



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut
Liginullenergiahoonete uurimisrühm

**ENERGIATÕHUSUSE EESMÄRKIDE
SAAVUTAMINE PIIRKONNA RENOVEERIMISE
KORRAL**

**ACHIEVING ENERGY EFFICIENCY TARGETS FOR AREA
RENOVATION**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Anette Kais

Üliõpilaskood:: 177455EAEI

Juhendaja: Targo Kalamees

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.

“15” mai 2023

Autor: Anette Kais

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

“15” mai 2023

Juhendaja: Targo Kalamees

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees Jarek Kurnitski

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Anette Kais

Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Energiatõhususe eesmärkide saavutamine piirkonna renoveerimise korral“ (ingl.k „Achieving energy efficiency targets for area renovation“), mille juhendaja on Targo Kalamees,

- 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.
1. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
 2. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.
-

_____ (kuupäev)

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

Ehituse ja arhitektuuri instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Anette Kais, 177455EAEI

Õppekava, peeriala: EAEI02/17 Ehitiste projekteerimine ja ehitusjuhtimine, Ehitiste projekteerimine

Juhendaja(d): Täisprofessor tenuuris, Targo Kalamees

Lõputöö teema:

„Energiatehuse eesmärkide saavutamine piirkonna renoveerimise korral“

„Achieving energy efficiency targets for area renovation“

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Luua RESTO pilootalale renoveerimisstrateegiaid
2. Püstitatud hüpoteeside paikapidavuse kontroll Võru RESTO pilootalal

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Lõputöö täpsustatud lähteülesande, lõputöö struktuuri, sh kirjanduse ülevaate ja meetodika lühikirjelduse ülevaatus	06.03.2023
2.	Lõputöö 75% ülevaatus	13.04.2023
3.	Lõputöö esitamine	15.05.2023

Töö keel: eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: "15" mai 2023a

Üliõpilane: Anette Kais "15" mai 2023a
/allkiri/

Juhendaja: Targo Kalamees "15" mai 2023a
/allkiri/

Konsultant: ".....".....20.....a
/allkiri/

Programmijuht: ".....".....20.....a
/allkiri/

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU.....	8
1. SISSEJUHATUS.....	9
2. TEADUSKIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	12
2.1 Piirkonna tasemel renoveerimine	12
2.2 Miljööväärtuslike hoonete/ala renoveerimine	14
2.3 Täielik renoveerimine	14
2.4 Küttelahendused.....	15
2.5 Päikeseenergia	15
2.6 Kaugküte.....	16
3. MEETODID	17
3.1 Pilootala	17
3.1.1 Pilootala hoonete ülevaade	17
3.1.2 Pilootala eritingimused.....	20
3.1.3 Pilootala hoonete geomeetria.....	21
3.1.4 Pilootala konstruktsioonid.....	22
3.2 Energiakasutus.....	23
3.2.1 Mõõdetud tarbimine.....	23
3.2.2 Arvutuslik tarbimine	27
3.2.3 Strateegia	28
3.2.4 Maksumus.....	30
3.2.5 Tüüphoonete ehitustööde maksumused	32
3.2.6 CO ₂	33
4. TULEMUSED	35
4.1 Pilootala	35
4.1.1 Pilootala konstruktsioonid.....	35
4.1.2 Mudeli kalibreerimine.....	35
4.1.3 Hüpoteeside kontroll.....	37
4.2 Strateegiad	39
4.2.1 Strateegia C – energiatõhususarvu klassi saavutamiseks.....	39
4.2.2 Strateegia B – energiatõhususarvu klassi saavutamiseks.....	56
4.2.3 Strateegia A – energiatõhususarvu klassi saavutamiseks.....	64
4.3 Tulemuste hindamine ja järeldused	70
5. KOKKUVÕTE.....	72
6. SUMMARY	74
7. KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	76
LISAD	78

Lisa 1 - Strateegia C2	79
Lisa 2 - Strateegia C3	80
Lisa 3 - Strateegia C4	81
Lisa 4 - Strateegia C5	82
Lisa 5 - Strateegia C6	83
Lisa 6 - Strateegia C7	85
Lisa 7 - Strateegia C8	87
Lisa 8 - Strateegia C9	88
Lisa 9 - Strateegia C10	89
Lisa 10 - Strateegia B1	90
Lisa 11 - Strateegia B2	91
Lisa 12 - Strateegia B3	92
Lisa 13 - Strateegia B4	93
Lisa 14 - Strateegia B5	94
Lisa 15 - Strateegia B6	95
Lisa 16 - Strateegia A1	96
Lisa 17 - Strateegia A2	97
Lisa 18 - Strateegia A3	98
Lisa 19 – Hoonete geomeetria kättesaadavus	99
Lisa 20 – Pilootala kütte tarbimisandmed	100
Lisa 21 – Pilootala sooja tarbevee tarbimisandmed	101
Lisa 22 – Pilootala elektri tarbimisandmed	102
Lisa 23 – Pilootala piirdetarindite soojusläbivused.....	103

EESSÕNA

Antud lõputöö on tehtud Ehituse ja arhitektuuri instituudi ja Targa Linna Tippkeskuse ühisprojekti Renoveerimisstrateegia tööriist (RESTO) pilootprojekti raames.

Lõputöö eesmärgiks oli luua RESTO pilootalale renoveerimisstrateegiaid. Põhilised lähteandmed lõputöö koostamiseks tuli Võru linnavalitsuselt, pilootala hoonete elanikelt, elamufondiuringutest ja Elisa Iliste loodud lõputöö tüpoloogias.

Võtmesõnad: strateegia, energiasäästlikkus, renoveerimine, magistritöö

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

Lühendid

EHR	Ehitisregister
ETA	Energiatõhususarv, $kWh/(m^2 * a)$
KEK	Kaalutud energiakasutus, $kWh/(m^2 * a)$
MKM	Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium
MTM	Majandus- ja taristuminister
Mln	miljon
PV	(photovoltaic) fotogalvaaniline
RESTO	Renoveerimisstrateegia tööriist

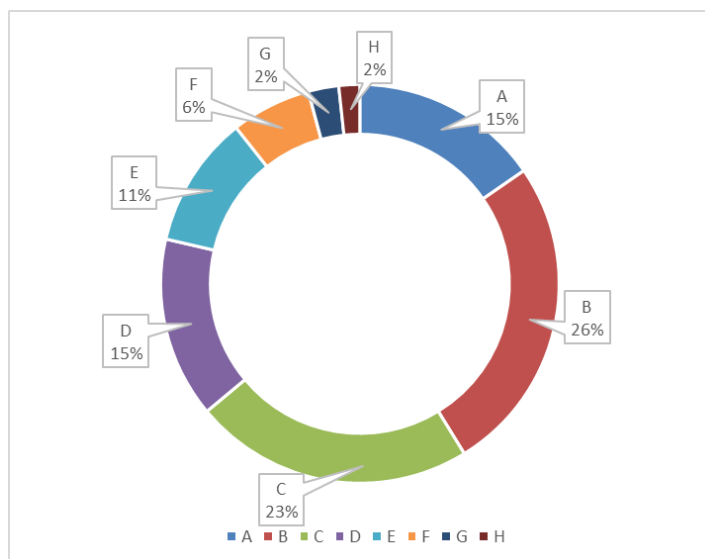
Tähised

R	Soojustakistus, $(m^2 * K)/W$
U	Piirdetarindi soojusläbivus, $W/(m^2 * K)$

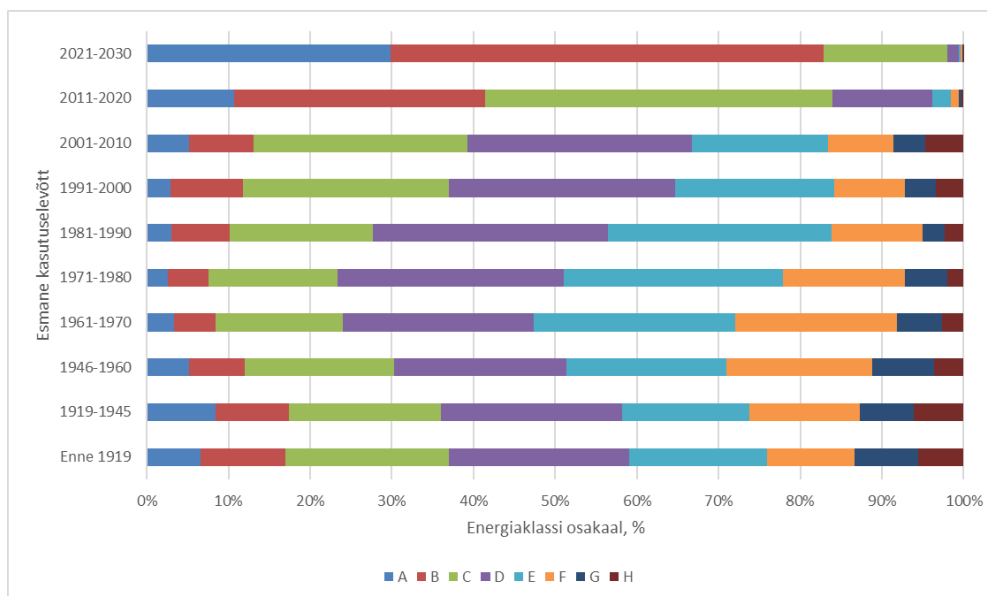
1. SISSEJUHATUS

Euroopa komisjon on seadnud eesmärgi saavutada 2050. aastaks kliimaneutraalsuse [1]. Euroopa liidu hooned moodustavad ligikaudu 40% Euroopa Liidu lõplikust energiatarbimisest [2]. Eestis on 2022. aasta seisuga 141 000 hoonet (~100 000 üksikelamut, ~14 000 korterelamut ja ~27 000 mitteeluhoonet) kogupindalaga 54 mln m², mis vajavad renoveerimist 30 aasta jooksul [3]. Suurt renoveerimismahtu aitab lihtsustada, kui hoonete renoveerimisstrateegia teha üksiku hoone asemel valitud piirkonnale.

Ehitisregistrist võetud Eesti hoonete andmetest selgus, et registrisse on kantud 1 687 185 hoonet, millest ainult 2,6%-l ehk 44 205 hoonel on märgitud energiaklass. Enamus hooned kuulub vastavalt Joonis 2.1.1-le energiaklassi B ja C, kuid vastavalt kasutuselevõtu aasta (Joonis 2.1.2) järgi on aru saada, et enamus paremas klassis kuuluvad hooned on pärast 2011.a ehitatud ning vanemad hooned kuuluvad madalamatesse energiaklassidesse. Piirkonna renoveerimisel, tuleb renoveerida hooned, mis mõjutavad piirkonna energiaklassi kõige rohkem ehk hooned mille pindala osakaal on kõige suurem piirkonna kogu pindala osakaalust. Nende hoonete energiatõhusus mõjutab kogu piirkonna energiatõhusust kõige rohkem.



Joonis 2.1.1 Hoonete jagunemine energiaklasside vahel



Joonis 2.1.2 Hoonete jagunemine energiaklasside vahel vastavalt esmasele kasutuselevõtu aastale

Uusarenduste kõrval on hulgaliselt piirkondi, kus asuvad vananevad hooned, mille eluiga on võimalik renoveerimisega pikendada. Olemasolevad hooned tuleb muuta energiatõhusamaks, sest ainult uutele hoonetele panustamine ei ole jätkusuutlik ühiskonnale ega ümbritsevale keskkonnale – ehitusmaterjale ega ehituspinda pole lõputult.

Targa linna tippkeskuse pilootprojekt Renoveerimisstrateegia tööriist (RESTO) käsitleb piirkonna renoveerimist. RESTO eesmärgiks on välja arendada innovatiivne digitaalne platvorm omavalitsustele ja kinnisvara suurhaldajatele, et olla valmis meid ees ootava renoveerimislaine väljakutsetele. Platvormi toimimiseks on vaja kaasata erinevaid andmebaase, standardeid ja nõudeid, et platvorm saaks analüüsida renoveerimise stsenaariume piirkondlikul tasemel. Antud pilootprojekti raames on eelnevalt kirjutatud kaks magistritööd. Elisa Iliste magistritöö „Ehitusregistri digikaksiku alusel elamu piirkonna energiatõhususe hindamise alused“ eesmärk on luua pilootprojektile algandmed ning tüpologia. Anni Evardi magistritöö „A“ energiatõhususarvu klassi lahendused üle 100 aasta vanustele puitkorterelamutele (võru vanalinna muinsuskaitseala näitel)“ eesmärk on välja mõelda Kreutzwaldi tn 2 puitkorterelamule A ja B energiatõhususklassi saavutamiseks variante ning neid omavahel võrrelda. Käesoleva magistritöö „Energiatõhususe eesmärkide saavutamine piirkonna renoveerimise korral“ eesmärk on luua erinevad renoveerimisstrateegiad RESTO projekti pilootalal olevatele hoonetele, võrreldes omavahel võrrelda erinevate tingimuste alusel. Vaadelda kas piirkonna energiatõhusus saavutatakse, eiratates eramuid ning muinsuskaitseala hooneid, tegeledes vaid pindalalt suuremate korterelamutega.

Hüpoteesid:

1. Renoveerides suured tüüpkorterelamud piirkonna energiatõhususe eesmärgist energiatõhusamaks, võib muinsuskaitse all olevate ajalooliste hoonete välisilme jätta muutmata. Küsimus on ka, millisele energiatõhususe tasemele suured hooned renoveerida.
2. Kui suurte hoonete renoveerimisel jätta energiatõhususe eesmärgid täitmata, siis jääb piirkonna kliimaneutraalsuse eesmärk saavutamata.
3. Energiatõhususe eesmärgi tagamiseks on vaja pingutada kõikidel hoonetüüpidel, aga suurematele hoonetele keskendudes on lõpptulemus kulutõhusam.

Antud magistritöö kontrollib nende hüpoteeside paikapidavust Võru RESTO pilootalal.

Esmalt antakse töös ülevaade selle tähtsusest ning magistritöös käsitletud pilootalast. Järgnevalt kalibreeritakse mudel, mis iseloomustab piirkonna arvutuslikku energiakasutust ja mõõdetud tegelikku tarbimist. Mudeli kalibreerimise järel kontrollitakse hüpoteese energiatõhususarvu klassi baasil lihtsustatud kujul. Peale seda pannakse kokku ja võrreldakse erinevaid renoveerimisstrateegiaid nii C-, B- kui A-klassi renoveerimiseks. Strateegiaid võrreldakse omavahel ning valitakse igale energiatõhususklassile vastavalt parim. Lõppeesmärgiks on väljastada parim viis, kuidas valitud pilootala renoveerida.

2. TEADUSKIRJANDUSE ÜLEVAADE

Olemasolev hoonefond on kõige potentsiaalsem sektor, kus energiat säästa [4]. Energiatõhususe eesmärkide saavutamiseks peab hoonete renoveerimise keskmine määr olema 3% aastas, sellega oleks tagatud hoonefondi energiakasutuse langusse pööramine [3]. Eesmärkide täitmiseks tuleb leida kõige tulemuslikum lahendus vähima ressursikuluga. 2022 aasta energiakriis toonitab renoveerimise vajadust, et energiakriisi ajal ei peaks elanikud muretsema kütmise rahalise kulu pärast. Peamised kasvuhooonegaaside allikad on süsinik (ehitusmaterjalide tootmisel tekkiva süsiniku kogus), küte, elekter ja transport [5].

Enamustes Euroopa piirkondades ehitati suur osa elamufondist madalate energiahindade ajastul, pööramata erilist tähelepanu energiatoõhususele, kohalikule reostusele ja kasvuhooonegaaside heitkogustele [6]. Ehitussektorist on saanud ülemaailmse süsinikdioksiidi heitkoguste ja energiatarbimise peamine allikas: rohkem kui pool energiatarbimisest ja üks kolmandik CO₂ heitkoguseid pärineb ehitussektorist [5]. Arvestades hoonete rekonstrueerimise pikaajalises strateegias toodud renoveerimismahude ja Eesti kliimaambitsiooni tõstmise võimaluste analüüsis prognoositud elektri ja kaugkütte CO₂ eriheite vähenemisega, on olemasolevate hoonete CO₂ heite vähenemise potentsiaal ~90% (~4 mln tCO₂/a) [3].

2.1 Piirkonna tasemel renoveerimine

„Piirkonna skaalal tegutsemine võib olla eriti vajalik, kui peaks toimuma märkimisväärne üleminek energiatoõhususele ja taastuvenergia kasutamisele [7].“ Enam kui 90% praegusest energiatarbimisest saaks vähendada piirkonna skaalal, kui ühendada nii elektrisõidukite ja PV-paneelide kasutuselevõtt kui ka kõigi hoonete põhjalik renoveerimine [8]. Selline lähenemine võimaldaks saavutada liginullenergia eesmärgi naabruskonna skaalal, s.o keskmiselt vähendada kogu energiatarbimist kuni 91,5% võrra [8]. Korterelamute renoveerimise tõttu on püsinud eluhoonete energiatarbimine viimase 15 aasta jooksul samal tasemel hoolimata hoonefondi olulisest suurenemisest uusehitiste näol [3].

Piirkonna renoveerimisel on mitmeid eeliseid võrreldes üksikute hoonete renoveerimisega – võimalik on kokku hoida kulusid projekteerimisteenuste pealt, ühe hoone asemel renoveerida piirkonnas korraga mitu hoonet sama projekti raames.

Samuti on võimalik omavalitsustel piirkonnale kergemini rakendada energia- ja jätkusuutlikkuse strateegiaid, luua energiadoonorlust või hoonetele ühine lokaalne kütteallikas. Rahastamist erinevate toetuste näol on ka kergem piirkonnale seada. [7]

Kliimamuutuste märkimisväärseks leevendamiseks 2050. aastaks tuleb tähtsustada üleminekut süsinikneutraalsetele hoonetele ja linnaosadele [9]. Kuigi üleminek nõuab kõrgemat investeerimiskulu vanematele linnaosadele, võimaldab olulisemate hoonete renoveerimine vähendada nii energianõudlust ja kui naabruses asuvate hoonete CO₂ heitkogused kuni 95 % [5].

Renoveerimist vajavate hoonete suure mahu tõttu ei ole mõistlik lahendada renoveerimist üksiku hoone, vaid piirkonna baasil. Selle tõttu on tähtis strateegia väljamõtlemine, mis lihtsustab renoveerimist ehk renoveerimisel prioritseerida hooneid, mis mõjutavad piirkonna energiatõhusust kõige rohkem. Neile renoveerimisel keskendudes saavutatakse soovitud piirkonna energiatõhusus.

Renoveerimisel tuleb mõelda materjalivaliku peale ehk valida väiksema süsiniku jalajäljega toode. Seetõttu ei tohi lihtsalt uusi hooneid ehitada, vaid peab hoolitsema juba olemasolevate hoonete eest, et sealset CO₂ jalajälge vähendada hoone eluea pikendamiseks. 2000-2020 on eraldunud süsinikdioksiidi keskmine kontsentratsioon suurenenud ligikaudu 3 % aastas [5].

Strateegiate loomiseks on vaja korralikku andmebaasi, mis sisaldab hoonete tarbimisandmeid ning geomeetriat, ilma liigsete üldistusteta [4]. Andmebaase käsitletakse Elisa Iliste magistritöös „Ehitusregistri digikaksiku alusel elamu piirkonna energiatõhususe hindamise alused“ [10].

Hispaanlased on loonud mudeli PEDRERA projekti raames. Mudeli põhieesmärk on linnaosa simulatsioonimudeli kavandamine, luues ja analüüsides usaldusväärseid ennustusi potentsiaalsete äriksenaariumide kohta suuremahuliste moderniseerimismeetmete puhul ning hinnates hoonefondi renoveerimisprotsessist tulenevat üldist kaaskasu. Mudeli abil on võimalik simuleerida erinevaid renoveerimisstrateegiaid algandmete baasil, mis on automaatselt saadud erinevatest allikatest. Mudelis on kolme tüüpi renoveerimisstrateegiaid:

- Täielik renoveerimine: fassaadid, aknad, katus, küttekolle, konstruktsioonid.
- Juurdepääs: pandused, liftid ja eskalaatorid.
- Päikesepaneelide lisamine

Mudel väljastab ka potentsiaalse säästetud kuluhulga vastava renoveerimislahedusega, renoveerimislahendusi saab omavahel kombineerida. Mudel on mõeldud kasutamiseks omavalitsusest eraisikuni [11].

Puudujääk on eelnevate mudelite ja uurimustega see, et kõiki hooneid ei ole võimalik renoveerida. Antud magistritöö käsitleb probleemi, et mis hooneid on võimalik ning targem renoveerimisstrateegiast välja jätta ning kui palju saab erinevaid hooneid üldse renoveerida.

2.2 Miljööväertuslike hoonete/ala renoveerimine

Muinsuskaitseala väga väärtuslikke ja väärtuslike hoonete puhul on renoveerimisele esitavad nõuded detailsemad, vähem väärtuslike hoonete puhul on nõuded renoveerimisele mitte nii suured. Miljööväertuslikke hooneid on vaja samuti renoveerida, kuid energiamärgise klassi C taset ei ole sageli võimalik ja ka mõistlik saavutada, suure maksumuse tõttu. Miljööväertuslike puidust korterelamute renoveerimise analüüs [12] leidis, et miljööväertuslike korterelamute 20...30% energiasääst on saavutatav ka väiksemas mahus energiasäästu tööde teostamisel.[3] Kuid tänasel päeval on vaja saavutada 50-80% energiasääst.

2.3 Täielik renoveerimine

Olemasoleva hoonefondi täielikku rekonstrueerimist planeerides tuleb silmas pidada, et mingi osa leibkondi ei ole suutelised rekonstrueerimist läbi viima [3]. Mitmed uuringud kasutasid strateegiates hoone üldist soojustamist ning avatäidete väljavahetamist. Soomes tehtud uuringus mõjutas piirdetarindite renoveerimine otseselt hoonete küttevajadust, vähendades kaugkütte poolt soojuse tootmist 15% [7]. Suuremahulisel renoveerimisel (seinte, katuse, akende ja süsteemide) vähenes hoone energiatarbimine 88,82% võrra ning lihtsama renoveerimise (katuse renoveerimine, uued aknaraamid, termostaat ja tõhusam küttesüsteem) korral 44,41% võrra [8].

Ka järgnev uuring võrdles kolme renoveerimisstrateegiat, millest hoone isoleerimine vähendas energiakasutust 32%, akende väljavahetamine soojakadude vähendamiseks 11% võrra ning küttesüsteemi muutmine 18% [6]. Hoonete tervikliku rekonstrueerimisega on võimalik saavutada keskmiselt ca 50% soojusenergia säästu [3].

2.4 Küttelahendused

Kasutades strateegias küttelahendusena õhksoojuspumpa, tuleb mõelda läbi kui palju see energiatõhususele piirkonna skaalal juurde annab, eriti kui elektrienergiat ei toodeta roheenergia baasil. Minnes üle õhksoojuspumba kasutusele ilma hoone piirdeid soojustamata jääb küttekoormus samaks, muudetakse ainult kütte tootmismeetodit ning kui kaugkütte tarbimine vähenes 12% võrra, siis elektrivajadus suurenes 8% [7].

Maasoojuspumbal on sarnane mõju õhksoojuspumbaga, vähendades kaugkütte tarbimist ning suurendades elektrienergia tarbimist. Kui piirkonna elektrit toota täielikult fossiilseid kütuseid kasutamata, sobib maasoojuspump energiatõhususe saavutamisel üheks valikuks [7]. Maasoojuspumba puhul on võimalik lahendada suur majanduslik kulu variandiga, kus maasoojuspumpa kasutavad korraga mitu hoonet.

2.5 Päikeseenergia

Üks lihtsamaid samme kliimamuutuste vastu võitlemiseks on PV-paneelide massiline kasutamine ülemaailmselt [13], eriti kui eesmärk on vähendada CO₂ kogust ning piirkonna massenergia tootmist ei ole veel roheenergia suunas arendatud, on see optimaalseim lahendus [7]. Enamik päikesepaneelid on ka taaskasutatavad [8]. Tiheasutuses on sobivaim tehniline lahendus päikesepaneelide paigaldus elektri tootmiseks, et kompenseerida lisanduv ventilatsioonisüsteemide elektritarve, päikesepaneelide kohapealse elektritootmisega [3].

Kombineerides renoveerimistöid PV-paneelidega, on 2050. aastaks võimalik saavutada naabruskonna tasandil süsinikdioksiidi nullväärtuse eesmärk maapiirkondades, vähendades CO₂ 6-49% võrra [5]. Uuringute alusel sobib magistritöö pilootala päikesepaneelide kasutamiseks väga hästi, alal asuvad hooned on sarnase kõrgusega ning tegu on väikelinnaga. Potentsiaalseks takistuseks pilootala hoonetele päikese paneelide paigaldusele võib tekkida asjaolust, et päikesepaneelid pole võimalik või ei tohi paigaldada muinsuskaitse tingimuste tõttu.

Päikesepaneelide puhul on üheks suuremaks miinuseks nende väike energiatoodang, mis ei kata ära piirkonna kogu energiavajadust. Vastavalt eelnevatele uuringutele kattis Soomes päikeseenergia ära 2% küttevajadusest [7] ning Valloonia elamute puhul ca 9% [8]. Tõestades tõdemust, et PV-paneelide tootlikkus on troopiliste tsoonidega võrreldes parasvöötmes madal [8].

2.6 Kaugküte

Enne piirkonna renoveerimise strateegiat tuleb mõelda läbi piirkonna kütte strateegia, see mõjutab suuresti renoveerimislahendusi ning lõplikult seda, kui energiatõhusaks saab piirkonna muuta. Teiselt poolt aitab strateegia toetada näiteks vajalike trassi süsteemide planeerimist.

Eesti on üks seitsmest Euroopa Liidu riigist, kus kaugkütet kasutab üle 50% elanikest [14], täpsemalt 60% ning kaugkütel on suur tähtsus Eesti seatud kliima- ja energiaeesmärkide saavutamisel. Kaugkütte tähtsuse põhjus seisneb kaugkütte eelistel: soojuse tootmise kõrge energiatõhusus, taastuvate energiaallikate kasutamise võime ja stabiilne soojusvarustus.

Tulevikus on energiasektoris kaugkütel vaieldamatu tähtsus dekarboniseerumises, mida on erinevates uuringutes laialdaselt arutatud [15], [16]. Kaugküttega dekarboniseerumise saavutamiseks on vaja planeerida nii lokaalselt kui piirkondade tasemel kaugküte läbi, seda nii uute kui olemasolevate süsteemide korral [17].

Soome uuringus renoveerimisstrateegiatest toodi välja, et kaugküttesüsteemid on ühed tõhusamad ja ökonoomsemad meetmed [7], kuid suurel enamusel on vanema generatsiooni kaugkütte süsteemid, mis ei võimalda kõige kõrgemal tasemel energiatõhusust. Sellest hoolimata, et enamusel kaugkütte kasutajatest pole uuema generatsiooni kaugkütte süsteeme, on võimalik muuta kaugküte energiatõhusamaks, muutes energiaallikat vedelkütuse pealt roheenergia peale (päikeseenergia, maasoojus, biomass) [17].

3. MEETODID

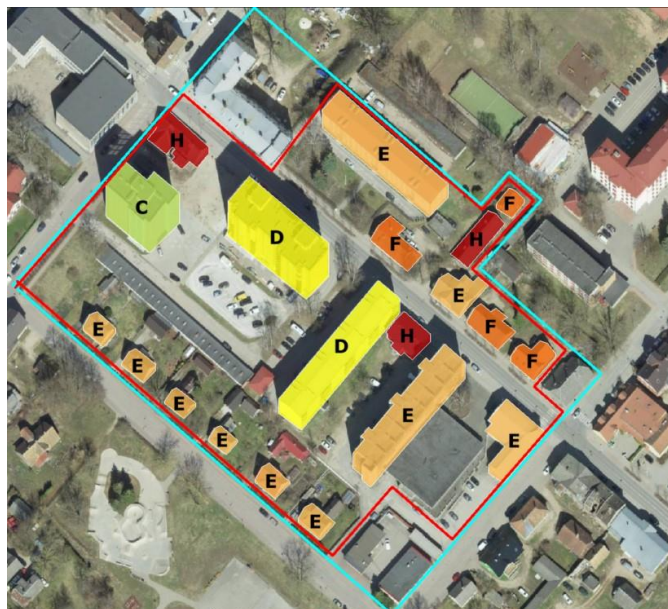
Magistritöös käsitletakse Targa linna tippkeskuse RESTO pilootprojekti „Renoveerimisstrateegia tööriista (RESTO)” pilootala. Pilootala hooned asuvad Võru vanalinna muinsuskaitsealas ja selle kaitsevööndis. Pilootalalt on valitud välja 20 hoonet, millel magistritöö põhineb. Kolm hoonet jäeti magistritöö pilootalast välja järgnevatel põhjustel:

- Kreuzwaldi tn 15 hoonel puudus ehitusprojekt ning tarbimisandmed
- Vabaduse tn 22 hoonel puudus ehitusprojekt ning tarbimisandmed
- Kreuzwaldi tn 25a hoonel puudus ehitusprojekt ning tarbimisandmed

3.1 Pilootala

3.1.1 Pilootala hoonete ülevaade

Pilt 3.1.1 kujutab RESTO projekti pilootala. Pilootala piir on tähistatud **Pilt 3.1.1**-l sinise värviga ja punase värviga on tähistatud antud magistritöö pilootala. Hooned mis kuuluvad pilootalasse on enamuses puidust üksikelamud või väiksemad korterelamud, koos paari telliskorterelamu ja suurplokk korterelamuga. Hooned on ehitatud aastatel 1900-1979 ja enamik hooned pole renoveeritud. Kõik hooned kuuluvad Võru Vanalinna muinsuskaitseala kaitsevööndi ning paar hoonet ka muinsuskaitsealasse.



Pilt 3.1.1 RESTO pilootala ja kitsendatud pilootala.

Pilootalasse kuulub 20 hoonet, mille algupärased kasutusotstarbed leiti ehitisregistri ning projektide järgi. Hoonetel, millel oli mitu kasutusotstarvet tehti lihtsustus, valiti üks. Lihtsustust tehti, kas suurema pindalase osakaaluga kasutusotstarbe järgi või

elanikelt saadud info kohaselt. Kreutzwaldi tn 30 hoone on ehitatud kokku suure äripinnaga, mida hetkel ei kasutata ehk puuduvad tarbimisandmed, selle tõttu võeti arvesse selle hoone korral ainult korterelamu osa.

Hoonete kasutusotstarbed lihtsustati, et hoonete energiatõhusust saaks olemasoleva KredExi loodud rekonstrueeritava korterelamu energiatõhususarvu arvutustabeli [18] ning MKM-i ja Tallinna Tehnikaülikooli on koostanud väikeelamu energiatõhususarvu kalkulaatori [19] abil arvutada. Loodi neli lihtsustatud kasutusotstarvet:

- Üksikelamu<120 – üksikelamu, mille köetav pind jääb alla 120 m²
- Üksikelamu – üksikelamu, mille köetav pind jääb vahemikku 120-220 m²
- Üksikelamu>220 – üksikelamu, mille köetav pind on üle 220 m²
- Kortereelamu

Tabel 3.1.1 Pilootala lihtsustatud kasutusotstarvetega hoonete pindalad (köetav) ja osakaalud

Tüüp	Arv	Pindala, m ²	Osakaal, %
Üksikelamu	3	450,4	2,5
Üksikelamu<120	5	471,8	2,6
Üksikelamu>220	1	263,9	1,4
Kortereelamu	11	17041,6	93,5
Kokku:	20	18227,6	100

Tabel 3.1.2 Kitsendatud pilootala hoonete lihtsustatud kasutusotstarbed

Hoone address	Hoone tüüp	Hoone lihtsustatud tüüp
F. R. Kreutzwaldi tn 17	Kortereelamu	Kortereelamu
F. R. Kreutzwaldi tn 18	Kauplus	Kortereelamu
F. R. Kreutzwaldi tn 19	Kortereelamu	Kortereelamu
F. R. Kreutzwaldi tn 21	Kauplus	Üksikelamu>220
F. R. Kreutzwaldi tn 21a	Kortereelamu	Kortereelamu
F. R. Kreutzwaldi tn 21b	Üksikelamu	Üksikelamu<120
F. R. Kreutzwaldi tn 22	Kortereelamu	Kortereelamu
F. R. Kreutzwaldi tn 23	Üksikelamu	Üksikelamu
F.R. Kreutzwaldi 25	Kortereelamu	Kortereelamu
F.R. Kreutzwaldi tn 26	Kortereelamu	Kortereelamu
F. R. Kreutzwaldi tn 28	Kortereelamu	Kortereelamu
F. R. Kreutzwaldi tn 30	Kortereelamu	Kortereelamu
F. R. Kreutzwaldi tn 34	Kool	Kortereelamu
Tartu tn 45	Kortereelamu	Kortereelamu
Vee tn 3	Üksikelamu	Üksikelamu<120
Vee tn 5	Üksikelamu	Üksikelamu<120
Vee tn 7	Üksikelamu	Üksikelamu<120
Vee tn 9	Üksikelamu	Üksikelamu<120
Vee tn 11	Üksikelamu	Üksikelamu
Vee tn 13	Üksikelamu	Üksikelamu

Tabelit (Tabel 3.1.1) vaadates selgub kõige suurema osakaaluga hoone kasutusotstarve – korterelamud. Seega peab renoveerimisstrateegid luues olema suurem rõhk korterelamutel, sest need mõjutavad piirkonna energiatõhusust kõige rohkem, olles pindalalt kõige suurema osakaaluga. Järgnevalt tuuakse välja tüüpilisemad majad, mis kitsendatud pilootalal asuvad.

- **Üksikelamu – Vee tn 3**



Pilt 3.1.2 Vee tn 3 vaade edelast. Foto E.Parts 13.01.2022



Pilt 3.1.3 Vee tn 3 vaade loodest. Foto E.Parts 13.01.2022

Tegu on 1959. aastal ehitatud 3-korruselise (koos keldriga) palkmajaga. Sokkel on puttbetoonist, välisviimistlus esimesel korrusel krohv ja teisel korrusel laudvooder. Tegu on ahikütte hoonega, tarbevett soojendatakse elektriboileriga. Hoone on Võru vanalinna muinsuskaitseala kaitsevööndis.

- **Korterelamu - Kreuzwaldi tn 23**



Pilt 3.1.4 Kreuzwaldi tn 23 vaade edelast. Foto E.Parts 13.01.2022



Pilt 3.1.5 Kreuzwaldi tn 23 vaade loodest. Foto E.Parts 13.01.2022

Tegu on 1940. aastal ehitatud 3-korruselise (koos keldriga) palkmajaga. Sokkel on puttbetoonist, välisviimistlus laudvooder. Tegu on ahikütte hoonega, tarbevett soojendatakse elektriboileriga. Hoone on muinsuskaitsealal väärtuslik hoone.

- **Korterelamu - Kreuzwaldi tn 26**



Pilt 3.1.7 Kreuzwaldi tn 26 vaade loodest.
Foto E.Parts 13.01.2022

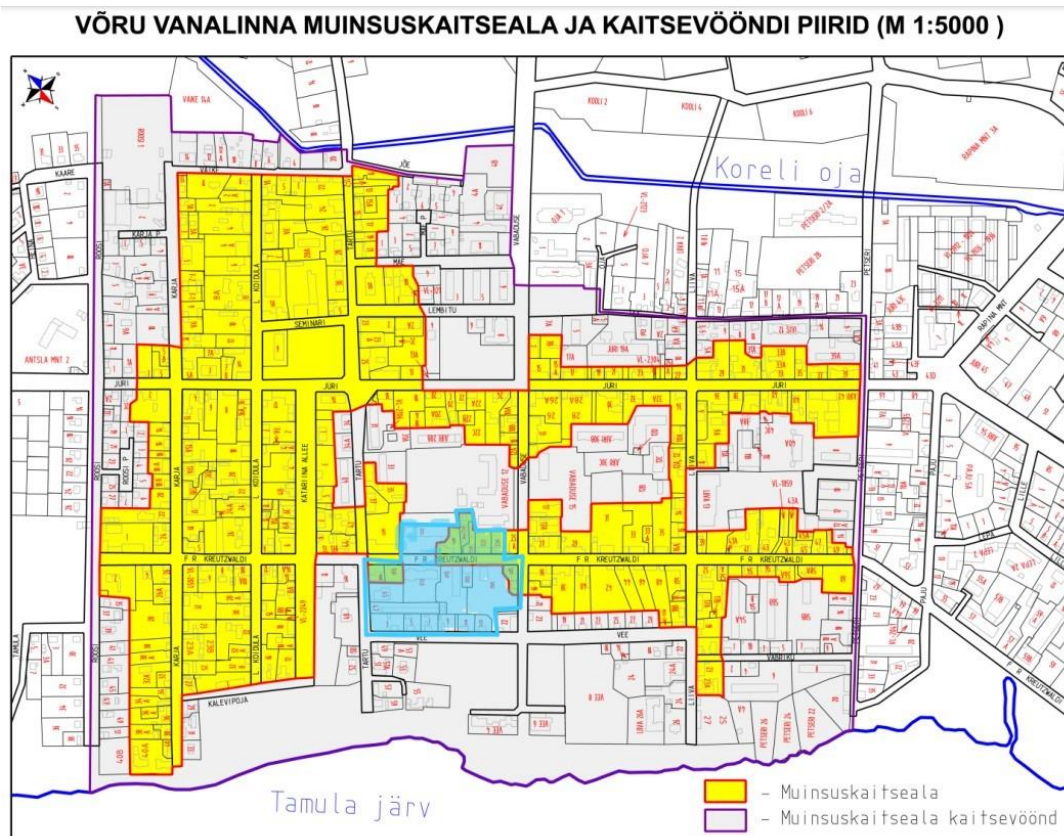


Pilt 3.1.6 Kreuzwaldi tn 26 vaade kagust.
Foto E.Parts 13.01.2022

Tegu on 1972. aastal ehitatud 6-korruselise (koos keldriga) suurplakk korterelamuga. Hoone küttesüsteemiks on radiaatorküte, mille soojusallikaks on kaugküte, tarbevett soojendatakse kaugküttega. Hoone on Võru vanalinna muinsuskaitseala kaitsevööndis.

3.1.2 Pilootala eritingimused

Kõik kitsendatud pilootala hooned asuvad Võru vanalinna muinsuskaitsealal ja selle kaitsevööndis. Pilt 3.1.8 on näidatud kitsendatud pilootala piirkond sinisega Võru Vanalinna muinsuskaitseala ja kaitsevööndi piiride kaardil [20].



Pilt 3.1.8 Võru vanalinna muinsuskaitseala ja kaitsevööndi piirid koos kitsendatud

Hoonetele on leitud ka vastavad muinsuskaitseala väärtusklassid. Muinsuskaitseala väärtusklassid jagunevad Võru Vanalinna muinsuskaitseala inventeerimise kohaselt järgnevalt [20]: väga väärtuslik, väärtuslik, struktuuri eirav ja vähese väärtusega hoone.

- **Väga väärtuslik hoone** - muinsuskaitseala või selle arengut iseloomustav ja/või selle ehitustraditsiooni kujundanud ja/või silmapaistva mõjuga ehitis.
- **Väärtuslik hoone** - muinsuskaitseala iseloomustav ja/või selle ehitustraditsiooni kujundanud ja/või selle arengut mõjutanud ja/või silmapaistva mõjuga ehitis.
- **Vähemväärtuslik hoone** - arhitektuurilt ilmetu või ka ebasobiv või ümberehitustega moonutatud, autentse välimuse kaotanud või tehniliselt halvas seisundis hoone.

Antud magistritöö kitsendatud pilootalal kuuluvad hooned järgmistesse muinsuskaitseala väärtusklassidesse:

Tabel 3.1.3 Pilootala hoonete tüüpide väärtusklasside pindalad ja osakaalud

Tüüp	Arv	Pindala, m ²	Osakaal, %
väga väärtuslik hoone	2	838,1	4,6
väärtuslik hoone	6	1102,9	6,1
struktuuri eirav hoone	0	0,0	0,0
vähese väärtusega hoone	0	0,0	0,0
hindamata hoone	0	0,0	0,0
mälestis	0	0,0	0,0
kaitsevööndis	12	16286,7	89,4
Kokku:	20	18227,6	100

Strateegiaid luues on targem renoveerida hoone, mis ei kuulu muinsuskaitse alla, vaid selle kaitsevööndisse. Rangemate eritingimuste puudumine lubab lihtsamate, standardiseeritud ja seeläbi ka odavamate lahenduste rakendamist.

3.1.3 Pilootala hoonete geomeetria

Energiatõhususarvu ja kaalutud energiakasutuse täpsustatud arvutamiseks on tarvis võimalikult täpset hoone geomeetria. Magistritöös võeti vajalikud pindalad ja külmasildade pikkused sisemõõtmete järgi. Hoone geomeetrias oli vaja järgnevaid pindasid:

- põrand pinnasel
- kütmata keldri vahelagi
- välisseinte pindala ilma avatäideteta
- aknad
- ukсед

- pööningu vahelagi
- katuslagi

Katuse pindala võeti väliste mõõtude järgi päikeseenergia jaoks. Hoone geometrias oli vaja järgnevaid külmasildade pikkuseid:

- Põrand pinnasel – Välissein
- Kütmata keldri vahelagi – Välissein
- Välissein – Välissein
- Sisesein - Välissein
- Aken - Välissein
- Välisuks – Välissein
- Pööningu vahelagi – Välissein
- Katuslagi - Välissein

Vastavad pindalad saadi enamikus pilootala hoonete ehitusprojektidest ning plaanidelt. Pindalade arvutamist lihtsustati Autodesk Revit tarkvaraga. Autodesk Revit tarkvaraga tehti igale hoonele plaanide ja lõigete alusel eraldi mudel, mida kasutati pindalade automaatseks arvutuseks. Hoonetel, millel osaliselt või täielikult puudusid joonised, kasutati EHR digikaksikust saadud andmeid või tuletati sarnase hoone mõõtmete alusel. Digikaksikust saadavad hoone laius ja pikkus on katuse kuju järgi ehk pikkusest ja laiuusest tuleb maha lahutada räästa alune + välisseina paksus, et saada kätte sisemõõt. Kõrgus võeti puitelamute korral kõige sagedasemini esineva korruse kõrguse järgi, milleks oli 2,8m.

Kokkuvõttev tabel, kus on esitatud info selle kohta, mis andmed olid kohe kättesaadavad ning mis andmed pidi tuletama on Lisas 19. Ehitisregistri andmete alusel elamupiirkonna energiatõhususe hindamise alused

3.1.4 Pilootala konstruktsioonid

Suurem osa pilootala hoonetest on puitelamud koos paari suurplokk elamu ja telliselamuga. Puitelamute kandekonstruktsiooniks on rõht- ja püstpalk ning vahetäitega sõrestiksein. Suurplokk ja telliselamute konstruktsioone ei uuritud põhjalikult ehitusprojektide olemasolu mittetäielikkuse tõttu, need võeti Elisa Iliste lõputöö baasil tehtud tüpologia põhjal [10]. Tüpoloogias valiti konstruktsioonide soojusläbivused ning liitekohtade joonsoojusläbivused järgnevaite parameetrite järgi:

- Välisseina liik
- Trepikodade arv
- Korruste vahemik
- Ajastu

Puitelamutel oli enamuses sarnased konstruktsioonid, mis tehti kindlaks elanike küsitlemisel ning projektidest kogutud info põhjal. Elanikud on hooneid väga vähe

renoveerinud, renoveerimine on jäänud enamuses välisviimistluse parandamisele ehk on värvitud fassaadikatet, pandud uued aknad kohati ning vahetatud välja katusekate. Andmed puitelamute konstruktsioonide kohta sai hoonete ehitusprojektidest ning [Arvo Veski](#) raamatust Puitehituse käsiraamat [21]. Iga hoone konstruktsioonidele arvutati U-arvud, et ETA arvutamine oleks täpsem.

3.2 Energiakasutus

Eluhoonete tarbimisest on ligikaudu 85% soojus (~9 TWh) ja ligikaudu 15% elekter (~2 TWh), aastate jooksul on elektri tarbimise osakaal eluhoonete energiatarbimises tõusnud. Tarbitav elektrienergia võib tõusta just hoonetes, kus eelnevalt ei olnud tagatud nõuetele vastav sisekliima mehaanilise ventilatsioonisüsteemiga, vajalikud tehnosüsteemid tarbivad elektrit, mille tulemusena elektritarve vähesel määral suureneb. [3]

3.2.1 Mõõdetud tarbimine

Kaalutud energiakasutuse arvutamise jaoks on vajalikud järgnevad lähteandmed:

- hoone köetav pindala
- viimase kolme aasta kütteenergia kogus
- viimase kolme aasta tarbevee soojendamiseks kasutatud energia kogus
- viimase kolme aasta kasutatud elektrienergia kogus
- kraadpäevad

Andmed hoonete tarbimisandmete kohta saadakse Võru linnavalitsuselt ning kraadpäevade kohta leiab informatsiooni KredExi kodulehelt [22]. Kraadpäevad on vajalikud selle tõttu, et suuresti sõltuvad hoone tarbimisandmed väliskliimast, mis aastate vältel on erinev. Erinevuse aitavad kõrvaldada kraadpäevad. Kraadpäevade piirkonnaks on IV Valga ja tasakaalutemperatuuriks 17°C, vana tüüpi renoveerimata kortermaja järgi. Piirkonna ja tasakaalutemperatuuri alusel võetakse KredEx tabelist aastate 2019-2021 kraadpäevad ning normaalaasta kraadpäevad.

Tabel 3.2.1 Kraadpäevad 2019-2021 aastatel

Kraadpäevad	2019	2020	2021
Vaadeldava aasta kraadpäevad	3610	3291	4079
Normaalaasta kraadpäevad	4242		

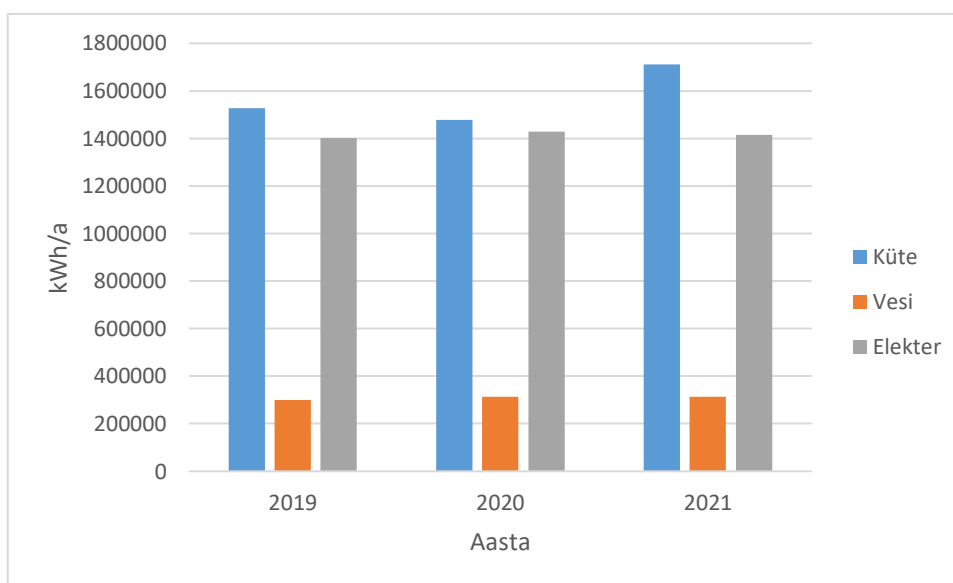
Pilootalal tarbevee soojendamiseks kasutatakse nii elektri boilerit kui ka hoone kütteallikat (kaugküte). Arvutustes on sooja tarbevee osakaaluks võetud kogu vee kulust 40% [23]. Ahikütte puhul võeti küttepuude kütteväärtuseks 1300 kWh/m² [24].

Kütteenergia andmete puudumise korral tuletati need ETA arvutuse järgi ehk tehti tagurpidi arvutus. Tagurpidi arvutuse loogika: määratakse küttepuude ruumimeetrite kogus, mis annab KEK-i samaväärseks ETA-ga.

Vee tarbimisandmete puudumisel lähtuti hoonete standardkasutusest ehk vee tarbimisandmed võeti MTM määrusest nr 58 tuleneva sooja tarbevee erikulu ja netoenergiavajadus köetava pinna ruutmeetri kohta tabeli järgi [24].

Kui kogu hoone kütteallikaks on soojuspump lahutatakse kogu elektrienergiast maha sooja tarbevee jaoks vajaminev energia, valgustuse energia ja seadmetele kuluv energia määrtuste alusel, et saada teada palju kulub elektrienergiat küttele. Energiakandjate kaalumistegurid on MTM määrusest nr 58 [25], puidu puhul 0,65, elektri puhul 2,0 ja tõhusa kaugkütte puhul 0,7.

Pilootala hoonete tarbimisandmed on toodud lisadesse, kütte tarbimisandmed Lisas 20, vee tarbimisandmed Lisas 21 ja elektri tarbimisandmed Lisas 22. Kõik tarbimisandmed on läbi korrutatud vastava energiakandja kaalumisteguriga. Välja on toodud samade andmete põhjal lihtsustatud tabel pilootala kolme aastase tarbimise kohta.



Joonis 3.2.1 Pilootala tarbimisandmed aastate kaupa, läbi korrutatud energiakandja kaalumisteguriga.

Kaalutud energiakasutuse (KEK) arvutamise meetodika

Kaalutud energiakasutus arvutati MTM määruse nr 36 alusel [26]. Vee soojendamise otsekulu arvutus, mida kasutati kõigi hoonete KEK-i arvutamisel.

Palju kulub soojust 1m^3 vee soojendamiseks etteantud temperatuurini [23].

$$Q_{soe\ vesi} = \frac{c_v * \Delta t * M}{3600} * 1000 = \frac{4,2 \frac{kJ}{kg * K} * 50^\circ * 1000}{3600} = 58,33\ kWh$$

kus c_v – 4,2 kJ/(kg*K), vee erisoojus

Δt – 50°C, tüüpiline temperatuuride vahe vee soojendamisel

M – tarbitud sooja vee maht, m^3

Tarbevee soojendamiseks kasutatud energia 2019-2021 aastate kohta, järgnev arvutus tehti läbi iga aasta kohta:

$$Q_{tvs} = 0,4 * V_{vesi} * Q_{soe\ vesi}$$

kus V_{vesi} – tarbitud vee maht m^3

$Q_{soe\ vesi}$ – Soojus, mis kulub 1m^3 vee soojendamiseks, kWh

Kui hoonel puudusid tarbevee andmed, siis lähtuti hoonete standardkasutusest ehk võeti need MTM määrusest nr 58 tuleneva sooja tarbevee erikulu järgi ja netoenergiavajadus köetava pinna ruutmeetri kohta tabeli järgi [24] ning korrutati see läbi hoone köetava pinnaga. Arvutus tehti läbi iga aasta kohta ning saadi tarbevee soojendamiseks kasutatud energia 2019-2021 aastate kohta.

Energiakandjate kaalumisteguritega läbi korrutatud soojusenergia kulu tarbevee soojendamiseks ning arvutus tuleb teha läbi kõigi kolme aasta kohta. Kaalumistegur võeti vastavalt sellele, kas tarbevett soojendatakse kaugküttega või elektri boileriga :

$$Q_{(C,tvs)} = C_k * Q_{tvs}$$

kus Q_{tvs} – on tarbevee soojendamiseks kasutatud soojusenergia, kWh/a

C_k – energiakandja kaalumistegur

Aastate 2019-2021 keskmine kaalutud tarbevee valmistamise kulu täisaasta kohta:

$$Q_{C,tvs} = \frac{\sum Q_{(C,tvs)}}{n}$$

kus n – vaadeldavate täisaastate arv

Kui tegu on hoonega, kus tarbevett soojendatakse kaugküttega, siis arvutuses kasutatakse kogu tarbitava elektri kulu. Kui tegu on ahiküttel hoonega, kus tarbevett soojendatakse elektri boileriga, siis arvutuses kasutatakse tarbitava elektri kulu, millest on maha lahutatud tarbevee soojendamiseks kasutatud elekter. Kui tegu on elektriküttel

hoonega, kus tarbevett soojendatakse elektriboileriga, siis arvutuses kasutatakse tarbitava elektri kulu, millest on maha lahutatud kütteks ja tarbevee soojendamiseks kasutatud elekter. Aastate 2019-2021 keskmine kaalutud elektri kulu täisaasta kohta:

$$Q_{C,el} = C_{k,el} \frac{\sum Q_{el}}{n}$$

kus Q_{el} – elektri kulu, millest on maha arvestatud kütteks ja tarbevee soojendamiseks kasutatud elekter (kWh/a)
 n – vaadeldavate täisaastate arv
 C_k – energiakandja kaalumistegur

Pilootala hoonete kohta, mis on kaugküttel, on olemas Võru Linnavalitsuselt saadud kolme aasta kaugkütte tarbimisandmed. Pilootala hoonetel, mis on kaugküttel, peab küttesoojuse kulu välja arvutama, kogu kütte kulust lahutatakse maha tarbevee soojendamiseks kasutatud küte. Pilootala hoonetel, mis on elektriküttel, peab küttesoojuse kulu välja arvutama, kogu elektri kulust lahutatakse maha tarbevee soojendamiseks kasutatud elekter ning valgustusele ja seadmetele kuluv elekter. Pilootala hoonetel, mis on ahiküttel, saab küttesoojuse kulu välja arvutada kui küttepuude kütteväärtus korrutatakse nende ruumimeetriga. Kui küttesoojuse kulu on teada arvutatakse normaalaasta kraadpäevade arvu alusel taandatud küttesoojuse kulu 2019-2021 aastate kohta:

$$Q_{N,kyt} = Q_{teg,kyt} \frac{S_N}{S_{teg}}$$

kus $Q_{teg,kyt}$ – küttesoojuse kulu vaadeldaval täisaastal (kWh/a)
 S_N – normaalaasta kraadpäevade arv
 S_{teg} – kraadpäevade arv vaadeldaval täisaastal

Normaalaasta kraadpäevade arvu alusel taandatud ja energiakandjate kaalumisteguritega läbi korrutatud küttesoojuse kulu, arvutatakse aastate 2019-2021 kohta:

$$Q_{(C,kyt)} = \sum C_k * Q_{N,kyt}$$

kus C_k – energiakandja kaalumistegur

Aastate 2019-2021 keskmine normaalaasta kaalutud küttesoojuse kulu:

$$Q_{C,kyt} = \frac{\sum Q_{(C,kyt)}}{n}$$

kus n – vaadeldavate täisaastate arv
 Hoone aastane kaalutud energiakasutus:

$$q_c = \frac{Q_{C,kyt} + Q_{C,tvs} + Q_{C,el}}{A_{kyt}}$$

kus A_{kyt} – on köetav pindala, m²

3.2.2 Arvutuslik tarbimine

Hoone energiatõhususe arvutamise jaoks on vajalikud järgnevad lähteandmed:

- hoone köetav pindala
- hoone suletud netopindala
- piirdetarindite pindalad
- piirdetarindite liitekohtade pikkused
- piirdetarindite soojusläbivused
- liitekohtade joonsoojusläbivused
- õhulekkearv

Piirdetarindite pindalad ning liitekohtade pikkused on välja arvatud igale hoonele. Tüpoloogiast [10] saadi telliselamute ning suurplokk elamute piirdetarindite soojusläbivused ning liitekohtade joonsoojusläbivused. Puitelamute piirdetarindite soojusläbivused on arvatud, kuid liitekohtade joonsoojusläbivused on võetud uuringust [27]. Hoonete piirdetarindite soojusläbivused on toodud Lisas 23. Piirdetarindite arvutuses kasutatud materjalide soojuseriitvused, W / (m*K):

- Puit: 0,13
- TEP-plaat: 0,16
- Liiva täide: 2,0
- Krohv: 1,0
- Mineraalvill: 0,04
- Kipsplaat: 0,3
- Tuuletõkkeplaat: 0,033
- Savi: 1,5
- Buttbetoon: 2,5
- EPS60: 0,039
- Pinnas: 2,0
- Betoon: 2,0

Pilootala hoonete õhulekkearvud on elamufondi puitkorterelamute uuringust [27]. Puitelamu puhul on see 9,7 m³ / (h*m²) ning telliskortelamu või suurplokk korterelamu õhulekkearv tuleneb tüpoloogiast [10].

Korterelamu ETA arvutati kasutades KredExi loodud rekonstrueeritava korterelamu energiatõhususarvu arvutustabeli [18] ning üksikelmu ETA MKM-i ja Tallinna Tehnikaülikooli poolt koostatud väikeelamu energiatõhususarvu kalkulaatori [19] abil.

3.2.3 Strateegia

Kui on teada piirkonna hoonete energiatõhususarv (ETA) ja kaalutud energiakasutus (KEK) liigutakse edasi strateegiate loomise juurde. Algselt arvutatakse välja piirkonna algolukord, seda nii ETA kui KEK väärtuste baasil.

Algolukord leitakse kui vastava hoone ETA või KEK väärtus korrutatakse hoone köetava pindalaga, saadud tulemused summeeritakse ning jagatakse piirkonna hoonete summaarse köetava pindalaga.

Magistritöö pilootala piirkonna ETA/KEK klasside väärtused arvutatakse välja kaalutud keskmisena kõikide tüüpide klassidest, mis on korrutatud 0,95-ga ehk on võetud 5% tagavara. Klasside väärtused on toodud tabelis (Tabel 3.2.2). Pilootala hoonete tüüpide pindalad ja osakaalud on antud tabelis (Tabel 3.1.1).

Tabel 3.2.2 Pilootala renoveerimisstrateegia energiatõhususe sihtarvud

ETA või KEK väärtus		
Min. kWh/(m ² a)	Max. kWh/(m ² a)	Klass
	101	A
102	120	B
121	143	C
144	173	D
174	212	E
213	269	F
270	327	G
328		H

Hüpoteeside lihtsustatud kontrolliks on tehtud tabel, kus saab määrata igale hoonele soovitud energiaklassi miinimum või maksimum väärtuse. Seda sama tabelit saab kasutada ka strateegiate loomiseks ning kontrollimiseks.

Kui hoonele on valitud soovitud energiaklassi väärtus, korrutatakse see hoone köetava pinnaga. Nii toimitakse iga hoonega, kõigi hoonete saadud väärtused summeeritakse ning jagatakse piirkonna hoonete summaarse köetava pinnaga, et saada piirkonnale vastav energiatõhususarv ning valitakse tabelist (Tabel 3.2.2) sellele vastav energiaklass.

Erinevate energiaklasside jaoks tehakse lihtsustatud tabeli alusel läbi strateegiad, kuidas energiaklass saavutada. Loodud strateegiaid hinnatakse eraldiseisvalt ja omavahel järgnevate tingimuste alusel:

- Renoveeritavate hoonete arv
 - Eramute arv
 - Muinsuskaitse väärtusklassidesse kuuluvad hooned
- Ajaloolise ehituspärandi säilimine
- Hoonete kasutusea pikendamine

- Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal
- Risk strateegia mitterealiseerumiseks
- Energiatõhususe paranemise maksumus
- CO₂ säästu maksumus

Hoonete kasutusea pikendamine on renoveeritud hoonete suletud netopinna osakaal, kogu pilootala hoonete suletud netopinna summast. Ajaloolise ehituspärandi säilimist vaadatakse renoveeritud hoonete suletud netopinna osakaalu järgi kogu pilootala hoonete suletud netopinna summast, palju muinsuskaitse alustest hoonetest renoveeriti. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaalu vaadatakse, vähemalt C-klassi renoveeritud hoonete suletud netopinna osakaalu järgi kogu pilootala hoonete suletud netopinna summast. Vähemalt C-klass just selle tõttu, et suure tõenäosusega on lisatud soojustagastusega ventilatsioon. Risk strateegia mitterealiseerumiseks on suur kui hooned on kõrgematesse klassidesse renoveeritud, elanikud ei pruugi olla piisavalt maksevõimekad, risk suur kui piirkonnas on palju eramuid.

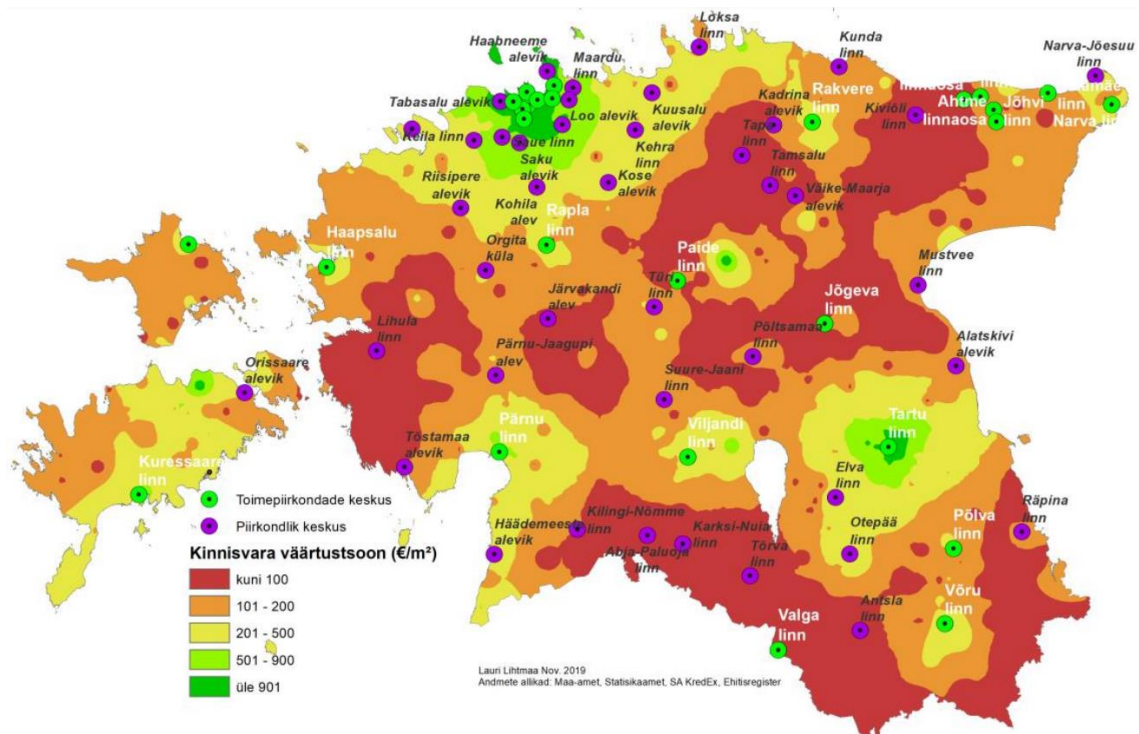
Kõiki energiatõhususklassi strateegiaid võrreldakse omavahel eelnevalt kirjutatud tingimuste alusel ning valitakse parim strateegia pilootala iga energiatõhususklassi jaoks. Välja on toodud magistritöö hüpoteesid ning meetodid, kuidas neid tõestada või ümber lükata.

Hüpotees	Olukord
Renoveerides suured tüüporterelamud tahetud eesmärgist energiatõhusamaks, võib muinsuskaitse all olevate ajalooliste hoonete välisilme jätta puutumata. Küsimus on ka, millisele energiatõhususe tasemele suured hooned renoveerida.	Olukorras, kus Võru linn kirjutab projekteerimistingimustesse suurtele hoonetele ambitsioonikama eesmärgi, eesmärgiga säilitada tänaväärset ajaloolist linnamiljööd.
Kui suurte hoonete renoveerimisel jätta energiatõhususe eesmärgid täitmata, siis jääb piirkonna (või ka kogu omavalitsuse) kliimaneutraalsuse eesmärk saavutamata.	Kui üks 8-korruseline hoone krohvitakse, aga ei lisasoojustada, uurida kuidas see mõjutab teisi hooneid, et piirkonna kaalutud keskmine energiatõhusus on jätkuvalt C, B või A tasemel.
Energiatõhususe eesmärgi tagamiseks on vaja pingutada kõikide hoonetüüpidega, aga suurematele hoonetele keskendudes on lõpptulemus kulutõhusam.	Tuua sisse rahaline mõõde. Renoveerimise maksumus on suurteil hoonetele odavam. Uurida, kuidas muutub piirkonna renoveerimise kogumaksumus erinevate stsenaariumite korral.

3.2.4 Maksumus

Magistritöö pilootala hoonetele on suurele osale vaja teostada tervikrenoveerimine. Kuigi muinsuskaitse all olevatele hoonetele ei pruugi saada teha terviklikku renoveerimist, on vaja tagada ikka hea sisekliima, mis tõttu on vaja lisada ventilatsioon ja sellest tuleneva suurema energiatarbimise tõttu lisada katusele võimaluse korral päikesepaneelid.

Võru linnas on prognoositav rahvaarvu muutus 2045. aastaks -25% [3], mis võib tekitada probleemi tühjenevate korterelamute näol, kuid ei pruugi. Vanemad inimesed eelistavad pigem mugavuse tõttu korteri ülalpidamist üksikselamu ülalpidamisele. Tühjenevad korterelamud on probleem just laenude saamisel ning maja ülalpidamisel. Võru linn asub kinnisvara väärtustsoonis, mille vahemik on 201 – 500 €/m² [3], mis tähendab seda, et KredEx korterelamute rekonstrueerimistoetuse määraks on 50% määrase MTM nr 13 alusel [28].



Pilt 3.2.1 Korteri kinnisvara väärtustsoonid. [3]

Grete Milleri magistritöö kinnitab, et väiksemate korterelamute renoveerimismaksumus on suurem, selle põhjustajaks on mastaabisääst, välispiirete ja hoone netopinna suhtarv ning üld- ja juhtimiskulud, mille kulu arvetatakse ajas [29].

Magistritöös arvutatakse ühele tüüpelamule (Vee tn 3) välja erinevatesse energiatarbimisklassidesse renoveerimise hinnad netopinna ruutmeetri kohta. Arvutustest kasutatud ehitustööde maksumused sai uuringust „Eesti eluasemefondi puitkorterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga“ [27] ning Grete

Milleri magistritööst [29]. Ühikhinnad on varasemate aastate seisuga ning tuleb läbi korrutada ehitushinnaindeksiga [30].

Tüüphoonega tehti läbi järgnevad sammud: võeti tüüphoonee algolukorra väikeelamu energiatõhususarvu kalkulaator [19] ning kasutades katsemeetodit jälgiti, millised tööd aitasid hoonel liikuda järgmistesse soovitud energiatõhususklassidesse. Lõpuks korrutati tööde ühikhinnad läbi tüüphoonete piirdetarindite pindaladega, liideti kokku ja tuletati kogu hoone maksumus, mis jagati hoone suletud netopinnaga ning tulemus on kõigi sarnaste hoonete renoveerimise ruutmeetri hind. Tabelis (Tabel 3.2.3) toodud hinnas on puhtalt energiatõhususe tagamise tööd ilma kaasnevate kuludeta. Realse renoveerimise maksumus võib olla ligikaudu 1,5-2,5 korra kallim sõltuvalt hoone renoveerimisest olukorrast ja kaasnevatest kuludest. Muutus on proportsionaalne ja strateegia valikut ei muuda, kuna maksumuse alusel antakse väärtuspunktid.

Tabel 3.2.3 Renoveerimistööde hinnad

Vajalikud renoveerimistööd	Töö maksumus	
	Varasem hind [27] [29]	Ehitushinnaindeksiga korrutatud
	€/m ²	
Välisseinte soojustamine 5cm, krohv	53,9	80.1
Välisseinte soojustamine 5cm, laudvooder	69,9	103.8
Välisseinte soojustamine 10cm, krohv	60,5	89.9
Välisseinte soojustamine 10cm, laudvooder	72,2	107.2
Välisseinte soojustamine 15cm, krohv	67,1	99.7
Välisseinte soojustamine 15cm, laudvooder	75,9	112.7
Välisseinte soojustamine 15cm, krohv	73,7	109,5
Välisseinte soojustamine 15cm, laudvooder	79,2	117,6
Kütmata keldri vahelae soojustamine 10cm	21,5	31.9
Kütmata keldri vahelae soojustamine 20cm	32,3	48
Kütmata keldri vahelae soojustamine 25cm	40	59,4
Alt tuulutatava põranda soojustamine 20cm	32,3	48
Katuslae soojustamine 20cm	33,6	49,9
Katuslae soojustamine 30cm	40	59,4
Küttesüsteemi vahetamine tõhusale kaugküttele	46,1	68.5
Päikesepaneelide lisamine	52,3	
Akende vahetus, uued aknad U=1.1 W/(m ² ·K)	303,6	451
Väliskuse restaureerimine U=2 W/(m ² ·K)	303,6	451
Soojustagastiga ventilatsiooni lisamine	57,4	85,3

Telliskorterelamute ja suurplukk korterelamute olulise renoveerimise maksumuseks ruutmeetri kohta võeti 500 €/m², spetsialisti soovitusel. Järgnevalt tehti spetsialisti soovitusel üldistused korterelamute renoveerimise ruutmeetri maksumusele.

Maksumus 500 €/m² on C-klassi saavutamiseks, paremate klasside saamiseks lisandub iga klassi puhul 100 €/m² ehk A-klass on 700 €/m².

Madalamate klasside puhul lahutatakse C-klassi maksumusest 100 €/m² ehk D-klassi maksumus on 400 €/m². Muinsuskaitseala hoonetele lisandub tingimus, hoonete renoveerimise ruutmeetri maksumusele liidetakse 100 €/m², C-klassi renoveerimise ruutmeetri maksumus on 600 €/m². Tüüppoone (Vee tn 3) renoveerimise ruutmeetri maksumusele liidetakse samuti 100 €/m² kui tegu on muinsuskaitseala üksikelamuga.

Strateegiatele arvutatakse maksumused hoonete kasutusotstarbe pindalade kaudu. Hoonete suletud netopinnad korrutatakse vastava tüüppoone või arvulise väärtusega ning liidetakse kokku, et saada strateegia kogumaksumus. Kui strateegias on ka korterelamud, korrutatakse strateegias olev korterelamu maksumus läbi KredEx rekonstrueerimistoetusega, milleks on 50% määruse MTM nr 13 alusel [28] ja saadakse strateegia läbi viimise maksumus koos toetusega.

3.2.5 Tüüppoone ehitustööde maksumused

Tüüppooneks valiti üks üksikelamu Vee tänaval, mis on sellele tänavale tüüpne. Tüüppoone on vajalik seetõttu, et ühe hoonega saab ära kirjeldada kõik sarnased hooned ning ei pea kõiki hooned läbi käima.

Tüüpiline üksikelamu – Vee tn 3

Tabelis on ära kirjeldatud iga energiatõhususklassi saavutamiseks vajalikud renoveerimistööd. Renoveerimistööde ühikhinnad on läbi korrutatud tüüppoone pindaladega. Korrutised summeeritakse ning jagatakse tüüppoone suletud netopindalaga, et saada igale energiatõhususklassile vastav renoveerimise ruutmeetrihind. See ruutmeetri hind kehtib kõikidele pilootala üksikelamutele.

Tabel 3.2.4 Tüüppoone erinevatesse energiaklassidesse renoveerimise paketid

Energiaklass	Kogu- maksumus	Vajalikud renoveerimistööd	Töö maksumus
	€/m ²		€/m ²
A – klass	388,4	Välisseinte soojustamine 20cm, krohv	109,5
		Välisseinte soojustamine 20cm, laudvooder	117,6
		Katuslae soojustamine 30cm	60
		Kütmata keldri vahelae soojustamine 250cm	35
		Soojustagastiga ventilatsiooni lisamine	85,3
		Akende vahetus uute vastu U=0.7 W/(m ² K)	451
		Küttesüsteemi vahetamine tõhusale kaugküttele	68,5
		Päikesepaneelide lisamine	52,3

B - klass	346,4	Välisseinte soojustamine 20cm, krohv	109,5
		Välisseinte soojustamine 20cm, laudvooder	117,6
		Katuslae soojustamine 30cm	59,4
		Kütmata keldri vahelae soojustamine 250cm	59,4
		Soojustagastiga ventilatsiooni lisamine	85,3
		Akende vahetus uute vastu $U=0.7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	451
		Küttesüsteemi vahetamine tõhusale kaugküttele	68,5
C - klass	287,6	Välisseinte soojustamine 10cm, krohv	89,9
		Välisseinte soojustamine 10cm, laudvooder	107,2
		Katuslae soojustamine 20cm	52,7
		Kütmata keldri vahelae soojustamine 10cm	31,9
		Soojustagastiga ventilatsiooni lisamine	85,3
		Küttesüsteemi vahetamine tõhusale kaugküttele	68,5
D - klass	128,0	Välisseinte soojustamine 5cm, krohv	80,1
		Välisseinte soojustamine 5cm, laudvooder	103,8
		Katuslae soojustamine 20cm	52,7
		Kütmata keldri vahelae soojustamine 10cm	31,9

3.2.6 CO₂

Euroopa komisjon on seadnud eesmärgi vähendada 2050. aastaks hoonefondi CO₂ - heidet [2], [3]. Tabelis (Tabel 3.2.5) on seletuskirjast „Korterelamute energiatõhususe toetuse tingimused“ eelnõu seletuskiri [31] välja arvatud CO₂ eriheite tegurid põhilistele energiakandjatele. Puidul eriheite tegur 0, kuna tegu on taastuva biomassiga.

Tabel 3.2.5 CO₂ eriheite tegurid

Energiakandja	CO ₂ eriheide, tCO ₂ /MWh
Elekter	0,68
Tõhus kaugküte	0,039
Puit	0

Strateegiade energiakasutusest tulenev CO₂ heite koguse arvutamiseks on vaja:

- arvutatada hoonete valgustuse ja seadme elektritarbimine MTM määruse nr 58 järgi [25]
- hoone ETA/KEK energiklassile vastavat maksimumväärtust, mis on korrutatud läbi 0,95-ga, et oleks 5% tagavara.

Kõigepealt leitakse iga strateegia korral energiakasutusest tulenev CO₂ heite kogus ühele hoonele, need summeeritakse ja saadakse kogu piirkonna ehk strateegia energiakasutusest tulenev CO₂ heite kogus, mida omavahel hiljem võrreldakse.

Elektri korral on arvutus järgmine:

Kõigepealt arvutatakse hoone valgustuse ja seadmete elektritarbimine MTM määruse nr 58 järgi [25], kWh/(m²*a) → see korrutatakse hoone köetava pindalaga kWh/a → saadud arv jagatakse 1000-ga, MWh/a → järgnevalt korrutatakse arv elektri eriheite teguriga (tCO₂/MWh) = elektri kasutusest tulenev heide, (tCO₂/a) [31]

Tõhusa kaugkütte korral on arvutus järgmine:

Hoone ETA/KEK energiaklassile vastav maksimumväärtust korrutatakse läbi 0,95-ga, et oleks 5% tagavara, kWh/(m²*a) → sellest lahutatakse hoone valgustuse ja seadmete elektritarbimine MTM määruse nr 58 järgi [25], kWh/(m²*a) → saadud vahe jagatakse tõhusa kaugkütte kaalumisteguriga, kWh/(m²*a) → see korrutatakse hoone köetava pindalaga kWh/a → saadud arv jagatakse 1000-ga, MWh/a → järgnevalt korrutatakse arv tõhusa kaugkütte eriheite teguriga (tCO₂/MWh) = tõhusa kaugkütte kasutusest tulenev heide (tCO₂/a) [31]

Hoone energiakasutusest tulenev CO₂ heite kogus (tCO₂/a) = elektri kasutusest tulenev heide (tCO₂/a) + tõhusa kaugkütte kasutusest tulenev heide (tCO₂/a) [31]

4. TULEMUSED

4.1 Pilootala

4.1.1 Pilootala konstruktsioonid

Magistritöö pilootala konstruktsioonide soojusläbivused olid enamjaolt sarnased, sest puitkorterelamute puhul ei erinenud tarindid üksteisest palju. Pilootala piirdetarindite soojusläbivused on toodud Lisas 23. Suurimad erinevused tulenesid sellest, kuidas (ja kas) hoonet oli soojustatud. Mõned üksikelamuid olid soojustatud välisseina väliselt, seda oli näha akende asetusest, need ei olnud fassaadiga samas pinnas. Mõni hoone oli välisseinad soojustanud seestpoolt, kuid seda väga vähesel määral, ainult paari cm jagu.

Enamikul puithoonetest ei olnud katus soojustatud ning katusekatet ei olnud vahetatud, hoonetes oli välja ehitatud teine korrus ning soojustatud pööningu vahelagi. Elanike küsitlemisel tuli välja, et enamus neist ei ole hoonet suures osas renoveerinud, vaid ainult välisviimistlust uuendanud, mis tegi lihtsamaks piirdekonstruktsioonide arvutamise ja sai kasutada tüüpseid puitelamu konstruktsioone A.Veski raamatust Puitehituse käsiraamat [21].

Telliskorterelamud ja suurplokk korterelamud, millel puudusid ehitusprojektid, sai Elisa Iliste lõputöö tüpologia põhjal [10] võetud piirdetarindite soojusläbivused ja liitekohtade joonsoojusläbivused. Tüpologia põhjal võetud piirdetarindite soojusläbivused ja liitekohtade joonsoojusläbivused andsid mudeli kalibreerimisel väga ligilähedased numbrid, kui hoonete ETA ja KEK väärtuseid omavahel võrreldi, mis toonitab kui tähtis on kvaliteetsel lähteandmetel üles ehitatud tüpologia.

Aknad olid enamus hoonetel peale 2000. a ära vahetatud, kuid selles ei saanud kindel olla, kui head soojusläbivusega nad on ehk suuremas mahus võeti akende soojusläbivuseks $U = 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K})$ ning välisuste soojusläbivuseks $= 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{K})$. Pilootala hoonetele arvatud piirdetarindite soojusläbivused olid piisavalt täpsed ETA arvutustes ning strateegiate loomises.

4.1.2 Mudeli kalibreerimine

Mudeli kalibreerimisel on tähtis, et algandmed ETA ja KEK arvutamiseks oleksid piisava täpsusega. Muidu võib juhtuda olukord, kus üks on teisest mitmeid kordi erinev ja siis ei ole võimalik neid omavahel võrrelda. Mudeli kalibreerimise aluseks olid võimalikult täpsed piirdetarindite pindalad ja soojusläbivused ning liitekohtade pikkused ja soojusläbivused. Kalibreerimise tulemusena võib öelda, et nii pindalad kui ka

soojuslähivused olid piisava täpsusega. Elisa Iliste lõputöö tüpoloogia põhjal [10] võetud telliskorterelamute ja suurplokk korterelamute piirdetarindite soojuslähivused ja liitekohtade joonsoojuslähivused andsid täpseid tulemusi, kui hoone ETAt KEKiga võrreldi.

Tabel 4.1.1 Piirkonna hoonete ETA ja KEK võrdlus

Aadress	KEK, kWh/(m ² a)		ETA, kWh/(m ² a)		Muut	
	Arv	Täht	Arv	Täht		
Kreutzwaldi tn 25	240	F	240	F	0	0%
Vee tn 11	242	E	241	E	1	0%
Vee tn 13	232	E	233	E	1	0%
Kreutzwaldi tn 19	217	E	218	E	1	0%
Kreutzwaldi tn 21a	577	E	579	H	2	0%
Vee tn 7	247	E	249	E	2	1%
Kreutzwaldi tn 26	157	E	155	E	2	1%
Kreutzwaldi tn 18	450	H	453	H	3	1%
Kreutzwaldi tn 21b	305	F	302	F	3	1%
Vee tn 3	244	E	247	E	3	1%
Tartu tn 45	126	C	130	C	4	3%
Kreutzwaldi tn 30	170	E	179	F	9	5%
Kreutzwaldi tn 22	177	E	164	E	13	7%
Kreutzwaldi tn 17	173	E	205	F	32	18%
Vee tn 9	225	D	267	E	42	19%
Vee tn 5	209	D	251	E	42	20%
Kreutzwaldi tn 34	127	D	184	F	57	45%
Kreutzwaldi tn 23	109	A	259	E	150	138%
Kreutzwaldi tn 28	169	E	352	H	183	108%
Kreutzwaldi tn 21	440	H	199	D	241	55%

Tabelist (Tabel 4.1.1) on näha, et enamus hoonete olid ETA ja KEK väärtused omavahel väga sarnased, need on helehallil taustal. Kõige parem tulemus sai Kreutzwaldi tn 25 hoone, kus ETA ja KEK väärtusel ühtivad.

Alumised hooned, mis on tumehallil taustal on ETA ja KEK väärtuste vahe suur. Antud hoonetel on suure tõenäosusega tarbimisandmed või köetav pindala vale, kas hoone ei ole täielikult kasutusel või seisab tühjana. Samuti võib olla Kreutzwaldi tn 21 hoone ETA ja KEK erinevus niivõrd suur seetõttu, et hoonet ei kasutata enam algupärasel eesmärgil. Enne oli see pood, kuid nüüd enam pole ehk ETA on arvatatud olukorrale, kus hoonet kasutatakse loomuliku ventilatsiooniga üksikelamuna, KEK tarbimisandmete järgi mitte.

Suuresti sõltub erinevus ETA ja KEK väärtuste vahel ebakvaliteetsetest geometria lähteandmetest, hoone tarbimisandmetest ning hoone kasutusotstarbest, kui hoonet ei kasutata nii nagu ettenähtud. Näiteks köetakse ja elatakse ainult ühel korrusel. Siiski

võib öelda, et magistritöö pilootala ETA ja KEK väärtused on suures osas lähedased v.a. kolm hoonet.

4.1.3 Hüpoteeside kontroll

Kahe esimese hüpoteesi kontroll on esitatud tabeli vormis (Tabel 4.1.2). Kolmandat hüpoteesi kontrollitakse loodud strateegiatega põhjal. Tabelis on ka ära toodud magistritöö pilootala algolukorra energiatõhususarv ja -klass.

Tabel 4.1.2 Magistritöö hüpoteesid

Strateegia	Väga väärtuslik hoone	Väärtuslik hoone	Korterelamu		Üksikelamu	Renoveeritud hooned		ETA	
			Pindala > 400m ²	Pindala < 400m ²		Arv	Pindala, m ²	kWh/(m ² a)	Klass
0	F (kaalutud keskmine)	G (kaalutud keskmine)	D (kaalutud keskmine)	H (100% hoonetest)	E (100% hoonetest)	20	18227,7	183	E-klass
1. hüpotees	F (kaalutud keskmine)	G (kaalutud keskmine)	A (80% hoonetest)	H (100% hoonetest)	E (100% hoonetest)	4	12538,4	138	C-klass
2. hüpotees	A (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	D (kaalutud keskmine)	H (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	18	15212,6	171	D-klass

Esimese hüpoteesi korral vaadeldi, kas piirkonna energiatõhususarv on saavutatav kui pilootala muinsuskaitseala kaitsevööndi, pindalalt neli suuremat (kõetav pind üle 400 m²) korterelamut (v.a. Tartu tn 45, seda on hiljuti renoveeritud, hoone on C-klassis) renoveeritakse soovitud piirkonna energiatõhususarvust paremaks. Hüpoteesi kontrollimiseks oli soovitud piirkondlikuks energiatõhususklassiks C-klass ja pindalalt suuremad korterelamud renoveeriti strateegia järgi A-klassi ning piirkondlik energiatõhusus eesmärk oligi saavutatud nelja korterelamu renoveermisel. Hüpotees kehtib ehk kui renoveerida suured tüüpkorterelamud tahetud energiatõhusus eesmärgist energiatõhusamaks võib muinsuskaitse all olevad ajalooliste hoonete välisilme jätta puutumata. Hüpotees toimib kui piirkondliku C-klassi energiatõhususe saavutamiseks, suuremad korterelamud renoveeritakse A-klassi. Hüpoteesi kinnitavad ka strateegiad C5 ja C8.

Teise hüpoteesi korral vaadeldi olukorda kui renoveermisel jätta energiatõhususe eesmärgid saavutamata muinsuskaitseala kaitsevööndi pindalalt suurematel (kõetav pind üle 400 m²) korterelamutel. Kas sellises olukorras jääb ka kogu piirkonna kliimaneutraalsuse eesmärk saavutamata. Antud hüpoteesi kontrollimiseks oli soovitud energiaklassiks C-klass. Piirkonnas jäeti kõik muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamud algolukorda ja ülejäänud pilootala hooned renoveeriti A-klassi, kuid piirkondlik energiatõhusus eesmärk jäigi saavutamata. Hüpotees kehtib. Kui suuremad

korterelamud jäetakse renoveerimata ei saavuta piirkond energiatõhususe eesmärki, isegi kui kõik ülejäänud hooned on A-klassis.

Kolmanda hüpoteesi korral vaadeldi, et energiatõhususe eesmärgi tagamiseks on vaja pingutada kõikidel hoonetüüpidel, aga suurematele hoonetele keskendudes on lõpptulemus kulutõhusam. Hüpoteesi kontrollimiseks saab kasutada piirkonna C – energiatõhususarvu klassi saavutamiseks loodud strateegiaid. Näitena võib tuua strateegiad C1 ja C7. Strateegia C1 korral, kus kõik hooned on renoveeritud C-klassi on strateegia maksumuseks 9,4 miljonit eurot. Strateegia C7 korral on suuremad korterelamud renoveeritud B-klassi ning ülejäänud piirkonna hooned D-klassi, selle strateegia maksumuseks on 9,0 miljonit eurot. Kolmas hüpotees on tõestatud selle näite baasil, et renoveerimine oleks kulutõhusam tuleb suuremaid korterelamuid rohkem renoveerida kui teisi piirkonna hooneid.

4.2 Strateegiad

4.2.1 Strateegia C – energiatõhususarvu klassi saavutamiseks

Strateegia C eesmärk on pilootala keskmine energiatarbimine viia C klassi tasemele. Magistritöö pilootala piirkonna C – energiatõhususarvu klassi saavutamiseks on välja toodud kümme erinevat strateegiat. Kümme strateegiat on toodud välja kokkuvõtvas tabelis (Tabel 4.2.2) ja on näidatud ka iga strateegia lühikirjeldus (Tabel 4.2.1).

Tabel 4.2.1 C-klassi strateegiate lühikirjeldus

	Lühikirjeldus	Miks loodi?
C1	Olukord, kus kõik pilootala hooned on viidud C-klassi.	Strateegia loodi, et näidata olukorda, kus kõik pilootala hooned renoveeritakse C-klassi.
C2	Olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud hooned on D-klassis, kõik muinsuskaitseala kaitsevööndis asuvad üksikelamud on A-klassis, ülejäänud hooned C-klassis	Strateegia loodi, et näha kui palju peavad piirkonna teised hooned (muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud) energiatõhusamad olema, kui ei ole võimalik muinsuskaitseala väga väärtuslikke hooned C-klassi renoveerida.
C3	Olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned ning kõik muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on C-klassis ja muinsuskaitseala kaitsevööndi kolm pindalalt suuremat korterelamut on B-klassis ja kaks hoonet jäävad algolukorda.	Strateegia loodi, et näha kui vähe peab muinsuskaitseala kaitsevööndis olevaid korterelamuid renoveerima, kui ülejäänud hooned on C-klassis.
C4	Olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned ning kõik muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on jäetud algolukorda ja muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamud on B-klassis.	Strateegia loodi, et näha kas on võimalik saavutada piirkondlikult soovitud energiaklass kui jätta muinsuskaitseala hooned ja muinsuskaitseala kaitsevööndis olevad üksikelamud algolukorda ja renoveerida vaid muinsuskaitseala kaitsevööndis olevad korterelamud.
C5	Olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned, kõik muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on jäetud algolukorda, muinsuskaitseala kaitsevööndi neli	Strateegia loodi, et näha kas on võimalik saavutada piirkondlikult soovitud energiaklass kui jätta muinsuskaitseala hooned, muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud ja kaks korterelamut algolukorda ning renoveerida vaid

	korterelamut on A-klassis ja kaks on jäetud algolukorda.	muinsuskaitseala kaitsevööndis olevat nelja korterelamut.
C6	Olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned on E-klassis v.a väärtuslikest hoonetest pindalalt kõige suurem on võetud D-klassi. Muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on C-klassis ning muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamutest on kõik v.a. üks juba renoveeritud hoone B-klassis.	Strateegia loodi, et näha kui palju peab renoveerima muinsuskaitseala hooneid ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikselamuid, et saavutada piirkondlikku soovitud energiatõhusust, kui ei renoveerita üht suuremat muinsuskaitseala kaitsevööndis asuvat juba renoveeritud korterelamut.
C7	Olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on D-klassis. Muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamutest on kõik v.a. üks juba renoveeritud hoone B-klassis.	Strateegia loodi, et näha kui palju peab renoveerima muinsuskaitseala hooneid ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikselamuid, et saavutada piirkondlikku soovitud energiatõhusust, kui ei renoveerita üht suuremat muinsuskaitseala kaitsevööndi juba renoveeritud korterelamut.
C8	Olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on jäetud algolukorda, muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamutest viis suuremat on A-klassis ja ülejäänud korterelamud on algolukorras.	Strateegia loodi, et näha kas ainult suuremat viit muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamut renoveerides saavutatakse soovitud piirkondlik energiatõhusus.
C9	Olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on jäetud algolukorda, kõik muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamud on A-klassis.	Strateegia loodi, et näha kas ainult muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamuid renoveerides saavutatakse soovitud piirkondlik energiatõhusus.
C10	Olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned ning kõik muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on A-klassis, neli korterelamut on B-klassis ja kaks on jäetud algolukorda.	Strateegia loodi, et näha kui vähe peab muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamuid renoveerima, kui ülejäänud hooned on A – klassis.

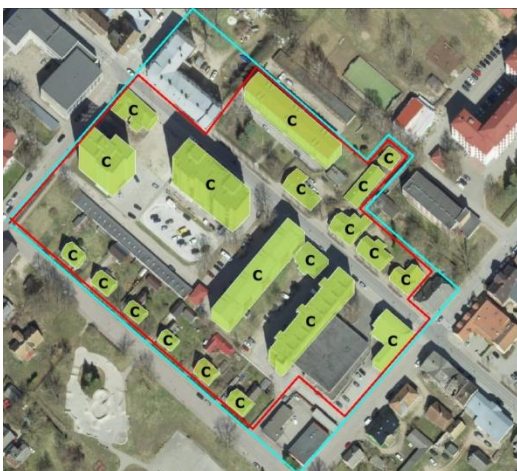
Kokkuvõttes tabelis (Tabel 4.2.2) on toodud kõik kümme strateegiat, mis on jagatud sarnase energiatõhususarvu järgi gruppidesse. Grupisisest võrreldakse strateegiaid omavahel ning valitakse iga grupi parim, et nende seas võrdluse alusel valida piirkonnale parim strateegia C - energiatõhususarvu klassi saavutamiseks. Tumehallid lahtrid märgivad strateegias hooneid, mis jäävad algolukorda.

Tabel 4.2.2 Piirkonna C-klassi strateegiad

Strateegia	Väga väärtuslik hoone	Väärtuslik hoone	Korterelamu		Üksikelamu	Renoveeritud hooned		CO ₂ tCO ₂ /a	Maksumus €, mln	ETA	
			Pindala > 400m ²	Pindala < 400m ²		Arv	Pindala, m ²			kWh/(m ² a)	Klass
C0	F (kaalutud keskmine)	G (kaalutud keskmine)	D (kaalutud keskmine)	H (100% hoonetest)	E (100% hoonetest)	20	18228	583,9	0,0	183	E-klass
C1	C (100% hoonetest)	C (100% hoonetest)	C (100% hoonetest)	C (100% hoonetest)	C (100% hoonetest)	20	18228	448,9	9,4	143	C-klass
C2	D (100% hoonetest)	C (100% hoonetest)	C (100% hoonetest)	C (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	20	18228	450,2	9,3	143	C-klass
C3	C (100% hoonetest)	C (100% hoonetest)	B (60% hoonetest)	H (100% hoonetest)	C (100% hoonetest)	17	13175	510,9	7,7	141	C-klass
C4	F (kaalutud keskmine)	G (kaalutud keskmine)	B (100% hoonetest)	B (100% hoonetest)	E (100% hoonetest)	6	15611	464,1	9,7	143	C-klass
C5	F (kaalutud keskmine)	G (kaalutud keskmine)	A (80% hoonetest)	H (100% hoonetest)	E (100% hoonetest)	4	12538	453,4	9,1	138	C-klass
C6	E (100% hoonetest)	E (ca 80% hoonetest)	B (80% hoonetest)	B (100% hoonetest)	C (100% hoonetest)	18	14877	459,1	9,0	134	C-klass
C7	D (100% hoonetest)	D (100% hoonetest)	B (80% hoonetest)	B (100% hoonetest)	D (100% hoonetest)	19	15476	457,9	9,0	132	C-klass
C8	F (kaalutud keskmine)	G (kaalutud keskmine)	A (100% hoonetest)	H (100% hoonetest)	E (100% hoonetest)	5	15290	446,8	11,1	131	C-klass
C9	F (kaalutud keskmine)	G (kaalutud keskmine)	A (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	E (100% hoonetest)	6	15611	447,6	11,3	127	C-klass
C10	E (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	B (80% hoonetest)	H (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	18	15155	429,9	9,5	125	C-klass

Järgnevalt tuuakse välja strateegia C1 detailne kirjeldus ning järgnevate strateegiate C2-C10 detailsed kirjeldused on toodud välja lisades Lisa 1 – 9.

Strateegia C1



Pilt 4.2.1 Strateegia C1

Esimese strateegiana on võetud olukord, kus kõik pilootala hooned on viidud C-klassi. Strateegia järgi peab renoveerima 20 hoonet, kuhu jääb kaks väga väärtuslikku ning kuus väärtuslikku muinsuskaitseala hoonet.

Magistritöö pilootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning strateegia C1 annab tulemuse 143 kWh/(m²a) ehk energiatõhususarv vähenes 40 kWh/(m²a) võrra.

KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50% [28]. Strateegia maksumuses on 9,4 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 4,9 miljonit eurot.

Tabel 4.2.3 Strateegia C1 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud netopindala	Renoveerimise m2 maksumus	Maksumus	KredEx toetus
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplokk	C-klass	15815,6	500	7,91	50
Korterelamu puit	C-klass	321,3	500	0,16	
Korterelamu väga väärtuslik	C-klass	838,1	600	0,50	
Korterelamu väärtuslik	C-klass	629,7	600	0,38	
Üksikelamu Kaitsevöönd	C-klass	803,9	287,6	0,23	
Üksikelamu väärtuslik	C-klass	564,3	387,6	0,22	
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				9,4	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				4,9	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,276	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0,070	

Magistritöö pilootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heite kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heite kogus on 448,9 tCO₂/a, heite kogus vähenes 135 ühiku võrra.

Strateegiate C1 – C4 võrdlus

Peatükis 3.2.3 on toodud tingimused, mille alusel loodud strateegiaid võrreldakse. Kokkuvõttev tabel (Tabel 4.2.4), võrdleb kõiki nelja strateegiat. Iga strateegiat hinnatakse kõigepealt eraldiseisvalt.

Tabel 4.2.4 Strateegiate C1-C4 võrdlus

Strateegia	Renoveeritavad hooned					CO ₂		CO ₂ säästu maksumus €, mln	Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln	Maksumus €, mln	ETA kWh/(m ² a)
	Väga väärtuslik	Väärtuslik	Korterelamud	Üksikelamud	Kokku	(tCO ₂)/a	Algolukorra erinevus				
C1	2	6	6	6	20	449	-23.1%	0,070	0,276	9,4	143
C2	2	6	6	6	20	450	-22.9%	0,070	0,275	9,3	143
C3	2	6	3	6	17	511	-12.5%	0,105	0,213	7,7	141
C4	0	0	6	0	6	464	-20.5%	0,081	0,285	9,7	143

Strateegia C1

Strateegiate C1-C4 arvestuses on C1 energiatõhususe paranemise maksumus teiste strateegiatega võrreldes kallim, kuid CO₂ säästu maksumus on üks odavamaid. Strateegia puhul on vaja renoveerida kõik pilootala hooned, ka muinsuskaitseala hooned. Seetõttu tuleb arvestada muinsuskaitseala eritingimustega. Hoonete kasutusea pikendamine on strateegia puhul 100%, kuna kõik hooned strateegias renoveeritakse. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia puhul väike, sest kõik muinsuskaitse all olevad hooned tuleb C – klassi renoveerida, teha tervikrenoveerimine. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 100%, kõik hooned on renoveeritud C-klassi. Antud strateegia on pigem riskantsem, eeldades kõikide hoonete renoveerimist, kuid see ei pruugi võimalik olla, Võru linnas on kahanev rahvastik ning elanike maksevõimekus ei pruugi võimaldada iga hoone renoveerimist. Hindamisskaala järgi saab strateegia 38 punkti.

Tabel 4.2.5 Strateegia C1 hindamine

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia mitte-realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1			X			
2						
3	x					
4						x
5						
6						
7						
8						
9						
10		x		x	x	
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Strateegia C2

Strateegiate C1-C4 arvestuses on C2 energiatõhususe paranemise maksumus teiste strateegiatega võrreldes keskpärane, kuid CO₂ säästu maksumus on üks odavamaid. Strateegia puhul on vaja renoveerida kõik pilootala hooned, ka muinsuskaitseala hooned. Seetõttu tuleb arvestada muinsuskaitseala eritingimustega. Hoonete kasutusea pikendamine on strateegia puhul 100%, kuna kõik hooned strateegias renoveeritakse. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia puhul väike, sest kõik muinsuskaitse all olevad hooned tuleb renoveerida nii D- kui C-klassi. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 96%, kuna kõik hooned pole renoveeritud C-klassi. Antud strateegia on pigem riskantsem, eeldades kõikide hoonete renoveerimist, kuid see ei pruugi võimalik olla, Võru linnas on kahanev rahvastik ning elanike maksevõimekus ei pruugi võimaldada iga hoone renoveerimist. Hindamiskaala järgi saab strateegia 37 punkti.

Tabel 4.2.6 Strateegia C2 hindamine

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia mitte-realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1			X			
2						
3	x					x
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10		x		x	x	
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Strateegia C3

Strateegiate C1-C4 arvestuses on C3 energiatõhususe paranemise maksumus teiste strateegiatega võrreldes kõige odavam, kuid CO₂ säästu maksumus on jällegi kõige kallim. Strateegia puhul renoveeritakse 17 pilootala hoonet, ka muinsuskaitseala hooned. Seetõttu tuleb arvestada muinsuskaitseala eritingimustega. Hoonete kasutusea pikendamine on strateegia puhul 70%, kuna kõiki hooneid strateegias ei renoveerita. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia puhul väike, sest kõik muinsuskaitse all olevad hooned tuleb C – klassi renoveerida, teha tervik renoveerimine. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 70%, kuna kõik hooned pole renoveeritud C-klassi. Antud strateegia on pigem riskantsem, eeldades enamiku hoonete renoveerimist, Võru linnas on kahanev rahvastik ning elanike maksevõimekus ei pruugi võimaldada nii suurel määral hoonete renoveerimist. Samuti on strateegias rohkem muinsuskaitseala hooneid ning nende renoveerimine on tunduvamalt kallim kui tüüpsete korterelamute renoveerimine. Hindamiskaala järgi saab strateegia 30 punkti.

Tabel 4.2.7 Strateegia C3 hindamine

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia mitte-realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1		X	X			
2						
3						
4						x
5						
6						
7				X	X	
8						
9						
10	X					
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Strateegia C4

Strateegiate C1-C4 arvestuses on C4 energiatõhususe paranemise maksumus teiste strateegiatega võrreldes kõige kallim ning CO₂ säästu maksumus on kalliduselt teine. Strateegia puhul renoveeritakse kuus pilootala hoonet, muinsuskaitseala hooned on algulokorda jäetud. Hoone kasutusea pikendamine on 85%, kuna kõiki hooned strateegias ei renoveerita. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia puhul suur ehk 100%, sest kõik muinsuskaitse all olevad hooned jäävad algulokorda. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 85%, kuna kõik hooned pole renoveeritud C-klassi. Antud strateegia on on vähe riskantne, eeldades, et korterelamutes on elanikke rohkem ja maksevõimekus suurem laenu võtmisel, kuid kuna Võru linnas on kahanev rahvastik võivad ka korterelamud olla tühjemad. Strateegia on vähem riskantsem ka selle tõttu, et tüüpsete korterelamute renoveerimine on odavam võrreldes muinsuskaitseala hoonetega. Hindamiskaala järgi saab strateegia 42 punkti.

Tabel 4.2.8 Strateegia C4 hindamine

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1	X					
2						
3						
4						
5						
6						X
7		X				
8						
9				X	X	
10			X			
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Kõikide strateegiate hindamiskriteeriumite punkte võrreldes valiti strateegia, millel on kõige rohkem punkte, strateegia C4. Kuigi strateegia puhul oli energiatõhususe paranemise maksumus ning CO₂ säästu maksumus ühed kallimad, säilis selle strateegiaga ajalooline elumupiirkond täielikult, rohkem osakaalu oli ka hoonete eluea pikenemisel ning sisekliima paranemisel, kuna korterelamute osakaal piirkonna suletud netopindalast on ca 93%. Kui mõelda riskide peale on samuti C4 turvalisem valik, sest korterelamutes elab rohkem inimesi ehk laenukoormus on ühtlasemalt jagatud ning tüüpsete korterelamute renoveerimine on tundavamalt odavam muinsuskaitseala väiksemate korterelamute renoveerimisest.

Strateegiad C1 ja C2 olid hindamiskriteeriumite mõttes järgmised võimalikud strateegiad, kuid suureks miinuseks on seal renoveeritavate hoonete arv, riskiks on elanike maksevõimetus, ei või kindel olla, et kõik elanikud saavad oma hooned renoveerida.

Strateegiate C6 – C8 võrdlus

Peatükis 3.2.3 on toodud tingimused, mille alusel loodud strateegiaid võrreldakse. Kokkuvõttev tabel (Tabel 4.2.9), võrdleb kõiki kolme strateegiat. Iga strateegiat hinnatakse kõigepealt eraldiseisvalt.

Tabel 4.2.9 Strateegiate C6-C8 võrdlus

Strateegia	Renoveeritavad hooned					CO ₂		CO ₂ säästu maksumus €, mln	Energiaühuse paranemise maksumus €, mln	Maksumus €, mln	ETA kWh/(m ² a)
	Väga väärtuslik	Väärtuslik	Korterelamud	Üksikelamud	Kokku	(tCO ₂)/a	Algolukorra erinevus				
C6	1	6	5	6	18	459	-21.4%	0,070	0,203	8,7	134
C7	2	6	5	6	19	458	-21.6%	0,071	0,200	9,0	132
C8	0	0	5	0	5	447	-23.5%	0,081	0,241	11,1	131

Strateegia C6

Strateegiate C6-C8 arvestuses on C6 energiaühuse paranemise maksumus teiste strateegiatega võrreldes keskmine ning CO₂ säästu maksumus on kõige odavam. Strateegia puhul on vaja renoveerida 18 pilootala hoonet, ka muinsuskaitseala hooned. Seetõttu tuleb arvestada muinsuskaitseala eritingimustega. Hoone kasutusea pikendamine on 82%, kuna kõiki hooned strateegia kohaselt ei renoveerita. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia puhul väike, vaid 30%, enamus muinsuskaitseala hoonetest renoveeritaks E – klassi, kuid E-klassi saab renoveerida ka ilma tugevalt välisilmet mõjutamata. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 75%, enamud hooned on renoveeritud vähemalt C-klassi. Strateegia risk on kohati suur, kui vaadata sellest küljest, et renoveeritakse peaaegu kõik pilootala hooned ning muinsuskaitseala hooned. Muinsuskaitseala hoonete renoveerimine võrreldes tüüpsete korterelamutega on tunduvamalt kallim. Kuid antud strateegias peab muinsuskaitsealused hooned renoveerima E-klassi ehk eeldatav maksumus pole võrreldes kõrgemate klassidega nii suur, selle tõttu on strateegia risk hinnatud madalamale. Hindamiskaala järgi saab strateegia 47 punkti.

Tabel 4.2.10 Strateegia C6 hindamine

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1						
2						
3						
4						
5			x			
6						
7						x
8				x	x	
9	x					
10		x				
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Strateegia C7

Strateegiate C6-C8 arvestuses on C7 energiatõhususe paranemise maksumus teiste strateegiatega võrreldes kõige odavam ning CO₂ säästu maksumus on üks odavamaid. Strateegia puhul on vaja renoveerida 19 pilootala hoonet, ka muinsuskaitseala hooned. Seetõttu tuleb arvestada muinsuskaitseala eritingimustega. Hoone kasutusea pikendamine renoveeritud hoonete suletud netopinna osakaalu järgi on 86%, kuna kõiki hooned strateegias ei renoveerita. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia puhul väike, sest kõik muinsuskaitse all olevad hooned renoveeritaks D – klassi ehk konstruktsioonid ei jää hoonetel algupärased. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 71%. Strateegia risk on pigem madal, kuigi renoveeritakse kõik muinsuskaitseala hooned, renoveeritakse need D-klassi, mis on madalam järgnevate klasside hinnast ja kahaneva rahvastikuga Võru linna elanikele taskukohasem. Hindamiskaala järgi saab strateegia 44 punkti.

Tabel 4.2.11 *Strateegia C7 hindamine*

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia mitte-realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1			x			
2						
3						
4						
5						
6						
7					x	
8						x
9		x		x		
10	x					
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Strateegia C8

Strateegiate C6-C8 arvestuses on C8 energiatõhususe paranemise maksumus ning CO₂ säästu maksumus on teiste strateegiatega võrreldes kõige kallim. Strateegia puhul on vaja renoveerida viis pilootala hoonet, kõik suuremad korterelamud. Hoone kasutusea pikendamine renoveeritud hoonete suletud netopinna osakaalu järgi on 83%. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia puhul suur, sest kõik muinsuskaitse all olevad hooned jäetakse algolukorda. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 83%. Antud strateegia on on vähe riskantne, eeldades, et korterelamutes on elanikke rohkem ja maksevõimekus suurem laenu võtmisel, kuid kuna Võru linnas on kahanev rahvastik, võivad korterelamud olla tühjemad. Strateegia on vähem riskantsem ka selle tõttu, et tüüpsete korterelamute renoveerimine on odavam võrreldes muinsuskaitseala hoonete renoveerimisega. Hindamiskaala järgi saab strateegia 31 punkti.

Tabel 4.2.12 Strateegia C8 hindamine

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1	x	x				
2						
3						x
4						
5						
6						
7						
8				x	x	
9						
10			x			
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Kõikide strateegiate hindamiskriteeriumite punkte võrreldes valiti strateegia, millel on kõige rohkem punkte, strateegia C6. Strateegia puhul oli energiatõhususe paranemise maksumus ning CO₂ säästu maksumus ühed odavamad. Strateegiaga ajalooline elamupiirkond säilis täielikult 30% osas, kuid teised muinsuskaitse hooned renoveeritakse vaid E-klassi ehk välisilmel ei ole suuresti mõjutatud. Kõigil strateegiatel oli hoonete eluea pikenemine ning sisekliima paranemine võrdsel tasemel, kuna korterelamute osakaal piirkonna suletud netopindalast on ca 93% ning mõjutab tulemusi kõige rohkem. Riskantsuses on C6 vähese riskiga, sest muinsuskaitsealuseid hooneid ei renoveerita kõrgele tasemele ehk nende hinnad elanikele on taskukohasemad.

Strateegiad C7 oli hindamiskriteeriumite mõttes järgmine võimalik strateegia, kuid suureks miinuseks on seal renoveeritavate hoonete arv, riskiks on elanike maksevõimetus, sest muinsuskaitsealused hooned on vaja klass kõrgemale renoveerida, kõik elanikud ei pruugi saada oma hooneid renoveerida.

Strateegiate C9 – C10 võrdlus

Peatükis 3.2.3 on toodud tingimused, mille alusel loodud strateegiaid võrreldakse. Kokkuvõttev tabel (Tabel 4.2.13), võrdleb kõiki kolme strateegiat. Iga strateegiat hinnatakse kõigepeal eraldiseisvalt.

Tabel 4.2.13 Strateegiate C9-C10 võrdlus

Strateegia	Renoveeritavad hooned					CO ₂		CO ₂ säästu maksumus €, mln	Energiaühuse paranemise maksumus €, mln	Maksumus €, mln	ETA kWh/(m ² a)
	Väga väärtuslik	Väärtuslik	Korterelamud	Üksikelamud	Kokku	tCO ₂ /a	Algolukorra erinevus				
C9	0	0	6	0	6	448	-23.3%	0,083	0,226	11,3	127
C10	2	6	4	6	18	430	-26.4%	0,062	0,183	9,5	125

Strateegia C9

Strateegiate C9-C10 arvestuses on C9 nii energiaühuse paranemise maksumuselt kui ka CO₂ säästu maksumuselt kallim. Strateegia puhul renoveeritakse kuus pilootala hoonet, muinsuskaitseala hooned on algulokorda jäetud. Hoone kasutusea pikendamine renoveeritud hoonete suletud netopinna osakaalu järgi on 85%. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia puhul suur ehk 100%, sest kõik muinsuskaitse all olevad hooned jäävad algulokorda. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 85%, kuna kõik hooneid pole renoveeritud. Antud strateegia on on vähe riskantne, eeldades, et korterelamutes on elanikke rohkem ja maksevõimekus suurem laenu võtmisel, kuid kuna Võru linnas on kahanev rahvastik võivad ka korterelamud olla tühjad. Strateegia on vähem riskantsem ka seetõttu, et tüüpsete korterelamute renoveerimine on odavam võrreldes muinsuskaitseala hoonetega. Hindamiskaala järgi saab strateegia 33 punkti.

Tabel 4.2.14 Strateegia C9 hindamine

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia mitte-realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1	x	x				
2						
3						x
4						
5						
6						
7						
8						
9				x	x	
10			x			
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Strateegia C10

Strateegiate C9-C10 arvestuses on C10 nii energiatõhususe paranemise maksumuselt kui ka CO₂ säästu maksumuselt odavam. Strateegia puhul on vaja renoveerida 18 pilootala hoonet, ka muinsuskaitseala hooned. Seetõttu tuleb arvestada muinsuskaitseala eritingimustega. Hoone kasutusea pikendamine renoveeritud hoonete suletud netopinna osakaalu järgi on 84%. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia keskmine, sest kõik muinsuskaitse all olevad hooned renoveeritaks nii E – klassi kui A-klassi, mis tähendab et hoone välisilme mõnede majade puhul muutub. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 84%. kuna kõik hooned pole renoveeritud C-klassi. Antud strateegia on pigem riskantne, eeldades enamiku hoonete renoveerimist, Võru linnas on kahanev rahvastik ning elanike maksevõimekus ei pruugi võimaldada nii suurel määral hoonete renoveerimist. Samuti on strateegias rohkem muinsuskaitseala hooneid ning nende renoveerimine on tunduvamalt kallim, eriti A-klassi renoveerimise puhul kui tüüpsete korterelamute renoveerimine. Hindamiskaala järgi saab strateegia 43 punkti.

Tabel 4.2.15 Strateegia C10 hindamine

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia mitte-realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1						
2						
3						
4			x			
5						
6						
7						
8				x	x	
9						
10	x	x				
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Kõikide strateegiate hindamiskriteeriumite punkte võrreldes valiti strateegia, millel on kõige rohkem punkte, strateegia C10. Strateegia puhul oli energiatõhususe paranemise maksumus ning CO₂ säästu maksumus kõige odavamad. Strateegiaga ajalooline elamupiirkond säilis mingis osas, kuna E-klassi renoveeritavate hoone välisilme ei muutu suuresti, kuid A-klassi renoveeritavate hoonete välisilme muutub.

Kõigil strateegiatel oli hoonete eluea pikenemine ning sisekliima paranemine võrdsel tasemel, kuna korterelamute osakaal piirkonna suletud netopindalast on ca 93% ning mõjutab tulemusi kõige rohkem. C10 on riskantne valik, sest muinsuskaitsealuseid hooneid renoveeritakse A-klassi ehk renoveerimise hinnad elanikele võivad olla liiga suured.

Strateegiad C9 oli hindamiskriteeriumite mõttes järgmine võimalik strateegia, ning kui mitte toetuda hindamiskriteeriumitele, siis pigem tasub vaadata strateegiat C9, just elanike maksevõimekuse poolt. Tüüpsete korterelamute renoveerimine on odavam kui muinsuskaitsealuste hoonete renoveerimine ning samuti strateegiaga C9 säilitatakse 100% ajalooline elamupiirkond.

Strateegiate C1 – C10 parimate võrdlus

Peatükis 3.2.3 on toodud tingimused, mille alusel loodud strateegiaid võrreldakse. Kokkuvõttev tabel (Tabel 4.2.16), võrdleb kõiki nelja strateegiat mis on eelnevates peatükkides valitud parimad strateegiad, välja arvatud strateegia C5, mis oli enda grupis ainus ehk seda ei võrreldud eelnevalt teistega.

Tabel 4.2.16 Strateegiate C1-C10 nelja parima võrdlus

Strateegia	Renoveeritavad hooned					CO2		CO2 säästu maksumus €, mln	Energiaõhususe paranemise maksumus €, mln	Maksumus €, mln	ETA kWh/(m2a)
	Väga väärtuslik	Väärtuslik	Korterelamud	Üksikelamud	Kokku	tCO2/a	Algolukorra erinevus				
C4	0	0	6	0	6	464	-20,5%	0,081	0,285	9,7	143
C5	0	0	4	0	4	453	-22,3%	0,070	0,234	9,1	138
C6	1	6	5	6	18	459	-21,4%	0,070	0,203	8,7	134
C10	2	6	4	6	18	430	-26,4%	0,062	0,183	9,5	125

Hindamisel ainus asi mis muutub on see, et energiaõhususe paranemise maksumust kui ka CO₂ säästu maksumusest võrreldakse uuesti, kuid teised parameetrid võetakse varasematest hindamis tabelitest.

Tabel 4.2.17 Parimate strateegiate koondhindamine

Hindamiskaala	Energiaõhususe paranemise maksumus				CO ₂ säästu maksumus				Ajalooline ehituspärandi säilimine				Hoonete kasutusea pikendamine				Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal				Risk strateegia miterealiseerumiseks			
	C4	C5	C6	C10	C4	C5	C6	C10	C4	C5	C6	C10	C4	C5	C6	C10	C4	C5	C6	C10	C4	C5	C6	C10
	Kallim				Kallim				Vähem %				Vähem %				Vähem %				Risk suur			
1	x				x							x												x
2																								
3											x													
4																								
5																								
6		x				x	x														x			
7														x				x				x	x	
8			x												x	x			x	x				
9													x				x							
10				x				x	x	x														
	Odavam				Odavam				Rohkem, %				Rohkem, %				Rohkem, %				Risk väike			

Hindamisskaala järgi saab strateegia C4 36 punkti, strateegia C5 ja C6 40 punkti ning strateegia C10 38 punkti.

Kõikide strateegiate hindamiskriteeriumite punkte võrreldes võib valida kaks strateegiat, nii C5 või C6, millel mõlemal on 40 punkti. Võrdleme neid omavahel. Strateegia C5 korral peab renoveerima ainult neli hoonet, mis kõik on korterelamud. Kuid strateegia C6 korral peab renoveerima 18 hoonet, kus on ka muinsuskaitsealused hooned. Mõlema strateegia puhul oli CO₂ säästu maksumus samasugune, kuid energiatõhususe paranemise maksumus oli C6 puhul odavam. Strateegiate ajalooline elamupiirkond säilis strateegia C5 korral.

Mõlemal strateegial on hoonete eluea pikenemine ning sisekliima paranemine võrdsel tasemel, kuna korterelamute osakaal piirkonna suletud netopindalast on ca 93% ning mõjutab tulemusi kõige rohkem.

Riskantsuses on C5 vähem riskantsem, sest renoveerida on vaja vaid nelja tüüpset korterelamut, mille renoveerimise hind madalam kui muinsuskaitseala hoonete renoveerimisel, samuti on suurtes korterelamutes rohkem elanikke, mille tõttu võib ka laenusumma olla suurem ja laenu tagasimaksmine ei jää ühe inimese kanda. Strateegia C6 on riskantsem, kuna renoveerima tuleb suuremal hulgal hooneid ja ei saa kindel olla, et iga elanik on nõus või saab renoveerida ning teiseks on muinsuskaitsealuste hoonete renoveerimine kallim.

Magistritöö pilootala piirkonna C – energiatõhususarvu klassi saavutamiseks valitakse strateegia C5.

4.2.2 Strateegia B – energiatõhususarvu klassi saavutamiseks

Strateegia B eesmärk on pilootala keskmine energiatarbimine viia B klassi tasemele. Magistritöö pilootala piirkonna B – energiatõhususarvu klassi saavutamiseks on välja toodud kuus erinevat strateegiat. Kuus strateegiat on toodud välja kokkuvõtvas tabelis (Tabel 4.2.19) ja on toodud välja ka iga strateegia lühikirjeldus (Tabel 4.2.18).

Tabel 4.2.18 B-klassi strateegiate lühikirjeldus

	Lühikirjeldus	Miks loodi?
B1	Olukord, kus kõik pilootala hooned on viidud B-klassi.	Strateegia loodi, et näidata olukorda, kus kõik pilootala hooned renoveeritakse B-klassi.
B2	Olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud hooned on C-klassis, kõik muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud ja muinsuskaitse alused väärtuslikud hooned on A-klassis ning	Strateegia loodi, et näha kui palju peavad piirkonna teised hooned energiatõhusamad olema, kui ei ole võimalik muinsuskaitseala väga väärtuslikke hooneid kõrgemale kui C-klassi renoveerida.

	muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamud on B-klassis.	
B3	Olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on D-klassis. Muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamutest on kõik v.a. üks renoveeritud hoone A-klassis.	Strateegia loodi, et näha kui palju peab renoveerima muinsuskaitseala hooneid ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikselamuid, et saavutada piirkondlikku soovitud energiatõhusust, kui ei renoveerita üht suuremat muinsuskaitseala kaitsevööndi renoveeritud korterelamut.
B4	Olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned on algolukorras v.a väga väärtuslikest hoonetest energiatõhususelt halvem hoone on võetud E-klassi. Muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud ja korterelamud on A-klassis.	Strateegia loodi, et näha kui palju peab renoveerima muinsuskaitseala kaitsevööndi hooneid, et saavutada piirkondlikku soovitud energiatõhusust, kui minimaalselt renoveerida muinsuskaitse all olevaid hooneid.
B5	Olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned on B-klassis ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud ja kaks korterelamut on jäetud algolukorda, ülejäänud korterelamud on A-klassis.	Strateegia loodi, et näha kui palju peab renoveerima muinsuskaitseala ja muinsuskaitseala kaitsevööndi hooneid, et saavutada piirkondlikku soovitud energiatõhusust, kui jätta muinsuskaitseala kaitsevööndi kaks korterelamut ja kõik üksikelamud algolukorda.
B6	Olukord, kus muinsuskaitseala hoonetest üks väga väärtuslik ja üks väärtuslik hoone on võetud E-klassi, ülejäänud algolukorras ning muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamud on A-klassis, muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on algolukorras.	Strateegia loodi, et näha kui palju peab renoveerima muinsuskaitseala ja muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamuid, et saavutada piirkondlikku soovitud energiatõhusust, kui jätta muinsuskaitseala kaitsevööndi kõik üksikelamud algolukorda.

Kokkuvõtvas tabelis (Tabel 4.2.19) on tootud kõik kuus strateegiat. Kõiki strateegiaid võrreldakse omavahel ning valitakse piirkonnale parim strateegia B - energiatõhususarvu klassi saavutamiseks. Tumehallid lahtrid märgivad strateegias hooneid, mis jäävad algolukorda. Kõigi strateegiate B1-B6 detailsed kirjeldused on toodud välja lisades Lisa 10 - 15.

Tabel 4.2.19 Piirkonna B-klassi strateegiad

Strateegia	Väga väärtuslik hoone	Väärtuslik hoone	Korterelamu		Üksikelamu	Renoveeritud hooned		CO ₂ tCO ₂ /a	Maksumus €, mln	ETA	
			Pindala > 400m ²	Pindala < 400m ²		Arv	Pindala, m ²			kWh/(m ² a)	Klass
B0	F (kaalutud keskmine)	G (kaalutud keskmine)	D (kaalutud keskmine)	H (100% hoonetest)	E (100% hoonetest)	20	18228	583.9	0.0	183	E-klass
B1	B (100% hoonetest)	B (100% hoonetest)	B (100% hoonetest)	B (100% hoonetest)	B (100% hoonetest)	20	18228	430.0	11.2	120	B-klass
B2	C (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	B (100% hoonetest)	B (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	20	18228	429.7	11.3	119	B-klass
B3	D (100% hoonetest)	D (100% hoonetest)	A (80% hoonetest)	A (100% hoonetest)	D (100% hoonetest)	19	15476	444.3	10.3	119	B-klass
B4	E (ca 50% hoonetest)	G (kaalutud keskmine)	A (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	13	16886	449.1	11.8	119	B-klass
B5	B (100% hoonetest)	B (100% hoonetest)	A (80% hoonetest)	H (100% hoonetest)	E (100% hoonetest)	12	14479	480.9	10.4	119	B-klass
B6	E (ca 50% hoonetest)	E (ca 20% hoonetest)	A (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	E (100% hoonetest)	8	16033	447.6	11.3	120	B-klass

Strateegiate B1 – B6 võrdlus

Peatükis 3.2.3 on toodud tingimused, mille alusel loodud strateegiaid võrreldakse. Kokkuvõttev tabel (Tabel 4.2.19), võrdleb kõiki kolme strateegiat. Iga strateegiat hinnatakse kõigepeal eraldiseisvalt.

Tabel 4.2.20 Strateegiate B1-B6 võrdlus

Strateegia	Renoveeritavad hooned					CO ₂		CO ₂ säästu maksumus €, mln	Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln	Maksumus €, mln	ETA kWh/(m ² a)
	Väga väärtuslik	Väärtuslik	Korterelamud	Üksikelamud	Kokku	tCO ₂ /a	Algolukorra erinevus				
B1	2	6	6	6	20	430.0	-26.4%	0,073	0,197	11,2	120
B2	2	6	6	6	20	430	-26.4%	0,073	0,194	11,3	119
B3	2	6	5	6	19	444	-23.9%	0,074	0,178	10,3	119
B4	1	0	6	6	13	449	-23.1%	0,088	0,204	11,8	119
B5	2	6	4	0	12	481	-17.6%	0,101	0,18	10,4	119
B6	1	1	6	0	8	448	-23.3%	0,083	0,198	11,3	120

Strateegia B1

Strateegiate B1-B6 arvestuses on B1 energiatõhususe paranemise maksumus teiste strateegiatega võrreldes keskmine, kuid CO₂ säästu maksumus on odavam. Strateegia puhul on vaja renoveerida kõik pilootala hooned, ka muinsuskaitseala hooned. Seetõttu tuleb arvestada muinsuskaitseala eritingimustega. Hoonete kasutusea pikendamine on strateegia puhul 100%, kuna kõik hooned strateegias renoveeritakse. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia puhul väike, sest kõik muinsuskaitse all olevad hooned tuleb B – klassi renoveerida. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 100%, kõik hooned on renoveeritud vähemalt C-klassi ehk lisatud mingit tüüpi ventilatsioon. Strateegia on pigem riskantsem, eeldades kõikide hoonete renoveerimist B-klassi, see ei pruugi võimalik olla, Võru linnas on kahanev rahvastik ning elanike maksevõimekus ei pruugi võimaldada iga hoone renoveerimist. Hindamiskaala järgi saab strateegia 37 punkti.

Tabel 4.2.21 Strateegia B1 hindamine

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1			X			
2						
3	x					X
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10		X		X	X	
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Strateegia B2

Strateegiate B1-B6 arvestuses on B2 energiatõhususe paranemise maksumus teiste strateegiatega võrreldes keskmine, kuid CO₂ säästu maksumus on odavamaid. Strateegia puhul on vaja renoveerida kõik pilootala hooned, ka muinsuskaitseala hooned. Seetõttu tuleb arvestada muinsuskaitseala eritingimustega. Hoonete kasutusea pikendamine on strateegia puhul 100%, kuna kõik hooned strateegias renoveeritakse. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia puhul väike, sest kõik muinsuskaitse all olevad hooned tuleb kas C – klassi või A-klassi renoveerida, mistõttu hoonete väline

ilme muutub. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 100%, kõik hooned on renoveeritud vähemalt C-klassi ehk lisatud mingit tüüpi ventilatsioon. Antud strateegia on pigem riskantsem, eeldades kõikide hoonete renoveerimist, kuid see ei pruugi võimalik olla, Võru linnas on kahanev rahvastik ning elanike maksevõimekus ei pruugi võimaldada iga hoone renoveerimist. Hetkel on vaja ka enamus muinsuskaitseala hooned ja üksikelamud renoveerida A-klassi, mis on võib elanike maksevõimekusest üle käia. Hindamiskaala järgi saab strateegia 36 punkti.

Tabel 4.2.22 Strateegia B2 hindamine

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia mitte-realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1			X			
2						X
3	X					
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10		X		X	X	
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Strateegia B3

Strateegiate B1-B6 arvestuses on B3 energiatõhususe paranemise maksumus teiste strateegiatega võrreldes kõige odavam, ning CO₂ säästu maksumuse osas odavamate seas. Strateegia puhul on vaja renoveerida 19 pilootala hoonet, ka muinsuskaitseala hooned. Seetõttu tuleb arvestada muinsuskaitseala eritingimustega. Hoonete kasutusea pikendamine on strateegia puhul 85%. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia puhul väike, sest kõik muinsuskaitse all olevad hooned tuleb D-klassi renoveerida, mistõttu hoonete väline ilme muutub. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 71%, kõik hooned on renoveeritud vähemalt C-klassi ehk lisatud mingit tüüpi ventilatsioon. Strateegia risk on pigem madal, kuigi renoveeritakse kõik muinsuskaitseala hooned, renoveeritakse need D-klassi, mis on madalam järgnevate klasside hinnast ja kahaneva rahvastikuga Võru linnale elanikele taskukohasem. Hindamiskaala järgi saab strateegia 41 punkti.

Tabel 4.2.23 Strateegia B3 hindamine

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia mitte-realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1			X			
2						
3						
4						
5						x
6						
7					X	
8						
9		X		X		
10	X					
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Strateegia B4

Strateegiate B1-B6 arvestuses on B4 energiatõhususe paranemise maksumus teiste strateegiatega võrreldes kõige kallim, ning CO₂ säästu maksumuse osas ka üks kallimatest seas. Strateegia puhul on vaja renoveerida 13 pilootala hoonet, ka üks muinsuskaitseala hoone. Seetõttu tuleb arvestada muinsuskaitseala eritingimustega. Hoonete kasutusea pikendamine on strateegia puhul 92%. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia puhul suhteliselt suur, ainult üks hoone viiakse E-klassi. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 90%. Strateegia risk on keskmine, kuigi renoveeritakse ainult üks muinsuskaitse hoone, siis üksikelamute renoveerimisel A-klassi ei pruugi kõik elanikud olla piisavalt maksevõimelised. Võru linn on kahaneva rahvastikuga. Muinsuskaitseala hoone renoveeritakse E-klassi, mis on madalam järgnevate klasside hinnast ja kahaneva rahvastikuga Võru linnale elanikele taskukohasem. Hindamiskaala järgi saab strateegia 31 punkti.

Tabel 4.2.24 Strateegia B4 hindamine

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1	X					
2						
3		X				
4						X
5						
6						
7			X			
8						
9				X	X	
10						
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Strateegia B5

Strateegiate B1-B6 arvestuses on B5 energiatõhususe paranemise maksumus teiste strateegiatega võrreldes üks odavamaid, ning CO₂ säästu maksumuse osas üks kallimatest seas. Strateegia puhul on vaja renoveerida 12 pilootala hoonet, tuleb arvestada muinsuskaitseala eritingimustega. Hoonete kasutusea pikendamine on strateegia puhul 80%. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia puhul väike, kõik muinsuskaitseala hooned renoveeritakse B-klassi ehk nende välisilme ei jää samaks. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 80%. Strateegia risk on kõrgem, kuna renoveeritakse kõik muinsuskaitseala hooned B-klassi ja see ei pruugi olla taskukohane Võru linna elanike jaoks. Korterelamute renoveerimine tüüpselt ei ole nii riskantne, sest elanikud jagavad laenukoormust, kuid Võru linnas on kahanev rahvastik. Hindamiskaala järgi saab strateegia 30 punkti.

Tabel 4.2.25 Strateegia B5 hindamine

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia mitte-realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1		X	X			
2						
3						X
4						
5						
6						
7						
8				X	X	
9	X					
10						
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Strateegia B6

Strateegiate B1-B6 arvestuses on B6 energiatõhususe paranemise maksumus teiste strateegiatega võrreldes üks kallimaid, ning CO₂ säästu maksumuse osas keskmine. Strateegia puhul on vaja renoveerida kaheksa pilootala hoonet. Seetõttu tuleb arvestada muinsuskaitseala eritingimustega. Hoonete kasutusea pikendamine on strateegia puhul 86%. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia puhul suur, ainult kaks hoonet renoveeritakse E-klassi. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 83%, sest suuremas osakaalus on korterelamud ning need on kõik A-klassis. Strateegia risk on väiksem, kuna renoveeritakse ainult kaks muinsuskaitseala hoonet E-klassi, on see taskukohane Võru linna elanike jaoks, kuna Võru linna on kahaneva rahvastikuga. Korterelamute renoveerimine tüüpselt ei ole nii riskantne, sest elanikud jagavad laenukoormust. Hindamiskaala järgi saab strateegia 34 punkti.

Tabel 4.2.26 Strateegia B6 hindamine

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1						
2	x		x			
3						
4						
5		x				
6						
7						
8					x	x
9				x		
10						
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Kõikide strateegiate hindamiskriteeriumite punkte võrreldes valiti strateegia, millel on kõige rohkem punkte, strateegia B3. Strateegia puhul oli energiatõhususe paranemise maksumus ning CO₂ säästu maksumus ühed odavamad. Strateegiaga ajalooline elamupiirkond säilis teatud osas. Strateegia korral oli hoonete eluea pikenemine ning sisekliima paranemine võrdsel tasemel, kuna korterelamute osakaal piirkonna suletud netopindalast on ca 93% ning mõjutab tulemusi kõige rohkem. Strateegia risk on pigem madal, kuigi renoveeritakse kõik muinsuskaitseala hooned, renoveeritakse need D-klassi, mis on kahaneva rahvastikuga Võru linna elanikele taskukohasem.

Magistritöö pilootala piirkonna B – energiatõhususarvu klassi saavutamiseks valitakse strateegia B3.

4.2.3 Strateegia A – energiatõhususarvu klassi saavutamiseks

Strateegia A eesmärk on pilootala keskmine energiatarbimine viia A klassi tasemele. Magistritöö pilootala piirkonna A – energiatõhususarvu klassi saavutamiseks on välja toodud kolm erinevat strateegiat. Kolm strateegiat on toodud välja kokkuvõtvas tabelis (Tabel 4.2.28) ja on toodud välja ka iga strateegia lühikirjeldus (Tabel 4.2.27).

Tabel 4.2.27 A-klassi strateegiate lühikirjeldus

	Lühikirjeldus	Miks loodi?
A1	Olukord, kus kõik pilootala hooned on viidud A-klassi.	Strateegia loodi, et näidata olukorda, kus kõik pilootala hooned renoveeritakse A-klassi.
A2	Olukord, kus kõik pilootala hooned on viidud A-klassi v.a. kolm muinsuskaitseala väärtusliku hoonet, mis on B-klassis.	Strateegia loodi, et näha kas on võimalik soovitud energiatõhususe klassi saavutada ka siis, kui mõned muinsuskaitseala väärtuslikud hooned on madalamates energiaklassides.
A3	Olukord, kus kõik pilootala hooned on viidud A-klassi v.a. neli muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamut, mis on B-klassis.	Strateegia loodi, et näha kas on võimalik soovitud energiatõhususe klassi saavutada ka siis, kui mõned muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on madalamates klassides.

Kokkuvõtvas tabelis (Tabel 4.2.28) on toodud kolm strateegiat. Kõiki strateegiaid võrreldakse omavahel ning valitakse piirkonnale parim strateegia A - energiatõhususarvu klassi saavutamiseks. Kõigi strateegiate A1-A3 detailsed kirjeldused on toodud välja lisades Lisa 16 - 18.

Tabel 4.2.28 Piirkonna A-klassi strateegiad

Strateegia	Väga väärtuslik hoone	Väärtuslik hoone	Korterelamu		Üksikelamu	Renoveeritud hooned		CO ₂	Maksumus	ETA	
			Pindala > 400m ²	Pindala < 400m ²		Arv	Pindala, m ²			tCO ₂ /a	€, mln
0	F (kaalutud keskmine)	G (kaalutud keskmine)	D (kaalutud keskmine)	H (100% hoonetest)	E (100% hoonetest)	20	18228	583,9	0	183	E-klass
A1	A (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	20	18228	410,7	13,1	101	A-klass
A2	A (100% hoonetest)	A/B (50% / 50% hoonetest)	A (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	20	18228	411,1	13,0	101	A-klass
A3	A (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	A (100% hoonetest)	A/B (33% / 67% hoonetest)	20	18228	411,1	12,7	101	A-klass

Strateegiate A1 – A3 võrdlus

Peatükis 3.2.3 on toodud tingimused, mille alusel loodud strateegiaid võrreldakse. Kokkuvõttev tabel (Tabel 4.2.28), võrdleb kõiki kolme strateegiat.

Tabel 4.2.29 Strateegiate A1-A3 võrdlus

Strateegia	Renoveeritavad hooned					CO ₂		CO ₂ säästu maksumus €, mln	Energiaõhususe paranemise maksumus €, mln	Maksumus €, mln	ETA, kWh/(m ² a)
	Väga väärtuslik	Väärtuslik	Korterelamud	Üksikelamud	Kokku	tCO ₂ /a	Algolukorra erinevus				
A1	2	6	6	6	20	411	-29.7%	0.075	0.172	13.1	101
A2	2	6	6	6	20	411	-29.6%	0.075	0.171	13.0	101
A3	2	6	6	6	20	411	-29.6%	0.073	0.167	12.7	101

Strateegia A1

Strateegiate A1-A3 arvestuses on A1 energiaõhususe paranemise maksumus teiste strateegiatega võrreldes kallim, ka CO₂ säästu maksumus on kallim. Strateegia puhul on vaja renoveerida kõik pilootala hooned, ka muinsuskaitseala hooned. Seetõttu tuleb arvestada muinsuskaitseala eritingimustega. Hoonete kasutusea pikendamine on strateegia puhul 100%, kuna kõik pilootala hooned renoveeritakse. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia puhul väike, sest kõik muinsuskaitse all olevad hooned tuleb A – klassi renoveerida. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 100%, kõik hooned on renoveeritud vähemalt C-klassi ehk lisatud mingit tüüpi ventilatsioon. Strateegia on pigem riskantsem, eeldades kõikide hoonete renoveerimist A-klassi, see ei pruugi võimalik olla, kuna Võru linn on kahaneva rahvastikuga ning elanike maksevõimekus ei pruugi võimaldada iga hoone renoveerimist. Hindamiskaala järgi saab strateegia 24 punkti.

Tabel 4.2.30 Strateegia A1 hindamine

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1	X	X	X			x
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10				X	X	
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Strateegia A2

Strateegiate A1-A3 arvestuses on A2 energiatõhususe paranemise maksumus teiste strateegiatega võrreldes keskmine ning CO₂ säästu maksumus on kallim. Strateegia puhul on vaja renoveerida kõik pilootala hooned, ka muinsuskaitseala hooned. Seetõttu tuleb arvestada muinsuskaitseala eritingimustega. Hoonete kasutusea pikendamine on strateegia puhul 100%, kuna kõik pilootala hooned renoveeritakse. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia puhul väike, sest kõik muinsuskaitse all olevad hooned tuleb A – klassi või B – klassi renoveerida. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 100%, kõik hooned on renoveeritud vähemalt C-klassi ehk lisatud mingit tüüpi ventilatsioon. Strateegia on pigem riskantsem, eeldades kõikide hoonete renoveerimist A-klassi või B-klassi, see ei pruugi võimalik olla, kuna Võru linnas on kahanev rahvastik ning elanike maksevõimekus ei pruugi võimaldada iga hoone renoveerimist. Hindamiskaala järgi saab strateegia 27 punkti.

Tabel 4.2.31 *Strateegia A2 hindamine*

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1		X	X			
2						x
3	x					
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10				X	X	
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Strateegia A3

Strateegiate A1-A3 arvestuses on A3 energiatõhususe paranemise maksumus ning CO₂ säästu maksumus on teiste strateegiatega võrreldes odavam. Strateegia puhul on vaja renoveerida kõik pilootala hooned, ka muinsuskaitseala hooned. Seetõttu tuleb arvestada muinsuskaitseala eritingimustega. Hoonete kasutusea pikendamine on strateegia puhul 100%, kuna kõik pilootala hooned renoveeritakse. Ajaloolise ehituspärandi säilimine on strateegia puhul väike, sest kõik muinsuskaitse all olevad hooned tuleb A – klassi või B – klassi renoveerida. Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal on antud strateegias 100%, kõik hooned on renoveeritud vähemalt C-klassi ehk lisatud mingit tüüpi ventilatsioon. Strateegia on pigem riskantsem, eeldades kõikide hoonete renoveerimist A-klassi või B-klassi, see ei pruugi võimalik olla, kuna Võru linnas on kahanev rahvastik ning elanike maksevõimekus ei pruugi võimaldada iga hoone renoveerimist. Hindamiskaala järgi saab strateegia 43 punkti.

Tabel 4.2.32 Strateegia A3 hindamine

Hindamiskaala	Energiatõhususe paranemise maksumus	CO ₂ säästu maksumus	Ajaloolise ehituspärandi säilimine	Hoonete kasutusea pikendamine	Paranenud sisekliimaga ja elukeskkonnaga hoonete osakaal	Risk strateegia mitte-realiseerumiseks
	Kallim	Kallim	Vähem %	Vähem %	Vähem %	Risk suur
1			X			
2						x
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10	X	X		X	X	
	Odavam	Odavam	Rohkem, %	Rohkem, %	Rohkem, %	Risk väike

Kõikide strateegiate hindamiskriteeriumite punkte võrreldes valiti strateegia, millel on kõige rohkem punkte, strateegia A3. Strateegia puhul oli energiatõhususe paranemise maksumus ning CO₂ säästu maksumus odavamad. Strateegiaga ajalooline elamupiirkond ei säili, kuna muinsuskaitseala hooned renoveeritakse A-klassi, hoonete välisilme muutub. Strateegia korral oli hoonete eluea pikenemine ning sisekliima paranemine võrdsel tasemel, kuna korterelamute osakaal piirkonna suletud netopindalast on ca 93% ning mõjutab tulemusi kõige rohkem. Strateegia on pigem riskantsem, eeldades kõikide hoonete renoveerimist A-klassi või B-klassi, see ei pruugi võimalik olla, kuna Võru linnas on kahanev rahvastik ning elanike maksevõimekus ei pruugi võimaldada iga hoone renoveerimist.

Magistritöö pilootala piirkonna A – energiatõhususarvu klassi saavutamiseks valitakse strateegia A3.

4.3 Tulemuste hindamine ja järeldused

Käesoleva magistritöö esimene järeldus on, et mudeli kalibreerimiseks on olulised algandmed. Muidu ei ole võimalik ETA-t ja KEK-i omavahel vastavusse viia. Seetõttu leiti magistritöö raames hoonetele võimalikult täpsed sisendandmed. Selleks kontrolliti ja kohandati andmeid kuni ETA ja KEK olid üksteisele võimalikult lähedal. Selline protsess on väga aeganõudev, magistritöö raames oli see vajalik, kuid tulevikus strateegiaid luues tuleb seda protsessi kindlasti lihtsustada.

Magistritöö raames selgus, et lähteandmete osas on oluline teada ka õigeid konstruktsioone. Pilootalal asuvate hoonete projektides olid tihti kirjas vaid konstruktsiooni kandva osa materjal ning selle dimensioonid, kuid mitte detailseid kihte. Kui puitelamute info saadi eelkõige projektidest, siis tellis ja suurplokki korterelamute konstruktsioonide informatsioon võeti vastavalt tüpologia väärtusele, Elisa Ilste magistritööst [10]. Selgus, et kasutatud tüpologia pidas paika, selle andmete alusel arvutatud ETA ja KEK ühtisid. Näidates kui olulist rolli mängib tüpologia strateegiate tegemise protsessis. Ilma tüpologiata nõuab algandmete leidmine suurt ajaressurssi, mis ei ole ressursside puudumise tõttu suuremahulistes projektides võimalik.

Maksumuse arvesse võtmise teeb keeruliseks ehitus- ja energiahindade pidev muutumine. Ehitusturu osas on tegemist ka informatsiooniga, mida ehitusfirmad ei soovi konkurentsi tõttu avalikustada. Magistritöös arvutati osad maksumused tüüpse elamu kohta, leitud maksumused laiendati ülejäänud hoonetele pindalade kaudu. Korterelamute ning muinsuskaitseala hoonete ruutmeetri maksumused võeti oma-ala spetsialistide soovitusel ja nendega arutlemisel vastava väärtusega. Selline lähenemine ei anna kõige täpsemat tulemust, kuid siiski on võimalik saada mingigi indikatsioon strateegiate maksumusest.

Magistritöö raames teostati erinevad strateegiad piirkonna renoveerimise planeerimiseks. Eesmärk oli leida kombinatsioone, mida kasutades on võimalik jõuda soovitud energiatõhususarvu klassini.

Loodud hindamissüsteemi alusel on kõige parimad valitud strateegiad iga energiatõhususe klassi kohta järgnevad. Parim strateegia A-klassi saavutamiseks oli olukord, kus kõik pilootala hooned viidi A-klassi v.a. neli muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamut, mis viidi B-klassi. Antud strateegias oli eeldatav, piirkonna A-klassi ei saavutata ilma, et kõik piirkonna hooned oleksid A-klassis. Mõned väiksemad hooned saavad olla B-klassis, suurema pindalaga hoone katab erinevuse ära.

Parim strateegia B-klassi saavutamiseks oli olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on D-klassis. Muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamutest on kõik (v.a. üks renoveeritud hoone) A-klassis. Antud strateegia kinnitab eeldust, et suured korterelamud mõjutavad piirkonda rohkem. Ühe suure korterelamu mitte renoveerimise pärast, peavad kõik teised piirkonna hooned olema renoveeritud D-klassi, ühte korterelamut peab katma kõik piirkonna väiksemad korterelamud ja üksikelamud.

Parim strateegia C-klassi saavutamiseks oli olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned, kõik muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud jäeti algolukorda, muinsuskaitseala kaitsevööndi neli korterelamut viidi A-klassi ja kaks korterelamut jäeti algolukorda. Antud strateegia näitab kergelt ära kui suure mõjuga on piirkonnas suured korterelamud (pindala osakaalust ca 93%), vaid osade nende renoveerimisel on piirkonna energiatõhusus saavutatud, C-klassi saavutamise korral.

Magistritöö esimene hüpotees oli, et renoveerides suured tüüpkorterelamud piirkonna energiatõhususe eesmärgist energiatõhusamaks, võib muinsuskaitse all olevate ajalooliste hoonete välisilme jätta muutmata. Selline lähenemine on võimalik teatud soovitud energiatõhususeni. Üldiselt eeldab selline lähenemine korterelamute renoveerimist B või A – klassi.

Magistritöö teine hüpotees oli, et kui suurte hoonete renoveerimisel jätta energiatõhususe eesmärgid täitmata, jääb piirkonna kliimaneutraalsuse eesmärk saavutamata. Antud piirkonnas on korterelamute osakaal pindalast ca 93%, mis tähendab, et ükskõik mida sa korterelamutega teed mõjutab see piirkonda kõige rohkem, kas siis negatiivselt või positiivselt.

Magistritöö kolmas hüpotees oli, et energiatõhususe eesmärgi tagamiseks on vaja pingutada kõikidel hoonetüüpidel, aga suurematele hoonetele keskendudes on lõpptulemus kulutõhusam. Kui ainult panustada korterelamutele, siis hüpotees ei kehti, aga strateegias, kus on väikema osakaaluga hooneid ka renoveeritud mingil määral, kuid suuremad korterelamud on kõrgemates energaklassides, hüpotees kehtib.

5. KOKKUVÕTE

Euroopa komisjon on seadnud eesmärgi, mille saavutamiseks peab Eestis renoveerima ligi 141 000 hoonet 2050. aastaks. Selle eesmärgini jõudmiseks, peab aastane renoveerimismaht suurenema viiekordselt.

Targa linna tippkeskuse pilootprojekt Renoveerimisstrateegia tööriist (RESTO) käsitleb piirkonna renoveerimist. RESTO eesmärgiks on olla valmis ees ootava renoveerimislaine väljakutsetele. Suurt renoveerimismahtu lihtsustamiseks saab hoonete renoveerimisstrateegia teha üksiku hoone asemel valitud piirkonnale.

Magistritöö esimeseks eesmärgiks oli luua erinevad renoveerimisstrateegiad RESTO projekti pilootalal olevatele hoonetele. Magistritöö käigus loodi kolmele energiatõhususarvu klassile C, B, A strateegiad ning valiti nende seast igale klassile välja parim. A-klassi saavutamiseks parim strateegia oli olukord, kus kõik pilootala hooned viidi A-klassi v.a. neli muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamut, mis viidi B-klassi. Vastava strateegia maksumuseks tuli 12,7 miljonit eurot ning saavutas energiatõhususarvu 101 kWh/(m²a). B-klassi saavutamiseks parim strateegia oli olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on D-klassis. Muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamutest on kõik v.a. üks renoveeritud hoone A-klassis. Vastava strateegia maksumuseks tuli 10,3 miljonit eurot ning saavutas energiatõhususarvu 119 kWh/(m²a). C-klassi saavutamiseks parim strateegia oli olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned, kõik muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud jäeti algolukorda, muinsuskaitseala kaitsevööndi neli korterelamut viidi A-klassi ja kaks korterelamut jäeti algolukorda. Vastava strateegia maksumuseks tuli 9,1 miljonit eurot ning saavutas energiatõhususarvu 138 kWh/(m²a).

Magistritöö teiseks eesmärgiks oli püstitatud hüpoteeside paikapidavuse kontroll Võru RESTO pilootalal. Esimene hüpotees, et renoveerides suured tüüpkorterelamud piirkonna energiatõhususe eesmärgist energiatõhusamaks, võib muinsuskaitse all olevate ajalooliste hoonete välisilme jätta muutmata sai tõestatud. Hüpoteesi puhul tekkis ka lisaküsimus, et mis energiatõhususarvu klassi suured hooned tuleb renoveerida - vastuseks saadi A-klassi, et saavutada piirkonna energiatõhususarvu klassiks C-klass.

Teine hüpotees, et kui suurte hoonete renoveerimisel jätta energiatõhususe eesmärgid täitmata, siis jääb piirkonna kliimanetraalsuse eesmärk saavutamata, tõestati.

Pilootala pindalat suuremad viis korterelamu jäeti algolukorda ja ülejäänud hooned viidi A-klassi, kuid energiatõhususe eesmärki ei saavutatud.

Kolmas hüpotees, et energiatõhususe eesmärgi tagamiseks on vaja pingutada kõikidel hoonetüüpidel, aga suurematele hoonetele keskendudes on lõpptulemus kulutõhusam, tõestati. Strateegiaid võrreldes osutus kulutõhusamaks variant, kus kõiki hooneid renoveerides viia suured korterelamud paremasse energiatõhususklassi variandist, kus renoveeriti vaid suuremad korterelamud.

Strateegia loomisel tuleks lähteandmed võtta hoonete tüpoloogias lähtudes ajaressursi kokkuhoidmiseks. Renoveerides neli suurema pindalaga hoonet on võimalus saavutada soovitud energiatõhususarvu klass, seda saab hästi kasutada piirkondades, kus palju eramuid.

Tulevikus on võimalusi täpsemalt uurida energiadoonurluse võimalust Võru linnas, eesmärgiga säilitada sellega ajaloolist linnamiljööd.

6. SUMMARY

To achieve the European Commission's emissions goals, nearly 141 000 buildings in Estonia must be renovated by 2050. In order to reach this goal, the annual renovation volume must increase fivefold.

FinEst Centre for Smart Cities pilot project Renovation Strategy Tool (RESTO) deals with the renovation of an area. RESTO's goal is to be prepared for the challenges of the renovation wave ahead. A large renovation volume can be simplified if the renovation strategy of buildings is done to a selected area instead of an individual building.

The first objective of the master's thesis was to create different renovation strategies for buildings in the pilot area of the RESTO project. In the course of the master's thesis, strategies were created for the three classes C, B and A of the energy efficiency number and the best was selected for each class from among them.

The best strategy to achieve Class A was in the situation where all buildings in the pilot area have been moved to Class A except for four detached houses of the heritage conservation zone, which were transferred to Class B. The cost of this strategy was 12.7 million euros and achieved an energy efficiency figure of 101 kWh/(m²a).

The best strategy for achieving overall Class B was a situation where all the very valuable and valuable buildings of the National Heritage Area and the detached houses of the National Heritage Area protection zone are in Class D. Of the apartment buildings in the protection zone of the Heritage Conservation Area, all but one building could be renovated in Class A. The cost of this strategy was 10.3 million euros and achieved an energy efficiency figure of 119 kWh/(M²A).

The best strategy for achieving Class C was the situation where all the very valuable and valuable buildings of the heritage conservation area, all the detached houses of the Heritage Conservation Area protection zone were left in the original situation, four apartment buildings of the Heritage Protection Area protection zone were moved to Class A and two apartment buildings were left in the original situation. The cost of this strategy was 9.1 million euros and achieved an energy efficiency figure of 138 kWh/(m²a).

The second objective of the master's thesis was to verify the validity of hypotheses established in the pilot area of RESTO. The first hypothesis that by renovating large standard apartment buildings to be more energy efficient than the area's energy efficiency goal, the exterior of historic buildings under heritage protection can be left unchanged was proven. In the case of this hypothesis, an additional question arose - to

which energy efficiency class must large buildings need to be renovated to - in order to achieve a Class C in the area's energy efficiency rating, large buildings must achieve Class A ratings.

The second hypothesis, that if energy efficiency goals are not met with the renovation of large buildings, then the climate neutrality goal of the region will not be achieved, was proven. Five of the largest apartment buildings in the pilot area were left in their original condition and the remaining buildings were moved to Class A, yet the energy efficiency goal was not achieved.

The third hypothesis, that efforts are needed to ensure the energy efficiency goal for all building types, but focusing on larger buildings, the end result is more cost-effective, was proven. Comparing the strategies, the option proved to be more cost-effective, where, by renovating all buildings, large apartment buildings were moved to a better energy efficiency class than the option where only larger apartment buildings were renovated.

When creating a strategy, the typology should be considered in order to save time as a resource. By renovating 2-4 buildings with a larger area, the pilot area suggests it is possible to achieve the desired energy class, especially in more complex areas with numerous private houses.

In the future, the possibility of energy donation in the city of Võru could be further explored in order to preserve the historical town milieu.

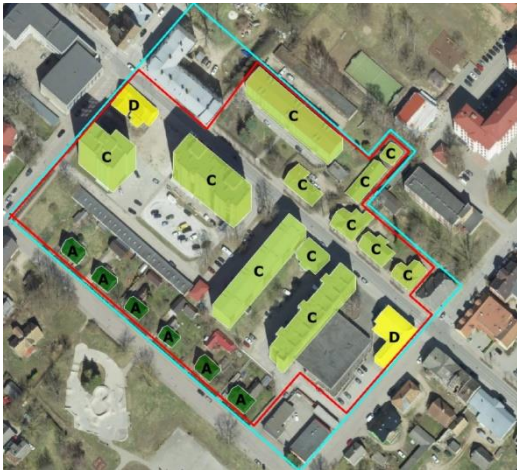
7. KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] European Commission ja Secretariat-General, „COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS The European Green Deal“, 2019.
- [2] European Parliament ja Council of the European Union, „Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC“, *Official Journal of the European Union*, kd L315/1, nr October, 2012.
- [3] Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, „Hoonete rekonstrueerimise pikaajaline strateegia“, 2020. Vaadatud: 6. veebruar 2023. [Online]. Available at: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ee_ltrs_2020.pdf
- [4] M. Aksoezen, M. Daniel, U. Hassler, ja N. Kohler, „Building age as an indicator for energy consumption“, *Energy Build*, kd 87, lk 74–86, jaan 2015, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2014.10.074.
- [5] M. K. Nematchoua, M. Sadeghi, ja S. Reiter, „Strategies and scenarios to reduce energy consumption and CO2 emission in the urban, rural and sustainable neighbourhoods“, *Sustain Cities Soc*, kd 72, 2021, doi: 10.1016/j.scs.2021.103053.
- [6] G. Guariso ja M. Sangiorgio, „Multi-objective planning of building stock renovation“, *Energy Policy*, kd 130, lk 101–110, 2019, doi: 10.1016/j.enpol.2019.03.053.
- [7] S. Paiho, J. Ketomäki, L. Kannari, T. Häkkinen, ja J. SHEMEIKKA, „A new procedure for assessing the energy-efficient refurbishment of buildings on district scale“, *Sustain Cities Soc*, kd 46, lk 101454, apr 2019, doi: 10.1016/J.SCS.2019.101454.
- [8] M. K. Nematchoua, A. Marie-Reine Nishimwe, ja S. Reiter, „Towards nearly zero-energy residential neighbourhoods in the European Union: A case study“, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, kd 135, lk 110198, jaan 2021, doi: 10.1016/J.RSER.2020.110198.
- [9] M. Martiskainen ja P. Kivimaa, „Creating innovative zero carbon homes in the United Kingdom — Intermediaries and champions in building projects“, *Environ Innov Soc Transit*, kd 26, lk 15–31, märts 2018, doi: 10.1016/J.EIST.2017.08.002.
- [10] E. Iliste, „Ehitisregistri andmete alusel elamupiirkonna energiatõhususe hindamise alused“, 2023.
- [11] P. Civiero, J. Pascual, J. A. Abella, A. B. Figuero, ja J. Salom, „Pedrera. Positive energy district renovation model for large scale actions“, *Energies (Basel)*, kd 14, nr 10, 2021, doi: 10.3390/en14102833.
- [12] E. Arumägi, „Renovation of Historic Wooden Apartment Buildings“.
- [13] J. Ascencio-Vásquez, K. Brecl, ja M. Topič, „Methodology of Köppen-Geiger-Photovoltaic climate classification and implications to worldwide mapping of PV system performance“, *Solar Energy*, kd 191, lk 672–685, okt 2019, doi: 10.1016/J.SOLENER.2019.08.072.
- [14] E. Latõšov, A. Volkova, A. Siirde, J. Kurnitski, ja M. Thalfeldt, „Primary energy factor for district heating networks in European Union member states“, *Energy Procedia*, kd 116, lk 69–77, juuni 2017, doi: 10.1016/J.EGYPRO.2017.05.056.
- [15] H. Lund, N. Duic, P. A. Østergaard, ja B. V. Mathiesen, „Smart energy systems and 4th generation district heating“, *Energy*, kd 110, lk 1–4, sept 2016, doi: 10.1016/J.ENERGY.2016.07.105.
- [16] D. M. Sneum ja E. Sandberg, „Economic incentives for flexible district heating in the nordic countries“, *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, kd 16, lk 27–44, juuni 2018, doi: 10.5278/ijsepm.2018.16.3.

- [17] A. Volkova, E. Latõšov, K. Lepiksaar, ja A. Siirde, „Planning of district heating regions in Estonia“, *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, kd 27, nr Special Is, lk 5–16, 2020, doi: 10.5278/ijsep.3490.
- [18] Kredex, „Rekonstrueerimistoetus 2022-2027“. <https://kredex.ee/et/kodudkorda> (vaadatud 6. veebruar 2023).
- [19] Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, „Energiatõhusus ja sisekliima“. <https://www.mkm.ee/ehitus-ja-elamumajandus/keskkonnasaastlikkus/energiatohusus-ja-sisekliima> (vaadatud 20. aprill 2023).
- [20] A. Needo, „Võru Vanalinna muinsuskaitseala inventeerimine“, 2011. Vaadatud: 6. aprill 2023. [Online]. Available at: <https://register.muinas.ee/ftp/MKA%20inventeerimine/Voru.invent.seletuskiri.pdf>
- [21] A. Veski, „*Puitehituse käsiraamat*“. Tartu Eesti Kirjastus, 1943.
- [22] AS KredEx, „Kraadpäevad“. <https://kredex.ee/et/energiatohusus-uuringud-ja-andmed/kraadpaevad> (vaadatud 2. veebruar 2023).
- [23] AS KredEx, „Korterelamute energiaauditite koostamise juhend“, Vaadatud: 15. aprill 2023. [Online]. Available at: <https://kredex.ee/sites/default/files/2019-03/Korterelamute%20energiaauditite%20koostamise%20juhend.pdf>
- [24] Riigiteataja, „Hoone energiatõhususe arvutamise meetoodika“. <https://www.riigiteataja.ee/akt/118012019012?leiaKehtiv> (vaadatud 6. veebruar 2023).
- [25] Riigiteataja, „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded“. <https://www.riigiteataja.ee/akt/113122018014?leiaKehtiv> (vaadatud 5. veebruar 2023).
- [26] Riigiteataja, „Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele“. Vaadatud: 12. aprill 2023. [Online]. Available at: <https://www.riigiteataja.ee/akt/106052015002?leiaKehtiv>
- [27] Tallinna Tehnikaülikool, „Eesti eluasemefondi puitkorterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga“, 2011.
- [28] Riigiteataja, „Korterelamute energiatõhususe toetuse tingimused“. <https://www.riigiteataja.ee/akt/108032023013> (vaadatud 5. aprill 2023).
- [29] G. Miller, „Korterelamute renoveerimismaksumuste dünaamika kredexi toetusprogrammi baasil“, 2021.
- [30] Statistikaamet, „Ehitushinnaindeks“. <https://www.stat.ee/et/avastatistikat/valdkonnad/rahandus/hinnad/ehitushinnaindeks> (vaadatud 12. aprill 2023).
- [31] Majandus- ja taristuministeerium, „Korterelamute energiatõhususe toetuse tingimused“, Vaadatud: 5. veebruar 2023. [Online]. Available at: https://kredex.ee/sites/default/files/2023-03/Seletuskiri%2027_0.pdf

LISAD

Lisa 1 - Strateegia C2



Pilt 4.3.1 Strateegia C2

Teise strateegiana on võetud olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud hooned on D-klassis, kõik muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on A-klassis ning ülejäänud hooned C-klassis.

Strateegia loodi, et näha kui palju peavad pilootala teised hooned (muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud) energiatõhusamad olema, kui ei ole võimalik muinsuskaitseala väga väärtuslikke hooned C-klassi renoveerida.

Strateegia järgi peab renoveerima 20 hoonet, kuhu jääb kaks väga väärtuslikku ning kuus väärtuslikku muinsuskaitseala hoonet. Pilootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuse 143 kWh/(m²a), energiatõhususarv vähenes 40 kWh/(m²a) võrra.

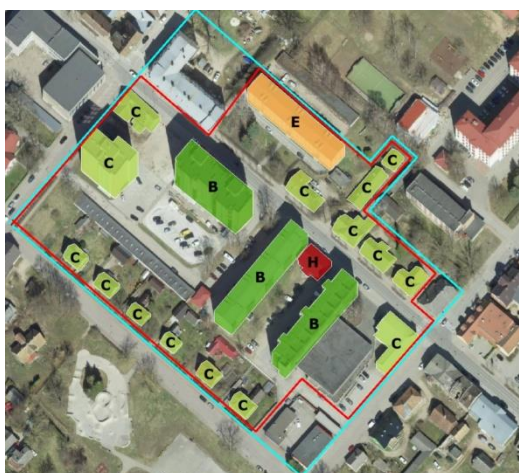
KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 9,3 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 4,9 miljonit eurot.

Tabel 4.3.1 Strateegia C2 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud netopindala	Renoveerimise m ² maksumus	Maksumus	KredEx toetus
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplakk	C-klass	15815.6	500	7.91	50
Korterelamu puit	C-klass	321.3	500	0.16	
Korterelamu väga väärtuslik	D-klass	838.1	500	0.42	
Korterelamu väärtuslik	C-klass	629.7	500	0.31	
Üksikelamu Kaitsevöönd	A-klass	803.9	388.4	0.31	
Üksikelamu väärtuslik	C-klass	564.3	387.6	0.22	
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				9,3	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				4,9	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,275	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0,070	

Pilootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heide kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heide kogus on 450,2 tCO₂/a, heide kogus vähenes 133,7 ühiku võrra.

Lisa 2 - Strateegia C3



Pilt 4.3.2 Strateegia C3

Kolmanda strateegiana on võetud olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned ning kõik muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on C-klassis ja kolm pindalalt suuremat korterelamut on B-klassis, kaks hoonet jäävad algolukorda.

Strateegia loodi, et näha kui vähe peab muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamuid renoveerima, kui ülejäänud hooned on C - klassis.

Strateegia järgi peab renoveerima 17 hoonet, kuhu jääb kaks väga väärtuslikku ning kuus väärtuslikku muinsuskaitseala hoonet. Pilootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuse 141 kWh/(m²a), energiatõhususarv vähenes 42 kWh/(m²a) võrra.

KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 7,7 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 4,1 miljonit eurot.

Tabel 4.3.2 Strateegia C3 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud netopindala	Renoveerimise m ² maksumus	Maksumus	KredEx toetus
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplokk	B-klass	10558,5	600	6,34	50
Korterelamu väga väärtuslik	C-klass	838,1	600	0,50	
Korterelamu väärtuslik	C-klass	629,7	600	0,38	
Üksikelamu Kaitsevöönd	C-klass	803,9	287,6	0,23	
Üksikelamu väärtuslik	C-klass	564,3	387,6	0,22	
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				7,7	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				4,1	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,213	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0,105	

Pilootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heite kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heite kogus on 510,9 tCO₂/a, heite kogus vähenes 73 ühiku võrra.

Lisa 3 - Strateegia C4



Pilt 4.3.3 Strateegia C4

Neljanda strateegiana on võetud olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned ning kõik muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelaamud on jäetud algolukorda ja muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamud on B-klassis.

Strateegia loodi, et näha kas on võimalik saavutada piirkondlikult soovitud energiaklass kui jätta muinsuskaitseala hooned ja muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelaamud algolukorda ja renoveerida vaid

muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamud.

Strateegia järgi peab renoveerima kuus korterelamut, mis kõik jäävad muinsuskaitseala kaitsevööndisse. Pilootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuse 143 kWh/(m²a), energiatõhususarv vähenes 40 kWh/(m²a) võrra.

KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 9,7 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 4,8 miljonit eurot.

Tabel 4.3.3 Strateegia C4 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud netopindala	Renoveerimise m ² maksumus	Maksumus	KredEx toetus
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplokk	B-klass	15815,6	600	9,49	50
Korterelamu puit	B-klass	321,3	600	0,19	
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				9,7	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				4,8	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,285	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0,081	

Pilootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heide kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heide kogus on 464,1 tCO₂/a, heide kogus vähenes 119,8 ühiku võrra.

Lisa 4 - Strateegia C5



Pilt 4.3.4 Strateegia C5

Viienda strateegiana on võetud olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned, kõik muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on jäetud algolukorda, muinsuskaitseala kaitsevööndi neli korterelamut on A-klassis ja kaks on jäetud algolukorda.

Strateegia loodi, et näha kas on võimalik saavutada piirkondlikult soovitud energiaklass kui jätta muinsuskaitseala hooned, muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud ja

kaks korterelamut algolukorda ning renoveerida vaid muinsuskaitseala kaitsevööndi nelja korterelamut.

Strateegia järgi peab renoveerima nelja korterelamut, mis kõik jäävad muinsuskaitseala kaitsevööndisse. Pilootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuseks 138 kWh/(m²a), energiatõhususarv vähenes 45 kWh/(m²a) võrra.

KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 9,1 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 4,6 miljonit eurot.

Tabel 4.3.4 Strateegia C5 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud netopindala	Renoveerimise m ² maksumus	Maksumus	KredEx toetus
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplokk	A-klass	13064,4	700	9,15	50
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				9,1	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				4,6	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,234	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0,070	

Pilootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heite kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heite kogus on 453,4 tCO₂/a, heite kogus vähenes 130,5 ühiku võrra.

Lisa 5 - Strateegia C6



Pilt 4.3.5 Strateegia C6

Kuuenda strateegiana on võetud olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned on E-klassis v.a väärtuslikest hoonetest pindalat kõige suurem on võetud D-klassi. Muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelanud on C-klassis ning muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamutest on kõik välja arvatud üks renoveeritud hoone B-klassis.

Strateegia loodi, et näha kui palju peab renoveerima muinsuskaitseala hooneid ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelanuid, et saavutada piirkondlikku soovitud energiatõhusust, kui ei renoveerita üht suuremat muinsuskaitseala kaitsevööndi renoveeritud korterelamut.

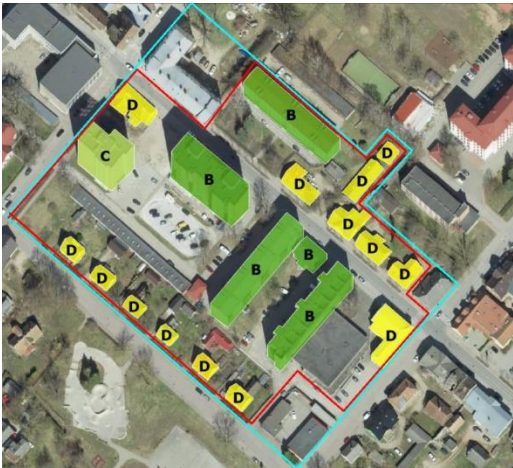
Strateegia järgi peab renoveerima 18 hoonet, kuhu jääb üks väga väärtuslikku ja kuus väärtuslikku muinsuskaitseala hoonet ning kuus muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelanud ja viis korterelamut. Pilootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuseks 134 kWh/(m²a), energiatõhususarv vähenes 49 kWh/(m²a) võrra. KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 8,7 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 4,5 miljonit eurot.

Tabel 4.3.5 Strateegia C6 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud	Renoveerimise m ²	Maksumus	KredEx
		netopindala	maksumus		
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplokk	B-klass	13064,4	600	7,84	50
Korterelamu puit	B-klass	321,3	600	0,19	
Korterelamu väga väärtuslik	E-klass	238,5	400	0,10	
Korterelamu väärtuslik	E-klass	629,7	400	0,25	
Üksikelanud Kaitsevöönd	C-klass	803,9	287,6	0,23	
Üksikelanud väärtuslik	E-klass	300,4	160	0,05	
Üksikelanud väärtuslik	D-klass	263,9	228	0,06	
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				8,7	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				4,5	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,203	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0,070	

Pilootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heite kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heite kogus on 459,1 tCO₂/a, heite kogus vähenes 124,7 ühiku võrra.

Lisa 6 - Strateegia C7



Pilt 4.3.6 Strateegia C7

Seitsmenda strateegiana on võetud olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on D-klassis.

Muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamutest on kõik välja arvatud üks renoveeritud hoone B-klassis.

Strateegia loodi, et näha kui palju peab renoveerima muinsuskaitseala hooned ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikselamuid, et saavutada piirkondlikku soovitud

energiatõhusus, kui ei renoveerita üht suuremat muinsuskaitseala kaitsevööndi renoveeritud korterelamut.

Strateegia järgi peab renoveerima 19 hoonet, kaks väga väärtuslikku ja kuus väärtuslikku muinsuskaitseala hoonet ning kuus muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikselamut ja viis korterelamut. Pilototala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuseks 132 kWh/(m²a), energiatõhususarv väheneb 51 kWh/(m²a) võrra.

KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 9,0 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 4,6 miljonit eurot.

Tabel 4.3.6 Strateegia C7 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud netopindala	Renoveerimise m ² maksumus	Maksumus	KredEx toetus
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplokk	B-klass	13064,4	600	7,84	50
Korterelamu puit	B-klass	321,3	600	0,19	
Korterelamu väga väärtuslik	D-klass	838,1	500	0,42	
Korterelamu väärtuslik	D-klass	629,7	500	0,31	
Üksikselamud Kaitsevöönd	D-klass	803,9	128	0,10	
Üksikselamud väärtuslik	D-klass	564,3	228	0,13	
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				9,0	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				4,6	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,200	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0.071	

Pilootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heite kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heite kogus on 457,9 tCO₂/a, heite kogus vähenes 137 ühiku võrra.

Lisa 7 - Strateegia C8



Pilt 4.3.7 Strateegia C8

Kaheksanda strateegiana on võetud olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on jäetud algolukorda, muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamutest viis suuremat on A-klassis ja ülejäänud korterelamud on algolukorras.

Strateegia loodi, et näha kas ainult suuremat viit muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamut renoveerides saavutatakse soovitud piirkondlik energiatõhusus.

Strateegia järgi peab renoveerima viis hoonet, muinsuskaitseala kaitsevööndi pindalalt viis suuremat korterelamut.

Pilootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuseks 131 kWh/(m²a), energiatõhususarv vähenes 52 kWh/(m²a) võrra.

KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 11,1 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 5,5 miljonit eurot.

Tabel 4.3.7 Strateegia C8 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud netopindala	Renoveerimise m ² maksumus	Maksumus	KredEx toetus
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplokk	A-klass	15815,6	700	11,07	50
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				11,1	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				5,5	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,241	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0,081	

Pilootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heite kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heite kogus on 446,8 tCO₂/a, heite kogus vähenes 137,1 ühiku võrra.

Lisa 8 - Strateegia C9



Pilt 4.3.8 Strateegia C9

Üheksanda strateegiana on võetud olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on jäetud algolukorda. Muinsuskaitseala kaitsevööndi kõik korterelamutest on A-klassis.

Strateegia loodi, et näha kas ainult muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamuid renoveerides saavutatakse soovitud piirkondlik energiatõhusus.

Strateegia järgi peab renoveerima kuute muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamut. Pilootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuseks 127 kWh/(m²a), energiatõhususarv vähenes 56 kWh/(m²a) võrra.

KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 11,3 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 5,6 miljonit eurot.

Tabel 4.3.8 Strateegia C9 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud netopindala	Renoveerimise m ² maksumus	Maksumus	KredEx toetus
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplokk	A-klass	15815,6	700	11,07	50
Korterelamu puit	A-klass	321,3	700	0,22	
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				11,3	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				5,6	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,226	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0,083	

Pilootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heide kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heide kogus on 447,6 tCO₂/a, heide kogus vähenes 136,3 ühiku võrra.

Lisa 9 - Strateegia C10



Pilt 4.3.9 Strateegia C10

Kümnenda strateegiana on võetud olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned ning kõik muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on A-klassis ja neli korterelamut on B-klassis ja kaks on jäetud algolukorda.

Strateegia loodi, et näha kui vähe peab muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamuid renoveerima, kui ülejäänud hooned on A – klassis.

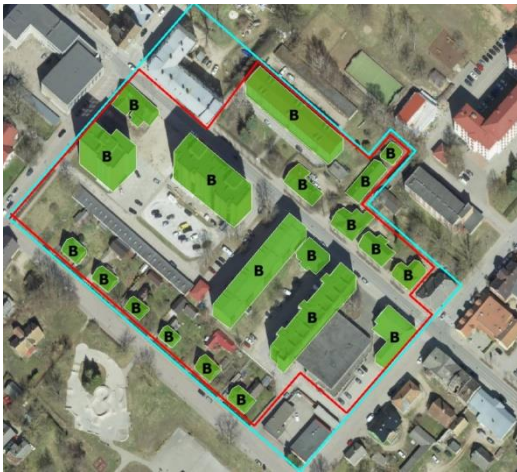
Strateegia järgi peab renoveerima 18 hoonet, kuhu jääb kaks väga väärtuslikku ja kuus väärtuslikku muinsuskaitseala hoonet ning kuus kaitsevööndi üksikelamut ja neli korterelamut. Pilootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuse 125 kWh/(m²a), energiatõhususarv vähenes 58 kWh/(m²a) võrra. KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 9,5 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 5,1 miljonit eurot.

Tabel 4.3.9 Strateegia C10 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud	Renoveerimise m ²	Maksumus	KredEx
		netopindala	maksumus		
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplokk	B-klass	13064,4	600	7,84	50
Korterelamu väga väärtuslik	A-klass	838,1	700	0,59	
Korterelamu väärtuslik	A-klass	629,7	800	0,50	
Üksikelamu Kaitsevöönd	A-klass	803,9	388,4	0,31	
Üksikelamu väärtuslik	A-klass	564,3	488,4	0,28	
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				9,5	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				5,1	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,183	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0,062	

Kitsendatud pilootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heite kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heite kogus on 429,9 tCO₂/a, heite kogus vähenes 154 ühiku võrra.

Lisa 10 - Strateegia B1



Pilt 4.3.10 Strateegia B1

Esimese strateegiana on võetud olukord, kus kõik kitsendatud pilootala hooned on viidud B-klassi.

Strateegia loodi selleks, et näidata olukorda, kus kõik kitsendatud pilootala hooned renoveeritakse B-klassi.

Strateegia järgi peab renoveerima 20 hoonet, kus on kaks väga väärtuslikku ning kuus väärtuslikku muinsuskaitseala hoonet.

Pilootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuse 120 kWh/(m²a), energiatõhususarv vähenes 63 kWh/(m²a) võrra.

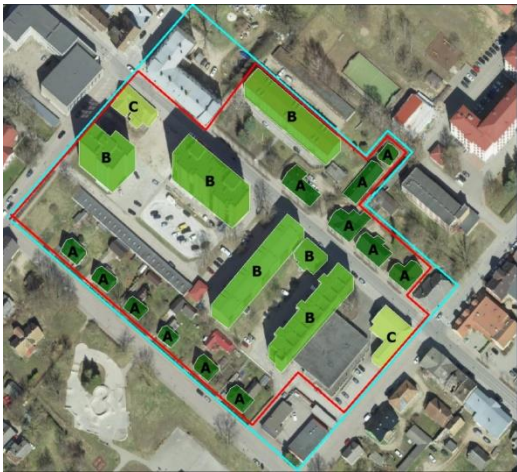
KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 11,2 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 5,9 miljonit eurot.

Tabel 4.3.10 Strateegia B1 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud netopindala	Renoveerimise m ² maksumus	Maksumus	KredEx toetus
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplokk	B-klass	15815,6	600	9,49	50
Korterelamu puit	B-klass	321,3	600	0,19	
Korterelamu väga väärtuslik	B-klass	838,1	700	0,59	
Korterelamu väärtuslik	B-klass	629,7	700	0,44	
Üksikelamu Kaitsevöönd	B-klass	803,9	346,4	0,28	
Üksikelamu väärtuslik	B-klass	564,3	446,4	0,25	
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				11,2	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				5,9	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,197	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0,073	

Pilootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heite kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heite kogus on 430 tCO₂/a, heite kogus vähenes 153,9 ühiku võrra.

Lisa 11 - Strateegia B2



Pilt 4.3.11 Strateegia B2

Teise strateegiana on võetud olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud hooned on C-klassis, kõik muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelaamud ja muinsuskaitseala väärtuslikud hooned on A-klassis ja muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamud on B-klassis.

Strateegia loodi, et näha kui palju peavad pilootala teised hooned energiatõhusamad olema, kui ei ole võimalik muinsuskaitseala väga väärtuslikke hooneid kõrgemale kui C-klassi renoveerida.

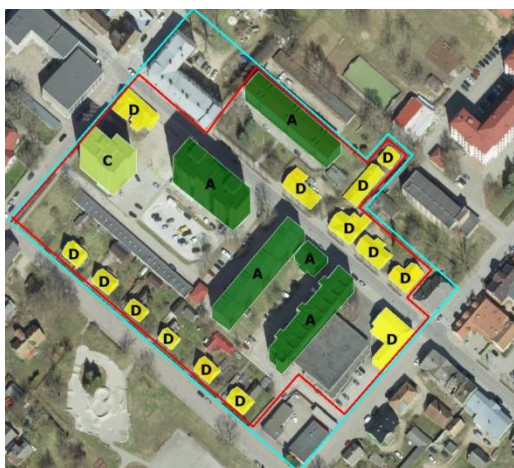
Strateegia järgi peab renoveerima 20 hoonet, kus on kaks väga väärtuslikku ning kuus väärtuslikku muinsuskaitseala hoonet, muinsuskaitseala kaitsevööndi kuus üksikelaamut ja kuus korterelamut. Pilootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuse 119 kWh/(m²a), energiatõhususarv väheneb 64 kWh/(m²a) võrra. KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 11,3 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 5,9 miljonit eurot.

Tabel 4.3.11 Strateegia B2 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud netopindala	Renoveerimise m ² maksumus	Maksumus	KredEx toetus
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplokk	B-klass	15815,6	600	9,49	50
Korterelamu puit	B-klass	321,3	600	0,19	
Korterelamu väga väärtuslik	C-klass	838,1	600	0,50	
Korterelamu väärtuslik	A-klass	629,7	800	0,50	
Üksikelaamu Kaitsevöönd	A-klass	803,9	388,4	0,31	
Üksikelaamu väärtuslik	A-klass	564,3	488,4	0,28	
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				11,3	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				5,9	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,194	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0,073	

Pilootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heite kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heite kogus on 429,7 tCO₂/a, heite kogus väheneb 154,7 ühiku võrra.

Lisa 12 - Strateegia B3



Pilt 4.3.12 Strateegia B3

Kolmanda strateegiana on võetud olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on D-klassis.

Muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamutest on kõik välja arvatud üks renoveeritud hoone A-klassis. Strateegia loodi, et näha kui palju peab renoveerima muinsuskaitseala hooned ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikselamuid, et saavutada piirkondlikku soovitud energiatõhusust, kui ei renoveerita üht

suuremat muinsuskaitseala kaitsevööndi renoveeritud korterelamut.

Strateegia järgi peab renoveerima 19 hoonet, kus on kaks väga väärtuslikku ja kuus väärtuslikku muinsuskaitseala hoonet ning kuus muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikselamut ja viis korterelamut. Pilootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuseks 119 kWh/(m²a), energiatõhususarv vähenes 64 kWh/(m²a) võrra. KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 10,3 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 5,3 miljonit eurot.

Tabel 4.3.12 Strateegia B3 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud netopindala	Renoveerimise m ² maksumus	Maksumus	KredEx toetus
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplakk	A-klass	13064,4	700	9,15	50
Korterelamu puit	A-klass	321,3	700	0,22	
Korterelamu väga väärtuslik	D-klass	838,1	500	0,42	
Korterelamu väärtuslik	D-klass	629,7	500	0,31	
Üksikselamut Kaitsevöönd	D-klass	803,9	128	0,10	
Üksikselamut väärtuslik	D-klass	564,3	228	0,13	
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				10,3	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				5,3	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,178	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0,074	

Pilootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heide kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heide kogus on 444,3 tCO₂/a, heide kogus vähenes 139,6 ühiku võrra.

Lisa 13 - Strateegia B4



Pilt 4.3.13 Strateegia B4

Neljanda strateegiana on võetud olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned on jäetud algolukorda v.a väga väärtuslikest hoonetest energiatõhususelt halvem hoone on võetud E-klassi. Muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud ja korterelamud on A-klassi.

Strateegia loodi, et näha kui palju peab renoveerima muinsuskaitseala kaitsevööndi hooned, et saavutada piirkondlikku soovitud energiatõhusust, kui minimaalselt renoveerida

muinsuskaitseala hooned.

Strateegia järgi peab renoveerima 13 hoonet, kuhu jääb üks väga väärtuslik muinsuskaitseala hoone ning kuus muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamut ja kuus korterelamut. Plootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuseks 119kWh/(m²a), energiatõhususarv vähenes 64 kWh/(m²a) võrra. KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 11,8 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 6,1 miljonit eurot.

Tabel 4.3.13 Strateegia B4 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud netopindala	Renoveerimise m ² maksumus	Maksumus	KredEx toetus
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplokk	A-klass	15815,6	700	11,07	50
Korterelamu puit	A-klass	321,3	700	0,22	
Korterelamu väga väärtuslik	E-klass	599,6	400	0,24	
Üksikelamu Kaitsevöönd	A-klass	803,9	388,4	0,31	
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				11,8	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				6,1	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,204	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0,088	

Plootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heite kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heite kogus on 449,1 tCO₂/a, heite kogus vähenes 134,8 ühiku võrra.

Lisa 14 - Strateegia B5



Pilt 4.3.14 Strateegia B5

Viienda strateegiana on võetud olukord, kus kõik muinsuskaitseala väga väärtuslikud ja väärtuslikud hooned on võetud B-klassi ning muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud ja kaks korterelamut on jäetud algolukorda, ülejäänud korterelamud on A-klassis.

Strateegia loodi, et näha kui palju peab renoveerima muinsuskaitseala ja muinsuskaitseala kaitsevööndi hooneid, et saavutada piirkondlikku soovitud energiatõhusust, kui jätta muinsuskaitseala

kaitsevööndi kaks korterelamut ja kõik üksikelamud algolukorda.

Strateegia järgi peab renoveerima 12 hoonet, kuhu jäävad kõik kaheksa muinsuskaitseala hoonet ning neli muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamut.

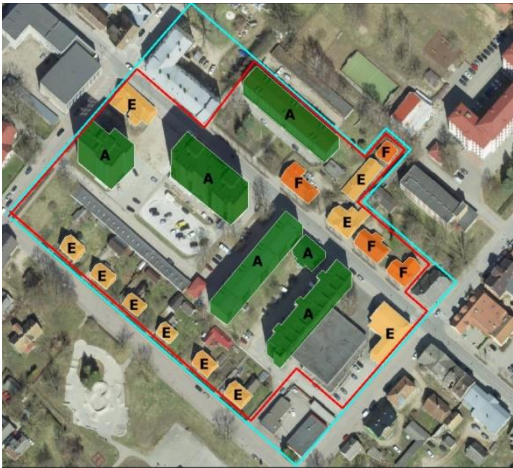
Pilootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuseks 119kWh/(m²a), energiatõhususarv väheneb 64 kWh/(m²a) võrra. KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 10,4 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 5,3 miljonit eurot.

Tabel 4.3.14 Strateegia B5 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud	Renoveerimise m ²	Maksumus	KredEx
		netopindala	maksumus		
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplokk	A-klass	13064,4	700	9,15	50
Korterelamu väga väärtuslik	B-klass	838,1	700	0,59	
Korterelamu väärtuslik	B-klass	629,7	700	0,44	
Üksikelamu väärtuslik	B-klass	564,3	446,4	0,25	
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				10,4	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				5,3	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,180	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0,101	

Pilootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heite kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heite kogus on 480,9 tCO₂/a, heite kogus väheneb 103,0 ühiku võrra.

Lisa 15 - Strateegia B6



Pilt 4.3.15 Strateegia B6

Kuuenda strateegiana on võetud olukord, kus muinsuskaitseala hoonetest üks väga väärtuslik ja üks väärtuslik hoone on võetud E-klassi, ülejäänud algolukorras ning muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamud on A-klassis, muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamud on algolukorras.

Strateegia loodi, et näha kui palju peab renoveerima muinsuskaitseala ja muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamuid, et saavutada piirkondlikku soovitud

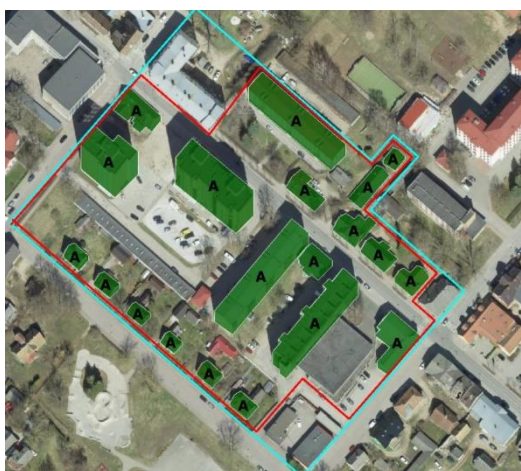
energiatõhusust, kui jätta muinsuskaitseala kaitsevööndi kõik üksikelamud algolukorda. Strateegia järgi peab renoveerima kaheksa hoonet, kuhu jäävad muinsuskaitseala väga väärtuslik ja väärtuslik hoone ning kuus muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamut. Plootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuseks 120 kWh/(m²a), energiatõhususarv vähenes 63 kWh/(m²a) võrra. KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 11,3 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 5,6 miljonit eurot.

Tabel 4.3.15 Strateegia B6 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud netopindala	Renoveerimise m ² maksumus	Maksumus	KredEx toetus
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplokk	A-klass	15815,6	700	11,07	50
Korterelamu väga väärtuslik	E-klass	283,5	400	0,11	
Korterelamu väärtuslik	E-klass	183,5	400	0,07	
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				11,3	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				5,6	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,198	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0,083	

Plootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heide kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heide kogus on 447,6 tCO₂/a, heide kogus vähenes 136,3 ühiku võrra.

Lisa 16 - Strateegia A1



Tabel 4.3.16 Strateegia A1

Esimese strateegiana on võetud olukord, kus kõik kitsendatud pilootala hooned on viidud A-klassi.

Strateegia loodi, et näidata olukorda, kus kõik kitsendatud pilootala hooned renoveeritakse A-klassi.

Strateegia järgi peab renoveerima 20 hoonet, kuhu jääb kaks väga väärtuslikku ja kuus väärtuslikku muinsuskaitseala hoonet ning kuus muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamut ja kuus üksikelamut.

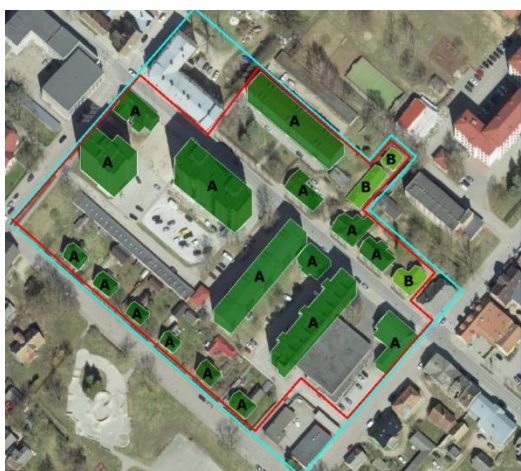
Pilootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuse 101 kWh/(m²a), energiatõhususarv vähenes 82 kWh/(m²a) võrra. KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 13,1 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 6,8 miljonit eurot.

Tabel 4.3.17 Strateegia A1 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud netopindala	Renoveerimise m ² maksumus	Maksumus	KredEx toetus
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplokk	A-klass	15815,6	700	11,07	50
Korterelamu puit	A-klass	321,3	700	0,22	
Korterelamu väga väärtuslik	A-klass	838,1	800	0,67	
Korterelamu väärtuslik	A-klass	629,7	800	0,50	
Üksikelamu Kaitsevöönd	A-klass	803,9	388,4	0,31	
Üksikelamu väärtuslik	A-klass	564,3	488,4	0,28	
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				13,1	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				6,8	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,172	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0,075	

Pilootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heide kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heide kogus on 410,7 tCO₂/a, heide kogus vähenes 173,2 ühiku võrra.

Lisa 17 - Strateegia A2



Pilt 4.3.16 Strateegia A2

Teise strateegiana on võetud olukord, kus kõik kitsendatud pilootala hooned on viidud A-klassi v.a. kolm muinsuskaitseala väärtusliku klassi alla kuuluvat hoonet, mis on B-klassis.

Strateegia loodi, et näha kas on võimalik soovitud energiatõhususe klassi saavutada ka siis, kui mõned väärtuslikud muinsuskaitseala hooned on madalamates klassides.

Strateegia järgi peab renoveerima 20 hoonet, kuhu jääb kaks väga väärtuslikku ja kuus väärtuslikku muinsuskaitseala hoonet ning kuus

muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamut ja kuus üksikelamut.

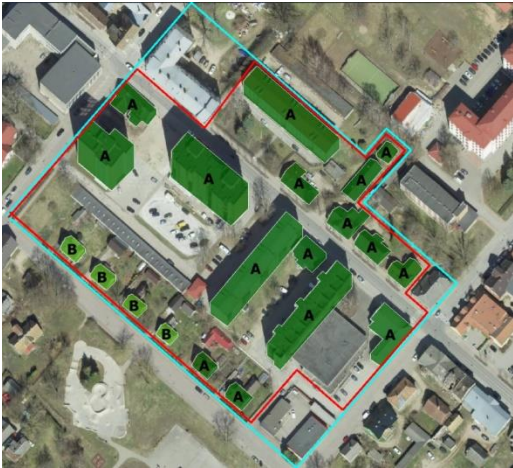
Pilootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuse 101 kWh/(m²a), energiatõhususarv vähenes 82 kWh/(m²a) võrra. KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 13,0 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 6,8 miljonit eurot.

Tabel 4.3.18 Strateegia A2 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud netopindala	Renoveerimise m ² maksumus	Maksumus	KredEx toetus
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplokk	A-klass	15815,6	700	11,07	50
Korterelamu puit	A-klass	321,3	700	0,22	
Korterelamu väga väärtuslik	A-klass	838,1	800	0,67	
Korterelamu väärtuslik	A-klass	221,7	800	0,18	
Korterelamu väärtuslik	B-klass	408	700	0,29	
Üksikelamu Kaitsevöönd	A-klass	803,9	388,4	0,31	
Üksikelamu väärtuslik	A-klass	517,3	488,4	0,25	
Üksikelamu väärtuslik	B-klass	47,0	446,4	0,02	
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				13,0	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				6,8	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0,171	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0,075	

Pilootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heite kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heite kogus on 411,1 tCO₂/a, heite kogus vähenes 172,8 ühiku võrra.

Lisa 18 - Strateegia A3



Pilt 4.3.17 Strateegia A3

Teise strateegiana on võetud olukord, kus kõik kitsendatud pilootala hooned on viidud A-klassi v.a. neli muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamut, mis on B-klassis.

Strateegia loodi, et näha kas on võimalik soovitud energiatõhususe klassi saavutada ka siis, kui muinsuskaitseala kaitsevööndi üksikelamut on madalamates klassides.

Strateegia järgi peab renoveerima 20 hoonet, kus on kaks väga väärtuslikku ja kuus väärtuslikku muinsuskaitseala hoonet ning kuus

muinsuskaitseala kaitsevööndi korterelamut ja kuus üksikelamut.

Pilootala algolukorra piirkondlik energiatõhususarv on 183 kWh/(m²a) ning antud strateegia annab tulemuse 101 kWh/(m²a), energiatõhususarv vähenes 82 kWh/(m²a) võrra. KredExi rekonstrueerimistoetuse määr korterelamute rekonstrueerimisel on Võrus 50%. Strateegia maksumuses on 12,7 miljonit eurot, kuid koos KredEx rekonstrueerimistoetusega 6,6 miljonit eurot.

Tabel 4.3.19 Strateegia A3 maksumus ja CO₂ heide

Hoone tüüp	Energiaklass	Suletud netopindala	Renoveerimise m ² maksumus	Maksumus	KredEx toetus
		m ²	€/m ²	€, mln	%
Korterelamu tellis / suurplokk	A-klass	15815.6	700	11.07	50
Korterelamu puit	A-klass	321.3	700	0.22	
Korterelamu väga väärtuslik	A-klass	838.1	800	0.67	
Korterelamu väärtuslik	A-klass	221.7	800	0.18	
Üksikelamu Kaitsevöönd	A-klass	281.2	388.4	0.11	
Üksikelamu Kaitsevöönd	B-klass	522.7	346.4	0.18	
Üksikelamu väärtuslik	A-klass	517.3	488.4	0.25	
Strateegia maksumus ilma toetuseta, €, mln:				12.7	
Strateegia maksumus toetusega, €, mln:				6.6	
Energiatõhususe paranemise maksumus €, mln:				0.167	
CO ₂ säästu maksumus €, mln:				0.073	

Pilootala algolukorra piirkondlikust energiakasutusest tulenev CO₂ heite kogus oli 583,9 tCO₂/a, strateegia CO₂ heite kogus on 411,1 tCO₂/a, heite kogus vähenes 172,8 ühiku võrra.

Lisa 19 – Hoonete geomeetria kättesaadavus

Hoonete geomeetria kättesaadavus																				
	Vee tn 3		Vee tn 5		Vee tn 7		Vee tn 9		Vee tn 11		Vee tn 13		Kreutzwaldi tn 17		Kreutzwaldi tn 18		Kreutzwaldi tn 19		Kreutzwaldi tn 21	
	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus
Pindalad																				
Põrand pinnasel	x		x		x		x		x		x		x	x		x		x		
Kütmata keldri vahelagi	x												x							
Välisseinte pindala (ilma avatäideteta)	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x	
Aknad	x		x		x		x		x		x		x	x				x	x	
Uksed	x		x		x		x		x		x		x	x				x	x	
Pööningu vahelagi	x				x		x		x		x		x	x				x	x	
Katuslagi	x		x		x		x		x		x		x					x	x	
Katus	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x	
Külmasildade pikkused																				
Põrand pinnasel – Välissein	x		x		x		x		x		x		x	x		x		x		
Kütmata keldri vahelagi – Välissein	x												x							
Välissein – Välissein	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x	
Sisesein – Välissein	x		x		x		x		x		x		x		x		x		x	
Aken - Välissein	x		x		x		x		x		x		x	x				x	x	
Välisuks – Välissein	x		x		x		x		x		x		x	x				x	x	
Pööningu vahelagi – Välissein	x				x		x		x		x		x	x				x	x	
Katuslagi – Välissein	x		x		x		x		x		x		x					x	x	

Hoonete geomeetria kättesaadavus																				
	Kreutzwaldi tn 21a		Kreutzwaldi tn 21b		Kreutzwaldi tn 22		Kreutzwaldi tn 23		Kreutzwaldi tn 25		Kreutzwaldi tn 26		Kreutzwaldi tn 28		Kreutzwaldi tn 30		Kreutzwaldi tn 34		Tartu tn 45	
	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus	Projekt	Oletus
Pindalad																				
Põrand pinnasel		x		x	x		x		x		x	x		x		x		x		
Kütmata keldri vahelagi							x					x			x				x	
Välisseinte pindala (ilma avatäideteta)		x		x	x		x		x		x	x		x		x		x	x	
Aknad		x		x	x		x	x		x	x		x		x		x		x	
Uksed		x		x	x		x	x		x	x		x		x		x		x	
Pööningu vahelagi		x		x					x		x		x		x		x		x	
Katuslagi					x		x		x				x		x				x	
Katus		x		x	x		x		x		x	x							x	
Külmasildade pikkused																				
Põrand pinnasel – Välissein		x		x	x		x		x		x	x		x		x		x		
Kütmata keldri vahelagi – Välissein							x							x					x	
Välissein – Välissein		x		x	x		x		x		x	x		x		x		x	x	
Sisesein – Välissein		x		x		x	x		x		x	x		x		x		x	x	
Aken - Välissein		x		x	x		x	x		x	x		x		x		x		x	
Välisuks – Välissein		x		x	x				x		x		x		x		x		x	
Pööningu vahelagi – Välissein		x		x					x		x		x		x		x		x	
Katuslagi – Välissein					x		x		x				x		x				x	

Lisa 20 – Pilootala kütte tarbimisandmed

Hoone aadress	Küte					
	kWh/a			kWh/(m2*a)		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
F. R. Kreutzwaldi tn 17	175385	169036	200774	89	85	101
F. R. Kreutzwaldi tn 18	79430	79430	79430	333	333	333
F. R. Kreutzwaldi tn 19	18590	18590	18590	84	84	84
F. R. Kreutzwaldi tn 21	121020	101796	107944	459	386	409
F. R. Kreutzwaldi tn 21a	73515	73515	73515	401	401	401
F. R. Kreutzwaldi tn 21b	7605	7605	7605	162	162	162
F. R. Kreutzwaldi tn 22	297752	313936	381689	69	72	88
F. R. Kreutzwaldi tn 23	12675	12675	12675	64	64	64
F.R. Kreuzwaldi 25	19435	19435	19435	104	104	104
Kreutzwaldi tn 26	250033	242786	287311	77	75	89
F. R. Kreutzwaldi tn 28	20990	16610	21602	65	52	67
F. R. Kreutzwaldi tn 30	256746	234500	307398	86	79	103
F. R. Kreutzwaldi tn 34	54335	46860	52761	91	78	88
Tartu tn 45	77441	77441	77441	28	28	28
Vee tn 3	16900	16900	16900	146	146	146
Vee tn 5	10140	10140	10140	88	88	88
Vee tn 7	9295	9295	9295	96	96	96
Vee tn 9	8450	8450	8450	86	86	86
Vee tn 11	7605	7605	7605	61	61	61
Vee tn 13	10140	10140	10140	80	80	80

Lisa 21 – Pilootala sooja tarbevee tarbimisedmed

Hoone aadress	Soe tarbevesi					
	kWh/a			kWh/(m ² *a)		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
F. R. Kreutzwaldi tn 17	28168	32613	30057	14	16	15
F. R. Kreutzwaldi tn 18	14310	14310	14310	60	60	60
F. R. Kreutzwaldi tn 19	5117	4652	6652	23	21	30
F. R. Kreutzwaldi tn 21	11118	12049	12328	42	46	47
F. R. Kreutzwaldi tn 21a	9175	9175	9175	50	50	50
F. R. Kreutzwaldi tn 21b	2820	2820	2820	60	60	60
F. R. Kreutzwaldi tn 22	40624	45345	48765	9	10	11
F. R. Kreutzwaldi tn 23	791	930	744	4	5	4
F.R. Kreuzwaldi 25	11244	11244	11244	60	60	60
Kreutzwaldi tn 26	34876	34860	31099	11	11	10
F. R. Kreutzwaldi tn 28	19278	19278	19278	60	60	60
F. R. Kreutzwaldi tn 30	62603	62603	62603	21	21	21
F. R. Kreutzwaldi tn 34	1498	4233	4931	2	7	8
Tartu tn 45	40000	40000	40000	15	15	15
Vee tn 3	2838	3256	3582	25	28	31
Vee tn 5	1489	1489	1489	13	13	13
Vee tn 7	3722	4140	4094	39	43	42
Vee tn 9	5892	5892	5892	60	60	60
Vee tn 11	1582	1535	1582	13	12	13
Vee tn 13	2373	3070	2745	19	24	22

Lisa 22 – Pilootala elektri tarbimisandmed

Hoone aadress	Elekter					
	kWh/a			kwh/(m2*a)		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
F. R. Kreuzwaldi tn 17	132344	140320	134810	67	71	68
F. R. Kreuzwaldi tn 18	14508	14508	14508	61	61	61
F. R. Kreuzwaldi tn 19	25104	25338	28508	113	114	129
F. R. Kreuzwaldi tn 21	121020	101796	107944	459	386	409
F. R. Kreuzwaldi tn 21a	20002	20002	20002	109	109	109
F. R. Kreuzwaldi tn 21b	5434	5434	5434	116	116	116
F. R. Kreuzwaldi tn 22	377244	395034	403706	87	91	93
F. R. Kreuzwaldi tn 23	7586	7046	5988	38	35	30
F.R. Kreuzwaldi 25	13900	8624	6860	74	46	37
Kreuzwaldi tn 26	215550	218504	209526	66	67	65
F. R. Kreuzwaldi tn 28	20990	16610	21602	65	52	67
F. R. Kreuzwaldi tn 30	190944	215186	194114	64	72	65
F. R. Kreuzwaldi tn 34	16870	17194	17296	28	29	29
Tartu tn 45	185048	185048	185048	67	67	67
Vee tn 3	7338	8338	9678	64	72	84
Vee tn 5	12156	11700	12726	106	102	111
Vee tn 7	11900	13600	13464	123	141	140
Vee tn 9	13558	11822	11162	138	120	114
Vee tn 11	4966	5612	5244	40	45	42
Vee tn 13	4710	6692	7976	37	53	63

Lisa 23 – Pilootala piirdetarindite soojuslähivused

Piirdetarindite soojuslähivused, W/(m ² ·K)											
Aadress	Välissein				Katuslagi	Kütmata keldri vahelagi	Alt tuulutatav põrand	Aknad	Välisüks	Pööningu vahelagi	Põrand pinnasel
	VS-1	VS-2	VS-3	VS-4							
Vee tn 3	0.44	0.49			0.28	0.85		1.4	2		
Vee tn 5	0.23	0.56			0.28		1.24	1.4	2		
Vee tn 7	0.29	0.24	0.73		1.18			1.4	2	0.87	0.33
Vee tn 9	0.35	0.55			1.18		1.24	1.4	2	1.18	
Vee tn 11	0.49	0.37	0.55		1.18			1.4	2	1.18	0.33
Vee tn 13	0.55	0.33	0.29		1.18			1.4	2	1.18	0.17
Kreutzwaldi tn 17	1.1				1.1	0.41		1.4	2		
Kreutzwaldi tn 18	0.48	0.39						2.9	2.9	1.18	0.33
Kreutzwaldi tn 19	0.37	0.55			1.18			1.4	2	1.18	0.33
Kreutzwaldi tn 21	0.36	0.18			0.27			2	2.9	0.27	0.62
Kreutzwaldi tn 21a	0.63				1.18			2.9	2.9		1.23
Kreutzwaldi tn 21b	0.63				1.18			2.9	2.9		1.23
Kreutzwaldi tn 22	1	1			0.8			1.4	2		0.31
Kreutzwaldi tn 23	0.63	0.72			1.18	0.36		2.9	2.9		1.23
Kreutzwaldi tn 25	0.15	0.3	0.27	0.2	0.16			1.4	2	0.17	0.4
Kreutzwaldi tn 26	1				0.9	0.7		1.4	2		
Kreutzwaldi tn 28	0.31				0.39			1.4	2	0.39	
Kreutzwaldi tn 30	1				0.8	0.47		1.5	2		0.39
Kreutzwaldi tn 34	0.61							2.9	2.9	0.22	0.33
Tartu tn 45	0.179					0.35		1.1	1.4	0.101	