



**TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL**  
INSENERITEADUSKOND  
Ehituse ja arhitektuuri instituut

**SUURPANEEL-KORTERELAMUTE TÜPOLOOGIA  
ALUSEL RENOVEERMISMAKSUMUSE  
ARVUTUSMUDELI LOOMINE (TEHASELINE  
RENOVEERIMINE)**

**COST PLANNING MODEL FOR THE RENOVATION OF  
PREFABRICATED CONCRETE PANEL RESIDENTIAL  
APARTMENT BUILDINGS**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Kaspar Pikk

Üliõpilaskood 182229

Juhendaja: PhD, Ergo Pikas

Tallinn 2023

# 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.

11. juuni 2023

Autor:

.....  
/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele.

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

Juhendaja:

.....  
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

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

Kaitsmiskomisjoni esimees:

.....  
/ nimi ja allkiri /

# LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ REPRODUTSEERIMISEKS JA LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS

Mina, **Kaspar Pikk,**

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

## **SUURPANEEL-KORTERELAMUTE TÜPOLOOGIA ALUSEL RENOVEERMISMAKSUMUSE ARVUTUSMUDELI LOOMINE (TEHASELINE RENOVEERIMINE)i,**

mille juhendaja on (Ergo Pikas)

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

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

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

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

.....(kuupäev)

# LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: **KASPAR PIKK**Üliõpilaskood **182229**Õppekava: **EAEI02 Ehitiste projekteerimine ja ehitusjuhtimine**

Peeriala: Ehitusmajandus ja juhtimine

Lõputöö teema:

**SUURPANEEL-KORTERELAMUTE TÛPOLOOGIA ALUSEL  
RENOVEERMISMAKSUMUSE ARVUTUSMUDELI LOOMINE**Cost planning model for the renovation of prefabricated concrete panel residential  
apartment buildingsJuhendaja: **Ergo Pikas**

Ergo.pikas@taltech.ee

Lõputöö konsultandid:

Tiitel või ametikoht, Ees- ja  
PerekonnanimiKontakt (e-post või  
telefon)

Allkiri ja kuupäev

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Eeluuring ja lõputöö ülesande püstitamine
2. Olemasoleva praktika ja hinnapakkumiste analüüs
3. Vajaduste ja nõuete kaardistamine arvutusmodelile
4. Maksumuse hindamise arvutusmodeli väljatöötamine
5. Maksumuse hindamise arvutusmodeli testimine ja hindamine

Töö keel: eesti keel



## Lõputöö etapid ja ajakava:

Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1. Kirjanduse ülevaade ja lähteülesande koostamine	20.02.2023
2. Andmete kogumine ja arvutusmudeli loomine	31.03.2023
3. Mudeli testimine ja täiustamine	30.04.2023
4. Lõputöö vormistamine	01.05.2023
5. kirjanduse ülevaate täiustamine	23.10.2023
6. vormistamine	24.11.2023
7. Kokkuvõtte eesti keeles	24.11.2023
8. Kokkuvõtte inglise keeles	24.11.2023
	...
	...
	...
	...

**Lõputööde ülevaatus, mille läbimine on kaitsmise eelduseks** 24.11.2023

Peale ülevaatus saab teha väiksemaid korrekture ja üles laadida töö Moodle keskkonda plagiadikontrolliks ÜHE pdf failina.

**Palun vormistada lõputöö käesolevale mallile. Nõuetele mittevastavaid lõputöid kaitsmisele ei lubata.**

Esitlusmaterjalid kaitsmisel: A1 joonised

Kirjeldus	Tähtaeg
1	10.05.2023
2	10.05.2023
3	10.05.2023
4	10.05.2023
5	10.05.2023

**Lõputöö esitamise tähtaeg:** 4. detsember 2023

Plagiadikontrolli läbinud lõputöö digiallkirjastatakse autori, juhendaja(te), konsultandi(tide) ja kaitsmiskomisjoni esimehe poolt. Paberil pole vaja allkirju koguda.

Lõputöö ülesanne välja antud: 20.02.2023

Juhendaja: **Eesnimi Perekonnanimi** \_\_\_\_\_

Ülesande vastu võtnud: **Eesnimi Perekonnanimi** \_\_\_\_\_

Avalikustamise piirangu tingimused: puuduvad

# SISUKORD

<b>AUTORIDEKLARATSIOON</b> .....	<b>2</b>
<b>LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ REPRODUTSEERIMISEKS JA LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS</b> .....	<b>3</b>
<b>SISUKORD</b> .....	<b>6</b>
<b>SISSEJUHATUS</b> .....	<b>7</b>
<b>1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE</b> .....	<b>9</b>
1.1 EUROOPA ROHEPÖÖRE JA RENOVEERIMISE LAINE .....	9
1.1.1 <i>Euroopa rohelepe ja elukeskkonna roll</i> .....	9
1.1.2 <i>Renoveerimise laine ja väljakutsed</i> .....	10
1.1.3 <i>Energiatõhususe direktiiv</i> .....	12
1.2 EESTI HOONEFOND, RENOVEERIMISE STRATEEGIA JA VÄLJAKUTSED .....	14
1.2.1 <i>Eesti hoonefondi statistika ja tüpoloogia</i> .....	15
1.2.2 <i>Renoveerimise pikaajaline strateegia ja KredEx</i> .....	17
1.2.3 <i>Renoveerimise väljakutsed</i> .....	18
1.3 MAKSUMUSEGA SEOTUD KULUDE HINDAMINE .....	19
1.3.1 <i>Ehitusmaksumuse kujunemise alused</i> .....	19
1.3.2 <i>Kulude hindamise etapid ja käsitlused</i> .....	20
1.3.3 <i>Maksumuse ja kulude hindamise meetodid</i> .....	23
1.3.4 <i>Maksumuse ja Kulude hindamise väljakutsed</i> .....	27
1.3.5 <i>Ekspertsüsteemid maksumuse hindamisel</i> .....	28
1.4 LÜHIKOKKUVÕTE .....	30
<b>2. UURIMUSTÖÖ METOODIKA, MEETODID JA ANDMED</b> .....	<b>31</b>
2.1 TÜÜPKORTERELAMUTE KIRJELDUSED JA LAHENDUSED .....	32
2.2 KORTERHOONETE TÜPEELARVED.....	38
<b>3. UURIMISTÖÖ TULEMUSED/LOODAV MUDEL</b> .....	<b>39</b>
3.1 MAKSUMUSE ARVUTUSMUDELI VAJADUSED JA NÕUDED.....	39
3.2 EHITUSMAKSUMUSE HINDAMISE ARVUTUSMUDELI LAHENDUSTE ÜLESEHITUS, TÖÖVOOG JA PÕHIMÕTTED .....	42
3.3 ARVUTUSMUDELI ÜLESEHITUS.....	43
3.4 ARVUTUSMUDELI TESTIMINE VÕRDLUSES REAALSETE HINNAPAKKUMISTEGA .....	50
3.5 MUDELI TESTIMINE JA ARENDAMINE .....	54
<b>KOKKUVÕTE</b> .....	<b>56</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>57</b>
<b>KASUTATUD KIRJANDUS</b> .....	<b>59</b>
<b>LISAD</b> .....	<b>64</b>
LISA 1 OTSUSTUSPUUDE NÄIDISED .....	65
LISA 2 PROTSESSID RENOVEERIMISPROTSESSIS OSALEJATE VAHEL .....	66
LISA 3 RENOVEERIMISMAKSUMUSE ARVUTUSMUDEL .....	67

## SISSEJUHATUS

Suurema osa Eesti elamufondi tavaeluruumidest moodustavad aastatel 1960-1990 ehitatud kortermajad, kus elab umbes 2/3 Eesti elanikest. [1] [2] Vaadeldavad hooned on oma eluea lõpul ning vajavad renoveerimist, et muuta need turvalisemaks, energiatõhusamaks ja tervislikumaks. Hoonetel on inimeste elukvaliteedile suur roll, mistõttu on nende korrasolek vajalik.

2020. aastast pärineva hoonete rekonstrueerimise pikaajalise strateegia peamine eesmärk on enne 2000. aastat ehitatud hoonefondi terviklik rekonstrueerimine aastaks 2050. Renoveerimist vajavaid korterhooneid on umbes 14 000, kogupindalaga 18 miljonit ruutmeetrit. [1]

Vananevate korterhoonete renoveerimine on ühiskondlikult aktuaalne teema ning varasemalt põhjalikult uuritud. Enamus aastatel 1960-1990 ehitatud korterhoonetest on valmistatud tehaseelementidest ning ehitatud tüüpprojektide põhjal, mistõttu on nüüdseks välja kujunenud tüüpsed probleemid, mis tulenevad tollaegsetest ehitusvigadest või materjalide puudustest.[2]

2023. aasta aprillis avaldatud koalitsioonilepe seab eesmärgiks hoonete ja elamute renoveerimise, et tagada energiasõltumatus ja inimeste kulude kokkuhoid ning rakendada projekteerimises ja ehituses hoonete elukaarepõhise CO<sub>2</sub> hindamise meetodika. Lisaks kehtestatakse avalikele ja ärihoonetele energiaklassi targa järgimise kohustus. [3]

Magistritöö eesmärk on luua kivikonstruktsiooniga korterelamute tüpoloogiapõhine maksumuse hindamise mudel, mis lihtsustaks eelarvestamist renoveerimise algatamise või kavandamise etapis. Mudel aitab vähendada projekti alguses mahuarvutuste ja eelarvestamise peale kuluvat aega ja raha. Hetkel vaadeldakse iga projekti eraldiseisvana ja tehakse palju korduvat tööd. Mudeli potentsiaalsed kasutajad oleksid korteriühistud, nende tehnilised konsultandid ja arendajad/ ehitusettevõtted.

Eesmärgi saavutamiseks püstitatud ülesanded:

- koostada kirjanduse ülevaade;
- vaadelda erinevaid tüüpphoonete projekte, määratleda nende sarnasused ja eripärad;
- vaadelda ehitiste ehitusmaksumust mõjutavaid sarnasusi ja erisusi;
- koguda projektidest arvutusmudeli loomiseks vajavat infot;
- koguda, süstematiseerida ja töödelda lähteandmeid ehitusmaksumuse hindamiseks;

- rakendus luua ja seda arendada;
- luua viis kasutajale erinevate tühphoonete eristamiseks või kõige sarnasema valmiseks.

Töö on jagatud kolmeks suuremaks osaks. Esiteks, kirjanduse ülevaade, mis on töö teoreetilise osa alus. Seejärel uurimuslikus osas kasutatud meetodika kirjeldus ning kolmandaks loodava maksumuse hindamise mudeli prototüübi kirjeldus, tööpõhimõtte ja arvutuskäigud.

**Võtmesõnad:** Euroopa rohepööre, Eesti hoonefond, kivikonstruktsiooniga korterelamute tüpologia, renoveerimismaksumuse planeerimine, ekspertsüsteem, ehitusmaksumus, renoveerimine, korterelamud, energiatõhusus, eelarve koostamine magistritöö.

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Teoreetilises osas antakse ülevaade renoveerimise põhjustest, kasudest ja uurimustöö tulemusena loodava arvutusmodeli ootustest. Samuti antakse ülevaade Euroopas toimuvast rohepöördest, Eesti hoonefondist ja kirjeldatakse erinevaid võimalikke eelarvestusmeetodeid, nende eeliseid, puudusi ning kuidas ja milliseid töö praktilises osas kasutati.

## 1.1 Euroopa rohepööre ja renoveerimise laine

ÜRO andis 2015. aastal välja jätkusuutliku elamumajanduse harta, mille eesmärk on toetada liikmesriike nende püüdlustes tagada kõigile rahuldava, piisava, taskukohase ja tervisliku eluaseme kättesaadavus. [4]

2015. aastal toimunud Pariisi kliimakonverentsil võtsid 195 riiki vastu globaalse, õiguslikult siduva kokkuleppe kliima soojenemise pidurdamiseks. Kokkulepe jõustus 4.novembril 2016. aastal. Kokkuleppe põhieesmärgid on kliimamuutuste leevendamine ja heitkoguste vähendamine, et hoida globaalse keskmise temperatuuri tõus tunduvalt alla 2 °C võrreldes tööstusrevolutsiooni eelse ajaga. [5]

Pariisi kokkuleppe on allkirjastanud ja ratifitseerinud kõik Euroopa Liidu liikmesriigid ning on pühendunud selle rakendamisele. Sellest kohustusest lähtudes on ELi liikmesriigid kokku leppinud tegutseda selle nimel, et Euroopa Liit oleks 2050. aastaks esimene kliimaneutraalne majandus ja ühiskond. 2020. aastal esitati heitkoguste vähendamise pikaajaline strateegia ja kliimakavad, lubades vähendada 2030. aastaks ELi heitkoguseid võrreldes 1990. aasta tasemega vähemalt 55%. EL on kliimamuutuste vastases võitluses esirinnas. Tänu oma julgele poliitikale ja tegevusele on ELil saanud ülemaailmne standardite seadja ja kliimaeesmärkide edendaja kogu maailmas. [6]

### 1.1.1 Euroopa rohelepe ja elukeskkonna roll

Euroopa Komisjon on käivitanud mitmeid tegevusi ja meetmeid ehitussektori keskkonnajalajälje vähendamiseks rohelepe raames. Kliimamuutused ja keskkonnaseisundi halvenemine on Euroopale ja maailmale aktuaalne probleem ning nendest väljakutsetest ülesaamiseks muudab Euroopa rohelepe ELi kaasaegseks, ressursitõhusaks ja konkurentsivõimeliseks majanduseks[7].

Eesmärgid ja põhimõtted, mis kiimamuutuste aeglustamiseks ja parema elukeskkonna loomiseks on seatud[7]:

- aastaks 2050 kasvuhoonegaaside netoheidet ei teki;
- ressursside kasutamisest lahti seotud majanduskasv;
- ühtegi inimest ega kohta maha ei jäeta.

Vanades korterites on võrreldes uusehitistega kehvemad elamistingimused. Näiteks on probleeme soojapidavuse, ventilatsiooni ja niiskusega. Probleemide lahendamine teeks elamise elanike jaoks mugavamaks ja tervislikumaks. ÜRO jätkusuutliku elamumajanduse hartas on halbade ehitiste mõju inimestele kirjeldatud järgnevalt: Elamistingimused avaldavad otsest mõju elanikkonna kehalisele ja vaimsele tervisele. Halb eluase ja sisekliima põhjustab või soodustab paljude ennetatavate haiguste ja tervisehäirete väljakujunemist, nagu hingamisteede, närvisüsteemi ja südame-veresoonkonna haigused ning vähktõbi. [4]

### **1.1.2 Renoveerimise laine ja väljakutsed**

Euroopal on ees suuremahuline rekonstrueerimine, et hoida oma elukeskkond ning tänased hooned kvaliteetsete ja elamisväärsena ka tulevikus. Eestil on selleni jõudmiseks energiatõhususele suunatud hoonete rekonstrueerimise pikaajaline strateegia. [8]

ELi hoonefondi renoveerimine parandab energiatõhusust, edendades samas üleminekut puhtale energiale. Nii avalike kui ka erahoonete renoveerimine on oluline tegevus ja see on Euroopa rohelises kokkuleppes välja toodud kui põhialgatus sektori energiatõhususe suurendamiseks ja eesmärkide saavutamiseks. Arvestades ehitussektori töömahukat olemust, kus valdavalt domineerivad kohalikud ettevõtted, võib ka hoonete renoveerimine mängida olulist rolli Euroopa majanduse taastumisel pärast COVID-19 pandeemiat. Hoonete renoveerimise toetamine EL-i fondide kaudu aitab seda saavutada. [9]

Euroopa komisjon avaldas 2020. aastal strateegia „Euroopa renoveerimislaine – meie hoonete keskkonnahoidlikumaks muutmine, töökohtade loomine, elude parandamine“, et hoogustada renoveerimist ELis. Selle eesmärk on järgmise 10 aasta jooksul kahekordistada energiarenoveerimise aastamäärasid. Lisaks heitkoguste vähendamisele parandavad need renoveerimised hoonetes elavate ja neid kasutavate inimeste elukvaliteeti ning peaksid looma palju täiendavaid töökohti ehitussektoris.[9]

Renoveerimislaine strateegia ja tegevuskava avaldati 2020. aastal koos dokumendiga, mis tutvustab olemasolevaid ELi rahastamise eelarvelahendusi, mis võiksid renoveerimislainet erineval viisil toetada. Näiteks toetada teadusuuringuid ja innovatsiooni otseinvesteeringutega, seda ka erasektorisse. Renoveerimislaine algatus põhineb riiklikul pikaajalisel hoonete renoveerimise strateegial, hoonete energiatõhususe direktiivi muudel aspektidel ja iga ELi liikme riiklike energia- ja kliimakavade hoonetega seotud aspektidel. Kuna peaaegu 34 miljonit eurooplast ei saa endale lubada oma kodu korralikult kütta, aitab renoveerimine lahendada ka kütteostuvõimetust. See aitab parandada inimeste tervist ja heaolu, vähendades samal ajal nende energiaarveid.[9]

2020. aasta oktoobris käivitas komisjon ka algatuse New European Bauhaus, mis on foorum, kus eurooplased saavad kokku tulla, et jagada ideid kliimasõbraliku arhitektuuri kohta. [10] Euroopa Liidu Komisjon toetab oma uurimisprogrammidega mitmeid hoonete renoveerimise projekte, samuti teadusuuringuid ja innovatsiooni selles valdkonnas, näiteks portaal BUILD UP hoonete energiasäästlikumaks muutmise kohta teadmiste jagamiseks, algatus BUILD UP Skills, mille eesmärk on suurendada kvalifitseeritud ehitusspetsialistide arvu kogu Euroopas, kes suudavad teostada kõrge energiatõhususega hoonete renoveerimist ja ehitada uusi liginullenergiahooneid. Projekti 4RinEU eesmärk on pakkuda uusi tööriistu ja strateegiaid, et julgustada olemasolevate hoonete ulatuslikku renoveerimist ja edendada taastuvenergia kasutamist.[9]

Tänapäevase tehnoloogiaga ehitatud hooned tarbivad praegu kaks korda vähem energiat kui uusehitised 20 aastat tagasi. Euroopa arvele langeb ligikaudu 40% kogu maailmas hoonete energiatõhususe parandamiseks tehtavatest investeeringutest (85–90 miljardit eurot aastas). Renoveerimist pärsvad takistused väärtusahela eri etappides alates esialgse renoveerimisotsuse vastuvõtmisest kuni projekti rahastamise ja lõpuleviimiseni. Näiteks siis, kui renoveerimist kaalutakse, võib energiasäästust saadav kasu tunduda ebakindel või halvasti põhjendatud ja valesti mõistetud, seda eelkõige lõpptarbivate puhul. Renoveerimisest saadavat kasu võib olla raske mõõta ja rahaks ümber arvestada. Renoveerimine võib olla ka kulukas, raskesti korraldatav ja aeganõudev. Rahastamise kaasamine võib olla keeruline, eelkõige kohalikul ja piirkondlikul tasandil. Probleem on eriti aktuaalne keskustest väljaspool. Avaliku sektori vahendeid on sageli ebapiisavalt ning neid on regulatiivsete takistuste ja haldusasutuste vähese suutlikkuse tõttu raske kaasata. [11]

Komisjon on oma analüüsi ja avaliku konsultatsiooni põhjal kindlaks teinud järgmised sekkumisvaldkonnad ja juhtivad meetmed, mis on renoveerimistöde põhjalikkuse ja ulatuse järkjärguliseks suurendamiseks olulised[11]:

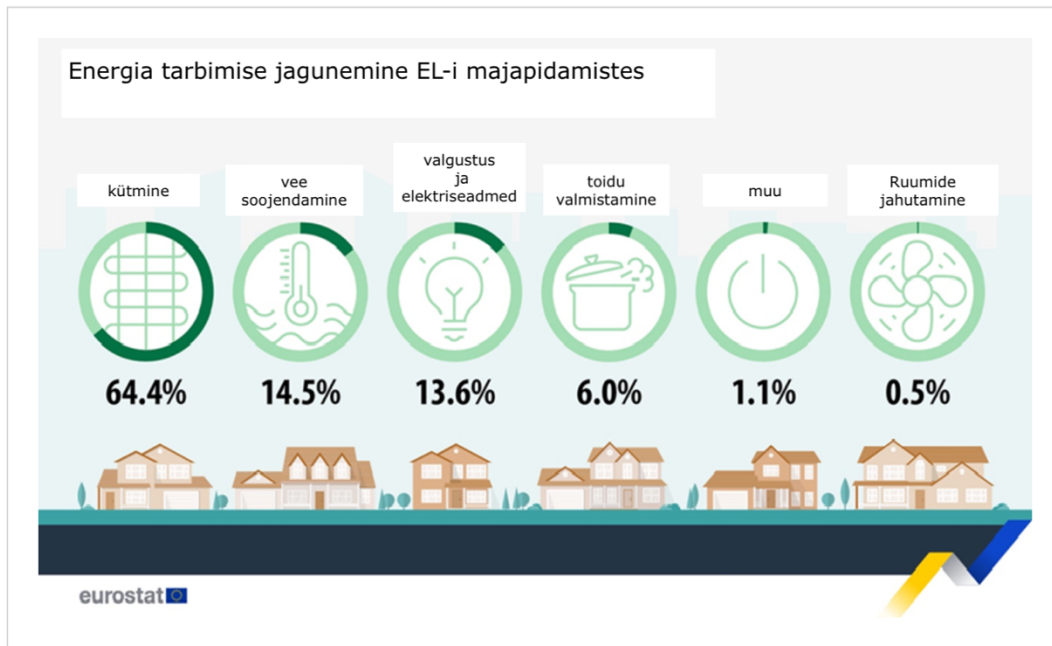
- pakkuda avaliku ja erasektori omanikele ning üürnikele renoveerimistöde tegemiseks paremat teavet, suuremat õiguskindlust ja tugevamaid stiimuleid;
- tagada piisav ja hästi suunatud rahastamine;
- suurendada suutlikkust projektide ettevalmistamise ja rakendamise puhul;
- edendada terviklikke ja integreeritud renoveerimismeetmeid arukate hoonete puhul;
- muuta ehituse ökosüsteemi nii, et see võimaldaks kestlikku renoveerimist, mis rajaneb ringluspõhistel lahendustel, kestlike materjalide kasutusel ja taaskasutusel ning looduspõhiste lahenduste kaasamisel;
- kasutada renoveerimist hoovana energiaostuvõimetuse vähendamiseks ja selleks, et tagada kõigile majapidamistele, sealhulgas puuetega isikutele ja eakatele juurdepääs tervislikule eluasemele;
- vähendada kütte- ja jahutuse CO<sub>2</sub>-heidet, mis moodustab elamutes tarbitavast energiast 80%

Lisaks kaitseb renoveerimisest tulenev energiasääst inimesi energiahindade kõikumise eest. Samuti riik, mis impordib enamuse oma energiast (Serbia puhul näiteks 83% imporditud maagaasist imporditud.[12]) on energiasäästliku hoonefondi puhul vähem mõjutatud välistest teguritest.

### **1.1.3 Energiatõhususe direktiiv**

Ehitus on suuruselt teine Euroopa tööstusharu, kus töötab ca 25 miljonit inimest. Seetõttu peitub ehitusvaldkonnas oluline potentsiaal Euroopa rohelepe ja plaanidesse panustamisel.[13] Euroopa Liit on pühendunud energiatarbimise ja kasvuhoonegaaside heitkoguste vähendamisele. Vanade korterhoonete renoveerimine nende energiatõhususe parandamiseks aitab vähendada energiatarbimist ning sellest tulenevaid kulusid, kasvuhoonegaaside heitkoguseid ja parandada õhukvaliteeti. Hoonete renoveerimine ja energiatõhususe parandamisel on palju positiivseid aspekte. Energiatarbimise vähendamine aitab vähendada keskkonnamõjusid, kontrollitud kliimaga hooned on inimeste tervisele paremad ning investering renoveerimisse peaks pikemas perioodis tulus olema. Seda aitab saavutada eelkõige sääst küttekuludelt ning kasvanud kinnisvara väärtus, mis avaldub hiljem müügi või üüriturul. Eurostati hinnangul kulus 27% 2021. aastal Euroopa Liidus kulutatud energiast eramusektoris. [14]





Joonis 1.1 energiatarbimise jaotus majapidamistes otstarbe järgi [14]

Sellest 64,4% oli energia, mis kulutati ruumide kütmiseks. [14] Majanduslikult ja inimeste heaolu arvestades on kõige ökonomsem viis energiatarbimist vähendada läbi passiiviste lahenduste neid soojustades.

Euroopa komisjon on välja toonud 2030-2050 hoonete renoveerimise põhimõtted.

- Taskukohasus ehk energiatõhusate ja kestlike hoonete laialdaselt kättesaadavaks tegemine, eelkõige keskmise ja madalama sissetulekuga kodumajapidamistele ning haavatavatele inimestele ja piirkondadele.[11]
- CO<sub>2</sub> heite vähendamine ja taastuvate energiaallikate integreerimine. Hoonete renoveerimine peaks kiirendama eelkõige kohalikest allikatest pärit taastuvate energiaallikate integreerimist ja edendama heitsoojuse laialdasemat ärakasutamist. See peaks integreerima kohaliku ja piirkondliku tasandi energiasüsteemid, mis aitavad vähendada transpordi, kütte ja jahutuse CO<sub>2</sub>-heidet.
- Olelusringipõhine mõtteviis ja ringlus. Hoone jalajälje minimeerimine nõuab ressursitõhususe ja ringluse rakendamist ning ehitussektori teatavate osade muutmist CO<sub>2</sub> sidujaks, näiteks edendades rohelist taristut ja kasutades orgaanilisi ehitusmaterjale, nagu jätkusuutlikult hangitud puitu.
- Kõrged tervishoiu- ja keskkonnastandardid. Tuleb tagada hea õhukvaliteet ja heal tasemel veemajandus, katastroofiennetus ja kaitse kliimaga seotud ohtude eest, selliste kahjulike ainete nagu asbest ja radoon kõrvaldamine ning nende mõju eest

kaitsmine, ning tule- ja seismiline ohutus. Lisaks tuleks tagada juurdepääsetavus, et avada võrdne juurdepääs kogu Euroopa elanikkonnale, sealhulgas puuetega inimestele ja eakatele.

- Ühine lahendus rohe- ja digipöördega seotud probleemidele. Arukad hooned suudavad tagada taastuvenergia tõhusa tootmise ja kasutamise maja, piirkonna või linna tasandil. Arukad hooned koos arukate energijaotussüsteemidega suudavad meile pakkuda väga tõhusaid ja heitevabu hooneid.
- Esteetilise ja arhitektuurse kvaliteedi austamine. Renoveerimisel tuleb järgida projekteerimise, käsitöönduse, kultuuripärandi ja avaliku ruumi säilitamisega seotud põhimõtteid.

EL-i Parlamendi ja Nõukogu välja antud energiatõhususe direktiivis tuuakse eesmärgina välja, et on tarvis vähendada hoonete sõltuvust fossiilkütustest ning võtta kiiremini vastu meetmeid hoonete energiatarbimise elektrifitseerimiseks ja CO<sub>2</sub> heite vähendamiseks. Selleks et võimaldada päikeseenergiatehnoloogia kulutõhusat paigaldamist hilisemas etapis, peaksid kõik uued hooned olema päikesevalmidusega hooned, st need peaksid olema projekteeritud selliselt, et optimeerida päikeseenergia tootmispotentsiaali vastavalt asukoha päikese kiirguse tihedusele, mis võimaldab päikeseenergiatehnoloogia paigaldada ilma kulukate ehituslike muudatusteta. Päikeseenergia ulatuslik kasutuselevõtt hoonetes aitaks oluliselt kaasa tarbijate tõhusamale kaitsele fossiilkütuste kasvavate ja kõikuvate hindade eest, vähendaks vähekaitstud leibkondade jaoks ohtu seista silmitsi kõrgete energiakuludega ning tooks kaasa laiemat keskkonnaalast, majanduslikku ja sotsiaalset kasu.[15]

Maksumuse kontrollimiseks tuleb direktiivi kohaselt kaaluda, kas renoveerimine viiakse läbi terviklikult või etapiviisiliselt. Etapiviisiline põhjalik renoveerimine võib olla lahendus suurtele esialgsetele kuludele, mis võib elanike jaoks tekkida ühekordse ja täieliku renoveerimise korral, ning võib võimaldada võtta vähem häirivaid ja kulutõhusamaid renoveerimismeetmeid. Terviklik ja etapiviisiline põhjalik renoveerimine on mõlemad sobivad võimalused põhjalikuks renoveerimiseks.[15] Eesti näitel oleks Eestis korteriühistutel tarvis renoveerida terviklikult, sest nii on võimalik saada Kredexist oma renoveerimisprojektile võimalikult suurt toetust.

## **1.2 Eesti hoonefond, renoveerimise strateegia ja väljakutsed**

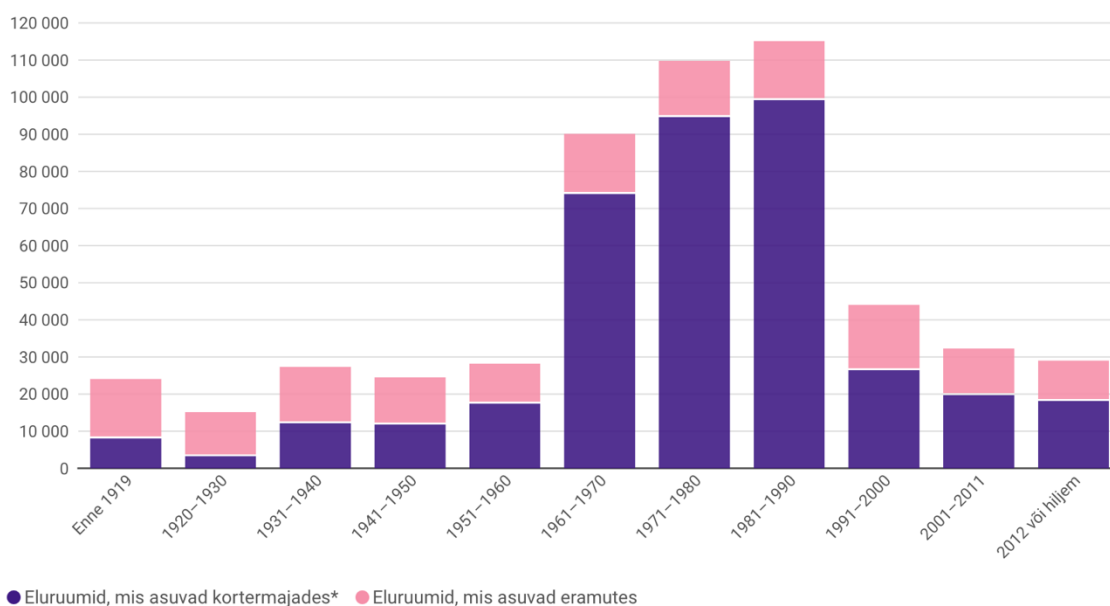
Eesti hoonefond on vananev ning tulevikus ilmnedu võivate suuremate probleemide vältimiseks on tarvilik seda renoveerida. Järgnevas peatükis on kirjeldatud Eesti

hoonefondi, antud selle kohta statistilisi andmeid. Samuti antakse ülevaade renoveerimise strategiatest ning väljakutsetest.

### 1.2.1 Eesti hoonefondi statistika ja tüpologia

Statistikaameti loodud graafikult on näha, et enamus Eesti elamufondist moodustavad korterelamud. Suurima osa nendest on Nõukogude Liidu ajal ehitatud kortermajad. [1]

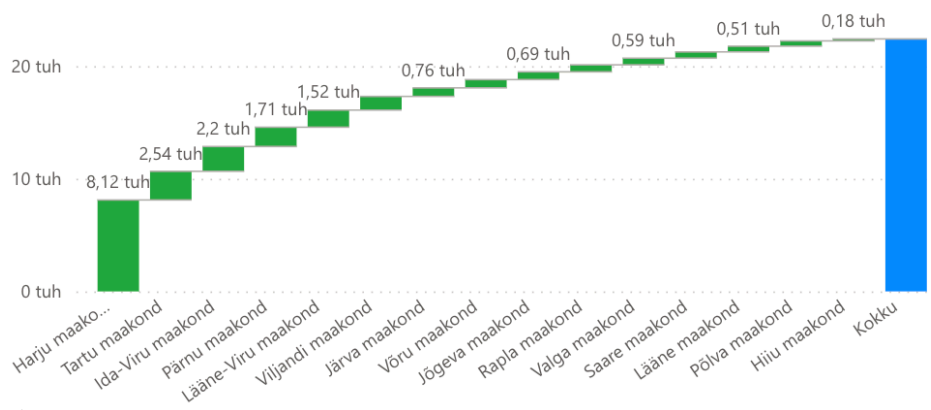
Asustatud tavaeluruumide jaotumine hoone tüübi ja ehitusaja järgi



Joonis 1.2 Asustatud tavaeluruumide jaotumine hoone tüübi ja ehitusaja järgi [1]

Kui võrrelda enne 1995. aastat ehitatud korterhoonete paiknemist Eesti maakondade kaupa tuleb esile, et peaaegu pooled neist asuvad neist Harjumaal. Sellele järgnevad Tartu ja Ida-Viru maakonnad.[16]

Korterelamute arv maakondade järgi



Joonis 1.3 Korterelamute arv maakondade järgi [16]

Võrreldes korterelamute arvu nende välisseina tüübi järgi, on näha, et enim on puit- ja tellishooneid, suurpaneelhooneid on vähem. Vaatamata viimaste väiksemale hulgale on need enamasti suuremad ning majutavad rohkem inimesi. Nad on ehitatud väga kindlate tüüpprojektide järgi ning seetõttu on nende renoveerimisega tegelemine otstarbekas. Lahendused on lihtsasti hoonete vahel üle kantavad.

Korterelamute arv maakonna ja välisseina liigi järgi						
Maakond	Pole teada	Puit	Silikaltsiit ja kergbetoon	Suurpaneel	Tellis	Kokku
Harju maakond	421	3161	496	1252	2792	<b>8122</b>
Tartu maakond	147	1075	272	304	746	<b>2544</b>
Ida-Viru maakond	94	138	215	161	1593	<b>2201</b>
Pärnu maakond	41	665	455		553	<b>1714</b>
Lääne-Viru maakond	61	476	191	217	575	<b>1520</b>
Viljandi maakond	36	491	303		385	<b>1215</b>
Järva maakond	19	184	306		250	<b>759</b>
Võru maakond	15	220	231		267	<b>733</b>
Jõgeva maakond	26	135	258		269	<b>688</b>
Rapla maakond	33	138	150	80	222	<b>623</b>
Valga maakond	13	180	155		244	<b>592</b>
Saare maakond	34	158	154		211	<b>557</b>
Lääne maakond	22	160	189		134	<b>505</b>
Põlva maakond	4	98	176		193	<b>471</b>
Hiiu maakond	2	50	48		75	<b>175</b>
<b>Kokku</b>	<b>968</b>	<b>7329</b>	<b>3599</b>	<b>2014</b>	<b>8509</b>	<b>22419</b>

Joonis 1.4 Korterelamute arv maakonna ja välisseina liigi järgi [16]

Võrreldes Eesti hoonefondis olevate korterelamute korruselisust, tuleb esile, et enamus neist on 5-korruselised või madalamad. Alla 4% korterelamutest on kõrgemad kui 5 korrust.

Korterelamute arv maakonna ja korruselisuse järgi						
Maakond	1 kuni 2	3 kuni 5	6 kuni 8	9 kuni ..	Pole teada	Kokku
Harju maakond	3956	3504	137	520	5	<b>8122</b>
Tartu maakond	1568	915	10	46	5	<b>2544</b>
Ida-Viru maakond	1022	1017	2	159	1	<b>2201</b>
Pärnu maakond	1257	452	2		3	<b>1714</b>
Lääne-Viru maakond	1073	436	1	1	9	<b>1520</b>
Viljandi maakond	926	283	1	4	1	<b>1215</b>
Järva maakond	570	187		1	1	<b>759</b>
Võru maakond	518	207	3	3	2	<b>733</b>
Jõgeva maakond	484	203			1	<b>688</b>
Rapla maakond	425	198				<b>623</b>
Valga maakond	385	201		1	5	<b>592</b>
Saare maakond	384	171		1	1	<b>557</b>
Lääne maakond	311	193		1		<b>505</b>
Põlva maakond	355	116				<b>471</b>
Hiiu maakond	124	51				<b>175</b>
<b>Kokku</b>	<b>13358</b>	<b>8134</b>	<b>156</b>	<b>737</b>	<b>34</b>	<b>22419</b>

Joonis 1.5 Korterelamute arv maakonna ja korruselisuse järgi [16]

Antud infole tuginedes on antud töös enim keskendunud suurpaneelidest ehitatud korterelamutele, mis on kuni 5-korruselised. Nende hoonete täpsem kirjeldus ja jaotumine on kirjeldatud töö osas 1.3.

## 1.2.2 Renoveerimise pikaajaline strateegia ja KredEx

Arvestades hetkel kasutuses olevat eluhoonete hulka, seni teostatud rekonstrueerimiste mahtu ja prognoositavat elamute kasutusest väljalangemist, tuleks aastaks 2050 terviklikult rekonstrueerida 105 000 üksikelamut kogupindalaga 14 miljonit ruutmeetrit ja 14 000 korterelamut kogupindalaga 18 miljonit ruutmeetrit. Tervikliku rekonstrueerimisena käsitletakse rekonstrueerimist, mille tulemusena saavutatakse vähemalt energiamärgise klass C. [17]

Majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi välja antud hoonete renoveerimise pikaajalises strateegias on öeldud, et korterelamute puhul võiks saavutada vähemalt energiaklassi C. Samuti tuuakse välja põhilised renoveerimist vajavad tarindid ja süsteemid: [17]

Eeldatakse:

- välisseinte soojustamist (mineraalvilla puhul 15-20 cm soojustust),
- katuse või pööningu soojustamist (30-40 cm soojustust),
- akende vahetust (kolmekordse klaaspaketiga aknad),
- küttesüsteemi uuendamist (kaugkütte puhul uue kahetorusüsteemi paigaldus koos radiaatorite termostaatventiilidega),
- soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamist (kas tsentraalne agregaat koos torustikuga seina soojustuse sees või väljatõmbeõhu soojuspump).

Riik aitab omavalitsustel ja korteriühistutel renoveerimist teostada. Kredexi abiga on võimalik saada riigipoolset toetust tööde läbi viimiseks. Siiski nõuab toetusmeetmete saamine omainvesteeringut, mis võib paljudele üle jõu käia. Võimalikult suure Kredexi toetuse saamiseks võiks renoveerimine olla terviklik, aga vahendite puudumise tõttu teostavad palju korteriomanikud renoveerimist etappide kaupa. Hoone hea toimimise seisukohalt tuleks eelistada terviklikku renoveerimist.[18]

Käesolevas töös on eeldatud, et fassaad soojustatakse tehases eeltoodetud fassaadipaneelidega. Töö koostamise ajal kehtivate Kredexi toetustingimuste kohaselt saab toetuse taotleja sellisel juhul maksimaalse 50% toetuse toetavate tööde kogumaksumusest. Samuti on Kredex välja toonud toetatavad ja mittetoetatavad tööd ning nõuded rekonstrueerimistöodele ja saavutatavale tulemusele. [18]

### 1.2.3 Renoveerimise väljakutsed

Üle poole Eesti hoonefondist valmis nõukogude ajal ning hinnanguliselt 80 protsenti praegustest hoonetest nii Eestis kui ka Euroopas on endiselt kasutuses ka 30 aasta pärast, samas arvestatakse ehitise elukaare teooria kohaselt hoone keskmiseks elueaks 50-70 aastat. [8]

Ehitusteadlase professor Karl Õigeri poolt avaldatud raamatus "Ehitiste renoveerimine" on väidetud, et paneelmajade põhikandekonstruktsioonide üldine seisukord on praegu selline, et nad võivad mõningate kohe ja periooditi tehtavate tööde järgi vastu pidada veel niikaua, et konstruktsioonide kogu kasutusiga oleks 50-80 või ka enam aastat. Hiljem võivad vajalikud remondikulud kujuneda nii suureks, et on otstarbekam elamu kõrvaldada eksploatatsioonist ja ehitada uus hoone. Kui aga elamute välispidine soojustamine ja ilmastikukindel viimistlus tehakse lähemate aastate jooksul, enne kui rasked kahjustused jõuavad liga kaugemale areneda, siis võib kasutusiga oluliselt ka suurendada, halva hoolduse ja remondi puhul aga tunduvalt alaneda.[19]

Käesoleva uurimustöö eesmärk kattub MKM-i renoveerimise pikaajalise strateegiaga, kus tuuakse samuti välja, et tüüpseid korterhooneid võiks renoveerida eeltoodetud paneelidega, et saavutada parem tööviljakus ja kvaliteet. EL-i soovitud suure rekonstrueerimise mahu kasvamine tekitab tööjõu puuduse ning eeltoodetud paneelidega renoveerimine võib sellele olla üks lahendus.

Selle tõttu on vajalik arendustöö, mis võimaldaks olemasoleva tööjõuga rohkem rekonstrueerida, st. tööviljakust parandada. Praeguse teadmise juures ainus võimalus tööviljakust oluliselt parandada on viia ehitusplatsil toimuv töö võimalikult suures osas tehastesse ning hakata rekonstrueerimist teostama tehastes toodetud elementidega, mis objektile paigaldatakse.[17]

Eeltoodetud tehaseelementidel on mitmeid eeliseid:

- Tehaseelementide tootmine toimub kontrollitud tingimustes kaitstuna ilmastiku ja väliste mõjude eest ning paneelidel on ühtlane kvaliteet.
- Elementide paigaldamine on kiirem, seetõttu lüheneb ka ehitusplatsil toimuvate ehitustööde kestvus ning korterielanike elu on vähem häiritud.

Inimeste jaoks on nende kinnisvara olukord ja kestvus väga tähtsad. Selle hea näide on, et ühiskonnas sai suurt kriitikat asjaolu, et 10.04.2023 avanenud toetuste voor ei jõudnud kesta tervet päevagi, sest taotlejate hulk oli suur ning toetussumma sai kiiresti täis.[20]

2023. aastal MKM-i läbi viidud uuringus selgitati välja kortermajade renoveerimisega seotud probleemid. Renoveerimistempo parandamiseks on oluline tõsta erinevate osapoolte pädevust, kvaliteedinõudeid ja –standardeid. Leiti, et Eesti vajab rohkem renoveerimisele keskendunud ehitajaid, projekteerijaid, konsultante ja järelvalvet. Kvaliteedi tõstmiseks ja teenuse kättesaadavuse parandamiseks tuleks konsultandid integreerida kutsestandardite süsteemi. Renoveerimisprotsessi üheks murekohaks erinevate osapoolte tagasiside andmine ja sellega arvestamine muu hulgas toetuste kujundamisel. Intervjueeritavad tõid välja, et ministeeriumi eestvedamisel tuleks luua süsteem, mis aitaks koguda, analüüsida ja arvestada eri osapoolte tagasisidega, sest see mõjutab töövõtjate töömahtu ja kvaliteeti. Soodustama peaks integreeritud hankeid, kus konsultant, arhitekt, projekteerija, tootja ning ehitaja otsivad ühiselt lahendusi ja vastutavad tulemuste eest. Tähtis on, et tagasiside renoveerimisturult ja -tegitajatelt jõuab kõikide seotud spetsialistide ja ekspertide koolituste tasemele. [21]

### **1.3 Maksumusega seotud kulude hindamine**

Iga projekti mõistliku teostatavuse aluseks on projekti maksumuse hindamine ja selle analüüs. Peamine eesmärk on võimalikult täpselt määrata, kas antud sihtelarvega on soovitud tulemust ja kvaliteeti võimalik saavutada. Samuti peab seda tegema projekti arenedes selle elukaare jooksul korduvalt, sest olukord muutub ning kättesaadav infokoosseis kasvab ja täpsustub. Järgnevates osades on kirjeldatud kulude hindamise suuremaid põhimõtteid ja meetodeid.

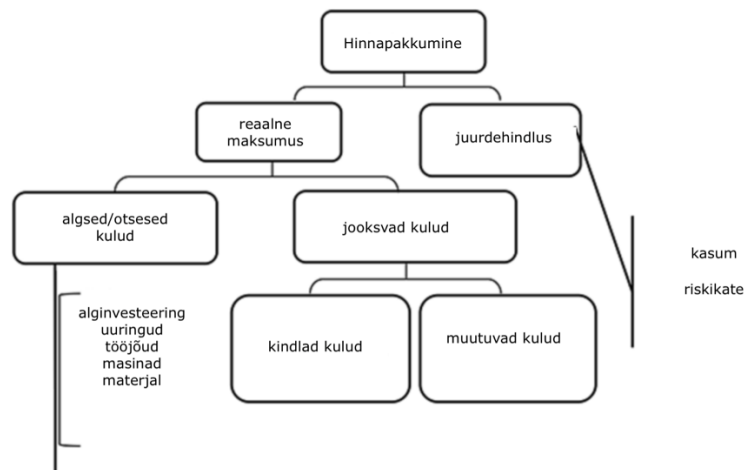
#### **1.3.1 Ehitusmaksumuse kujunemise alused**

Maksumusplaanimine on ehitusprojekti kulude kavandamine nii, et see võimaldaks kasutada eelarvet ehituse eri etappides ning vastab eelarvele esitatud nõuetele, vajadustele ja eesmärkidele. Selle alla kuulub ka eesmärkinna ja selle struktuuri kujundamine kindla vastuvõetava suuruseni. Käesolevas peatükis on kirjeldatud erinevaid eelarvestamise meetodeid, mida projekti erinevates etappides kõige mõislikum kasutada oleks.

Mida täpsemalt on projekti ulatus teada ning lahendused ja tooted/tööd kirjeldatud, seda täpsemad on hinnangud. Heas eelarves peaks olema võimalikult kerge sisse viia muudatusi, mis tulenevad tellija uutest nõuetest või projekti progressist.

Samas tuleb arvestada, et projekti kulude kontrolli protsess muutub järkjärgulise väljatöötamise tõttu info hulga suurenedes töömahukamaks ja keerulisemaks. [23]

Järgneval joonisel 1.6 on kirjeldatud Klassikaline pakkumuse hinna kujunemine. Hindu saab laialt jagada kaheks: algseteks ja jooksvateks. Algsed on alginvesteering ja uuringud vms. Jooksvad saab omakord jagada kindlateks ja muutuvateks. Kindlad on näiteks rent, palgad ja kindlustus. Muutuvad on näiteks ülalpidamiskulud: elekter, vesi, tarbekaubad. [22]



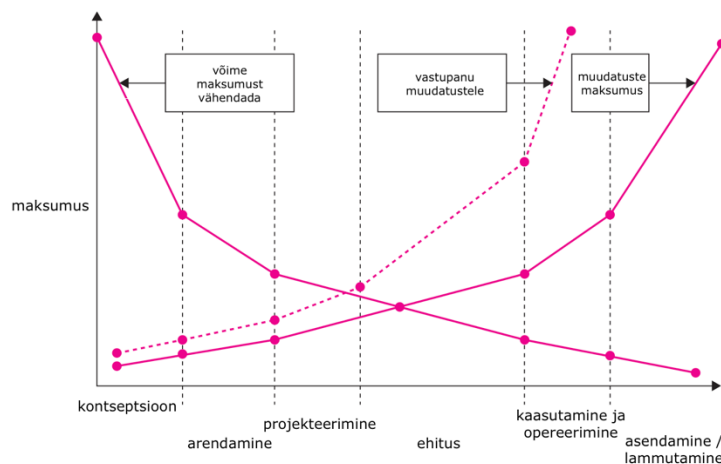
Joonis 1.6 klassikaline hanke hinna kujunemine [23]

### 1.3.2 Kulude hindamise etapid ja käsitlused

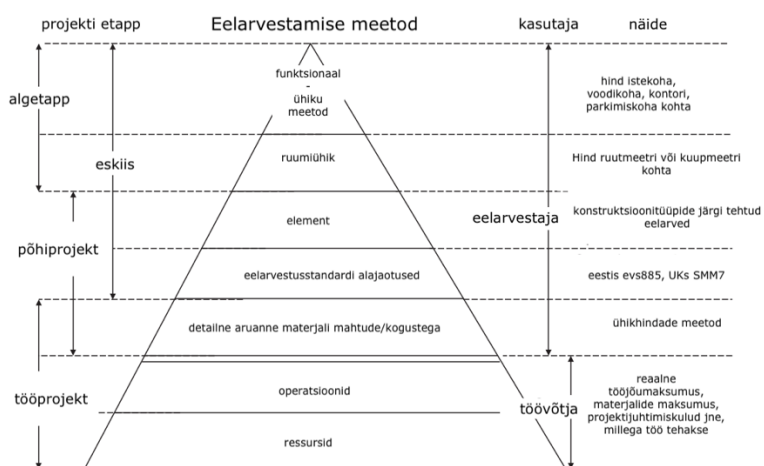
Ehitisele tehtavaid kulutused hakkavad kontseptsioonist ja lõppevad selle lammutuse ja utiliseerimisega. Hoone eluea jooksul tuleb sellele teha sõltuvalt etapist mitmeid erinevaid kulutusi. Graafiliselt on võimalik seda kujutada elukaarena. Ehitusmaksumuse täpseks hindamiseks tuleb kõigi võimalike tekkivate kuludega arvestada.

Hoone elukaare saab ajas kulgedes jagada järgnevateks osadeks: Kontseptsioon, disain, ehitus, kasutus ja ülalpidamine ning lammutamine ja utiliseerimine. Joonisel 1.7 on näha, kuidas võime maksumust ning ka hoone ehitust ja disaini muuta ajas langeb. Samuti, kuidas tehtud kulutused kasvavad kontseptsioonist kuni lammutuseni ja saavutab 100%.





Joonis 1.7 Maksumuse kujunemine ning võime hinda mõjutada projekti eri etappides [24]  
 Sõltuvalt ajahetkest on projekti kohta teadaoleva info hulk erinev ning mõistlik kasutada maksumuse hindamiseks/eelarvestamiseks kasutada eri viise. Joonisel 1.8 on näidatud tinglikult mis projekti etapis, millist maksumuse/eelarvestamise meetodit võiks kasutada ning kes on antud etapis kasutaja.

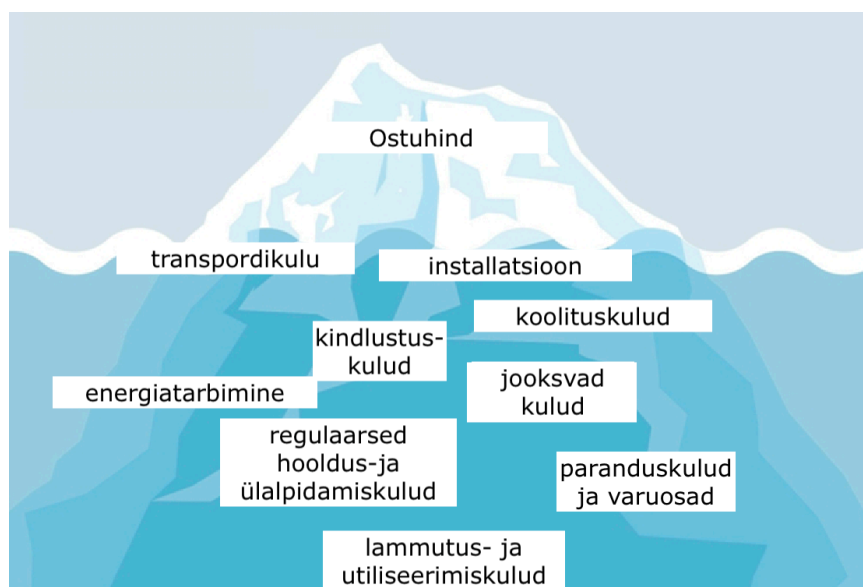


Joonis 1.8 ehitusetapi, eelarvestamise tüübi ja kasutaja seos [24]

### **Kogu omamiskulu (total cost of ownership, TCO) / elutsüklilike hindamine**

Lisaks kinnisvara ehitushinnale (antud töö raames pigem ostuhinnale) ehk alginvesteeringule peab omanik projekti elukaare vältel arvestama mitmete teiste väljaminekutega, mis kasutuse/opereerimise käigus vaja teha on. Nii saab arvestada kogu vajalikku väljaminekut. Kui vaadelda hetkel kõne all olevaid renoveerimist vajavaid korterhooneid ongi tarvilik hinnata renoveerimisele kulutatud kapitali ja

jooksvate kulude muutu, mis renoveerimise tulemusena saavutatakse ning otsustada, kas projekt on mõistlik ette võtta.



Joonis 1.8 Lõpliku hinna kujunemise "jäämägi"[22]

Erinevate alginvesteeringu taustal võivad tekkida väga erinevad ja erineva suurusega kulud, mida algul ette ei nähta. Tasuvuse hindamiseks peab teadma vara väärtust selleks, et otsustada, milline on omandi väärtus ja eluiga. Analüüsimiseks on erinevaid meetodeid[22]:

- **Amortiseerumine:** aastate jooksul vara amortiseerub. Igal eluaastal arvutatakse amortisatsioonikulu (summa määratakse tavaliselt kohalike maksuseaduste ja raamatupidamisstandarditega). Igal aastal lahutatakse aastase amortisatsiooni väärtus vara väärtusest. Kui vara dollari väärtus jõuab nulli, on vara amortiseeritav eluiga lõppenud.
- **Majanduslik eluiga:** aastate arv, mille jooksul omandamine annab omanikule rohkem väärtust, kui selle omamine ja ülalpidamine maksab. Kui need kulud ületavad tulu, ületab omandamine oma majanduslikku eluiga.
- **Kasutusiga:** aastate arv, mil soetatud vara on kasutusel.

Lisakulusid võib tuua ka investeeringu asukoht. Suurenenud kulu logistikale, transpordi ja/või majutuskulud ja üldiselt suurenenud ajakulu. Kui vaadata antud töö kontekstis korterelamuid, mis asuvad linnapiirkondadest väljas tekivad suuremad transpordi ja logistikakulud. Seda kõikidele osapooltele, kellel kohapeal vaja käia. [22]

TCO arvutamiseks pole ühte kindlat valemit. Vaadeldava objekti kohta tuleb läbi viia uurimus ning prognoosida ja summeerida kõik kulud ja kasud läbi elukaare. Omadused, mida arvutamisel kasutada ei ole universaalsed, vaid sõltuvad hanke eripäradest. [22]



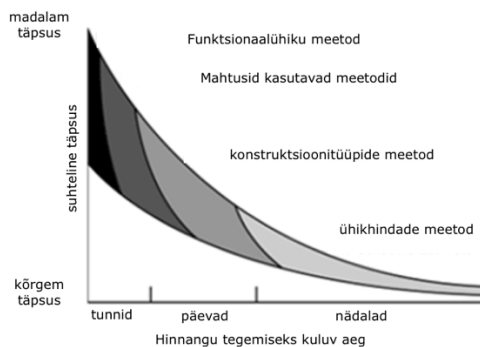
Joonis 1.9 Lõpphinna arvutamise tehte komponendid[22]

Hinna täpne prognoosimine on vajalik, aga projekti edu määrab suuresti ka tasuvusaeg. Vanade paneelilamute renoveerimine on aktuaalne laiemalt Ida-Euroopas ning seetõttu on investeringute majanduslikku tasuvust juba uuritud. Serbias, Belgradis asuvate eeltoodetud paneelilamute renoveerimise tasuvust uuriti võrreldes eri renoveerimislahendustele kuluvat investeringut, nendest tulenevat rahalist võitu ja tasuvusaega. [12]

### 1.3.3 Maksumuse ja kulude hindamise meetodid

Prognooseelarvestamine on üks esimesi etappe ehitismaksumuse saamiseks. Üldiselt on prognoosimise staadiumis projektlahendus veel ebaselge. Tavaliselt esitatakse alusandmeteks projekt eskiisi staadiumis, erinevalt detaileelarve koostamisel, kui esitatakse projekt põhiprojektina. Prognooseelarvestamine põhineb teostatavuse analüüsidel, turusituatsioonil ning üldistel andmetel ja Tellija erisoovidel. Prognooseelarveid on võimalik arvutada üksikhinnal põhinevatel funktsionaalühiku, kubatuuri, pindala või korruste meetodiga [24]. Antud meetodid ei anna täpset maksumust, vaid eeldusliku. Ükski projekt pole täpselt samasugune ning kuna projektlahendust veel ei ole, võivad kulud erineda. Prognooseelarvestamise täpsuse erinevuste põhjuseks ongi oluliste detailide välja jäämine maksumuse arvutamisel ja ühikhindade määramisel. Esitletakse vähe ridasid ning vähese kirjeldusega, mis omakorda võib kaasa tuua erineva mõistmise erinevate osapoolte vahel. [25]

Nii ehitus- kui ka renoveerimisprojekti arenedes informatsiooni hulk kasvab. Teada oleva informatsiooni suurenemine lubab eri aegadel kasutada erinevaid meetodeid, et täpsemalt hinnata projekti maksumust. Staadiumile vastav/kohane mudel peaks võtma eelneva ees prioriteedi, sest on loomulik eeldada, et uuema ja täpsema ja ajakohasema informatsiooni põhjal tehtud eeldused on täpsemad. [26]



Joonis 1.11 Eelarvestamismeetodi täpsuse ja teostusaja seos [27]

Joonisel 1.11 on välja toodud neli vaadeldavat eelarvestamise meetodit ja kuidas nende kasutamiseks kulub erinev hulk aega ning saavutatakse erinev täpsus. Valitud meetodi kasutamiseks on tarvilik teha eri kogus uurimustööd ja/või ehitusprojektiga piisvalt arenenud staadiumis olla, et neid kasutada saaks.

### Võrdluskalkulatsioon/funktsionaalühikumeetod

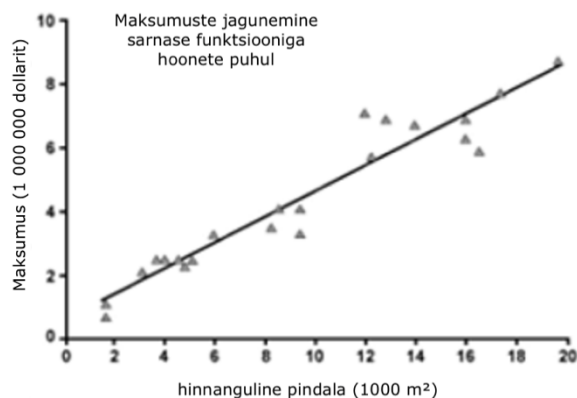
Projekti võrdlemine varem ehitatud sama otstarbega ehitistega mingite parameetrite alusel on sageli kasutusel projekti algatamise etapis, kui projekti kohta on vähe teavet. Selle täpsus on tavaliselt vahemikus 15% kuni 25%. Projekti võrdluskalkulatsioon kasutab varem ehitatud sarnaste funktsioonidega ehitiste projektide kogukulude kohta ajaloolist teavet. Näiteks haigla voodikohtade arv, parkimismaja parkimiskohtade arv või saali istekohtade arv, mis moodustab projekti võrdluskalkulatsiooni aluse, võrreldes neid sarnases mastaabis projektidega. Võrdluseks peaks valima projektid, mis on hiljuti samas piirkonnas lõpule viidud. [27][28]

meetodi kasutamise näide: autoparkla 500-le masinale maksis 3,000,000€. Ühe autokoha maksumus on  $3,000,000\text{€} / 500 = 6,000\text{€}$ . Analoogse 400-kohalise autoparkla ehitamise maksumuseks võib siis eeldada  $400 \times 6,000\text{€} = 2,400,000\text{€}$ , seda kõigi muude samade tingimuste puhul. [28]

Kõik objektid erinevad mingil viisil teineteisest. See jätab kõrvale võimalikud projektide vahelised ja tausttingimustest tulenevad erinevused. Näiteks lokaalsed eripärad (pinnas, kõrval olevad hooned, töö tingimused võivad keerukamad olla, platsi võimalik erinev maksumus, turutingimused jms). Sellise ehitise maksumuse meetodiga ei ole võimalik täpset kalkulatsiooni ehitisele saada. [25][24]

Võrdluseks on vaja omada piisavat ajaloolist teavet sarnaste projektide kohta. Mida rohkem on teada infot varasemate projektide ulatuse ja hindade kohta, seda lihtsam on

võrdluskalkulatsiooni teostada ning tulemus täpsem. Joonisel 1.10 on esitatud regressioonianalüüsi näide, mida kasutatakse projekti võrdluskalkulatsiooni koostamiseks. Graafikul olevad hajutatud punktid kujutavad erinevate projektide maksumuse ja suuruse suhet. Kujutatud joon kujutab lineaarset suhet suuruse ja ehitushinna vahel ning võib olla kasulik esialgse eelarve prognoosimiseks. Joone ja punktide vahelised kaugused annavad visuaalse hinnangu statistilisest usaldusväärsusest. [27]



Joonis 1.10 Sarnase kasutusotstarbega hoonete pindala ja hinna suhe [27]

### **Võrdlemine varem ehitatud sama otstarbega ehitistega mahu järgi.**

Ruutmeetri ja kuupmeetri kalkulatsioonid on samuti meetod, mis põhineb ajaloolisel andmetel ja mis võimaldab koostada nii esialgseid eelarveid. Kui projekt on piisavalt arenenud etapis, et võimaldada kavandatavate ruumide pindala ja ruumala mõõtmist ja arvutamist, siis võib selle meetodi abil koostada üsna täpseid hinnanguid. Selle meetodi jaoks on mitmeid ajaloolisi andmebaase, mis võimaldavad ühikuhindade (€/m<sup>2</sup> ja €/m<sup>3</sup>) kasutamist. Ehitusettevõtted saavad neid andmeid võtta oma eelnevatest projektidest. Selle meetodiga tehtavat hinnangut saab täpsustada, kui võtta lisaks arvesse piirkondlikke kulusid ja kohalikke tööturu määrasid. Lisaks võib teha täiendavaid kohandusi, et arvestada disaini muid unikaalseid aspekte, näiteks erilisi asukohta puudutavaid tingimusi (nt. Vundament) või kavandatavaid disainifunktsioone. Selle meetodiga koostatud hinnangud võivad olla täpsed, vea suurus vahemikus 5% kuni 15%. [27][25][24]

Kubatuuri meetodi puhul võib tekkida suur viga, sest mitme hoone maht võib olla sama aga geomeetriliselt võivad nad olla väga erinevad. Erinevus maksumus võib tekkida näiteks korruste arvu või kujude erinevusest. [24] Hoonetevahelise võrdlemise aluseks

võib olla ka korruste arv ehk eelarvestamiseks saab kasutada korruste meetodit. Selle meetodiga antakse sõltuvalt mahu asukohast sellele maksumuses suurem või väiksem osakaal, et tasandada erinevusi, mis tuleb erinevast korruselisusest. Planeeritavale hoonele korruste lisamine selle peale või maa alla lisavad kulused, mis võrdlusobjektiga vastavusus ei ole.[24]

### **Konstruksioonitüüpide järgi tehtud eelarved**

Antud kalkulatsioone saab teha näiteks eelprojekti põhjal, kui eeldatavad konstruktsioonid on teada ning mitme eriala või valdkonna tööd on grupeeritavad üksusteks. Selle meetodi puhul jaotatakse ehitise põhikonstruktsioonideks või elementideks ning maksumused arvutatakse kõigile osadele eraldi ja kogumaksumuse saamiseks hiljem summeeritakse üksikosade maksumused. [24][25] Näiteks vundament nõuab tavaliselt kaevamist, raketise paigaldust, tugevdust, betooni - sealhulgas paigaldamist ja viimistlust - ning tagasitäidet. Selline koondlik hindamine vaatab kõiki neid elemente koos, rakendades ja koondades välja kujunenud vastava tüüpi konstruktsiooni valmistamiseks vajalikke kuluseid. Selle meetodiga tehtud hinnangute täpsus on enamasti kuni 10%. [27]

### **Ühikhindade meetod**

Ühikhinna ja ajakava hindamise protsessis jagatakse töö nii väikesteks tööloikudeks, kui saab ja on mõistlik. Mingil piiril väiksemateks tükkideks jagamine oleks ajamahukas ning eelarvesse täpsust juurde ei tooks. Iga kulurea jaoks kehtestatakse ühikhind. Seejärel korrutatakse ühikhind vajaliku kogusega, et leida tööloigu maksumus. Seejärel liidetakse kõik kulud kokku, et saada terviklik hinnanguline maksumus. Näiteks saab müüritise seina ehitamise maksumuse täpselt kindlaks määrata, leides vajaliku telliste arvu ja hinnates kõiki seotud kuluseid, sealhulgas telliste tarnimise, ladustamise, paigutamise, lõikamise, paigaldamise ja puhastamisega seotud kuluseid ning teisi seotud tarvikuid nagu tugevduskinnitused ja muud. See hindamismeetod pakub kõige täpsemat ehituskulude prognoosi, kuigi täpsus võib olla mõjutatud hetke turuseisust. Samuti on meetod kõige töömahukam, sest kuluridasid võib olla väga palju. [29] [27][28]

### **1.3.4 Maksumuse ja Kulude hindamise väljakutsed**

#### **Ehituse mastaabi/suuruse mõju ehituskuludele**

Kui esialgsete kuluhinnangute puhul kasutatakse ühte muutujat (eelnevas peatükis mainitud funktsionaalühikumeetod), näiteks hoone põrandapindala või parkimiskohtade arv, ei ole rajatiste suuruse ja maksumuse suhe alati lineaarne.

Võivad esineda nii mastaabikasu kui mastaabikahju. Kui ühikmahtude keskmine hind väheneb rajatise suurenemisega, siis esineb mastaabikasu. Vastupidiselt, kui keskmised kulud suurenevad, siis esineb mastaabikahju. Madalamate ühikmaksumuste saavutamiseks otsitakse empiirilisi andmeid erinevat tüüpi rajatiste skaalakasude kindlakstegemiseks.[29]

#### **Ajalooliste andmete probleemid**

Ehitus koosneb väga paljudest eri protsessidest. Nende hulgas on väga palju eri töid ja materjale, mille hinnad on pidevalt muutumises, ning see muudab ajalooliste andmete põhjal tulevikus tehtavate tööde hindamise keeruliseks ja vähendab täpsust.

Tööde ja materjali hindades toimuvad muutused võivad oluliselt mõjutada lõppkulusid. Raske on ette näha kõiki probleeme, mis ehituse käigus tekkida võivad, näiteks ka suured, ettenägematud probleemid maailma mastaabis nagu koroonapandeemia või sõda Ukrainas, mille tõttu kallinesid materjalid ja lahkus töäjõud. Probleemid võivad samuti tulla hinnakujunduse muutmisest ehitusprotsessi käigus või suurest optimismist tuleviku suhtes.

Taltechis läbi viidud magistritöös, mis vaatles ja analüüsis Eesti ehitusettevõtjate maksumusplaneerimise meetodeid, tuli välja mitmeid probleeme. Kõige suurem võiks olla prognoos, mis on võetud mahuühiku, konstruktiivühiku või korruste meetodiga ning hiljem detailsemad eelarved sellest väiksemad. Sellele aitab kaasa see, kliendile/tellijale oleks hinna langus vastu võetavam kui selle tõus. Hetkel on see enamasti vastupidi, kui detaileelarvet hakatakse tegema, siis minnakse kogumaksumusega suuremaks. See tähendab, et ei mõelda läbi, kust mingid hinnad tulevad, mida need sisaldavad või kuidas jaotada mahte. Eelarvestajal tuleb määrata antud töö otse-, üld- ja kaudkulud ning arvutada arvestatav riskifond ning kasumimäär.

Üheks suurimaks probleemiks eelarvestamisel on mahuarvutuste täpsus ning ajakulu. Tihti võib märkamata jääda mõni detail. Selle probleemi lahendamiseks on soovitatav koostada ehitusinfo mudelid, mis on võimalikult konkreetsed, rohkete ja õigete

andmetega, vältimaks topelt tööd kontrollimisel. Sellisel juhul saavad kõik osapooled õiged andmed ühest kohast ning ei ole vasturääkivusi. Jooniste ja mudelite põhjal mahtude arvutamine võib olla ebatäpne, sest need võivad olla koostatud puudulikult ja lahendused pole täpselt kirjeldatud. Neid probleeme põhjustavad puudulik juhtimine ja kvaliteedi kontroll. Mudelite puhul toodi välja kehva kvaliteeti, mis põhjustas selle, et neid ei saanud eelarvestamisel kasutada. 2D jooniste puhul on tihti vastuolulised joonised ning mahtude täpsuse jaoks tuleb projekteerijatel teha kvaliteetseid jooniseid ja Tellijal on soovitatav need üle kontrollida. [25]

### 1.3.5 Ekspertsüsteemid maksumuse hindamisel

Ekspertsüsteemid on mudelid, mis simuleerivad mingi konkreetse valdkonna spetsialistide hinnanguid, sageli vastuseid, lahendusi või diagnoose andes. Ekspertsüsteemid on programmid, mille ülesandeks on mingil (tavaliselt kitsal) alal toimida asjatundja tasemel (või paremini). Neis on salvestatud paljude selle ala asjatundjate (ekspertide) teadmised ja nende ülesandeks on liigitamine (äratundmine): leida avarii põhjus (liigitada avarii selles ilmnenud tunnuste järgi), leida maagimaardlaid geoloogiliste tunnuste järgi, klassifitseerida objekte (taimi, loomi) jne. Ekspertide teadmised on programmis salvestatud tavaliselt if... then... reeglite kujul ja kuna programmi on võimalik salvestada paljude antud ala asjatundjate teadmised, suudavad ekspertsüsteemid sageli ületada inimesi. Kuna kasutajale pole tavaliselt teada, millised uuritava nähtuse või objekti tunnused on liigitamiseks vajalikud ja olulised (kui ta teab seda, oskab ta arvatavasti ise juba objekti liigitada), töötavad ekspertsüsteemid interaktiivselt: kasutajale esitatakse küsimus (järgmise) olulise tunnuse kohta ja kasutaja vastuse põhjal otsustab süsteem, mida edasi pärida. [30]



Joonis 1.12 Ekspertsüsteemi otsustuspuu näide[30]

Käesolevas uurimustöös loodav otsustuspuu, hoone tüübi kindlaks tegemiseks on lihtsamat sorti ekspertsüsteem, kus kasutaja antud visuaalsete ja arvuliste tunnuste sisestamisel mudel vastuseid mahu ja arvatava maksumuse kohta annab.



Ekspertsüsteemid võivad aidata või asendada teatud valdkonna spetsialistid. Süsteemid annavad kasutajale nõu, soovitusi või diagnoosimist teatud probleemides. Ekspertsüsteemi eeldused/omadused:

- teadmiste selge esitus,
- rakendamine konkreetsete probleemide lahendamiseks vastavalt arutlusprotseduuridele (järelkus)
- oskus selgitada süsteemi poolt leitud lahendusi,
- teadmiste töötlemine puudutab peamiselt sümbolitöötlust, mitte numbrilist töötlemist

Maailma ehitustööstuses on ekspertsüsteeme kasutatud, et toetada otsuste langetamist investimisprotsessi igas etapis alates projekteerimisest kuni hoone kasutamiseni. Ehituse eri etappides vajavad investorid, projekteerijad, töövõtjad ja kinnisvarahaldurid eri infot ja abi oma töö lihtsustamiseks. Järgnevalt on toodud mõned eksisteerivad ehitusprojekti eelarvestamist abistavaid ekspertsüsteeme. [31]

Ehitusinvesteeringu hindamiseks eksisteerib reeglipõhine programm HICOST. See koosneb mitmest allsüsteemist, et leida hoone komponentide maksumus. [31] COMVOC (Automated Construction PROject Progress Monitoring= pakub välja projekti planeerimise toetamise, lähtudes ehitusprojekti lõppväärtuse hinnangutest, mis sõltuvad projekti mõjutavatest otsustest. See võimaldab eksportida saadud andmebaasi hästi äratuntavasse Microsofti keskkonda. [31] ACPROM süsteem pakub tuge investeeringute elluviimise faasis, hinnates ehitustööde edenemist projekti ja fotodokumentatsiooni alusel, võimaldades eksportida saadud andmebaasid MS Projecti. See võimaldab integreerida projekti jälgimise ja otsuste langetamise protsessi:

- teostusjoonised;
- digipildid ehitusplatsist;
- digitaalse progressifotograafia.

Selle tulemusena tõlgendab süsteem jooniseid automaatselt [\* .dwg] formaadis ja eraldab konstruktsioonelementide andmed, et eeltoodud digipiltidega võrreldes genereerida info planeeritud tööde protsentuaalse edenemise kohta. [32]

Programm "Value Management for Construction Projects (Ehitusprojektide väärtusjuhtimine) " toetab ehitusprojektide finantsparameetrite väljaselgitamise protsessi. Süsteemi loodi ehitustööstuse väärtusjuhtimise kirjanduses kättesaadavate teadmiste koondamisest kontrollnimekirja ja teadmiste abil, mis saadi ekspertidele

esitatud vormide abil. hiljem kontrollisid seda väärtusjuhtimise valdkonna eksperdid. [33]

## **1.4 Lühikokkuvõte**

Eesti elamufond on vananev ning korterhoonete renoveerimine on vajalik. Renoveerimine parandab energiatõhusust, mis toob kaasa elanike madalamad kütte- ja jahutusarved. Kui renoveerimine viiakse läbi laenurahaga, siis tagasimakseperioodil ei pruugi igakuised kulud väiksemad olla. Kasuks on suurenenud kinnisvara väärtus, sest renoveerimine üldiselt tõstab kinnisvara väärtust, millest saavad kasu elanikud, kui nad otsustavad oma kinnisvara müüa või välja üürida.

Ehitusprojektid jaotatakse staadiumiteks vastavalt projekti valmisolekule ning staadiumid on vahetult seotud projekti maksumuse meetodite valikuga. Algses projekti staadiumis (eskiisprojekt, eelprojekt) on hinnangulised lahendused projektile ja selle maksumusele. Tööprojekti staadiumis on määratud täpne projekt ning maksumuse välja arvutamine saab olla detailne. Ehituskulude hindamise puhul mida täpsem, arenum ja rohkem lahti kirjutatud on projekt, seda täpsema maksumusplaani saab koostada. [25] Maksumuse hindamise lihtsustamiseks saab luua lihtsasti kasutatavaid digitaalseid tööriistu, milles üheks võimaluseks on ekspertsüsteemidel põhinevaid lahendused.

## 2. UURIMUSTÖÖ METOODIKA, MEETODID JA ANDMED

Lõputöö eesmärgi ehk suurpaneelilamute maksumuse hindamise arvutusmudeli väljatöötamiseks kasutatakse disainiteadusliku uurimistöo meetodikat. Selle lähenemise tulemusena valmib kindla otstarbega uudne produkt. Uudsust pakub loodav arvutusmudel klassikalisi eelarvestamise meetodeid ja ekspertsüsteemi kombineerides. Meetoodika etapid antud uurimistöo kontekstis on jagatud järgnevalt:

- Eelanalüüs: püstitati ülesanded mudeli loomiseks ning koostati töö esimese osas olev kirjanduse ülevaade töö teoreetiliseks taustaks.
- Vajaduste ja nõuete kaardistamine: Selleks lähtuti MKM-i läbi viidud LIFE BuildEst renoveerimise uuringust [21], kus toodi välja renoveerimise kitsaskohad ning laiemalt MKM-i hoonete rekonstrueerimise pikaajalise strateegiale jt. töö esimeses osas kirjeldatutele.
- Arvutusmudeli lahenduse idee väljatöötamine: Uurimuslikus osas vaadeldi kümne hoone renoveerimisprojekte. Esialgne nimekiri eri variantidest võeti S. Gritsenko uurimustööst, kus kirjeldati eri tüüpprojekte Eestis. [34] Eelkõige vaadeldi jooniseid, seletuskirju ning saadavuse korral hinnapakumisi. Hoonete valik tüüpide vahel jaotus järgnevalt: 464 tüüpprojekt 5 tk, 121 tüüpprojekt 3 tk, 133 tüüpprojekt 2 tk. Antud töö kontekstis tuleks täpsustada asjaolu, et vaadeldud hoonete fassaad ei olnud renoveeritud eeltoodetud elementidega, kuid geomeetrilise info saamiseks hoonete kohta pole sellel tähtsust. Projektidest võetud info: keskmise- ja otsatrepikoja pikkus, hoone laius. Arvutati avaspetsifikatsioonide põhjal hoone akna- ja fassaadpindala. Hinnapakumised olid kuue 464 tüüpi hoone kohta. Mudeli avalehel tehtavate valikute nimekirja koostamisel lähtuti renoveerimisprojektides tihiti esinenud lahendustest. Lisaks konsulteeriti ehitustehnilise nõustajaga, kes on põhjalikult tegelenud korteriühistute erinevate renoveerimissoovidega.
- Lahenduse arendamine ja testimine: Mudeli testimiseks kasutati kahte tüüpi kontrolli. Sisemiseks kontrolliks/verifitseerimiseks võrreldi reaalse projekti hinnapakumist mudelist saadud maksumusega. Välimiseks kontrolliks/valideerimiseks lasti mudelit katseisikutel täita, et tuvastada probleeme terminitega ja töövooluga.

## 2.1 Tüüpkorterelamute kirjeldused ja lahendused

Käesolevas peatükis on esiteks kirjeldatud Eesti/Tallinna eri piirkondades asuvad tüüpprojektide järgi ehitatud korterelamud. Teises osas on välja toodud maksumuse hindamise arvutusmudelis eeldatud lahendused.

### Mustamäe 464 tüüpseeria

Alavariante on seerial 1-464 väga palju. Alavariandid erinevad eelkõige trepikodade pikkuste poolest - seda erinevalt kombineeritud paneelisektsioonide tõttu. Fassaadi poolt vaadates on sektsioonid 2,6 m ja 3,2 m laiad. Hoone otsa poolt on seinad vahedega 5,7 m või 9-korruseliste hoonete puhul on nende vahele lisatud 1,5 m laiune koridor. Otsatrepikojad on omavahel sarnased ning keskmised omavahel. Erinevus võib seisneda rõdude asetuses paneelidel ja/või raudbetoonist küljeseina olemasolus. Tüüpseerias on 5- ja 9-kordseid hooneid, ning koosnevad neljast kuni kaheksast sektsioonist. Enamasti on igas korteris plaani järgi vähemalt üks rõdu. 9-kordsetes on iga trepikoda varustatud liftiga.



Joonis 2.1 464 koodiga "Mustamäe" tüüpi korterelamu

Viiekorruselistele seda tüüpi majadele on tehaselise renoveerimise projekte juba teostatud ja eeldatud lahendusi kasutatud. Rõdupaneelid ja varikatused eemaldatakse, et likvideerida külmasillad. Samuti on fassaadisoojustuse protsess paneelidega ilma nendeta palju lihtsam. Kui on külgseintega rõdud ja heas korras, siis võiks kaaluda lahendust katta rõdud paneeliga nagu Akadeemia Tee 5a maja puhul (Õismäe tüüpi hoone). Uutele rõdudele valatakse uus vundament ja ehitatakse uus püstak. Samuti on võimalik sel juhul lisada esimesel korrusel asuvatele korteritele rõdu, kui neid varem ei olnud. Sellega lisandub seinapaneelis oleva aknaava suuremaks tegemine, et sinna paigaldada üks rõdule. Trepikodade varikatused eemaldatakse ja ehitatakse uued. 9 korruseliste puhul on tööd on mudelis eelduslikud, sest antud varianti pole

tehaselementidega renoveeritud. Eemaldatakse rõdupaneelid, varikatused. Taastatakse rõdud uuele vundamendile rõdupüstakuga.

### **Õismäe/Lasnamäe 121 tüüpseeria**

Sarnaselt Mustamäe tüübile 5- ja 9-korruselised hooned. Fassaadi poolt on sammud 2,6 ja 3,2 m. Hoone otsa poolt vaadatuna on seinte vahe 5,76 m. 9-korruselistel võivad olla omapärased kolmnurksed paarirõdud, kus üks pool muutub lodžaks. 5-korrustelistel võivad olla lodžad, rõdud või külgseintega rõdud. Sellise 5-korruselise heaks renoveerimise näiteks on TalTechi ühiselamu aadressil Akadeemia tee 5a.



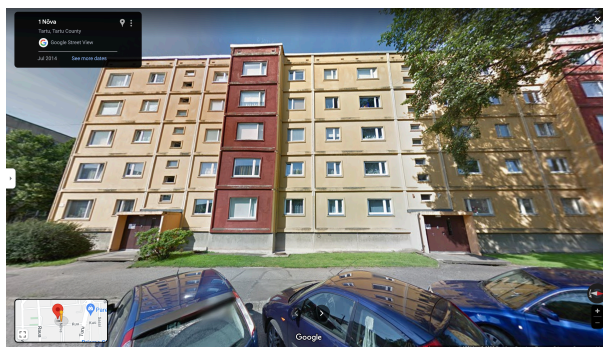
Joonis 2.2 121 koodiga "Õismäe/Lasnamäe" tüüpi korterelamu

Selle projekti põhjal võiks eeldada lodžade piirdepaneelide eemaldamist ning katmist fassaadipaneelidega. Kui tagaküljel on väljaulatuva paneeli ja ilma raudbetoonist külgseinteta rõdud, võiks kasutada 464 majade puhul kasutatavat lahendust, kus rõdud eemaldatakse ja taastatakse uuel vundamendil püstakuna. Üheksakordsete puhul on mudelis tööd eelduslikud, sest antud varianti pole tehaseselgelt renoveeritud. Varikatuste asemel on neil suuremad tuulekojad. Hoonel võivad olla omapärased kolmnurksed rõdud, kus pool on lodža. Tehaselise renoveerimise muudab selline geomeetria väga keeruliseks ning võiks eeldada, et väiksem osa rõdust eemaldatakse. Seejärel on fassaad ühes tasapinnas ning elemendiga kergem soojustada.

### **Tartu 133 "vahvel konstruktsiooniga" Tartu tüüp**

Need hooned on enamasti 5- või 9-korruselised, kuid leidub erandeid. Näiteks võivad olla trepikojad eri kõrgustega. 6-korruselised variandid on geomeetria poolest sarnased 9-korruselise variandiga. Hoonetel on oma välimuse poolest selgelt eristatavad Tallinnas olevatest 121 ja 464 seeriast oma väljaulatuvate osade poolest paneelide vahekohtades, mis tekitavad fassaadile omapärase ruudustiku. Seetõttu kutsutakse neid vahvelkonstruktsiooniga majadeks. Kasutatud paneelid on teistsuguste mõõtudega

võrreldes Tallinna variantidega: fassaadi poolt vaadates on paneelide vahed 3 ja 3,6 m ning otsa poolt vaadates 5,7 ja 4,8 m. Hoonetel puuduvad rõdud, tagaküljel on lodžad.



Joonis 2.3 133 koodiga "Tartu/vahvelkonstruktsiooniga" korterelamu

133 tüüpprojekti puhul võiks eeldada varikatuste lammutust, Lodžade piirdepaneelide eemaldust ning katmist fassaadipaneelidega nagu 121 projekti puhul. Seinapaneel antud mudeli puhul on samuti teistsugune fassaadilt nähtavate süvendatud osade tõttu.

### **Tarindite ja lahenduste kirjeldus**

Selles osas on toodud hoone energiatõhusust parandavate lahenduste kirjeldus hooneosade kaupa.

Fassaadid.

Tüüpne fassaadi lisasoojustuselemendi konstruktsioon:

- õhuke kiht villa, mis tasandub hoone fassaadi ebatasasustega
- aurutõkkekiht - tagab kogu fassaadikonstruktsiooni niiskustehnilise toimivuse.
- kombineeritud kiht puitprussidest ning nende vahele pandud villast - see tagab konstruktsiooni jäikuse ning suurendab soojustuse paksust tänu villale. Tervikrenoveerimise puhul lisatakse enamasti soojusvahetiga ventilatsioonisüsteem. Seetõttu on selle sisse on pandud ventilatsioonitorud, et ventilatsioonisüsteem korteritega ühendada.
- tuuletõke – õhuleke
- õhutusvahe – fassaadipaneelides olevad materjalide kuivamise võimaldamiseks
- fassaadikate - kaitseb hoonet ilmastikuolude eest ning annab hoonele soovitava välimuse.

Järgnevalt on kirjeldatud ühe Eestis tegutseva seinaelementide tootja planeerimise, tootmise ja paigaldamise protsess:

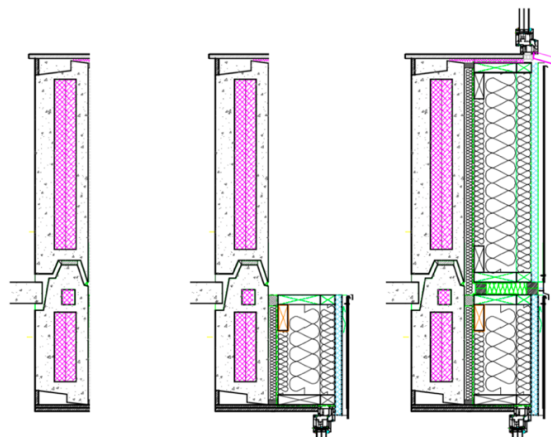
- Hoone ülesmõõdistamine laserskaneerimise teel ja punktipilve loomine, selle põhjal BIM mudeli koostamine.
- Laserskaneerimise / punktipilve andmete kontrollmõõtmised ehitusplatsil projektijuhi / paigaldusjuhi poolt.
- Seinaelementide jooniste koostamine, sh staatikaarvutused, projektipõhiste kinnituslahenduste väljatöötamine, ventilatsioonilahenduse ja päiksekaitse integreerimine seinaelementi.
- Proovipuurimised ja tõmbetestid ehitusplatsil.
- Seinaelementide valmistamine, ilmastikukindel pakkimine ja transport ehitusplatsile.
- Seinaelementide paigaldus. [37]

Joonisel 2.4 on näha paneelide võimalik asetus fassaadil. Mõõdud umbes 9 x 3 m (3 akent)



Joonis 2.4 paneelide asetus fassaadil. [38]

Joonisel 2.5 on vasakul kirjeldatud hoone vana fassaadipaneel: betooniga ümbritsetud soojustus (joonisel roosa). Paremal on näha vana osa koos lisatud fassaadipaneeliga.

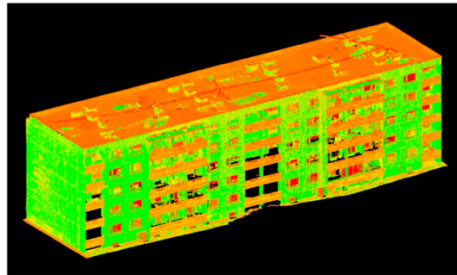


Joonis 2.5 elementide lahenduse lõige [0038]

Enne tootmist tehakse hoonest laserskaneerimisega 3D mudel, mida on näha joonisel 2.6. Selle põhjal tehakse tehases elemendid valmis. Igal hoonel on omapärased vajumid ja ebatasasused ning elementide heaks ja täpseks kokkusobivuseks on vaja iga hoonet mõõta.

### Eeltoodetud elementidega rekonstrueerimine

- Hoone 3D ülesmõõdistus



Joonis 2.6 [38]

Õhuvahetus vanades suurpaneelilamutes toimus peamiselt läbi akende ebatiheduste ning seetõttu peab hoone tehniliseks toimivuseks akende vahetamisega alati kaasnema ventilatsioonisüsteemi renoveerimine. [39] Kui on üks suur HVAC agregaat kogu hoone peale, siis paigaldatakse see katusele. Võib tekkida probleem lisamisel, kui hoonele on hilisemalt paigaldatud kaldkatus.

Sokli kõrgus vaadeldavatel hoonetel varieerub, aga enamasti on see umbes 1 m kõrge. Soklipaneelide olemasoleva konstruktsiooni paksus on vaadeldud hoonetel vahemikus 230-280 mm. Maksumuse arvutustes on soojustusena kasutatud 250 mm EPS plaati.

Vaadeldud majadel on nad olnud halvas korras. Näiteks suur probleem on sinna tekkivate lompidega. Katuse isolatsioonina on maksumuses arvestatud soojustusega, mis koosneb 300 mm EPSist ja villamattist 50 mm

Rõdupiirded ja -paneelid eemaldatakse, et seinapaneeli paigalda. Samuti on nende eemaldamine vajalik, sest rõdupaneel koos metallist kinnitustega on vaadeldavate hoonete puhul suur külmasild. Kui on soov taastada, ehitatakse uus püstak uuele vundamendile. Sellist lahendust on juba kasutatud. Lodžade renoveerimise mugav lahendus on tõsta fassaadipaneel lodžale ette ning muuta see siseruumiks. Samuti kui rõdud on küljeseinte ja korraliku katusega saab kasutada sarnast renoveerimise põhimõtet, kus fassaadipaneel tõstetakse neile ette ning siseruum läheb selle arvelt suuremaks. Sellist lahendust on kasutatud näiteks TalTechi ühiselamul, mis asub Akadeemia tee 5a. Selle arvelt läheb fassaadi soojustamine kallimaks, sest on vaja



toota rohkem eri suurusega paneele ning ka nende summaarne kogus on suurem, mis tähendab ehitusplatsil rohkem tõstetöid ning rohkem ühendusi paneelide ühenduskohtades. Lodžade või rõdude kinni ehitamisel on tarvis viimistleda ära fassaadipaneeli sisemine külg.

### **9-korruseliste hoonete erisused**

Töö kolmandas osas kirjeldatud mudelit saab kasutada 9-korruseliste hoonete ligikaudse maksumuse hindamiseks, aga on rida põhjusi, mis tulemuse usaldusväärsust vähendavad. Teooria osas kirjeldatud Eesti hoonefondi statistikast oli näha, et 9-korruselisi pole Eestis väga palju. Nad moodustavad kõikidest vaadeldavatest kortermajadest alla 4% ning renoveerijatele oleks suur kulu neile lahendusi välja töötada ja testida. Lisaks maht, kuhu lahendusi saaks kasutada, pole väga suur. Eelpool toodud põhjustel ei ole 9-korruselisi elamuid varem Eestis tehaseelementidega renoveeritud, puudub kogemus ja väljakujunenud renoveerimislahendused. Lisanduvad mitmed tuleohutusnõuetes tulenevad tingimused, mis hakkavad kehtima, kui hoonel on rohkem kui 8 korrust. 9-korruselistel probleem, et ainult soklile fassaadipaneele ei saa toetada, sest koormused lähevad liiga suureks. Seega kinnitamisest kõrgematele korrustele kulukamad ja keerulised. Antud info pärineb töötubadest fassaadipaneelide tootvate firmade esindajatega, milles töö autor osales.

Probleemi maksumuse hindamisel tekitab kindlasti 9 kordsete hoonete info sisestamine mudelisse. Mittelineaarselt võib käituda näiteks fassaadimaksumus. Koguse saab välja arvutada 5- ja 9-korruselise maja puhul, aga teades, et 9-korruselise maja renoveerimisele lisanduvad tuleohutusest tulenevad nõuded ja kõrgemal töötamise keerukus. Seetõttu ei saa eeldada, et ühikmaksumus fassaadi puhul jääb samaks, mis 5-korruselise maja puhul. Olgu ära mainitud, et mahu suurenemine horisontaalselt, mis tuleneb hoone laiuse suurenemisest, enamasti rohkematest või laiematest trepikodadest tulenevalt, võib hinda alandada, sest suuremat kogust tellides on teoreetiliselt võimalus saada elemente odavamalt.

## 2.2 Korterhoonete tüüpeelarved

Töö praktilises osas olevate hindade aluseks on renoveerimisprojektide hinnapakkumistest võetud ühikhinnad. Ühikhinnad pärinevad aastast 2023. Vaadeldud hinnapakkumisi oli 6 ning koostatud eelnevas peatükis kirjeldatud 464 tüüpi viiekorruseliste hoonete kohta. Pakkumised olid koostatud EVS 885 „Ehituskulude liigitamine“ tabelis ette nähtud jaotuste järgi, kuid osati oli kulusid oma äranägemise järgi ümber tõstetud. Arvutusmudelis olevate hindadena on kasutatud kahte hinnapakkumist, mis olid tehtud kahe erineva sama tüüpi hoone kohta, mis tõi välja korteriühistute erinevaid soove ja otsuseid. Neli ülejäänut olid erinevad pakkumised ühe hoone renoveerimisprojekti teostamiseks. Vaadeldud projektid ei eeldanud tehaselist renoveerimist. Selle maksumuse hindamiseks kasutati ühe hinnapakkumise modifitseeritud versiooni, kus klassikalise fassaadi soojustamisega seotud tööd olid asendatud tehaselise renoveerimisega seotud töödega ning hinnad selle järgi parandatud. Täpsem võrdlus on välja toodid käesoleva töö osas 3.4.

### **3. UURIMISTÖÖ TULEMUSED/LOODAV MUDEL**

Uurimustöö kolmandas peatükis põhjendatakse esiteks laiemat vajadust arvutusmudeli järgi ning kirjeldatakse sellele esitatud nõudeid ja potentsiaalseid kasutajaid. Teises osas tutvustatakse mudeli põhimõtteid, ülesehitust ja töövoogu ning kolmandaks on kirjeldatud programmis Microsoft Excel loodud arvutusmudelit etapiliselt ja detailselt.

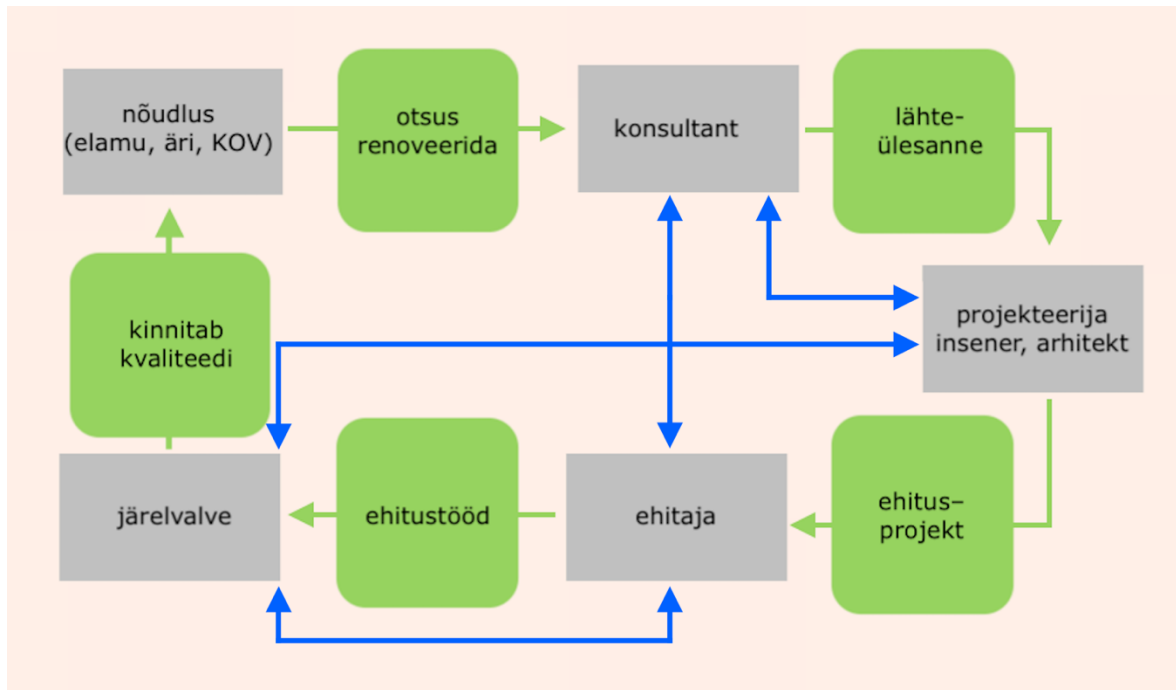
#### **3.1 Maksumuse arvutusmudeli vajadused ja nõuded**

Maksumuse hindamise arvutusmudeli sihtgrupi tuvastamiseks tutvuti varasemalt tehtud uuringutega. Eelnevalt kirjanduse ülevaates mainitud MKM-i läbi viidud LIFE BuildEst renoveerimise uuringust [21] selgus, et üheks väljakutseks on kiiresti anda korteriühistutele/tellijale infot renoveerimise eeldatava maksumuse kohta. Sellest ajendatult on antud töös peamiseks kasusaajaks määratud korterhoone renoveerimist toetavad tehnilised konsultandid.

Väärtust looks võimalus arvestada võimalikult paljude korteriühistute erisoovidega, mis võivad omavahel võrreldes vägagi erineda. (Näiteks soov viia läbi keldri põhjalik renoveerimine nõuab mahukamaid töid.) Esialgseid tööde ja materjali mahtusid saaksid kasutada ka töövõtjad ning oskuste/arusaama korral erinevaid renoveerimise variante läbi mängida ka hoonete elanikud. Järgnevalt on välja toodud vajadused, mida antud programmi loomine lahendada aitaks. Vajadus on:

- kiirema renoveerimistempo järele;
- jõuda kiiremini otsuseni, et renoveerimisega üldse alustada;
- lihtsad digitaalsed tööriistad, mis annavad korteriühistule infot, teadmisi ja arusaama renoveerimisprotsesside kohta aitaks neil langetada otsuse, et renoveerimisprojekt üldse ette võtta;
- kiirem esialgse maksumuse prognoosi tegemine;
- korduva töö vältimine samasuguste hoonete tõttu.

Uuringus analüüsiti korterelamute renoveerimisprotsesside tõhustamise võimalusi ja tehti ettepanekuid, kuidas suurendada renoveerimise aktiivsust ja kvaliteeti. Joonisel 3.1 on välja toodud põhiprotsessis osalejad renoveerimisprojekti ning loodav mudel aitaks protsesse kiirendada selle vahetutel osapooltel. [21] Rohelisega on kirjeldatud põhiprotsessides osalejad ning sinisega tagasiside info liikumine osapoolte vahel.



Joonis 3.1 Info/suhted renoveerimisprotsessis osalejate vahel, kus antud mudel kasu tooks. (täielik ja põhjalik joonist on töö lõpus LISA 2 [35])

Lisaks toodi välja, et teenuste kvaliteet on sageli kannatanud vähempakkumise kriteeriumi domineerimisel hangetes. Samuti suuremad ehitusettevõtted ei soovi osaleda madalate kvalifikatsiooninõuetega renoveerimise turul. Renoveerimine on alaväärtustatud teisejärguliseks tööks, kuigi paljud tervikrenoveerimised on tehniliselt keerukamad ning ehitusjuhtimise poolest komplekssemad kui uusehitused, kutsetegevuses aga sellega ei arvestata. [35]

Soovitusena toodi välja, et rekonstrueerimisel võiks kasutada tüüpprojekte, mille on valmis teinud Tehnikaülikooli teadlased, kuid seda on vaja kombineerida projekteerimisega läbi punktipilve, milles on täpselt näha, kus kohast näiteks toru läbi läheb. Mõeldud oli küll tehnilisi projekte, aga tüüpne eelarve on ka projekti osa. [35]

Disainiteadusliku uuringu meetodikale põhinedes on loodavale mudelile esitatud nõuded ja tingimused, et tagada selle parem toimivus. Esiteks peaks tulemus olema selge, mõistetav ja läbipaistev. Läbipaistvuse poolest saab kasutajale näidata nii palju infot, kui antud kasutajal on tarvis. Tavakasutaja saab sisestada oma hoone, valida tüüpsete valikute hulgast ning näeb tulemuste lehel hinnangulist maksumust. Kasutajad, kes sooviksid näha täielikku tööde nimekirja, saavad seda näha ühikmaksumuste lehelt. Samuti on võimalik näha mahtude arvutamise lehel kasutatud valemeid.

Mudeli koostamisel on proovitud rakendada kasutajakogemuse disaini põhimõtteid, et loodav mudel oleks võimalikult kasutajasõbralik. USA kasutajakogemuse parandamisega tegelev lehekülg usability.gov (kuulub General Services Administrationi alla, ehk Ameerika alternatiiv Riigi Tugiteenuste Keskusele) on välja toonud UX-i põhimõtted, millega peaks iga mudeli loomisel arvestama[43]:

- Leitav: sisu peab olema kasutajale lihtsasti navigeeritav ja leitav. Näiteks ühe piirkonna värv on eri lehtedel sama: 464 Mustamäe tüüp on kollane, 121 Lasnamäe ja Õismäe tüüp on sinine, 133 Tartu tüüp on punane.
- Usaldusväärne: edasi antav info peab olema tõene ja usaldusväärne.
- Väärtuslik: mudel/teenus tervikuna peab kasutajale tooma mingil kujul kasu, rahaline ja/või ajaline vms.[42] [44]
- Kasulik: edastatav info peab olema originaalne ja kasulik.
- Kasutatav: mudel peab olema lihtne kasutada.

Tulemuses saadud väljund peab olema täpne ja usaldusväärne. Töös kasutatud eelarvestamise meetod on kombinatsioon ühikhindade meetodist ja varem ehitatud sama otstarbega hoonetega mahu järgi võrdlemisest. Hinnad on võetud varasematest hinnapakumistest. Hinnapakumised olid tehtud 464-tüüpi (Mustamäe tüüpi) majade kohta. Sellest tuleb kindlasti mõne töökirje puhul hoonete konstruktiivsete erinevuste pärast hinnaerinevus. Vaadeldi ainult üldehitustöid.

Mudelis on tehtud valik töödest, mis on kattuvad kõikide hoonete puhul. Tööde valikul lähtuti sellest, et korterhoonete juures tehtavad tööd on väga tüüpsed ning lahendused samad või sarnased. Näiteks üldehituslikud tööd tarindeid soojustades, et hoone energiatõhusust paranda. Seega on võimalik töid hoonete vahel üle kanda. Kui elanikel on erisoove või mitte kasutada mudelisse sisestatud standardlahendust, saab mudelist võtta ühikmaksumuste lehe ning sealt sisestatud asju oma järgi nägemise kohaselt muuta.

## **3.2 Ehitusmaksumuse hindamise arvutusmudeli lahenduste ülesehitus, töövoog ja põhimõtted**

### **Arvutusmudeli lähtekoht**

Paljusid vaadeldavaid tüüpeid hooneid on varem juba renoveeritud ning nende tüüpsetele töödele on teada hinnad ja töid teostavatel firmadel on kogemus. Paljud tööd jäävad eri tüüpi hoonete lõikes samaks.

Sarnaste korterhoonete renoveerimise hinna planeerimisel jääb suur osa esialgsetest ebatäpsetest hinnakujundusmeetoditest ära, sest väga palju infot jääb erinevate projektide lõikes samaks. Korterihoonete renoveerimise maksumuseelarve koostamist peaks see oluliselt lihtsustama. Mahtusid saab üle kanda järgmistele sarnase ehitusega objektidele ja alustada eelarvestamist ühikhindadega.

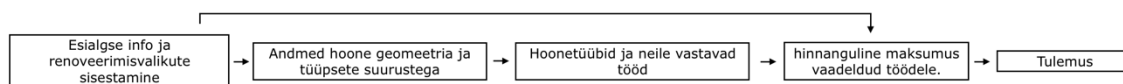
Kõikide objektide puhul on tegemist enne 2000. aastat tüüpprojektide järgi ehitatud korterhoonetega.

### **Arvutusmudeli tööpõhimõte ja kirjeldus**

Kasutaja vaates on proovitud mudeli kasutamine teha võimalikult lihtsaks. Esimesel lehel sisestatakse lähteandmed, mida aitavad teha selgitused küsimuste kõrval ning tüüpfoonete otsustuspuud järgmistel lehtedel. Viimasel lehel kuvatakse kasutajale tulemus mudelist. Lisaks saab kasutaja lõpus sisestada talle kehtivaid laenuitingimusi, et saada maksumus ruutmeetri kohta.

Loodava arvutusmudeli põhikomponendid info liikumise mõttes: on: lähteandmed, andmed hoonete geometriaga, andmed hoonetüüpide ja nendele vastavaste töödega, hinnanguline maksumus vaadeldud töödele ning kuvatavad tulemused.

Peale hoone kohta esialgse info sisestamist ning soovitatavate valikute tegemist ühendab arvutusmudel hoone erinevate osade ligikaudsed mahud ja nimekirja vastava tarindi juures tehtavatest töödest. Töödele ja mahtudele on määratud eelduslikud hinnad varem koostatud hinnapakumiste alusel. Lihtsustatud põhimõtet on näha joonisel 3.2.



Joonis 3.2 Arvutusmudeli prototüübi tööpõhimõte

Mudelis on eeldatud palju töid, mis on ühised kõiki tüüpi hoonetele. Nende valikul sellest, mis on aitavad hoone energiatõhusust tagada, on nende tööde jaoks vajalikud või

- soojustatakse seinad (eeldab hoonete tehaseelementidega renoveerimist);
- kõik aknad vahetatakse, vanad utiliseeritakse;
- soojustatakse katus;
- soojustatakse sokkel ja selle maa-alune osa;
- otsatrepikojad on identsed ja keskmised on identsed, Kui 2 trepikoda, siis 2 otsa oma;
- vana otsaseinte soojustus eemaldatakse, kui see on hoonele lisatud;
- hoone ei puutu otsaseinte kaudu kõrval olevatega;
- rõdupaneelid eemaldatakse ja kasutatakse taastamiseks varianti, kus ehitatakse uus püstak uue vundamendiga (kui oleks soov mitte taastada, siis saab lõpptööde nimekirjast rõdude taastamise kustutada);
- lodžad ehitatakse fassaadipaneeliga kinni (täpsemalt kirjeldatud tarindite ja lahenduste juures).

Protsentuaalselt on hinnale lisatud tööd, mida antud töö käigus täpsemalt ei käsitletud nagu tehnosüsteemide renoveerimise hind. Samuti lisandub tavaks olev tellija reserv, ehituse juhtimise kulu ja käibemaks. Täpne protsentuaalne jagunemine on näha osas 3.3.7 tabelis 3.1.

### 3.3 Arvutusmudeli ülesehitus

Antud peatükis on kirjeldatud etapi kaupa, mida ja kuidas kasutaja käest küsitakse/lastakse sisestada ning mida sellest järeldatakse. Samuti on lehekülje kaupa kirjeldatud mudeli prototüübis (mis tehti programmis Microsoft Excel) tehtavad arvutused ja seal olev info.

## Lähteandmete sisestamine mudelisse

Esimesel lehel sisestab kasutaja oma hoone kohta infot. Siestatava info selgituseks on kõrval olevas tulbas abistavad märkused (näiteks ehitusaeg: leitav ehitusregistri kodulehelt). Esiteks tehakse kindlaks kasutaja hoone tüüp. Järgnevalt on punktadena toodud lähteandmete lehel olev valik/küsimus ning selgitus, mis sellest järeldatakse. Nimekiri kasutajalt algselt nõutavast infost on koostatud tüüpsete enim levinud ja/või soovitud tööde kohta, mida antud tüüpi korterhoonetel teostatakse või on juba teostatud ning mille kohta on eelarvestamiseks mahtusid vaja tuletada.

- Sarnane tüüpprojekt/hoone

Valides tüüpprojektiks väärtuse "0" ja sisestades hoone seinakonstruktsiooni tüübi, korruste ja trepikodade hulga ja ehitusaasta, kasutaja umbkaudsed mahud kätte hoonete tüpoloogias (TalTechis varem läbi viidud uurimustöö tulemus). Nii saab kaudsed tulemused kõikidele Eestis enne 1990. aastat ehitatud korterhoonetele, näiteks hruštšovkadele.[36]

Täpsuse huvides on lisatud võimalus teha kindlaks hoone tüüpprojekt, mille andmed on projektide pealt täpsustatud. Uurimistöö käigus uuritud erinevaid tüüpprojektide 464,121 ja 133 variante ning nende referentshooneid mudeli kasutajatele valikuks antud, et täpsustada algseid sisendeid. Täpsustatud on hoone laius ning akna ja fassaadi suhe. Samuti keskmine trepikoja pikkus. Eelnevalt on tüpologia põhjal eeldatud, et keskmised ja otsmised trepikojad on sama pikad. Valides sarnase hoone, muutuvad täpsemad otsa ja keskmise trepikoja pikkused arvutuste sisendiks. See parandab tüpoloogias tuleneva kõige suurema vea, mis antud tööks läbi viidavate arvutuste puhul tekiks.

Suurimad probleemid, kui sisestada tüüpprojektiks nulli, ehk seda mitte valides, tulevad hoonete kogupikkusest pikemal teljel. Trepikojad on tüpoloogias taandatud suurusele "Keskmine trepikoja pikkus", mis on keskmine väärtus paljudest eri tüüpprojekti järgi tehtud hoonete eri pikkusega trepikodadest. Reaalsuses on tihti olukord, kus hoone otsmised trepikojad on ühe pikkusega ning keskmised pikemad ja nende hulka on erinevalt kombineeritud. Nt. Nelja trepikojaga 1-464 tüüpprojekti hoone kogupikkuse vahe tüpologia ja reaalsuses vahel erineb 13m. See tekitab u. 150 m<sup>2</sup> vea ehitusaluses pinnas. 5 kordne seda tüüpi hoone on umbes 15m kõrge ning fassaadi pindala võrreldes tekib veast 200m<sup>2</sup> suurune vahe reaalse hoonega.

- Välisseina materjal



- Esmane kasutusvõtule aasta
- Trepikodade arv
- Korruste arv

Nende nelja küsimuse põhjal võtab mudel info TalTechis välja töötatud hoonete tüpoloogia tabelist.[36] Selleks on: Keskmine trepikoja pikkus, hoone laius ning akna ja fassaadi suhe.

Järgmiste küsimustega tehakse kindlaks, mitu rõdu hoonel on ning mitu lisatakse. Nendeks on:

- mitu rõdude veergu on hoonel;
- mitmel neist esimesel korrusel ka rõdu on;
- mitu esimese korruse rõdu lisada;

Sellisel viisil küsimuste esitamine aitab kindlaks teha tööde mahtusid, mis on seotud rõdude ja nende kogusega. Probleem tekib peamiselt 464 hoonetüübi puhul, kus pealtnäha samasugustel majadel võivad rõdud olla väga erinevalt paigutatud ja ehitatud. Näiteks on variante, kus kõige äärmisi esimese korruse rõdusid mõnel variandil pole ning variante, kus esimese korruse rõdusid pole üldse. Samuti on variante kus ühel hoonel on nii külgeintega rõdusid ja ilma külgeinteta rõdusid

- Kas otsaseinad on juba soojustatud?

Tihti peale on korteriühistud juba otsaseinad ära soojustanud. See tuleb hoone tehaselementidega renoveerides eemaldada ning lisab utiliseerimise ja demonteerimise kulusid.

- Kas hoonel on kaldkatus?

Mõnel hoonetüübil, mida saaks sisestada laiendatud tüpoloogiat kasutades on originaalis kaldkatus ja käesoleva töö raames vaadeldud suur-paneel korterelamutele on mõnikord see ehitusjärgselt lisatud. Kui jah, siis saab kaldkatuse olemasolu selle küsimusega määrata hetkel on eeldatud, et katus on  $<25^\circ$  ning suurendab hetkel selle võrra ainult katuse pindala ning muid kulusid ei tekita.

- Kas teostada keldri renoveerimine

Arvestatakse hinnas uue põranda valamist, keldribokside ehitamist igale korterile

- soovitav energiaklass

mudelis energiaarvutusi ei toimu, aga muudab tarindite ja akende hindu vastavalt selliseks, kui palju tavaliselt seda klassi tagavad tarindid ja aknad maksavad. Kui tellijal on soov saavutada kõrgemaid (B, A,) tasemeid, siis ainult tarindite soojustamisest arvatavasti ei piisa. Antud juhuks on tellijal ka valik lisada hoonele lokaalseid taastuvenergia allikaid, näiteks päikepaneele. Seetõttu annab A klassi puhul teate, päikesepaneelide valiku juurde, et klassi saavutamiseks on vajalik lisada. Hetkel on määratud kõikidele samad hinnad ning maksumuse tulemust klassi valik ei muuda. Arvutusmudelit arendades oleks see osa, mida täiustada.

- lodžade arv

Lisatud seinapaneeli sisemine pool tuleb ära viimistleda. Kui hoonel on sellised rõdud, mis on väljaulatuvate raudbetoonseintega ümbritsetud, siis lugeda nad lodžadeks. Võiks eeldada, et sellisel juhul on nad paremini toetatud ja säilinud ning kasutatakse renoveerimisvarianti, mida kasutati TalTechi ühiselamus, mis asub aadressil Akadeemia tee 5a, kus seintega ümbritsetud rõdud muutuvad seinapaneeli ette lisamisel siseruumideks nagu lodžad ja tubade pindala selle arvelt suureneb.

- Kas lisada päikesepaneelid

Saab sisestada koguse kilovattides. Kui soovitaks energiaklassiks on märgitud A, siis tuleb teade „klassi saavutamiseks peab lisama“.

### **Referentshooned piirkondade järgi ja renoveerimislahendused**

Mudelis on 3 lehekülge referentshoonetest, et määrata tüüpprojekt või kõige sarnasem hoone. Piirkonnad ja hooned pole reaalsuses 100% kattuvad ja võib leida erandeid: näiteks on mõningad 121 projektiga hooned Mustamäel ning 464 projektiga hooneid Tartus. Selleks on töös loodud otsustuspuud. Sarnase hoone leidmiseks peab kasutaja liikuma hakkama vasakult paremale ning läbi kontrollküsimuste jõuab hoone koodini. Näide koodiga 121 hoonetüüpide kohta on toodud välja joonisel 3.3. Kõik otsustuspuud on välja toodud töö lõpuslisas 1.

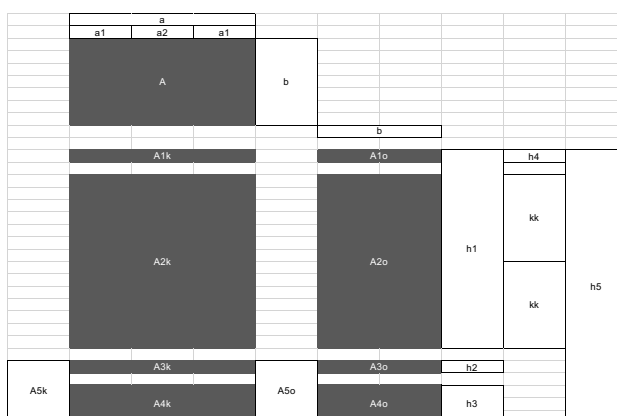


Joonis 3.3

### Üldandmed hoonetüüpide geomeetria kohta ja arvutused

Lehel G1 on läbi töötatud projektidest kogutud info tüüphoonete lõikes trepikodade pikkuste, hoone laiuse ning akna ja fassaadi suhte kohta, mis on tuletatud uuritud projektide avatäidete spetsifikatsioonidest. Samuti on sisestatud tüüpilised suurused parapeti, korruse, sokli ja sokli maa-aluse osa kõrguse kohta. Samuti on tuletatud keskmine akna suurus ja eeldatud akende kogus.

Lehel G2 on Joonisel näidatud hoone lihtsustatud pealt-, kül-, ja otsvaade. Hoone sellisteks pindadeks jaotamisel lähtuti sellest, et hoone puhul tehtavad tööd on vastavad mingile jaotuses toodud suurusele.



Joonis 3.9 Hoone kolmvaade ja jaotused

Vastavalt tüüphoonele iseloomulikele suurustele kirjeldab selline "venitatav" risttahukas kõiki vaadeldud hoonetüüpe.

Esimesel lehel sisestatud valikute ning lehel G1 oleva info järgi luuakse hoone geometria. Hoone kogupikkus on  $a$ , mis tuleb otsatrepikodade  $a_1$  ja keskmiste trepikodade  $a_2$  pikksutest. Trepikodade kogus eeldab kahte otsatrepikoda ja keskmiste trepikodade arvu saamiseks on tehtud tehe (trepikodade arv - 2).

- $kk$ : korruse kõrgus - kõrgus põrandast põrandani;
- $h_4$ : parapeti kõrgus - keskmistatud väärtus erinevatest projektidest;
- $h_2$ : sokli kõrgus - 1 m;
- $h_3$ : sokli maa-aluse osa kõrgus - 1,3 m;
- $h_1$ : fassaadi kõrgus= $kk \cdot \text{korruste\_arv} + h_4$ ;
- $h_5$ : hoone kogukõrgus= $h_1 + h_2 + h_3$ ;
- ehitusalune pindala:  $A$ ;
- Parapeti pindala:  $A_1 = 2 \cdot A_{1k} + 2 \cdot A_{1o}$ ;
- Korruseosade fassaadi pindala:  $A_2 = 2 \cdot A_{2k} + 2 \cdot A_{2o}$ ;
- Fassaadi pindala:  $A_f = A_2 + A_1$ ;
- Sokli pindala:  $A_3 = 2 \cdot A_{3k} + 2 \cdot A_{3o}$ ;
- Sokkel pinnases:  $A_4 = 2 \cdot A_{4k} + 2 \cdot A_{4o}$ ;
- Sokkel+ Sokkel pinnases:  $A_5 = 2 \cdot A_{5k} + 2 \cdot A_{5o}$ ;

Kõik välja toodud lühendid on Excelis ka nimedena välja toodavad. Kui samale nimele vastab ka lahter (nt.A3), siis peab suuruse kirjutamiseks lisama alakriipsu (A3\_).

### **Tööd ja mahud tüüpide järgi (TMTJ)**

Tabeli ühel teljel on välja toodud hulk töid, mida renoveerimisel läbi viiakse. Teisel teljel on kõik antud töö käigus vaadeldud hoonetüübid. Tabeli sisus on märgitud, kas vastava hoonetüübi puhul antud tööd üldse viiakse läbi. Kui jah, siis mis mahus, kui ei, siis antud töö maht on 0. Näiteks rõdudega seotud töid 133 variandil pole. Suur hulk üldehitustöid nagu vundamendi lahtikaevamine ja katuse soojustamine on universaalne ning on märgitud kõigile. Samuti on info all toodud mahu arvutamiseks kasutatud valem.

### **Energiaklassi mõjutavad tarindid (EKMT)**

Energia klassi mõjutavad elemendid on leht, kus on välja toodud hoone energiaklassi mõjutavad hooneosad ning tarindid ja nende maksumused, mis mingi klassi saavutamiseks tarvis ehitada oleks.

Klassid, mida käesolevas töös saab sisestada on A B ja C. Kuna eeldatud on tervikrenoveerimist, siis ei ole ratsionaalne madalamaks minna. A ja B klass eeldavad samu tarindeid ning nende maksumust. B peaks olema saavutatav kõikide tarindite ja

ventilatsioonisüsteemi vahetamisega. A klass saavutatakse, kui lisada lokaalseid taastuvenergiaallikaid. Vaadeldavad tarindid ja elemendid selles osas on: Maa-aluse osa soojustus, sokli soojustus, fassaadipaneelid, katuse soojustus, aknad. Hetke versioonis on hinnapakumiste vähesuse tõttu määratud kõikidele tarinditel sama hind. Mudelit edasi arendamisel koht, kus erinevad hinnad saaks määrata ja lisandväärtust luua.

## Maksumus

Lehel "Maksumus" on nimekiri kõikidest töödest, nende mahtudest ja eeldatavatest maksumustest. Näidatud on eeldatavat hoone renoveerimise kogumaksumust ja selle jaotumist hooneosade ja tööde vahel. Lisatud on protsentuaalselt tööde ligikaudne hind, mida antud uurimustöö käigus põhjalikult ei uuritud, aga mille hind ligikaudselt erinevate projektide puhul jääb sarnaseks. Eeldatud varasemate projektide põhjal, et üldehituslikud tööd, mida töö käigus vaadeldi, moodustavad hoone renoveerimisel 68,45% kogumaksumusest. Tööd, mida antud töö käigus ei vaadeldud saab jagada kaheks. Esiteks tööd, mis aitavad muuta hoonet energiatõhusamaks Need on näiteks tehnosüsteemide uuendamine (ventilatsioon ja küte ja elektritööd). Uuritud projektides moodustas tehnosüsteemide uuendamine 17-25%, mis on kogumaksumusest suur osa. Teiseks tööd, mis on nii korralduslikud, kosmeetilised, kui ka heaolutööd. Need otsustatakse remondi käigus samuti ära teha, aga ei muuda hoone tehnilist toimivust. Näiteks tööd trepikodadega, mis võib hõlmata trepikoja viimistlust, trepiastmete parandamist ning korteriuste vahetamist. Näiteks kui vahetada kõikide korterite ukсед, siis see võib kogukuludest moodustada suure osa- ühes vaadeldud eelarves umbes 4%. Kuna arvutusmudelil vaadeldi üldehitustöid, siis on protsentuaalselt lisatud kulud, mida täpsemalt ei käsitletud.

tabel 3.1 Protsentuaalne parandus mitte vaadeldud töödest

paranduse jaotus mitte vaadeldud töödest	
tehnosüsteemid	17 %
ruumitarindid	4,6 %
ehitusplatsi korraldus	3 %
ehitusplatsi üldkulud	2 %
tellija reserv	5 %
KM20%	20 %

Lehele on lisatud ka tagasimaksete kalkulaator mille komponendid on järgmised:

- TOT: kogu arvutatud renoveerimismaksumus. Tuleb automaatselt mudelist.
- Kredexi toetus: protsentuaalne toetus, mille annab projektile Kredex. Töö koostamise ajal andis tehaseelementidega renoveerimine viiekümne protsendilise

toetuse, aga toetuste tingimuste ajas muutumise tõttu on see tehtud kasutajale muudetavaks. Mõningaid vaadeldud töid Kredex ei toeta, aga seda pole arvestatud.

- laenusumma: see on renoveerimismaksumuse osa, mille peab kandma korteriühistu. Arvutatud kogu renoveerimismaksumuse ja toetusprotsendi põhjal.
- intress: panga poolt laenutingimustega antud protsent. Tuleb sisestada kasutajal.
- euribor (6kuud): panga poolt laenutingimustega antud protsent. Tuleb sisestada kasutajal.
- laenuperiood: tuleneb korteriühistu ja panga vahelistest laenutingimustest ja tuleb sisestada kasutajal.
- kuumakse kogu hoone peale: arvutatud annuitedimeetodil (valem 3.1)

$$PMT = \frac{P * \left(\frac{APR}{n}\right)}{\left(1 - \left(1 + \frac{APR}{n}\right)^{-nY}\right)}$$

kus PMT – kuumakse, €

p – kogu laenusumma, €

ARP – aastane intress, %

n – tagasimaksete hulk aastas, tk

Y – laenuperiood, aastates

- tagasimakse m<sup>2</sup> peale: kuumakse kogu hoone peale on antud ka ühe ruutmeetri peale.

### **3.4 Arvutusmudeli testimine võrdluses reaalsete hinnapakkumistega**

Mudeli katsetamiseks võrreldi uurimustöös reaalseid hinnapakkumisi. Mõlema kohta on koostatud tabel ja graafik, kus on välja toodud ka arvutusmudelist saadud tulemus. Protsessi on kirjeldatud töö 3.5 verifitseerimine/sisemine kontroll osas.

Tabelis 3.2 on kirjeldatud kahe 1-464A-K2E tüüpprojektiga maja hinnapakkumist. Tegemist on mõlema puhul 1963. aastal ehitatud 5 korruse ja 4 trepikojaga hoonega. Hinnapakkumised olid koostatud enne 2023. aasta suve. Võrdluseks on välja toodud arvutusmudelist saadud tulemus, kuhu on sisestatud identsed lahendused hoonega 2.

Arvutusmudeli tulbas olevad roheliste lahtritega tähistatud read on arvutusmudelis arvestatud read. Vaadeldud tööd moodustasid 68,45% kogumaksumusest. Lisatud protsentuaalsete paranduste täpsne jagunemine on kirjeldatud eelmise peatüki osas "Maksumus".

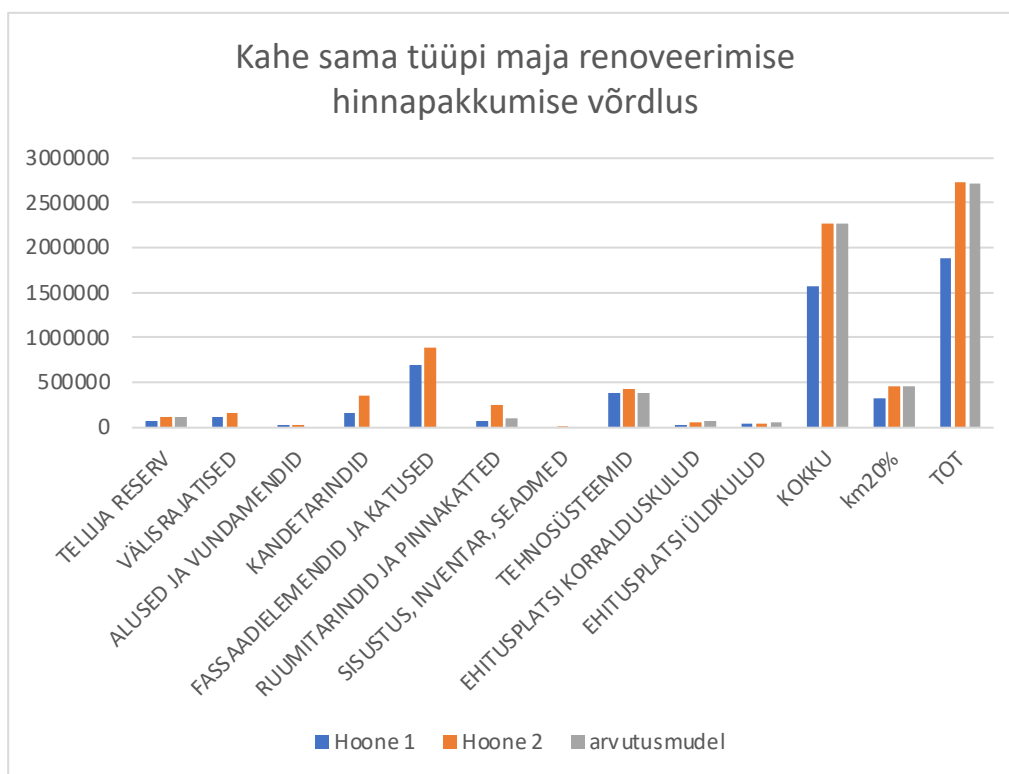
Tabel 3.2 Kahe sama tüüpi korterelamu hinnapakumiste võrdlustabel

	Hoone 1	%kuludest	Hoone 2	%kuludest	erinevus	Arvutusmudel
TELLIJA RESERV	74525	5,0	108070	5,0	33545	107853
VÄLISRAJATISED	109810	7,4	149968	6,9	40158	
ALUSED JA VUNDAMENDID	28760	1,9	26055	1,2	-2705	
KANDEKARINDID	161032	10,8	354920	16,4	193888	
FASSAADIELEMENDID JA KATUSED	693865	46,6	878021	40,6	184156	
RUUMITARINDID JA PINNAKATTED	64108	4,3	243450	11,3	179342	103312
SISUSTUS, INVENTAR, SEADMED	0	0,0	5000	0,2	5000	
TEHNOSÜSTEEMID	372220	25,0	418040	19,3	45820	386000
EHITUSPLATSI KORRALDUSKULUD	27810	1,9	49400	2,3	21590	68118
EHITUSPLATSI ÜLDKULUD	32900	2,2	36550	1,7	3650	45412
KOKKU	1565030	105,0	2269474	105,0	704444	2264912
km20%	313006		453895			452982
TOT	1878036		2723369			2717895

Sellise võrdluse puhul on näha, et samasuguse projektiga hoones on erinevatel korteriühistutel erinev renoveerimise mastaap. Suurimad põhjused hinnaerinevuseks olid:

- Odavamal variandil fassaad krohvitud ning kallimal kaetud värvitud fassaadiplaadiga. Vastavad hinnad 70 000 € ja 170 000 €
- Uued ukсед kogu majas - korterite ukсед, välis-ja keldriuksed. Kogu hoone uste vahetus koos uue lukkude ja paigaldusega oli 106 000€ ilma KM-ta.
- Keldri renoveerimine. Odavas variandis pandi keldrisse ainult uus isoleeritud küttetorustik. Kallimas variandis tehti palju mahukam keldri renoveerimine, mis sisaldas: vanade keldribokside lammutus, uute panipaikade rajamine, uute avade tegemine keldrisse kolmel teljel ning sildamist, keldri vaheseinte tuletõke, keldrikorruse raudbetoonpõranda rajamine sh tolmutõkkega katmine ja rattahoidjad. Kokku 114 000€ ilma KM-ta.
- Kallimas renoveeriti trepikojad põhjalikumalt. Mademete epoksiidmassiga katmine ja trepikäsi puude parandamine/asendus oli kokku u. 25 000€
- Kallimal 80 uue rõdu rajamine 60 000€ kallim
- Kallimal lisanduvad keldri ümber ehitusest tulenevalt kanalisatsiooniga seonduvad tööd. 23 000€

Enamus tööd on teises variandis kallimad. Sellel on samuti kumulatiivne efekt protsendilistest tasudest nagu seda on viieprotsendiline tellija reserv või kahekümneprotsendiline käibemaks.



joonis 3.10 kahe samasuguse korterelamute hinnapakkumiste võrdlusgraafik

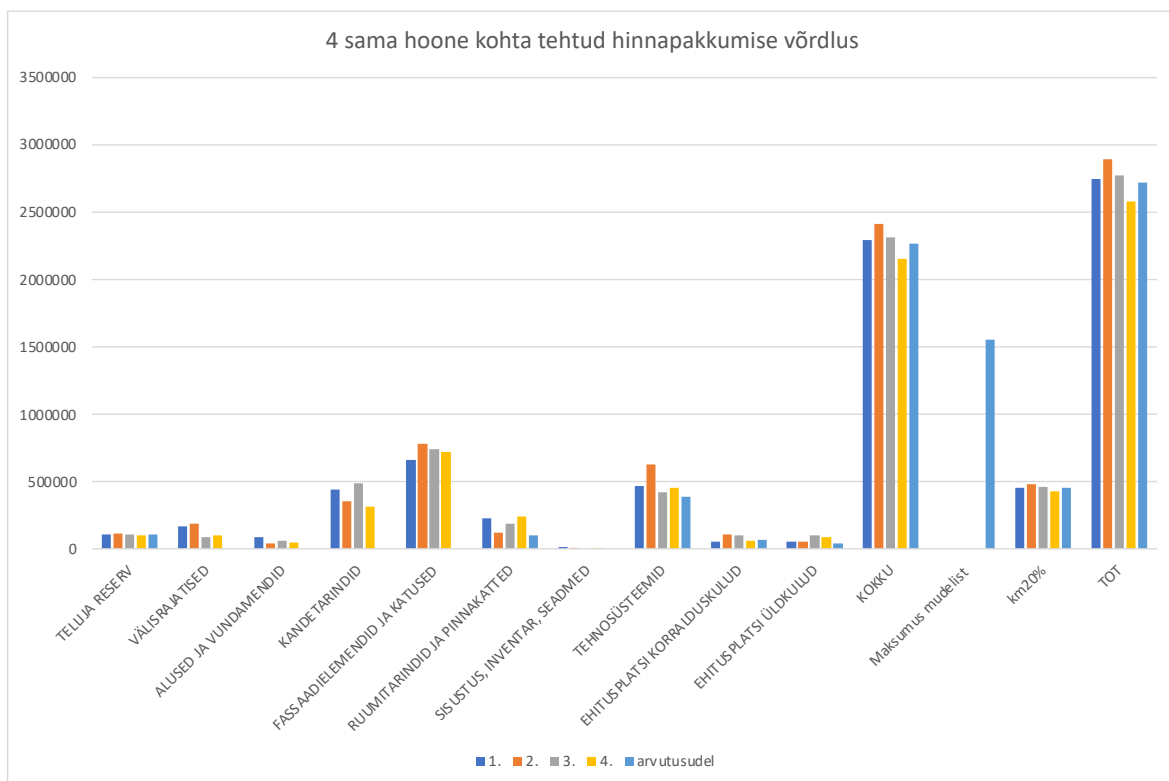
Graafikule on lisatud ka hind, mis on võetud antud töö käigus loodavast arvutusmudelist. Vaadeldud projektides fassaadi soojustuseks ei eeldatud fassaadipaneele ja pakkumised olid tehtud umbes aastase vahega. Mõlemad pakkumised olid koostatud kohandatud EVS885 formaadis. On näha, et protsentuaalne jagunemine on üldiselt väga sarnane. Samas on näha, et mastaap ja valikud, mida korteriühistu renoveerides tahab, on erinev.

Teiseks võrreldi nelja sama hoone kohta tehtud hinnapakkumist. Tabelis 3.4 on näha, et sama projekti kohta tehtud hinnapakkumises on protsentuaalne jagunemine erinevate osade vahel väga sarnane. Samas vahe kallima ja odavama kogumaksumuse vahel on 300 000€. Ehituse eeldatav kestvus oli vastavalt 14, 12, 13 ja 13 kuud.



Tabel 3.4 Nelja samale korterelamule tehtud hinnapakkumiste võrdlus

	1.	%kuludest	2.	%kuludest	3.	%kuludest	4.	%kuludest	arvutusmudel	keskmine % kuludest
TELLUJA RESERV	109101	5,0	114935	5,0	110104	5,0	102468	5,0	107853	5,0
VÄLISRAJATISED	168775	7,7	192000	8,4	87152	4,0	102022	5,0		6,3
ALUSED JA VUNDAMENDID	87396	4,0	45300	2,0	60354	2,7	52217	2,5		2,8
KANDETARINDID	439740	20,2	353750	15,4	490667	22,3	316784	15,5		18,3
FASSAADIELEMENID JA KATUSED	659908	30,2	784940	34,1	744080	33,8	722513	35,3		33,4
RUUMITARINDID JA PINNAKATTED	226723	10,4	125800	5,5	186532	8,5	243817	11,9	103312	9,1
SISUSTUS, INVENTAR, SEADMED	14280	0,7	200	0,0	0	0,0	6475	0,3		0,2
TEHNOSÜSTEEMID	471750	21,6	628700	27,4	424082	19,3	452417	22,1	386000	22,6
EHITUSPLATSI KORRALDUSKULUD	57850	2,7	111500	4,9	103402	4,7	64216	3,1	68118	3,8
EHITUSPLATSI ÜLDKULUD	55600	2,5	56500	2,5	105813	4,8	88897	4,3	45412	3,5
KOKKU	2291123	105,0	2413625	105,0	2312185	105,0	2151826	105,0	710694	105,0
Maksumus mudelist									1554218	
km20%	458225		482725		462437		430365		452982	
TOT	2749348		2896349		2774622		2582192		2717895	



joonis 3.11 nelja samale korterelamule tehtud hinnapakkumiste võrdlus

Graafikule on lisatud antud töö käigus loodavast arvutusmudelist saadud tulemus. See on kõige kõrgem ning osad võimalikud põhjused selleks on järgmised:

- Hinnad on võetud vanematest hinnapakkumistest ning hinnad olid aja jooksul kasvanud;
- Protsentuaalsed parandused mitte arvestatud tödest pole täpsed.

Lisaks eelmainitud tähelepanekutele tuleb hinnapakkumisi vaadeldes välja levinud probleem- hinnapakkumiste koostajad jaotavad töid mõnikord oma äranägemise järgi. See teeb hinnapakkumiste omavahelise võrdlemise keerukaks, sest samad tööd võivad olla eri pakkumistes erineva sektsiooni alla kuuluda.

## 3.5 Mudeli testimine ja arendamine

### Valideerimine / Välimine kontroll /kasutajasõbralikkus

Mudeli selguse testimiseks ja arusaamatute kohtade välja toomiseks lasti mudelit täita ca. kümnel inimesel. Mudeli kasutajaid kõrvalt jälgides tulid välja arusaamatud terminid ja/või probleemid protsessis liikumisega/liikumise järjekorraga ning vastavad kohad parandati. Nimekirja töödest ja mahtudest ning nende mõistetavust kontrollis eelarvestamisega tegelev isik.

### Verifitseerimine / sisenemine kontroll /matemaatiline kontroll

Sisemine kontroll toimus sisestades mudelisse hoone parameetrid, mille kohta on olemas hinnapakumine ning vaadeldes, kuidas mudelist saadud tulemus olemasolevatega erineb.

Vead tulevad välja seetõttu, et mudeli prototüübi loomisel keskenduti tööde poole pealt arhitektuurile/geomeetria ja üldiste seoste loomisele. Ei jälgitud sisetöid ja tehnosüsteemidega tehtavaid töid, mis moodustavad maksumusest suure osa. Samuti tuleneb viga hindadest, mis on võetud vanadest hinnapakumistest. Kui oleks ajas uuenevad andmebaasid hindadega, mis saaks vastavusse panna mudelis kirjeldatud töödega, oleksid hinnad ajakohasemad ja usaldusväärsemad.

### Edasi arendamise võimalused

Lisada rohkemate eri tüüpi korterhoonete sisendeid ning nendele omapäraseid töid ja nende maksumusi.

Lifti lisamine ning selle erinevad võimalused ja maksumus eri tüüpi hoonetele:

- liftielement paigutatakse ühe trepimademe asemele. Sellisel juhul lisandub trepikäigaku ehitus. Vajalik, sest elanikud elavad renoveerimise ajal hoones ning neile peab jääma võimalus liikuda.
- liftikäigaku ehitamine trepikoja kõrvale. Sel juhul probleem KOV maale ehitamisega.

Eestis pole praeguse seisuga kumbagi eeltoodud lahendust kasutatud (19.04.2023).

Võimalik, et tuleb keldreid hakata ümber tegema varjumiskohtadeks. See peaks samuti olema üks valik või kohustuse korral mudelisse sisse arvestatud olema ja hindades välja toodud.

Lisada parandused, mis tulevad detailidest ja lisadest mingil tarindil. Näiteks vaadeldes katuse pindala võib olla sellega suhtes mitmed detailid nagu katuseeluugid.

Parandus sellest, et kui märkida külgseinetega rõdu lodžaks, siis lähevad arvatavasti fassaadipaneelid kallimaks, sest:

- Lisandub mingi kogus fassaadipinda
- rohkem tarvis eri suurusega paneele
- rohkem tõsteid / suurem transpordikulu
- konstruktsioonil rohkem liiteid / nurki.

Samuti teha põhjalikum hinnaanalüüs rohkemate hoonete kohta, et lehel maksumus oleks sisend täpsem.

## KOKKUVÕTE

Magistritöö eesmärk oli luua suurpaneel-korterelamute tüpoloogiapõhine maksumuse hindamise mudeli prototüüp, mis lihtsustaks eelarvestamist renoveerimise algatamise või kavandamise etapis. Mudeli potentsiaalsed kasutajad oleksid korteriühistud, nende tehnilised konsultandid ja arendajad/ ehitusettevõtted.

Töö eesmärgi saavutamiseks anti esiteks laiem ülevaade Euroopas toimuvast rohepöördest ja vananevast Eesti hoonefondist, mis on käesoleva töö sotsiaalpoliitiline kontekst ja taust. Vananevate korterhoonete renoveerimine on ühiskondlikult tähtis, sest kodudel on inimeste elukvaliteedile suur roll. Umbes 2/3 Eesti elanikest elab aastatel 1960-1990 ehitatud kortermajades, mis on oma eluea lõpul ning vajavad renoveerimist, et muuta need turvalisemaks, energiatõhusamaks ja tervislikumaks. Eesti 2020. aastast pärineva hoonete rekonstrueerimise pikaajalise strateegia peamine eesmärk on enne 2000. aastat ehitatud hoonefondi terviklik rekonstrueerimine aastaks 2050. Lisaks kirjeldati teoreetilises osas erinevaid eelarvestamise meetodeid ja käsitlusi, seda peamiselt nende rollist maksumusplaneerimise ning ehitise eluea erinevates etappides.

Töö praktilises osas kirjeldati loodava maksumuse hindamise mudeli loomist. Selle jaoks uuriti Eestis olevaid suurpaneel-korterelamute tüüpe, nende eripärasid ja geomeetriat. Tulemusena valiti välja 3 tüüpsemat, millele keskenduti põhjalikumalt. Põhiliselt keskenduti hooneid uurides nende geomeetria, et tuletada mahtusid ning vaadeldi ka renoveerimislahendusi. Vaatluse all olid detailsemalt ainult üldehitustööd. Samuti analüüsiti hinnapakumisi, et saada sisendandmed arvutatud mahtude hinnastamiseks ja kasutajale hinnangulise maksumuse andmiseks.

Töö tulemusena valmis tüpoloogiapõhine kivikonstruktsiooniga korterelamu renoveerimise maksumuse hindamise mudeli prototüüp. Arvutusmudeli prototüüp vajaks täiustamist ja põhjalikumaks muutmist, enne selle avalikuks kasutamiseks andmist. Edasi arendamise võimalusi on palju. Saaks suurendada valikuid tüüphoonete ja renoveerimislahenduste näol. Samuti peaks detailsemalt ja hoonetüüpidele põhinedes käsitlema tööloike, mida antud töö käigus ei vaadeldud, aga moodustavad kogu renoveerimisest suure osa nagu selleks on tehnosüsteemid. Üheks kõige suuremaks lisaks oleks ajas muutuvad andmed töös käsitletud tööde maksumuste kohta. Edasi arendatud täpsem mudel aitaks vähendada projekti alguses mahuarvutuste ja eelarvestamise peale kuluvat aega ja raha.

## SUMMARY

The aim of the master's thesis was to create a prototype of a typology-based renovation cost estimation model for prefabricated concrete panel apartment buildings. Model would simplify budgeting during the initiation or planning stages of renovation. The potential users of the model would include condominium associations, their technical consultants, and developers/construction companies.

To achieve the goal of the thesis, a broader overview was first provided of the European green deal and the aging building stock of Estonia. This serves as the social-political context and background of this work. Renovating aging apartment buildings is socially significant as homes play a crucial role in people's quality of life. Approximately two-thirds of Estonia's population resides in apartment buildings constructed between 1960 and 1990, which are reaching the end of their lifespan and require renovation to enhance safety, energy efficiency, and health. The main objective of Estonia's long-term strategy for building reconstruction since 2020 is the comprehensive reconstruction of the building stock constructed before the year 2000 by 2050. Additionally, various budgeting methods and approaches were described in the theoretical section, primarily focusing on their roles in cost planning and different stages of a building's lifespan.

The practical part of the thesis described the creation of the cost estimation model. For this purpose, different types of prefabricated concrete panel apartment buildings in Estonia, their characteristics, and geometry were examined. As a result, three representative types were selected for more in-depth analysis. The focus was primarily on studying the geometry of the buildings to derive quantities, and renovation solutions were also considered. The detailed examination included only general construction works. Quotations were analysed to obtain input data for pricing the calculated quantities and providing users with an estimated cost.

The outcome of the thesis is a prototype of a typology-based cost estimation model for the renovation of large-panel apartment buildings with stone construction. The prototype of the calculation model requires further refinement and enhancement before being publicly released. There are several possibilities for further development, including expanding options for building types and renovation solutions. Additionally, a more detailed consideration of sections not covered in this thesis, such as technical systems, based on building types, is necessary, as they constitute a significant portion of the overall renovation. One of the significant improvements would be incorporating

time-varying data on the costs of the tasks addressed in the thesis. A more refined model would help reduce the time and costs involved in volumetric calculations and budgeting at the beginning of a project.

## KASUTATUD KIRJANDUS

[1] „Eluruumid ja eluruumidega hooned,” Statistikaamet, loetud aadressil: <https://rahvaloendus.ee/et/tulemused/eluruumid-ja-eluruumidega-hooned> Kasutatud: 25.04.2023.

[2] „Asustatud tavaeluruumide jaotumine hoone tüübi ja ehitusaja järgi,” Statistikaamet, loetud aadressil: [https://public.flourish.studio/visualisation/10544983/?utm\\_source=showcase&utm\\_campaign=visualisation/10544983](https://public.flourish.studio/visualisation/10544983/?utm_source=showcase&utm_campaign=visualisation/10544983) Kasutatud: 25.04.2023

[3] „Eesti Reformierakonna, Erakond Eesti 200 ja Sotsiaaldemokraatliku Erakonna valitsusliidu programm aastateks 2023-2027”. Loetud aadressil: <https://reform.ee/app/uploads/2023/04/Koalitsioonilepe-09.04.2023a.pdf> Kasutatud: 25.04.2023

[4] „Genfi ÜRO jätkusuutliku elamumajanduse harta”, *Rahuldava, piisava, taskukohase ja tervisliku eluaseme kättesaadavuse tagamine kõigile*, Unece. Loetud aadressil: <https://www.unece.org/housing/charter> Kasutatud: 25.04.2023

[5] „Pariisi kokkulepe,” Kliimaministeerium, loetud aadressil: <https://kliimaministeerium.ee/pariisi-kokkulepe> Kasutatud: 25.11.23

[6] „Pariisi kliimakokkulepe,” Euroopa Ülemkogu, loetud aadressil: <https://www.consilium.europa.eu/et/policies/climate-change/paris-agreement/#what> Kasutatud 25.11.23

[7] “Euroopa roheline kokkulepe,” Euroopa Komisjon, loetud aadressil: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en) Kasutatud 25.11.23

[8] „Renoveerimislaine,” Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, märts 2023. Loetud aadressil: <https://www.mkm.ee/ehitus-ja-elamumajandus/elamud-ja-hooned/renoveerimislaine> Kasutatud: 25.04.2023

[9] “Renoveerimislaine”. Euroopa Komisjon, loetud aadressil: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en) Kasutatud: 25.11.23

[10] „Uus Euroopa Bauhaus,” Euroopa Liit, loetud aadressil: [https://new-european-bauhaus.europa.eu/about/about-initiative\\_en](https://new-european-bauhaus.europa.eu/about/about-initiative_en) Kasutatud 25.11.23

[11] "Komisjoni teatis Euroopa Parlamendile, Nõukogule, Euroopa Majandus- ja Sotsiaalkomiteele ning Regioonide," Euroopa Komisjon, loetud aadressil: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0662#footnote8>

Kasutatud 25.11.23

[12] D.Matic, J. R.Calzada, M.Eric, M.Babin, „Economically feasible energy refurbishment of prefabricated building in Belgrade, Serbia,” in Energy and Buildings Volume 98, 1. juuli 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.10.041>

[13] N.J.Kurmayer, „Brussels planning digital push to green the EU’s construction sector,” Loetud aadressil: <https://www.euractiv.com/section/next-generation%20infrastructure/news/brussels-planning-digital-push-to-green-the-eus-construction-sector/> Kasutatud 25.11.23

[14] „Energy consumption in households,” Eurostat, loetud aadressil: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy\\_consumption\\_in\\_households#:~:text=In%202021%2C%20households%2C%20or%20the,energy%20consumption%20in%20the%20EU](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households#:~:text=In%202021%2C%20households%2C%20or%20the,energy%20consumption%20in%20the%20EU)

Kasutatud 25.11.23

[15] „Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv hoonete energiatõhususe kohta (uuesti sõnastatud),” Euroopa Parlament, Loetud aadressil: [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0068\\_ET.html#title1](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0068_ET.html#title1)

Kasutatud 25.11.23

[16] E. Pikas, E. Iliste, „Enne 1195 aastat ehitatud korterelamute korruselisuse ja välisseina liikide statistika,” loetud aadressil:

<https://app.powerbi.com/groups/me/reports/e7f1b934-fd6b-41f5-b53a-8317f0d1a614/ReportSection4aad81b17b10555bc9c0?ctid=3efd4d88-9b88-4fc9-b6c0-c7ca50f1db57&experience=power-bi> Kasutatud: 25.11.23

[17] „2020 Hoonete rekonstrueerimise pikaajaline strateegia,” Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, juuni 2020.

[18] „Rekonstrueerimistoetus 2022-2027,” Kredex, loetud aadressil: <https://kredex.ee/et/kodudkorda> Kasutatud: 25.04.2023

[19] Karl Õiger, *Ehitiste renoveerimine*, 3. trükk, Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2015



[20] „Eesti inimene tahab renoveerida: 80 miljonit korteriühistutele läks päevaga,” Kredex, loetud aadressil: <https://kredex.ee/et/uudised/eesti-inimene-tahab-renoveerida-80-miljonit-korteriuhistutele-laks-paevaga> Kasutatud: 25.04.2023  
Kasutatud: 25.04.2023

[21] „Uuringus selgitati välja kortermajade renoveerimisega seotud probleemid,” Majandus-ja Kommunikatsiooniministeerium, loetud aadressil: <https://mkm.ee/uudised/uuringus-selgitati-valja-kortermajade-renoveerimisega-seotud-probleemid> Kasutatud: 25.11.23

[22] „Total Cost of Ownership An introduction to whole-of-life costing“ New Zeland Ministry of Business, Innovation & Employment, loetud aadressil: <https://www.procurement.govt.nz/assets/procurement-property/documents/guide-total-cost-ownership.pdf> Kasutatud: 25.11.23

[23] S.T.Hashemi, O.M.Ebadati, „Cost estimation and prediction in construction projects: a systematic review on machine learning techniques“

<https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-020-03497-1> Kasutatud: 25.11.23

[24] R.Kirkham, jt, *ferry-and-brandons-cost-planning-of-buildings\_compress*, 9. trükk, Suurbritannia, Wiley-Blackwell, 2015

[25] L.L.Ratassepp, „Ehitusliku eelarvestamise ja maksumusplaneerimise meetodite analüüs ning tõhususe parendamise võimalused väikeettevõtjatele,” [Magistritöö], inseneriteaduskond, TalTech, Tallinn, Eesti, 2020. [online]. Loetud aadressil: <https://digikogu.taltech.ee/et/item/66a82fdf-ae58-45d3-9b6a-7d245b7fa8e0> Kasutatud 25.11.23

[26] S.-H. Ji, J. Ahn, H.-S. Lee, K. Han, „Cost Estimation Model Using Modified Parameters for Construction Projects”, *Hindawi*, 30. juuli 2019, doi: <https://doi.org/10.1155/2019/8290935>

[27] „Cost Estimating,” National Institute of Building Sciences, loetud aadressil: <https://www.wbdg.org/resources/cost-estimating#:~:text=There%20are%20four%20primary%20methods,and%20Unit%20Price%20%26%20Schedule%20Estimating> Kasutatud: 25.11.23

[28] D. J. Ferry, P. S Brandon, *Ehituse maksumusplaneerimine*. Tallinn: Külim, 1996.

[29] C. Hendrickson, „Cost Estimation,” rmt *Project Management for Construction: Fundamental Concepts for Owners, Engineers, Architects and Builders*, versioon 2.2, 2008. Loetud aadressil: <https://www.cmu.edu/cee/projects/PMbook/index.html> Kasutatud: 25.04.2023.

- [30] J.Henno, "Ekspertsüsteemid," loetud aadressil: [http://staff.ttu.ee/~jaak.henno/Prolog/prolog26\\_5.htm](http://staff.ttu.ee/~jaak.henno/Prolog/prolog26_5.htm) Kasutatud 25.11.23
- [31] A.Węglarz, P.G.Gilewski, „Application of expert systems in the construction sector,” loetud aadressil:[https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2017/31/mateconf\\_rsp2017\\_00176.pdf](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2017/31/mateconf_rsp2017_00176.pdf) Kasutatud: 25.11.23
- [32] Z.Memon, "The DCM model: an expert system for evaluating the construction progress," loetud aadressil: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-DCM-model%3A-an-expert-system-for-evaluating-the-Memon/bb051146924330ffb3bd11d82e7c244827476217> Kasutatud: 25.11.23
- [33] M.Mesbah, "Value Management for Construction Projects Via an Expert System Framework," loetud aadressil: <http://i-rep.emu.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11129/1695/MesbahMaryam.pdf?sequence=1> Kasutatud 25.11.23
- [34] S. Gritsenko, „Erinevad tüüpprojektid Eestis”, lk 20-48, avaldamata.
- [35] M.Soonik, H.M.Viies, K.Roots, V.Roots, "Analüüs ja ettepanekud korterelamute renoveerimise protsesside tõhustamiseks," loetud aadressil: <https://mkm.ee/ehitus-ja-elamumajandus/builest/poliitikakujundamine> Kasutatud: 25.11.23
- [36] E. Iliste, „Ehitisregistri andmete alusel elamuspiirkonna energiatõhuses hindamise alused”,[Magistritöö], inseneriteaduskond, TalTech, Tallinn, Eesti, 2022. [online]. Loetud aadressil <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/db8623c0-7686-4c0e-9cca-c076543344a6>. Kasutatud 25.04.2023.
- [37] „RENOVEERIMINE TEHASES TOODETUD FASSAADIELEMENTIDEGA,” KMT Prefab OÜ, loetud aadressil: <https://www.kmt.ee/et/renoveerimine/> Kasutatud: 25.04.2023.
- [38] „Korterelamute eeltoodetud elementidega rekonstrueerimine”, Kredex, veebruar, 2021. Loetud aadressil: <https://kredex.ee/sites/default/files/2021-02/Tehaseline%20rekonstrueerimine%2012.02.2021.pdf> Kasutatud: 25.04.2023.
- [39] T. Kalamees jt. „Eesti eluasemefondi suurpaneel - korterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga”, *Uuringu lõppraport*, Tallinna tehnikaülikooli ehitusteaduskond, 2009.

[40] „Ehituslike tuleohutusnõuete kokkuvõte“, Päästeamet, aprill, 2017. Loetud aadressil: <https://www.rescue.ee/files/2018-09/eton-09.04.2017-parandatud.pdf?ff56306251> Kasutatud: 25.04.2023.

[41] „Ehitisele esitatavad tuleohutusnõuded,“ Riigiteataja, loetud aadressil:

<https://www.riigiteataja.ee/akt/104042017014?leiaKehtiv> Kasutatud 25.04.2023

[42] „User Experience Basics,“ General Services Administration. Loetud aadressil: <https://www.usability.gov/what-and-why/user-experience.html> Kasutatud: 25.04.2023.

[43] „Visual Design Basics,“ General Services Administration. <https://www.usability.gov/what-and-why/visual-design.html> Kasutatud 25.04.2023

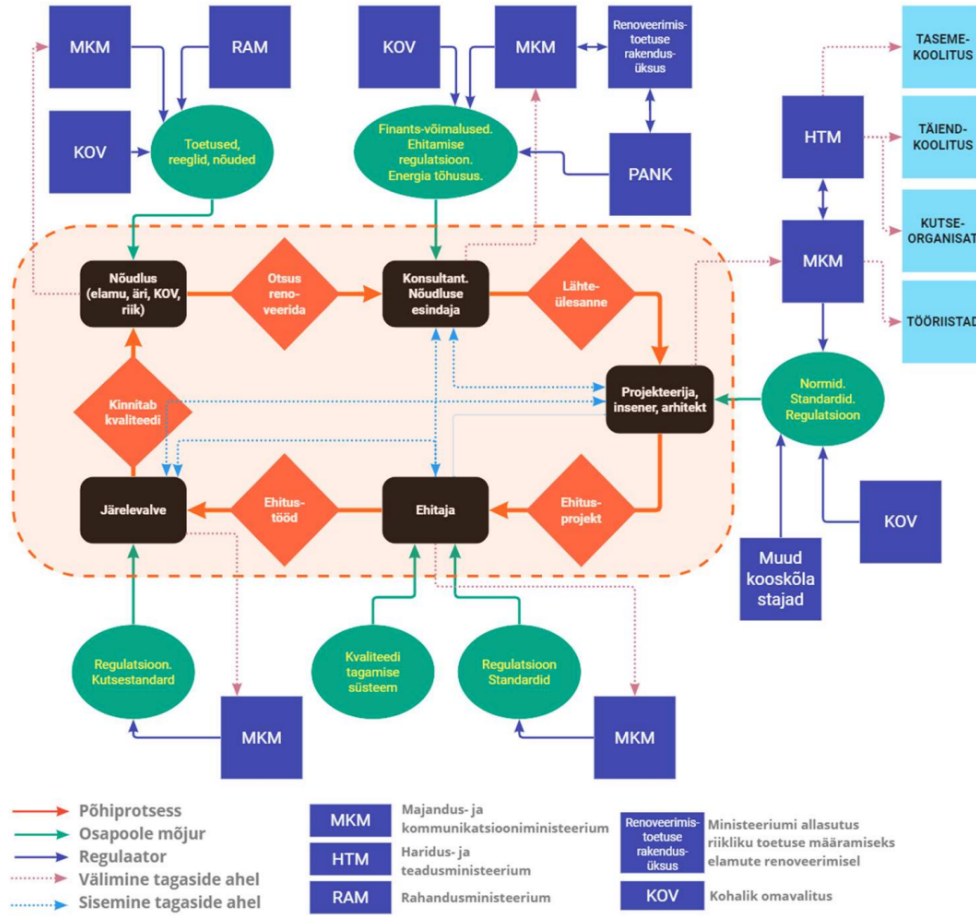
[44] „Interaction Design Basics,“ General Services Administration. Loetud aadressil: <https://www.usability.gov/what-and-why/interaction-design.html> Kasutatud 25.04.2023

**LISAD**

## LISA 1 Otsustuspuude näidised

5k	O- välja ulatuva osaga suurematest trepikodadest moodustatud hoone (piltidel märgitud sinisega)	133-O-5k		
	V- ilma välja ulatuva osata lühematest trepikodadest moodustatud hoone. (piltidel märgitud punasega)	133-V-5k		
	kombineeritud variant	133-OVO-5k		
5k	5 lodžat trepikoja kohta	121-5k-5p5l		
	5 paneeli lai trepikoda	3 lodžat ja 2 rõdu trepikoja kohta	121-5k-5p3l2r	
		3 rõdu ja 3 lodžat trepikoja kohta	121-5k-5p3l3r	
	9 paneeli lai trepikoda	10 lodžat trepikoja kohta	121-5k-9p10l	
5k	rõdud viimasel paneelil	2 rida aknaid hoone otsaseinas	1-464-K1E	
		3	1-464A-K2E	
	otsatrepikodade välimises ääres ei ole rõdusid		1-464A-17	
	3 paneeli trepikojust hoone ääreni		1-464A-15	

## LISA 2 Protsessid renoveerimisprotsessis osalejate vahel



### **LISA 3 Renoveerimismaksumuse arvutusmudel**

Arvutusmudel on leitav Taltechi teadusandmete repositooriumis. Mudel on loodud programmis Microsoft Excel ja leitav kasutades allolevat linki:

<https://doi.org/10.48726/ng0kq-krw73>