi ja võivad pakkuda väärtuslikku teavet, et suunata ressursse ja meetmeid täpsemalt sinna, kus neid kõige rohkem vajatakse. Uurimustöö tulemusena saab järeldada, et enimmõjutav faktor energiavaesuse kujunemisel on küttehind. Edasipidistes uuringutes tuleks rohkem keskenduda kaugküttepiirkonna tehnilist poolt, et välja selgitada küttestariife kujundavad tegurid. Samuti on oluline pöörata tähelepanu üksikpensionäride ja madalama sissetulekuga leibkondade toetamisele ning elamufondi energiatõhususe parandamisele.

Lõputöö käigus ilmnis ka mitmeid probleeme, mille lahendamine jäi töö raamidest välja, kuid mis vajavad edasist uurimist. Näiteks võiks tulevikus süvitsi analüüsida erinevate energiatõhususe meetmete ja toetuste mõju energiavaesuse vähendamisele. Samuti oleks vaja täpsemaid andmeid elamute energiatõhususe ja küttesüsteemide kohta, et teha veelgi täpsemaid järeldusi ja pakkuda konkreetsemaid lahendusi.

SUMMARY

The purpose of this bachelor's thesis was to analyze energy poverty and the accessibility of district heating systems in Estonian municipalities, focusing on energy prices, residents' incomes, and residential energy costs. The work began with problem formulation and goal formulation, which was to identify areas suffering from energy poverty and to analyze their causes. In the theoretical part, an overview of the concept of energy poverty, its history and socioeconomic dimensions were given. The methodology of the work was then described, including data collection techniques and GIS mapping approaches. Data from Statistics Estonia and the Building Registry were used for data collection, and GIS-mapping software ArcGIS Pro was used for analysis. The data analysis included the share of energy expenditure in income, energy efficiency of homes and residential energy consumption.

The results of the work confirm that energy poverty in Estonia varies greatly from region to region and strongly depends on economic, technological, and social factors. The results of the work contribute to a better understanding of the problem of energy poverty and can provide valuable information to target resources and measures more precisely where they are most needed. As a result of the research, it can be concluded that the most influential factor in the development of energy poverty is the heating price. Further research should focus more on the technical side of district heating in order to find out the factors shaping the heating tariffs. It is also important to pay attention to supporting pensioners living alone and other lower-income households and improving the energy efficiency of the housing stock.

Over the course of compiling the thesis, a number of problems emerged, to which the solution was beyond the scope of the work, but which does require further investigation. For example, the impact of various energy efficiency measures and subsidies on reducing energy poverty could be analyzed in depth in the future. Also, more accurate data on the energy efficiency of residential buildings and heating systems would be needed in order to draw even more precise conclusions and offer more specific solutions.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] B. Boardman, *Fuel Poverty: From Cold Homes to Affordable Warmth*, London: Belhaven Press, 1991.
- [2] Euroopa Parlament ja nõukogu, „Direktiiv 2009/72/EÜ, mis käsitleb elektrienergia siseturu ühiseeskirju ning millega tunnistatakse kehtetuks direktiiv 2003/54/EÜ (EMPs kohaldatav tekst),“ 2009.
- [3] B. Boardman, *Fixing Fuel Poverty: Challenges and Solutions*, London: Earthscan, 2010.
- [4] Ühinenud Rahvaste Organisatsioon, „Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development.,“ 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n15/291/89/pdf/n1529189.pdf?token=OtkHrqLQ5ncKgIUHzZ&fe=true>.
- [5] Euroopa komisjon, „Energy poverty,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/energy-consumer-rights/energy-poverty_en. [Kasutatud 30 04 2024].
- [6] Euroopa parlament ja nõukogu, „DIREKTIIV (EL) 2023/1791, mis käsitleb energiatõhusust ja millega muudetakse määrust (EL) 2023/955 (uuesti sõnastatud),“ 2023.
- [7] Finantsakadeemia OÜ, „Energia- ja kliimameetmete direktiivi ülevõtmisest tulenev kohustus energiasäästu meetmete loomiseks, mõõtmiseks, seireks, kontrolliks ja raporteerimiseks,“ Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, 2020.
- [8] Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, „Eesti riiklik energia- ja kliimakava aastani 2030 (REKK 2030),“ 2023.
- [9] Euroopa parlament ja nõukogu, „Euroopa parlamendi ja nõukogu määrus (EL) 2023/955, millega luuakse kliimameetmete sotsiaalfond ja muudetakse määrust (EL) 2021/1060,“ 2023.
- [10] N. Simcock, H. Thomson, S. Petrova ja S. Bouzarovski, *Energy Poverty and Vulnerability A Global Perspective*, Routledge, 2018.
- [11] B. Rezaie ja M. A. Rosen, „District heating and cooling: Review of technology and potential enhancements,“ *Applied Energy*, kd. 93, pp. 2-10, 2012.
- [12] S. Pye ja A. Dobbins, „Energy poverty and vulnerable consumers in the energy sector across the EU: Analysis of policies and measures.,“ *INSIGHT_E*, 2015.
- [13] D. Ürge-Vorsatz ja S. Tirado Herrero, „Building synergies between climate change mitigation and energy poverty alleviation,“ *Energy Policy*, kd. 93, pp. 2-10, 2012.

- [14] A. Biernat-Jarka, P. Trębska ja S. Jarka, „The role of renewable energy sources in alleviating energy poverty in households in Poland,” *Energies*, kd. 14, nr 2957, 2021.
- [15] P. Nussbaumer, M. Bazilian ja V. Modi, „Measuring energy poverty: focusing on what matters,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, kd. 16, nr 1, pp. 231-243, 2012.
- [16] P. Mulder, F. Dalla Longa ja K. Straver, „Energy poverty in the Netherlands at the national and local level: A multi-dimensional spatial analysis,” *Energy Research & Social Science*, kd. 96, 2023.
- [17] S. Bouzarovski ja S. Petrova, „A global perspective on domestic energy deprivation: Overcoming the energy poverty–fuel poverty binary,” *Energy Research & Social Science*, kd. 10, pp. 31-40, 2015.
- [18] C. Robinson, S. Lindley ja S. Bouzarovski, „The Spatially Varying Components of Vulnerability to Energy Poverty,” *Annals of the American Association of Geographers*, kd. 109, nr 4, pp. 1188-1207, 2019.
- [19] F. Tardy ja B. Lee, „Building related energy poverty in developed countries – Past, present, and future from a Canadian perspective,” *Energy and Buildings*, nr 194, pp. 46-61, 2019.
- [20] S. Bouzarovski, „Energy poverty in the European Union: landscapes of vulnerability,” *Wiley Interdisciplinary Reviews Energy and Environment*, kd. 3, nr 3, pp. 276-289, 2013.
- [21] M. Santamouris ja Δ. Κολοκότσα, „On the impact of urban overheating and extreme climatic conditions on housing, energy, comfort and environmental quality of vulnerable population in Europe,” *Energy and Buildings*, nr 98, pp. 125-133, 2015.
- [22] A. G. Goncharuk, K. V. Hromovenko ja A. Pahlevanzade, „Energy poverty leap during the pandemic: the case of Ukraine,” *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, kd. 24, nr 2, pp. 5-18, 2021.
- [23] S. Bouzarovski ja S. T. Herrero, „Geographies of injustice: the socio-spatial determinants of energy poverty in Poland, the Czech Republic and Hungary,” *Post-Communist Economies*, kd. 29, pp. 27-50, 2016.
- [24] S. Perez-Bezos, O. Grijalba ja O. Irulegi, „Proposal for Prioritizing the Retrofitting of Residential Buildings in Energy Poverty Circumstances,” *Environmental and Climate Technologies*, kd. 24, nr 3, pp. 66-79, 2020.
- [25] R. Nagaj ja J. Korpysa, „Impact of COVID-19 on the Level of Energy Poverty in Poland,” *Energies*, kd. 13, nr 4977, 2020.

- [26] S. Bouzarovski ja S. T. Herrero, „The energy divide: Integrating energy transitions, regional inequalities and poverty trends in the European Union,” *European Urban and Regional Studies*, kd. 24, nr 1, pp. 69-86, 2016.
- [27] L. Chester ja A. Morris, „A new form of energy poverty is the hallmark of liberalised electricity sectors,” *Australian Journal of Social Issues*, kd. 46, nr 4, pp. 435-459, 2011.
- [28] N. Kerr, R. Gillard ja L. Middlemiss, „Politics, problematisation, and policy: A comparative analysis of energy poverty in England, Ireland and France,” *Energy and Buildings*, kd. 194, pp. 191-200, 2019.
- [29] T. Hoppe ja G. de Vries, „Social Innovation and the Energy Transition,” *Sustainability*, kd. 11, nr 141, 2018.
- [30] A. Volkova, I. Pakere, L. Murauskaite, P. Huang, K. Lepiksaar ja X. Zhang, „5th generation district heating and cooling (5GDHC) implementation potential in urban areas with existing district heating systems,” *Energy Reports*, kd. 8, pp. 10037-10047, 2022.
- [31] N. Good, E. A. M. Ceseña, L. Zhang ja P. Mancarella, „Techno-economic and business case assessment of low carbon technologies in distributed multi-energy systems,” *Applied Energy*, kd. 167, pp. 158-172, 2016.
- [32] D. Connolly, H. Lund, B. Vad Mathiesen ja e. al., „Heat Roadmap Europe: Combining district heating with heat savings to decarbonise the EU energy system,” *Energy policy*, kd. 65, pp. 475-489, 2014.
- [33] Energy Poverty Advisory Hub, „Energy Poverty Advisory Hub Handbook 2: A Guide to Planning Energy Poverty Mitigation Actions,” Mundo-Madou, Brüssel, 2024.
- [34] B. Mashhoodi, D. Stead ja A. van Timmeren, „Spatial homogeneity and heterogeneity of energy poverty: a neglected dimension,” *Annals of GIS*, kd. 25, nr 1, pp. 19-31, 2018.
- [35] A. Larsson, M. Strømme, H. Falkenmark ja F. Klucis, „Energy Poverty: Computing the silent problem of developed countries,” Uppsala Universitet, Uppsala, 2023.
- [36] H. Kodůusková, A. Ilavská, T. Stašáková, D. David ja J. Osička, „Energy transition for the rich and energy poverty for the rest? Mapping and explaining district heating transition, energy poverty, and vulnerability in Czechia,” *Energy Research & Social Science*, kd. 100, 2023.
- [37] S.-N. Boemi, G. Panaras ja A. M. Papadopoulos, „Residential Heating under Energy Poverty Conditions: A field study,” *Procedia Environmental Sciences*, kd. 38, pp. 867-874, 2017.

- [38] Kliimaministeerium, „Ehitisregister,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://livekluster.ehr.ee/ui/ehr/v1/infoportal/buildingsummary>. [Kasutatud 05 04 2024].
- [39] Environmental Systems Research Institute, Inc. (Esri), „What is GIS?,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>. [Kasutatud 28 04 2024].
- [40] Maa-amet, „Geoportaal,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://geoportaal.maaamet.ee/est/ruumiandmed/haldus-ja-asustusjaotus-p119.html>. [Kasutatud 13 03 2024].
- [41] H. Thomson, C. Snell ja C. Liddell, „Fuel poverty in the European Union: A concept in need of definition?,” *People, Place and Policy Online*, kd. 10, nr 1, pp. 5-24, 2016.
- [42] J. Hills, „Getting the measure of fuel poverty: Final report of the fuel poverty review,” Centre for Analysis of Social Exclusion, London School of Economics and Political Science, London, 2012.
- [43] Tallinna Tehnikaülikooli Ehituse ja arhitektuuri instituut, „Hoonete rekonstrueerimise pikaajaline strateegia,” Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, Tallinn, 2020.
- [44] KREDEX KREDIIDIKINDLUSTUS AS, „Hoonete energiatõhusus,” Kredex, 2021.
- [45] X. Che, M. Jiang ja C. Fan, „Multidimensional assessment and alleviation of global energy poverty aligned with UN SDG 7,” *Frontiers in Energy Research*, nr 9, 2021.
- [46] S. Cong, D. Nock ja Y. Qiu, „Unveiling hidden energy poverty using the energy equity gap,” *Nature Communications*, kd. 13, nr 1, 2022.
- [47] T. Lidberg, T. Olofsson ja L. Ödlund, „Impact of Domestic Hot Water Systems on District Heating Temperatures,” *Energies*, kd. 12, nr 24, p. 4694, 2019.

LISAD

Lisa 1. Tabel Analüütilise raamistiku tulemused 2022-2023 aasta andmete põhjal

Omaavalitsused	Mitmepereelamutes elavate leibkondade arv	Leibkonna keskmine netosissetulek kuus	Keskmine küttearve kuus	Keskmine Energiatarve kWh/(m²a)	Keskmine MWh hind KOV-s	Energiakulude osakaal leibkonna sissetulekust (energiavaesus)	Energiakulude osakaal üksiku pensionäri sissetulekust (energiavaesus)
Alutaguse vald	543	1 536.26 €	98.28 €	184.6	117.93 €	6%	14%
Anija vald	1490	1 600.46 €	67.00 €	171.6	92.82 €	4%	9%
Antsla vald	607	1 398.95 €	164.22 €	250.0	136.67 €	12%	23%
Elva vald	2587	1 569.73 €	74.35 €	163.5	102.11 €	5%	10%
Haapsalu linn	3838	1 486.69 €	73.65 €	161.1	103.33 €	5%	10%
Haljala vald	613	1 693.59 €	114.63 €	154.6	153.89 €	7%	16%
Harku vald	1870	2 465.57 €	89.93 €	157.8	100.07 €	4%	12%
Hiiumaa vald	1345	1 604.69 €	71.63 €	181.6	84.35 €	4%	10%
Häädemeeste vald	426	1 545.56 €	94.69 €	170.0	116.81 €	6%	13%
Jõelähtme vald	1134	2 049.69 €	111.45 €	152.3	156.13 €	5%	15%
Jõgeva vald	3171	1 457.94 €	75.73 €	161.1	103.28 €	5%	11%
Jõhvi vald	4120	1 384.51 €	50.90 €	167.9	72.84 €	4%	7%
Järva vald	1557	1 558.31 €	96.08 €	170.2	111.65 €	6%	13%
Kadrina vald	992	1 644.86 €	71.06 €	155.6	94.20 €	4%	10%
Kambja vald	1780	2 132.53 €	49.82 €	135.3	69.63 €	2%	7%
Kanepi vald	595	1 578.20 €	67.46 €	170.0	82.74 €	4%	10%
Kastre vald	679	1 778.25 €	87.48 €	158.9	115.88 €	5%	12%
Kehtna vald	1246	1 528.74 €	78.44 €	165.0	104.62 €	5%	11%
Keila linn	2656	2 042.27 €	121.55 €	147.8	177.38 €	6%	16%
Kihnu vald	9	1 354.92 €	-	-	-	-	-
Kiili vald	539	2 632.00 €	106.01 €	128.6	139.87 €	4%	14%

Omaavalitsused	Mitmepereelamutes elavate leibkondade arv	Leibkonna keskmine netosissetulek kuus	Keskmine küttearve kuus	Keskmine Energiatarve kWh/(m²a)	Keskmine MWh hind KOV-s	Energiakulude osakaal leibkonna sissetulekust (energiavaesus)	Energiakulude osakaal üksiku pensionäri sissetulekust (energiavaesus)
Kohila vald	1059	1 780.03 €	73.91 €	149.4	116.81 €	4%	10%
Kohtla-Järve linn	15267	1 302.91 €	54.85 €	170.0	75.70 €	4%	8%
Kose vald	1399	1 806.54 €	98.71 €	168.3	126.83 €	5%	13%
Kuusalu vald	908	1 798.81 €	60.80 €	151.4	82.56 €	3%	8%
Loksa linn	1048	1 356.36 €	97.94 €	170.0	138.20 €	7%	13%
Luunja vald	987	2 145.02 €	82.59 €	163.1	91.67 €	4%	11%
Lääne-Harju vald	3559	1 592.89 €	75.61 €	167.1	111.24 €	5%	10%
Lääne-Nigula vald	1231	1 572.15 €	96.21 €	159.3	124.83 €	6%	13%
Lääneranna vald	971	1 341.95 €	52.24 €	180.3	61.76 €	4%	7%
Lüganuse vald	2664	1 185.05 €	54.48 €	170.0	74.70 €	5%	8%
Maardu linn	5606	1 615.71 €	81.51 €	165.0	116.58 €	5%	11%
Muhu vald	75	1 696.24 €	79.56 €	170.0	90.00 €	5%	11%
Mulgi vald	1380	1 299.08 €	58.01 €	161.5	79.72 €	4%	8%
Mustvee vald	436	1 348.36 €	77.17 €	189.4	89.49 €	6%	11%
Märjamaa vald	1246	1 511.43 €	93.38 €	156.6	128.55 €	6%	13%
Narva linn	24020	1 267.22 €	34.39 €	174.9	47.80 €	3%	5%
Narva-Jõesuu linn	1142	1 268.61 €	95.10 €	171.3	131.82 €	7%	14%
Nõo vald	517	1 826.37 €	77.54 €	139.8	123.45 €	4%	11%
Otepää vald	935	1 556.45 €	60.79 €	165.9	80.09 €	4%	9%
Paide linn	3255	1 581.04 €	78.82 €	162.6	108.67 €	5%	11%
Peipsiääre vald	714	1 586.91 €	89.06 €	170.0	108.64 €	6%	12%
Põhja-Pärnumaa vald	1868	1 428.86 €	122.31 €	178.0	149.43 €	9%	17%
Põhja-Sakala vald	1244	1 442.79 €	59.40 €	165.0	78.52 €	4%	8%
Põltsamaa vald	2000	1 500.16 €	101.24 €	170.1	130.89 €	7%	14%

Omaavalitsused	Mitmepereelamutes elavate leibkondade arv	Leibkonna keskmine netosissetulek kuus	Keskmine küttearve kuus	Keskmine Energiatarve kWh/(m²a)	Keskmine MWh hind KOV-s	Energiakulude osakaal leibkonna sissetulekust (energiavaesus)	Energiakulude osakaal üksiku pensionäri sissetulekust (energiavaesus)
Põlva vald	3077	1 489.46 €	48.98 €	161.8	63.96 €	3%	7%
Pärnu linn	14152	1 533.44 €	69.97 €	169.2	94.53 €	5%	10%
Raasiku vald	705	2 152.66 €	83.46 €	143.7	115.95 €	4%	11%
Rae vald	3908	2 736.26 €	168.94 €	161.9	172.57 €	6%	23%
Rakvere linn	4455	1 591.08 €	61.96 €	153.1	96.84 €	4%	9%
Rakvere vald	1230	1 621.11 €	108.74 €	167.4	136.52 €	7%	15%
Rapla vald	2755	1 647.44 €	85.67 €	161.6	118.01 €	5%	12%
Ruhnu vald	-	-	-	-	-	-	-
Rõuge vald	557	1 400.38 €	74.67 €	170.0	95.93 €	5%	10%
Räpina vald	1042	1 354.60 €	86.80 €	192.1	95.48 €	6%	12%
Saarde vald	823	1 311.51 €	-	-	-	-	-
Saaremaa vald	5525	1 569.73 €	55.70 €	162.1	73.22 €	4%	8%
Saku vald	1362	2 225.51 €	46.79 €	153.9	60.82 €	2%	6%
Saue vald	4275	2 218.15 €	93.28 €	161.0	116.93 €	4%	13%
Setomaa vald	373	1 428.77 €	-	-	-	-	-
Sillamäe linn	6173	1 276.78 €	46.04 €	177.2	62.26 €	4%	7%
Tallinn	165557	1 981.11 €	81.99 €	157.6	116.58 €	4%	11%
Tapa vald	3022	1 344.77 €	64.76 €	170.4	90.04 €	5%	9%
Tartu linn	31777	1 865.68 €	63.20 €	152.8	93.01 €	3%	9%
Tartu vald	1904	1 986.71 €	47.36 €	142.4	66.14 €	2%	6%
Toila vald	854	1 609.41 €	-	-	-	-	-
Tori vald	1846	1 542.28 €	66.11 €	164.3	89.13 €	4%	9%
Tõrva vald	1102	1 407.10 €	79.56 €	156.8	110.35 €	6%	12%
Türi vald	2274	1 453.51 €	78.35 €	177.5	95.33 €	5%	11%

Omaavalitsused	Mitmepereelamutes elavate leibkondade arv	Leibkonna keskmine netosissetulek kuus	Keskmine küttearve kuus	Keskmine Energiatarve kWh/(m²a)	Keskmine MWh hind KOV-s	Energiakulude osakaal leibkonna sissetulekust (energiavaesus)	Energiakulude osakaal üksiku pensionäri sissetulekust (energiavaesus)
Valga vald	4547	1 230.31 €	71.75 €	170.0	100.48 €	6%	10%
Viimsi vald	3075	2 629.43 €	119.68 €	155.8	117.86 €	5%	16%
Viljandi linn	5078	1 593.57 €	87.59 €	154.6	126.17 €	5%	12%
Viljandi vald	1991	1 505.82 €	96.44 €	166.0	125.74 €	6%	13%
Vinni vald	1239	1 430.64 €	94.47 €	188.4	104.77 €	7%	13%
Viru-Nigula vald	1984	1 386.23 €	97.61 €	167.8	136.05 €	7%	14%
Vormsi vald	17	1 677.53 €	-	170.0	-	-	-
Võru linn	4246	1 407.82 €	70.60 €	155.9	107.89 €	5%	10%
Võru vald	1450	1 464.92 €	83.12 €	164.3	108.91 €	6%	12%
Väike-Maarja vald	1220	1 441.13 €	85.41 €	167.6	110.07 €	6%	12%