

Tellija: Korterühistu Näituse 13 MTÜ  
Tellija kontaktisik: Tanel Veere  
Aadress: Näituse 13-5 Tartu  
Tel.: 56 202 042  
E-post: Tann200@hotmail.com



## KORTERMAJA ENERGIAAUDIT

**Töö nr TA-16-03**



**Näituse 13, Tartu**  
16-korteriga elamu

Auditeerimise aeg: 09.03.2016.a.

Aruanne esitatud: 07.04.2016.a.

Auditeerija ettevõtte: TERMOPILT TARTU OÜ

Aadress: Riia 24a, Tartu

Reg. Nr. 11755907

Tel.: 53 49 11 82

E-post: tartu@termopilt.ee

Energiaaudiitor: Tõnu Jõesaar

Kutsetunnistuse nr: 085760

Allkiri:



## Sisukord

Sissejuhatus .....	3
1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest.....	4
2. Hoone energiakasutuse ülevaade ja analüüs .....	5
2.1 Hoone asukoht ja paiknemine.....	5
2.2 Hoone üldandmed.....	5
2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd ja hoone olukord .....	6
2.4 Energia- ja veevarustuse üldisloomustus .....	6
2.5 Soojusenergia kulu.....	7
2.6 Elektri ja maagaasi kulu.....	8
2.7 Vee kulu.....	9
2.8 Hoone soojusbilanss .....	10
2.9 Korteri sisekliima ankeet .....	11
2.10 Eluruumide sisekliima mõõtmised.....	12
2.10.1 Nõuded eluruumide sisekliimale.....	12
2.10.2 Sisekliima mõõtmiste tulemused .....	13
3. Hinnang hoone energiakasutuse kohta, säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus.....	14
3.1 Hoone piirdetarindid.....	14
3.1.1 Katuslagi.....	15
3.1.2 Külgliseinad.....	15
3.1.3 Otsaseinad .....	15
3.1.4 Sokkel.....	16
3.1.5 Välisüksed ja trepikoja aknad.....	16
3.1.6 Aknad .....	16
3.2 Hoone tehnosüsteemid.....	17
3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid.....	18
3.4 Ventilatsioonisüsteem.....	18
3.5 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus .....	21
3.6 Elektriseadmed .....	21
3.7 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid.....	21
4. Kokkuvõtte säästumeetmetest .....	23
4.1 Säästumeetmete paketid.....	23
4.2 Rekonstrueerimine ja maksekoormus.....	27
4.3 Kokkuvõtte.....	28
5. Kasutatud allikad .....	28
6. Kasutatud mõõteseadmed.....	28
7. Lisad .....	29
7.1 Soojusenergia tarbimisandmed.....	29
7.2 Tarbevee tarbimisandmed.....	29
7.3 Soojavee tarbimisandmed.....	29
7.4 Elektrienergia tarbimisandmed.....	29
7.5 Tarbegaasi tarbimisandmed.....	30
7.6 Termograafilise ülevaatusaruande ja fotod .....	30

## Sissejuhatus

Käesolevas energiaauditi aruandes on esitatud Tartu linnas asuva 4-korruselise 16 korteriga korterimaja kütte, ventilatsiooni, elektri- ja veevarustuse süsteemide käesoleva olukorra analüüs ning leitud võimalused hoone energiatarbe vähendamiseks.

Auditeerimise mahu ja mudeli aluseks on võetud Eesti Kütte- ja Ventilatsiooniinseneride Ühenduse ja Tallinna Tehnikaülikooli poolt Sa KredEx tellimusel väljatöötatud korterelamute energiaauditite koostamise juhend [1].

Energiakasutuse analüüsimiseks on kasutatud korteriühistu juhatus poolt kogutud ja edastatud hoone tarbimisandmeid ja vastavaid rahalisi kulutusi aastal 2015. Hoone seisukorra täpsemaks määramiseks on teostatud märtsis 2015 hoone ülevaatus.

Aruanne sisaldab hoone piirdetarindite ning tehnosüsteemide tehnilis-majanduslikku analüüsi, energia tarbimise alandamise potentsiaali lähtuvalt võimalikest energiasäästumeetmetest. Energiasäästu potentsiaal on esitatud vajalike investeeringute, eeldatava energiakokkuhoiu ning lihttasuvusaja kujul.

Hooned on mõõdetud elektritarbimist, gaasitarbimist ning veetarbimist kuude kaupa. Soe tarbevesi valmistatakse korterites elektri- ja gaasiboileritega. Õhuvahetusest tingitud soojuskadusid hinnati kaudselt õhuvahetuse kordarvu alusel.

Optimaalne renoveerimis/rekonstrueerimispakett valitakse välja tellija poolt vastavalt finantseerimise võimalustele. Osa säästumeetmeid on selliseid, mille rakendamine annab reaalselt säästu ainult rakendatuna koos teiste meetmetega, seetõttu esitatakse säästumeetmed pakettidena. Auditeerimise käigus välja toodud energiasäästumeetmete pakettide rakendamisel hoone sisekliima paraneb või ühtlustub eeldatavalt normikohasele tasemele. Tuleb tähele panna, et erinevate meetmete rakendamisel saadavad säästud ei ole otseselt liidetavad.

Väljapakutud energiasäästu ettepanekute realiseerimine võib nõuda vastavate tööde jaoks projekti koostamist ja ka ehitusloa taotlemist vastavalt kohaliku omavalitsuse poolt kehtestatud korrale. Ehitusfirmadelt on soovitatav tööde hinnapakkumised küsida lähtudes rekonstrueerimisprojektist, mis annab adekvaatse aluse ka tööde omanikujärelevalve korraldamiseks.

Loodetud energiasäästu saavutamiseks on vaja koos hoone välispiirete rekonstrueerimisega ette võtta küttesüsteemide ümberseadistamist.

Objekti ülevaatusel abistas audiitorit korteriühistu esindajana hr Tanel Veere.

Korteriühistu, kui lõpptarbija seisukohalt on säästupotentsiaal, energiahinnad ja kõik kulutused auditis arvestatud koos käibemaksuga 20%. Parendustööde lihttasuvusaja arvutamisel on lähtutud elektrienergia keskmisest hinnast 130 €/MWh.

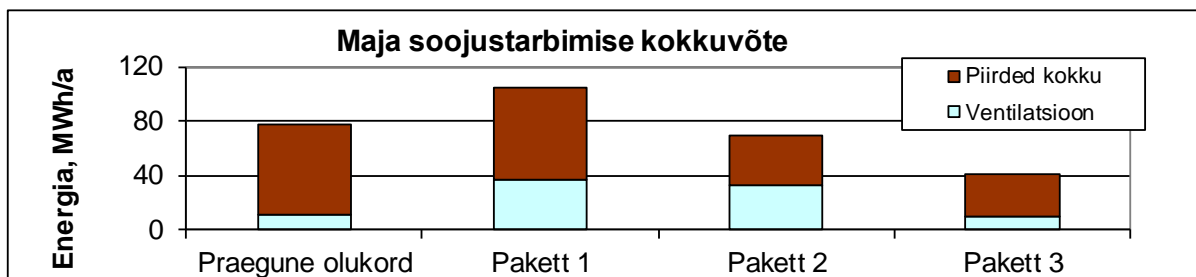
## 1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest

Käesolevas peatükis on esitatud kokkuvõte korterelamu energiaauditi läbiviimise tulemustest. Aastal 2015 on hoone kütmiseks kulunud hinnanguliselt 59 MWh energiat, mis osa hoones tarbitud elektrienergiast. Kokku on elektrit tarbitud 85,4 MWh.

Baasaastale taandatud kolme viimase täisaasta kütteks kulunud soojusenergia on 78 MWh/a ja lähtuvalt hoone köetavast pinnast 821 m<sup>2</sup> (eluruumid) on normaalaasta keskmine kogu soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule 95 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Osa eluruume on alaköetud ja hoones tervikuna ei ole tagatud normikohane sisekliima. Tarbegaasi on tarbitud 3587 m<sup>3</sup>. Kaalutud energiaeritarbimine on 280 kWh/(m<sup>2</sup>·a), energiamärgise klass-F.

Auditi tulemusena on hoone renoveerimiseks välja pakutud kolm paketti, millest esimese realiseerimise eesmärk eelkõige hoone tehno seisundi ja sisekliima olukorra parandamine. Kahe järgmise rekonstrueerimispaketi eesmärk on säästa energiat, luua mugavad elamistingimused ja tervislik sisekliima. Säästupaketid (p.4.1 ) on esitatud põhjusel, et teatud meetmed on omavaheline koosmõju. Säästupakettide energiasääst on arvatud käesoleva olukorra suhtes.

- Esimene pakett. Hoone ühendatakse kaugküttevõrguga ja ehitatakse välja keskküttesüsteem. Soojustatakse katuslagi, sokkel ja otsaseinad. Koos sokliga soojustatakse alumise korruse põranda-seina liitekoht kuni alumise korruse akendeni. Ventilatsioonikanalid puhastatakse, seintesse paigaldatakse värskõhu klapid, ventilatsioonikorstanate otsa paigaldatakse rõhuanduriga väljatõmbeventilaatorid. Investeering on ca. 86 tuh eurot. Normikohase sisekliima tagamiseks energiatarbimine suureneb, kuid küttekulud alanevad 34% tänu odavamale kaugkütte soojuse kasutamisele. Soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule on 134 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Energiatõhususarv ETA - 193 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Energiamärgise klass – F.
- Teine pakett. Soojustatakse välisseinad, pööningu vahelagi ja sokkel. Ehitusaegsed aknad vahetatakse 3-klaasiga pakettakende vastu, samuti trepikodade aknad. Aknapaled soojustatakse. Ventilatsioonikanalid puhastatakse, seintesse paigaldatakse värskõhu klapid, ventilatsiooni väljatõmbekanalitele paigaldatakse rõhuanduriga ventilaatorid. Hoone ühendatakse kaugküttevõrguga ja ehitatakse välja keskküttesüsteem. Investeering on ca 132 tuh eurot ning aastane sääst on 9MWh/a ehk 11%. Küttekulude rahaline sääst on 56%. Soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule on 96 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Energiatõhususarv ETA - 160 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Energiamärgise klass – D.
- Kolmas pakett. Välispiirete soojustamine ja akende vahetamine toimub vastavalt pakatile II. Aknad tõstetakse seinale tasapinda soojustuse sisse. Värskõhu klappide asemel paigaldatakse hoonesse energiata tagastusega ventilatsioonisüsteem. Hoone ühendatakse kaugküttevõrguga ja ehitatakse välja keskküttesüsteem. Investeering on ca 178 tuh eurot ja aastane energiasääst on 37 MWh/a ehk 47%. Küttekulude rahaline sääst on 74%. Soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule on 66 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Energiatõhususarv ETA - 144 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Energiamärgise klass-C.



## 2. Hoone energiakasutuse ülevaade ja analüüs

### 2.1 Hoone asukoht ja paiknemine



Hoone paikneb tiheasustusalal Taru linnas Tähtvere linnaosas.

### 2.2 Hoone üldandmed

**Tabel 1**

Hoone aadress:	Tartu maakond, Tartu linn, Näituse tn 13
EHR kood:	104033171
Ehitusaasta:	1974
Hoone kasutamise otstarve:	11222 Muu kolme või enama korteriga elamu
Ehitalune pind (EHR), m <sup>2</sup> :	254
Suletud netopind (EHR), m <sup>2</sup> :	1 125,8
Maapealsete korruste arv:	4
Maa-alusre korruste arv:	
Hoone maht (EHR), m <sup>3</sup> :	3 902
Köetav pind trepikodadega, m <sup>2</sup> :	925
Eluruumide pind (EHR), m <sup>2</sup> :	821,3
m <sup>2</sup> :	0,0
Ruumide köetav sisekubatuur, m <sup>3</sup> :	2312
Korteri arvu arv:	16
Tubade arv:	47
Elanike arv:	31
Keldri olemasolu:	Jah
Pööningu olemasolu:	Jah

Keldrikorrusel asuvaid kütetorustike poolt soojendatud ruume ei ole hoone köetava pinna hulka arvestatud. Trepikojad on arvatud köetava pinna alla.

### 2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd ja hoone olukord

Tabel 2

Aasta	Tööde nimetus ja maht
Jooksvalt	Puitakende vahetamine pakettakende vastu. Uusi aknaid on 70% eluruumide akende pindalast

Vaadeldava hoone välisseinad on laotud silikaattelistest müüritisena. Otsaseintes puuduvad aknad. Keldri seinad on monteeritud vundamendiplokkidest. Keldri aknad on plastraamide ja pakettklaasidega.

Trepikodadel on uued välisüksed ja aknad. Tuulekojad on säilinud, trepikodasid köetakse osaliselt (külmal ajal).

Hoonel on välimise äravooluga viilkatus. Katusekatet on uuendatud, pööningu vahelae soojustus on ehitusaegne.

Hoone on täielikult korteripõhisel elekterkütel. Enamus radiaatoreid on varustatud termostaatidega. Hoone on ebahühtlaselt köetud. Kütet reguleeritakse vastavalt ruumide kasutusotstarbele.

Ventilatsioon on ehitusaegne loomuliku väljatõmbega. Seintes on värskeõhu avad.

Veevarustus ja kanalisatsioon on ühendatud välisvõrguga, tarnijaks on AS Tartu Veevärk. Soe tarbevesi valmistatakse korterites elektri- ja gaasiboileritega.

Hoone on ühenduses AS Eesti Energia elektrisüsteemiga. Korteriid arveldavad otse energiamüüjaga.

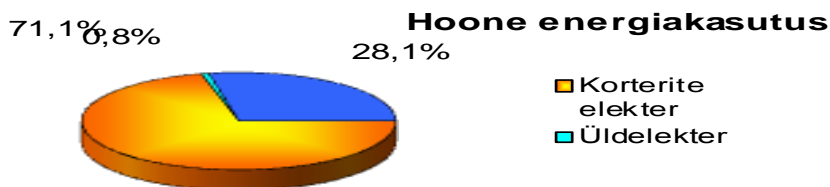
### 2.4 Energia- ja veevarustuse üldiseloomustus

Tabel 3

Soojusenergia tarnija:	Hoonel on kohtküte
Põhiline kütteviis:	Elektriradiaatorid
Soojuskulu mõõtmine korteromandites:	Elektrienergia mõõtmine
Tarbevee tarnija:	Tartu Veevärk AS
Veevarustuse liik:	Tsentraalne asulavõrgust
Olmekanaliseerimine:	Tsentraalne, juhitakse asulavõrku
Sooja tarbevee valmistamine:	Elektri- ja gaasiboilerid korterites
Sooja tarbevee arvestus:	Puudub
Ventilatsiooni liik:	Loomulik: õhu sissepääs ventilatsiooniavadest ja akende/uste ebatiheduste kaudu, väljatõmme ventilatsiooni-lõõride kaudu
Kodugaasi tarbimine ja tarnija	Eesti Gaas AS
Elektrienergia tarnija:	Eesti Energia AS
Elektrivõrgu pingeline:	3x400 V

Hoonel viimasel aastal tarbitud, tarbegaas, üld- ja korterite elekter kokku jagunevad alljärgnevalt:

Joonis 1



Kokku on majas tarbitud erinevatest allikatest 119 MWh/a energiat.

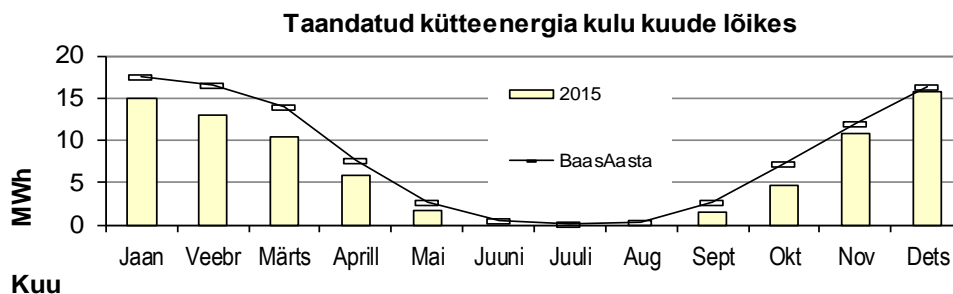
## 2.5 Soojusenergia kulu

Tabel 4

Soojusenergia tarbimine	2015	Ühik
Elektri tarbimine kütteks	59	MWh/a
Kaugkütte soojusenergia		MWh/a
Energia sooja vee tootmiseks		MWh/a
Energiatarbimine kütteks	59	MWh/a
Kraadpäevade võtmepiirkond	Tartu	
Tasakaalutemperatuur t <sub>B</sub> =13°C		°C d
Kraadpäevade arv	2335	°C d
Baasaasta kraadpäevade arv	3101	°C d
Baasaastale vastav soojustarbimine	78	MWh/a
Soojuse keskmine tariif/hind	130	€/MWh
Kulutused soojusele	10148	EUR/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	84	kWh/m <sup>2</sup>
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	95	kWh/m <sup>2</sup>

Kortermaja köetakse elektriga ja kütteks kulunud elektrit otseselt ei mõõdata. Elektritarbimine kütteks on arvatud kogu elektritarbimise ja kortermajade keskmise olmeelektri tarbimise vahena.

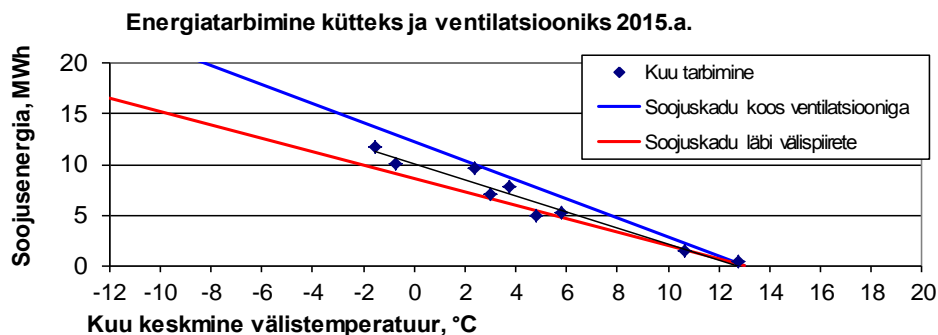
Joonis 2



Joonisel 2 markeerib BaasAasta kütteenergia kulu graafik hoone arvutuslikku kütte ja ventilatsiooni energiavajadust. BaasAasta nivoost kõrgemat energiatarbimist markeerivad tulbad näitavad maja ülekütmist antud perioodil ja madalamad tulbad tähendavad vaegkütmist. Soojusenergia tarbimise kõikumised ei ole suured. Kütmist reguleeritakse korterites vastavalt vajadusele ja välisõhu temperatuurile.

Hoone soojustarbimist iseloomustab tarbimisandmete sõltuvus välistemperatuurist.

Joonis 3



Tarbimispunktide hajumine ei ole suur. Soojusenergia tarbimisgraafikult määratud tasakaalutemperatuuri väärtuseks on 13°C, mis on oluliselt madalam kui arvutuslik tasakaalutemperatuur 16,3°C. Madal tasakaalutemperatuur näitab, et hoone tervikuna on alaköetud. Edaspidistes arvutustes on kasutatud hoone aastase energiavajadusena kütte ja ventilatsioonile viimase kolme aasta keskmist energiaarvutuste baasaastale teisendatud energiatarbimist 78 MWh/aastas.

## 2.6 Elektri ja maagaasi kulu

Tabel 5

Elektrienergia tarbimine	2015	Ühik
<b>Elektrienergia tarbimine (üldelekter)</b>		
Elektrienergia tarbimine	0,9	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	1,0	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	1,1	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Elektrienergia maksumus	122	€/a
<b>Elektrienergia tarbimine (korterid )</b>		
Elektrienergia tarbimine kokku	84,5	MWh/a
Elektrienergia sooja tarbevee valmistamiseks	2,2	MWh/a
Elektrienergia kütteks	58,8	MWh/a
Elektrienergia tarbimine olmelisteks vajadusteks	23,6	MWh/a
Elektri eritarbimine köetava pinna kohta	91,4	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Maagaasi tarbimine olmelisteks vajadusteks</b>		
Maagaasi tarbimine	3587	m <sup>3</sup> /a
Maagaasiga tarbitud energia	33,4	MWh/a
Maagaasi energia eritarbimine köetava pinna	36,1	kWh/(m <sup>2</sup> a)

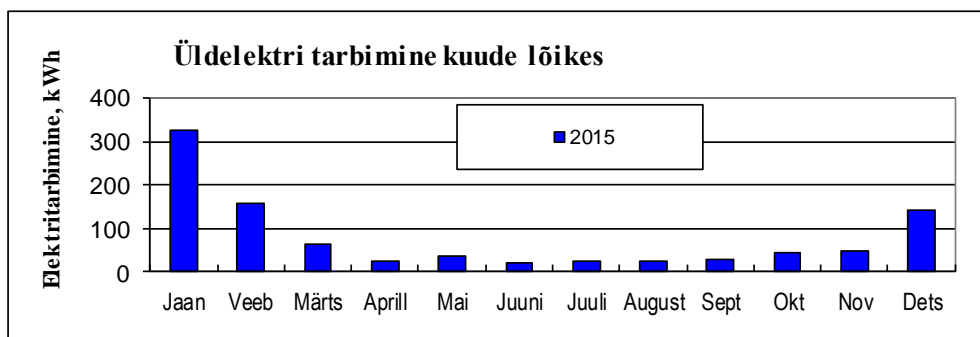
Elektrit tarvitakse nii hoone kütmiseks kui ka olmelisteks vajadusteks (valgustus, kodumasinad jm) ja vähesel määral ka sooja tarbevee valmistamiseks. Toiduvalmistamiseks kasutatakse valdavalt gaasipliite ja ka sooja tarbevett valmistatakse gaasiboilerite abil.

Olmeelektri eritarbimine köetava pinna kohta on normi kohaselt  $25 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , kui toiduvalmistamiseks elektripliite ei kasutata ja sooja tarbevee valmistamise eritarbimine on  $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Antud hoones on gaasipliidid ja gaasiboilerid. Elektritarbimine olmelisteks vajadusteks on arvestatud kortermajade keskmise ( $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ) alusel ja ülejäänud on elektritarbimine kütteks.

Maagaasi tarbimine toiduvalmistamiseks ja tarbevee soojendamiseks vastab nende tarbeliikide eritarbimise keskmisele tasemele.

Üldelektri tarbimine moodustab kogu elektritarbimisest 1%.

Joonis 4



Talvekuudel kasutatakse üldelektrit vähesel määral ka kütmiseks.

## 2.7 Vee kulu

Tabel 6

Tarbevee kulu	2015	Ühik
<b>Tarbevesi (külm)</b>	852	$\text{m}^3/\text{a}$
-erikulu köetava pinna kohta	0,92	$\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ a})$
-erikulu eluruumide pinna kohta	1,04	$\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ a})$
Vee hind		$\text{€}/\text{m}^3$
Vee eest tasutud		$\text{€}/\text{a}$
<b>Soe tarbevesi (hinnanguline)</b>	298	$\text{m}^3/\text{a}$
-erikulu köetava pinna kohta	0,32	$\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ a})$
-energia erikulu köetava pinna kohta	23,8	$\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$
Elektri kulu vee soojendamiseks, sh jahtumiskadu	2,4	$\text{MWh}/\text{a}$
Tarbegaas vee soojendamiseks, sh jahtumiskadu	20	$\text{MWh}/\text{a}$
Sooja vee maksumus		$\text{€}/\text{m}^3$
Kulud sooja vee tootmiseks, sh jahtumiskadu		$\text{€}/\text{a}$

Tarbevee erikulu kortermajades on keskmiselt  $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ a})$  ja on otseses seoses elanike arvuga. Antud hoones on veetarbimine keskmisest väiksem. Soe tarbevesi valmistatakse korterites elektri boileritega ja sooja vee tarbimist ei mõõdeta. Tsentraalse sooja vee osakaal moodustab kortermajades 35-40% kogu veetarbimise mahust. Vee- ja elektritarbimise alusel on antud kortermajas sooja vee osakaal hinnanguliselt 35% kogu veetarbimise mahust. Sooja tarbevee arvestuslik erikulu inimese kohta on  $40 \text{ l}/\text{inimene} \cdot \text{päev}$ , mille kohaselt maja soojavee tarbimine peaks olema  $453 \text{ m}^3/\text{a}$ . Hinnanguline tarbimine on 66% sellest kogusest ja sõltub ilmselt elanike tarbimisharjumusest, leibkondade koosseisust ja vanuselisest struktuurist.

## 2.8 Hoone soojusbilanss

Hoones tarbitud soojusenergia, elektrienergia ja inimeste elutegevuse tagamiseks vajalik ning sellega kaasnev energia (vabaenergia) moodustavad hoone energiabilansi ühe poole. Soojuskaod läbi välispiirete, kanalisatsiooni lastud reovesi ja ventilatsiooniks vajaliku õhu soojendamise energiakulu moodustavad hoone energiabilansi teise poole.

Vastavalt energiaauditi koostamise juhendile on soojuse bilansivalem kululiikide alusel järgmine:

$$Q_{\text{kogukulu (arvesti järgi)}} = Q_{\text{välispiirded}} + Q_{\text{õhuvahetus}} + Q_{\text{soe vesi}}$$

Soojuskadude arvutamisel on oluline arvestada hoone tasakaalutemperatuuri, mis antud juhul on vabaenergia arvutuste, korterite ankeetküsitluste ja soojusenergia kasutamise kaudu määratud 13°C. Kõik soojuskadude arvutused on tehtud tuginedes energiaarvutuste baasaasta Tartu piirkonna kraadpäevade arvule. Hoone soojusbilanss on esitatud tabeli kujul (Tabel 8).

Hoone jahtumine läbi välispiirete on proportsionaalne piirde soojusläbivuse ja piirde pindala korrutisega. Summaarne soojuskadu on soojuskadude summa üle kõikide välispiirete korrutatud kütteperioodi kraadpäevade arvuga ( $S_k$ )

$$Q_{\text{välispiirded}} = S_k \sum A_i \cdot U_i$$

Iga välispiirde osa jahtumises ja kogu soojusenergia kadu läbi praeguses olukorras välispiirete on toodud alljärgnevas tabelis

**Tabel 7**

Piirde nimetus	Praegune olukord			
	Pindala/ joonmõõt, $A_i$	Soojusläbivus, $U_i$	Erisoojus- kadu, $H_{vp}$	Soojuskadu aastas, $Q$
	$m^2/jm$	$W/(m^2 \cdot K)$	$W/K$	$MWh$
Külgseinad	410	0,50	205	15
Otsaseinad	150	0,50	75	5
Pööningu vahelagi	285	0,50	143	10
Aknad uued	113	1,40	159	11
Aknad vanad	48	2,50	121	9
Trepikoja aknad/uksed	23	2,00	46	3
I korruse põrand	252	0,42	105	8
Aknaümbruse külmasild, jm	448	0,20	90	6
		Kokku	943	68

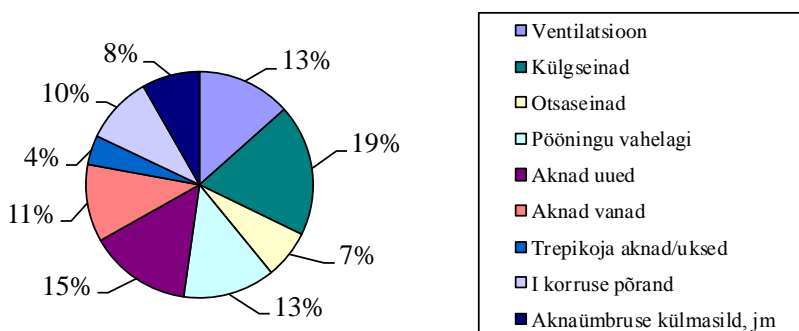
Lähtuvalt hoone köetavast mahust on normikohase õhuvahetuse korral (õhuvahetuse kordarv  $n=0,5$  1/h) värske õhu vajadus 1156 m<sup>3</sup>/h ja erisoojuskadu õhuvahetusele on 389 W/K. Aastane energiavajadus ventilatsiooni tagamiseks on sellisel juhul 28 MWh/a. Tegelik energiakulu ventilatsioonile, hoone praeguses olukorras, erineb sellest väärtusest vastavalt realselt toimuvale õhuvahetusele ja on toodud soojusbilansi tabelis allpool.

**Tabel 8**

Hoone soojusbilanss	Energia sisse, MWh/a	Energia välja,	Osakaal
Mõõdetud soojusenergia tarbimine - $Q_{\text{kogukulu}}$	78		
Soojusenergia tarbitud soojas vees - $Q_{\text{soe vesi}}$			
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete - $Q_{\text{välispiired}}$		68	87%
Energia õhuvahetuseks ja infiltatsiooniks - $Q_{\text{õhuvahetus}}$		10	13%
Kokku	78	78	
Õhuvahetuse kordarv, 1/h	0,19		
Tasakaalutemperatuur, °C	13		

Hoone soojusenergia kulude jaotus ventilatsiooni tagamiseks, sooja vee valmistamiseks ja läbi välispiirete toimivate jahtumiskadude kompenseerimiseks on järgmine:

**Joonis 5**

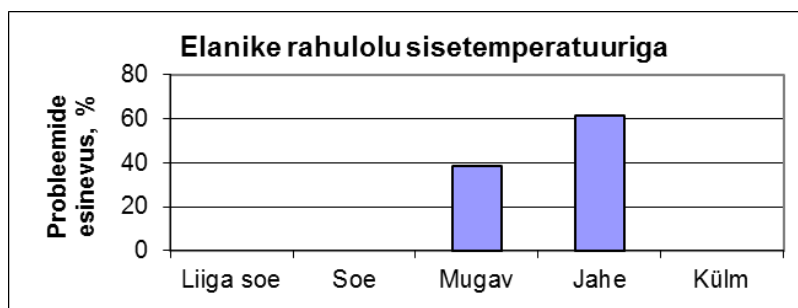


## 2.9 Korteri sisekliima ankeet

Korteri sisekliima ankeedi täitis 13 korterit, mis on 81% korterite üldarvust. Alljärgnev kokkuvõte annab ülevaate maja olukorrast täidetud ankeetide alusel.

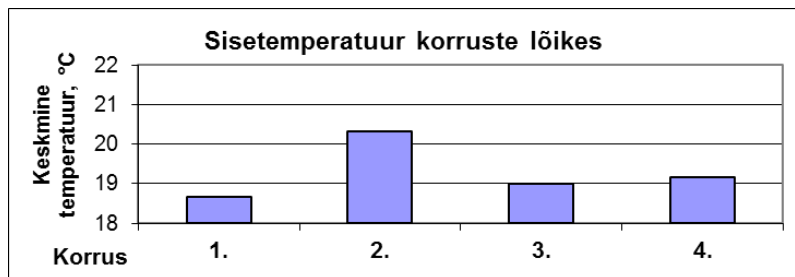
1. Korteri siseõhu temperatuuriga rahuolu jaotumist iseloomustab allolev diagramm

**Joonis 6**



Enamus kortereid on jahedad. Külm ei ole ükski korter. Kõigil korteritel on sõltumatu kütte reguleerimise võimalus ja küttekulude kokkuhoiu huvides hoitakse toatemperatuuri rahuldaval tasemel. Eluruumide keskmine temperatuur ankeetide põhjal on 19,4°C, mis on madalam meie kliimas soovitatavast talvisest eluruumide temperatuurist 21-22°C.

2. Soojusenergia vajadus korruste lõikes sõltub korteri asukohast välispiirete suhtes ja nende soojapidavusest.



Alumisel korrusel on täiendavad soojakaod läbi külma keldri vahelae ja ülemisel korrusel läbi põõningu vahelae.

3. Majas on loomuliku väljatõmbega ventilatsioonisüsteem ja värskeõhu juurdepääsu pidid tagama akende/uste ebatihedused. Vannitoa ja WC ventilatsiooniga on rahul 38% korteritest. Köögi ventilatsiooniga on rahul 31% korteritest. Ülejäänud korterites ei ole ventilatsioon rahuldav. Õhuvahetuse tase ei ole piisav, et inimeste poolt tekitatud niiskus ja süsihappegaas eluruumidest välja viia.
4. Puudulikust ventilatsioonist tingituna kasutab 54% korteritest tubade õhutamiseks avatud aknaid. Tervisliku elukeskkonna tagamiseks vajab ventilatsioonisüsteem rekonstrueerimist.
5. Hallitusega on probleeme 15% korterites.
6. Kõik vanad aknad on vahetanud uute vastu 69% korteritest.
7. Niiskuseprobleemidest on kõige enam märgitud liigniiskust vannitoas/WC-s ja niiskust seintes, mille põhjuseks võib olla niiskuse kondenseerumine soojustamata seinale.

## 2.10 Eluruumide sisekliima mõõtmised

### 2.10.1 Nõuded eluruumide sisekliimale

Lähtudes Eesti standardist EVS 839:2003 Sisekliima (kehtetu, uus standard loomisel) toodud normväärtustest, on talvisel ajal:

Soojusliku mugavuse klass	A	B	C
ruumiõhu temperatuur	21-23 °C	20-24 °C	19-25 °C
suhteline niiskus talvel	25% - 45%	25% - 45%	25% - 45%
süsihappegaasi (CO <sub>2</sub> ) tase	<1000 ppm	<1200 ppm	<1500 ppm

Ventilatsioon peab tagama hoones viibivatele inimestele normaalse sisekliima ja piisava värske õhu juurdevoolu, et ei ületata vastava klassi ruumide CO<sub>2</sub> maksimaalset mahukontsentratsiooni. Ruumiõhu niiskusesisaldus peab olema niisugustes piirides, mis väldib veeauru kondenseerumist konstruktsioonides, sh külmasildadel ning ei põhjusta niiskuskahjustusi ega mikroorganismide kasvu. Kõrge õhuniiskuse tase toob kaasa hallituse tekkimise külmasildadel.

Siseõhu suhteline niiskus sõltub niiskustootlusest ruumides (inimeste arv ja elutegevuse intensiivsus, toidu valmistamine, pesemine, taimede kastmine jne), ventilatsiooni toimimisest ja õhu vahetusest ning välisõhust. Kuigi talvel on välisõhu suhteline niiskus kõrge, on tema veeauru sisaldus ehk absoluutne niiskus väike. Peamiselt seetõttu on siseruumide suhteline niiskus talvel madalam, kui suvel. Suhteline niiskus sõltub temperatuurist: sama veeauru sisaldusega õhu suhteline niiskus on soojemas keskkonnas madalam ja jahedamas keskkonnas kõrgem.

Hoonetes, kus on probleeme niiskusega, tekivad reeglina hallitusprobleemid. Hallitusseened suudavad alustada kasvu, kui suhteline õhuniiskus on >70-80%, ning kasv üha intensiivistub, kui õhu suhteline niiskus suureneb kuni 100%. See tähendab, et niiske õhu kondenseerumisel

külmale seinale tekkivast veest piisab, et hallitused saaksid hakata kasvama. Kõrvuti ebameeldiva lõhna ja pinnaviimistluse hävimisega võivad hallitused põhjustada allergiat ja nn „haige hoone sündroomi“. Inimesed, kelle immuunsüsteem puutub pidevalt kokku hallitustega, võivad muutuda ülitundlikuks. Hallituste eosed põhjustavad hingamisteede haiguseid.

### 2.10.2 Sisekliima mõõtmiste tulemused

Hoone ülevaatusel ajal 10.03.2016 (välis temperatuur 0°C) viidi läbi sisekliima mõõtmised järgmistes korterites :

Parameeter	Korter 13	Korter 7	Korter 1	Korter 10	Korter 16	Trepikoda	Kelder
Sisetemperatuur, °C	23	19,4	19,6	18,5	18,1	8-16	4-6
Suhteline niiskus, %	49	42	44	61	47		
CO <sub>2</sub> tase, ppm	1530	1130	1900	2090	1170		
Õhu liikumiskiirus vent-avas, m/s:							
WC; vannituba	0,6	0,7	0,1	0			
Köök	Kubu	0,8	1,1		Kubu		

Korterite erinevate ruumide õhutemperatuur jäi valdavalt vahemikku 18 -23°C, mis jääb väljapoole soojusliku mugavuse klassi C piire.

Üheski korteris ei vasta süsihappegaasi tase tervisliku sisekliima nõuetele (<1000 ppm) ja kahes korteris on see kõrgem soovituslikust ülempiirist eluruumides (>1500 ppm) .

Antud tüüpi hoonetes oli värske õhu sissepääs tagatud akende ja uste ebatiheduste kaudu ning saastunud õhu väljavool ventilatsioonikanalite kaudu. Enamuses korteritel on uued, tihenditega aknad, mis ei taga loomulikult viisi õhuvahetust. Akende avamise tulemusena intensiivistub õhuvahetus läbi ventilatsioonikanalite. Seal, kus ruumide temperatuur vastab elanike mugavuskriteeriumile, kasutatakse aktiivselt akende kaudu tuulutamist ja ruumiõhu süsihappegaasisaldus on rahuldaval tasemel. Akende kaudu tuulutamine ei taga pidevat õhuvahetust ja ühtlaselt head sisekliimat, õhu niiskusetase on valdavalt kõrge.

Sisekliima ankeedi tulemused ja korterite sisekliima valikulised mõõtmised näitavad vajadust hoone kütte- ja ventilatsioonisüsteemi rekonstrueerimiseks, et tagada elanikele tervislik ja mugav sisekliima optimaalsete küttekulude juures. Parima tulemuse annab hoone kompleksne rekonstrueerimine, kus samaaegselt vähendatakse ka välispiirete soojuskadusid.

### 3. Hinnang hoone energiakasutuse kohta, säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus

#### 3.1 Hoone piirdetarindid

Tabel 9

Praegune olukord					Tehnilised parendusvõimalused ja vastav lihttasuvusaeg					
Piirdetarind või selle osa	Materjal/tüüp, olukorra kirjeldus	Pind-ala	U-arv	Soojus-kaod	Meetmed energiasäästuks	U-arv	Soojus-kaod	Energia-sääst	Maksu-mus	Tasu-vus-aeg
		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	MWh/a		W/m <sup>2</sup> K	MWh/a	MWh/a	EUR	aasta
<b>Piirded kokku</b>		<b>1814</b>		<b>68</b>			<b>31</b>	<b>36</b>	<b>84 000</b>	<b>18</b>
Pööningu vahelagi	Katuslagi, ehitusaegne soojustus	285	0,50	10	Lisasoojustus 300 mm, uus katusekate	0,11	2	8	8 000	8
Aknad vanad	30% ehitusaegsed aknad, osaliselt amortiseerunud	48	2,50	9	Uued pakettaknad (3 klaasi)	1,10	4	5	8 000	13
Trepikoja aknad/uksed	Pakettaknad, uued ukсед	23	2,00	3	Tarindit ei renoveerita	1,10	2	1	3 000	16
Aknaümbruse külmasild, jm	Joonkülmasild akna-seina liites	448	0,20	6	tasapinda v paled soojustatakse	0,05	2	5	10 000	16
I korruse põrand	Jahtumine läbi keldri piirete	252	0,42	8	Lisasoojustus 100 mm sokli peal	0,16	3	5	14 000	23
Otsaseinad	Silikaattelistest müüritis	150	0,50	5	Lisasoojustus 200 mm	0,17	2	4	11 000	24
Külgseinad	Silikaattelistest müüritis	410	0,50	15	Lisasoojustus 150 mm	0,20	6	9	30 000	26
Aknad uued	2 klaasiga pakettaknad, plastikraamiga	113	1,40	11	Tarindit ei renoveerita	1,40	11			

Märkus: Investeeringute loetelu on üksnes informatiivne ja üksiku investeeringu teostamisel ilma täiendavate meetmete rakendamiseta ei pruugi loodetud säästu saavutada. Investeeringute kavandamisel tuleks lähtuda koostööst säästupaketist.

Hoone piirdetarindite soojuskadude hindamisel ja parendusettepanekute koostamisel on lähtunud hoone termograafilise ülevaatus tulemustest ja TTÜ Ehitusteaduskonna poolt läbiviidud mahuka uuringu „Eesti eluasemefondi telliskorterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga“ [6] järeldustest ja soovitustest.

Välispiirete soojuskadude vähendamisel ja tehnosüsteemide rekonstrueerimisel on üldjuhul lähtunud määrustest „Energiatõhususe miinimumnõuded“ (Majandus- ja taristuministri määrus nr 55, vastu võetud 03.06.2015, edaspidi MTMm 55) ja „Korterelamute rekonstrueerimise toetuse andmise tingimused“ (MTM määrus nr 23, vastu võetud 20.03.2015, edaspidi MTMm 23).

### 3.1.1 Katuslagi

Hoonel on välimise äravooluga viilkatus, mille katusekatet on uuendatud. Soojustus pööningu vahelael on ehitusaegne. Pööningu vahelae hinnanguline soojusläbivus on  $U \sim 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , mis on suurem kui MTMm 55 soovitab ja ülemise korruse lagi vajab täiendavat soojustamist. Pööningu põrandale paigaldamiseks on kõige sobivam soojustusmaterjal puistevill. Soojustuskiht paksusega 400 mm tagab soojusläbivuse  $U=0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  ja võimaldab säästa 8 MWh/a soojusenergiat. Soojustusmaterjali kinnitallamise vältimiseks on vajalik ehitada pööningule käiguteed. Koos pööningu vahelae lisasoojustamisega on vaja soojustada seinte siseküljed ja võimalusel ka sein pealt, et isoleerida konstruktiivsed külmasillad, mis ülemise korruse seina-lae liite külmaks jätavad. Kui välisseinu samaaegselt ei soojustata, on soovitav soojustada ka parapeti fassaadipoolne külg kuni ülemise korruse akendeni.

### 3.1.2 Külgseinad

Hoone välisseinad on laotud silikaattelistest müüritisena, mille soojapidavus on ebahütlane. Müüritisest olevad sideread moodustavad külmasillad ja seina sees olev soojustus ei ole ühtlaselt paigaldatud. Termograafilise ülevaatus põhjal teostatud kaudsete arvutuste põhjal on hoone avatud külgseinte keskmiseks soojusläbivuseks saadud  $U \sim 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , mis on suurem kui MTMm 55 soovitab ja välisseinad vajavad täiendavat soojustamist. Paljudes korterites on välisseinu seestpoolt soojustatud, mis vähendab seinte soojusläbivust ja energiaarvutustes on välisseinte efektiivseks soojusläbivuseks hinnatud  $U \sim 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Külgseinte soojustamisel on soojustuskihi vajalikuks paksuseks vähemalt 150 mm, mis tagab seinte nõuetekohase soojapidavuse.

Külgseinte soojustamisel saadav energiasääst on 9 MWh/a ja tööde lihttasuvusaeg on 26 aastat. Välisseinte soojustamine tervikuna tõstab oluliselt maja kasutusmugavust. Just soojustamata seintes olevad külmasillad moodustavad nõ „külma õhkavad“ piirkonnad, mis on olulised ebamugavuse allikad ja tihti ka soodsad piirkonnad hallituse tekkimiseks. Hallitusseene eosed saastavad meile märkamatult eluruumi õhku ja järjest rohkem levivad hingamisteede allergilised haigused on otseselt seotud elukeskkonna kvaliteedi ja toaõhu puhtusega. Akende vahetamine, mis tõstab ruumi temperatuuri soojakadude ja ülemäärase ventilatsiooni vähendamise tõttu ei likvideeri „külma õhkavaid“ piirkondi ja vaatamata ruumi kõrgemale temperatuurile külmal ajal ebamugavustunne säilib. Seinte soojustamise tagajärjel külmasillad kaovad ja mugavustunne tekib ruumide madalama temperatuur korral, mis võimaldab täiendavalt energiat säästa..

### 3.1.3 Otsaseinad

Maja otsaseinad on külgseintega analoogilise konstruktsiooniga. Otsaseintes puuduvad aknad. Arvestades asjaolu, et maja otsaseintega piirnevates korterites on soojakadu orienteeruvalt 60% suurem, kui analoogilistes korterites maja keskel, siis on otsaseinu otstarbekas paremini soojustada kui külgseinu ja soojustuskihi paksuseks võtta 200 mm. Arvestades kütuste hinnatõusu prognoosi,

on suurema soojapidavuse saavutamine igati põhjendatud. Otsaseinte soojustamisel saadav energiasääst on 4 MWh/a ja tööde lihtsuvusaeg on 24 aastat

### 3.1.4 Sokkel

Soojuskaod läbi eluruumide all paikneva keldri põranda, vundamendi ja sokli võetakse arvesse keldrikorrust ja eluruume eraldava esimese korruse põranda efektiivse soojusläbivuse kaudu, mis on arvatud vastavalt standardile EVS EN ISO 13370:2008. Keldris puuduvad soojusallikad ja kelder on külm. Esimese korruse põranda efektiivseks soojusläbivuseks on  $U=0,42 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Esimese korruse põranda efektiivset soojusläbivust saab oluliselt vähendada keldri lae soojustamise teel, kuid siis jäävad isoleerimata sokli-põranda-seina liites olevad konstruktiivsed külmasillad, mis esimese korruse põranda ääred külmaks muudavad ja seal niiskuse kondenseerumise tõttu ka probleeme tekitavad. Seepärast on otstarbekas vähendada kogu keldri soojuskadusid sokli väljastpoolt soojustamise kaudu sellisel viisil, et konstruktsioonide liites olev külmasild ka isoleeritud saaks. Kui välisseinu samaaegselt ei soojustata, on soovitatav soojustada ka sokliga liituv fassaadiosa kuni alumise korruse akendeni. Lähtuvalt sokli konstruktsioonist on hoone soojustamata sokliosa soojusläbivus suurusjärgus  $U\sim 2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Lähtudes keldri soovituslikust sisetemperatuurist  $12^\circ\text{C}$ , on otstarbekas sokliosa soojusläbivus viia väärtuseni  $U_{\text{max}}=0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

Sokliosa soojapidavuse suurendamiseks on soovitatav sellele paigaldada 100 mm lisasoojustus. Keldri aknad on uued ning need ei vaja vahetamist. Esimese korruse põranda efektiivne soojusläbivus langeb väärtusele  $U=0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  ja arvutuslik energiasääst on 5 MWh/a, tööde lihtsuvusaeg on 23 aastat. Tasuvusajast olulisem on esimese korruse põranda välisäärte soojaks muutumine, mis likvideerib hallituse tekkimise ohu ja loob mugavamad elamistingimused.

NB! Antud kalkulatsioonid lähtuvad üksnes sokliosa soojuslikust režiimist.

Kuivõrd hoone vundament ja sokkel on pinnaseniiskuse seisukohalt kriitilises piirkonnas asuv konstruktsioon, on mõttekas sokliosa soojustamine kindlasti läbi analüüsida koos kompetentse projekterijaga, et vältida soojustamisest tuleneda võivaid, niiskusrežiimi muutumisest tingitud probleeme

### 3.1.5 Välisused ja trepikoja aknad.

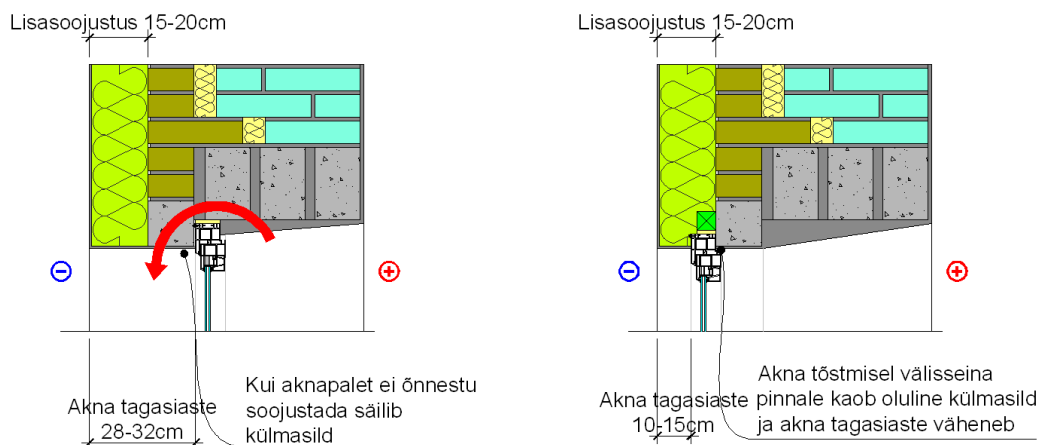
Hoones on 2 trepikoda sissepääsuga maja esiküljelt. Sissepääsul on soojustatud metallused ja tuulekojad on säilinud. Trepikodades puudub küte ja trepikoda kütavad eluruumide seinad, kõige suurema osakaaluga alumise korruse korterid. Trepikodade küte on soovitatav taastada. Trepikojal on plastraamidega ja pakettklaasidega suhteliselt vanad aknad. Hoone tervikliku rekonstrueerimise käigus on soovitatav need asendada hea soojapidavusega 3-klaasiga pakettakende vastu. Oluline on jälgida tihendite ja ukseulgurite korrasolekut, et soojuskaod ei suureneks tänu uste ülemäärasele lahtiolekule.

### 3.1.6 Aknad

Vanemat tüüpi kahe eraldiseisva klaasiga akende soojusläbivus on minimaalselt  $U=2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , millele lisanduvad akende ebatihedusest tingitud soojuskaod. Akende soojapidavust aitavad parandada kardinat ja ruloode kasutamine, mille tõttu on akende efektiivseks soojusläbivuseks hinnatud  $U=2,5 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Akende vahetamine kaasaegsete kolme klaasiga pakettakende vastu viib nende soojusläbivuse väärtusele  $U=1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Ülevaatus ajaks oli ca 70% korterite akendest vahetatud uute vastu.

Silikaattelistest seintega hoonete üheks probleemseks kohaks on aknaavas olevad konstruktiivsed külmasillad. Tihti on aknaraam tellise või silluse taga nii peidus, et aknapale väljastpoolt

lisasoostamine on raskendatud. Lisasoostamata aknapaalede korral seinä soostamisel külmasilda ei likvideerita, säilivad soojuslekked ning risk hallituse tekkeks ja veeauru kondenseerumiseks (vt viide [6], lk 44-48 ja Joonis 3.18).



Joonis 3.1 viide [6]. Akna ja seinä liitekohas olevat olulist külmasilda (vasakul) saab kaotada ja akna tagasiastet vähendada akna välisseinapinnale tõstmisega (paremal).

Vastavalt viidatud uurimistöole on akna-seinä liitega seonduva joonkülmasilla lisajuhtivuse väärtus  $\Psi=0,20-0,3 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  ja aknaümbrustega seonduv täiendav energiakadu on 6 MWh/a. Kuigi osa aknaid on vahetatud ja paigaldatud suhteliselt hiljuti, on hoone tervikliku soostamise korral otstarbekas tõsta kõik aknad seinä välispinda soostustesse ja vahetada uute vastu ka veel vahetamata vanad aknad. Aknaümbruste nõuetekohasel tihendamisel on sellisel juhul joonkülmasilla lisajuhtivuse väärtuseks  $\Psi=0,05 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  ja aknaümbrustega seonduv täiendav energiakadu langeb väärtusele 2 MWh/a. Akende ümbertõstmise käigus tasub kaaluda ka vanemate 2-klaasiga pakettakende vahetamist uute 3-klaasiliste vastu, et viia akende soojapidavus tänapäeva nõuete tasemele. Parema soojapidavusega akende paigaldamine vähendab korteri energiakulu ja annab otsest rahalist võitu soojusenergia individuaalse arvestamise korral. Akende paigaldamisel soostustesse on prognoositav energiasääst 5 MWh/a ja tööde lihttasuvusaeg on 16 aastat. Puitakende ebatihedus on olnud loomuliku ventilatsiooniga majade värske õhu sissevoolu kanaliks, mis kaasaegsete akende (nii plast- kui ka puitraamiga aknad) paigaldamise tagajärjel kaob. Ebapiisava ventilatsiooni tagajärjel tõuseb ruumide niiskusesisaldus, mis soostamata seintel niiskusekahjustusi ja lõpuks ka hallitust põhjustavad. Seepärast on uute akende paigaldamisel vaja jälgida, et ventilatsiooniõhu sissepääs oleks tagatud (tuulutusklaappidega aknaraamid või ventilatsiooniavad seinäs). Õhuvahetus peab toimuma mitte läbi juhuslike pilude, vaid selleks ettenähtud moodusel ja reguleeritavalt.

### 3.2 Hoone tehnosüsteemid

Tabel 10

Osa nimetus	Kirjeldus	Hinnang olukorrale ja parendusettepanekud
Hoone soojusvarustus		
Küttesüsteemi tüüp	Kohtküte	Elektriradiaatorid
Soojuse arvesti	Korterites elektrienergia mõõtmine	

Sooja tarbevee valmistamine	Korterites elektri- ja gaasiboilerid	
Sooja tarbevee ringluspump	Puudub	

Hoone on täielikult elekterkütteil. Kütmine toimub korteripõhiselt elektriradiaatorite ja puhuritega. Küttekulude kokkuhoiu huvides hoitakse ruumide temperatuure võimalikult madalal ja osa eluruume on praktiliselt ilma küttega. Samuti puudub trepikodades statsionaarne küte.

Hoone asub kaugkütte piirkonnas ja hoones on soovitatav välja ehitada tsentraalne küttesüsteem ja liituda kaugkütte võrguga. Tartu Keskkatlamaja poolt tarnitav soojusenergia hind (64,02 €/MWh) on ca 2 korda odavam kui elektrienergia keskmine hind (125-130 €/MWh). Lähtudes baasaastale taandatud praegusest soojusenergia tarbimisest on kaugkütte ülemineku rahaline sääst 5150 €/a ja uuele küttesüsteemile ülemineku tasuvusaeg on 9 aastat. Samas on oluline märkida, et kuna elamu on praegusel ajal alakõetud ja alaventileeritud, siis kulub normikohase sisekliima tagamiseks rohkem energiat ja rahaline sääst on väiksem. Küttekulude tegeliku kokkuhoiu tagab soojakadude vähendamine, st välispiirete soojustamine ja soojustagastusega ventilatsiooni paigaldamine.

Välispiirete soojustamine ühtlustab küttevajadust ja loob tingimused mugava sisekliima loomiseks.

### 3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid

Külm tarbevesi saadakse asulavõrgust. Tarnija on Tartu Veevärk AS. Soe tarbevesi valmistatakse korterites peamiselt gaasiboileritega ja tarbitud sooja vee koguseid ei mõõdata. Soojaveesüsteemi rekonstrueerimiseks ei ole vajadust.

Olmekanalatsioon juhitakse asulavõrku. Hoonesisene torustik on valdavalt ehitusaegne ja töökorras.

### 3.4 Ventilatsioonisüsteem

Ventilatsiooni esmatähtsaks ülesandeks on saasteainete eemaldamine ruumist, et hoida õhu kvaliteeti või puhtust soovitud tasemel, mille kaudu tagatakse tervislik elukeskkond. Elumajades peaks õhk vahetuma vähemalt üks kord kahe tunni jooksul (õhuvahetuse kordarv 0,5 1/h) [7].

Vanematesse korruselamutesse on originaallahendusega projekteeritud loomulik õhuvahetus: väljatõmme köögist, WC-st ja vannitoast ning välisõhu juurdevool läbi akende ja piirdetarindite ebatiheduste. Loomuliku ventilatsiooni tingimustes on õhuvahetus hoonepiirete (eeskätt akende) õhupidavusest, välis- ja sisetemperatuuri vahet, tuule tugevusest ja suunast, vertikaalse ventilatsioonikanali kõrgusest ja seisukorrast. Renoveerimata elamute alumistel korrustel võib õhuvahetus talvel olla isegi liiga suur, suvel aga liiga väike. Ülemiste korruste korterites on õhuvahetus üldjuhul alati ebapiisav. Loomuliku ventilatsiooniga ei ole võimalik stabiilselt kindlustada vajalikku õhuvahetust, eriti korruselamute viimastel korrustel. Loomulik õhuvahetus väheneb väga oluliselt uute akende paigaldamise tagajärjel ja korteris võivad tekkida tõsised sisekliima probleemid. Nõrk ventilatsioon või ventilatsiooni puudumine tähendab, et saastunud õhku ei eemaldata ruumist. Seega ei ole kindlustatud inimese elutegevuseks vajaliku värskeõhu vooluhulk ja selle loomulik ringlemine ning ei ole tagatud tervislik mikrokliima. Korteri ebapiisava õhuvahetuse esmaseks indikaatoriks on toaõhu kõrge niiskus, mis külmadele seintele kondenseerudes tekitab niiskuskahjustusi ja hallitust. Vähemtjutav on toaõhku kontsentreeruvad CO<sub>2</sub> ja muud elutegevusega kaasnevad jääkained, millises keskkonnas pideval viibimisel on oht tervisekahjustuste tekkimiseks.

Probleemide ennetamiseks tuleb akende uuendamisel renoveerida ka ventilatsioon kasvõi minimaalsel tasemel, mis säilitab loomuliku ventilatsiooni töövõime. Selleks tuleb paigaldada

tuulutuspiludega aknad või teha seina värskeõhu avad ja paigaldada klapid. Juba paigaldatud ilma tuulutuspiludeta akende raamidesse või seintesse on soovitatav paigaldada AERECO HYGRO tüüpi õhu juurdevoolu seadmed, mis reageerivad õhu niiskusetaseme tõusule ja intensiivistavad värske õhu hulka vastavalt ruumi kasutuskoormusele.

Ventilatsioonisüsteem on ülalkirjeldatud ehitusaegne loomuliku väljatõmbega. Köökides ja sanitaarruumides on ventilatsiooni väljatõmbeava. Köökide seintes on värskeõhu avad, mis pidid tagama gaasiseadmete (gaasipliidid, gaasiboilerid) töötamise ajal vajaliku õhu juurdevoolu.

Ümberehituste käigus on enamus neist avadest suletud, mis suurendab gaasiseadmete kasutamise ohtu. **Gaasiseadmetega korteris peab olema tagatud nõuetekohane värske õhu juurdevool!**

Hoone energiabilansist tulenev õhuvahetuse kordarv 0,19 1/h näitab, et hoone keskmine ventilatsioonitase on alla normi. Hoonet köetakse nii, et eluruumide õhutemperatuur on rahuldav ja ruume õhutatakse vastavalt vajadusele akende kaudu. Samas ei toimi selline õhuvahetus pidevalt ja paljudes korterites on ventilatsioonitase ebarahuldav, nagu näitas maja sisekliima ankeet. Puudulik ventilatsioon ja külmasillad välispiiretes loovad soodsad tingimused niiskuse kondenseerumiseks ja hallituse tekkimiseks. Hallitust esineb 15% korterites.

Ventilatsioonisüsteem vajab korrastamist. Ventilatsioonikanalid võivad olla ummistunud ja ning neid tuleb perioodiliselt puhastada ning vajadusel ka tihendada. Lihtsaimaks viisiks probleemi lahendada, on elanike teavitamine ja olulisel määral õhutamise intensiivistamine ka akende kaudu tubade tuulutamise teel. Samal ajal peab küttesüsteem tagama piisava võimsuse õhu soojendamiseks. Alaköetud korteris on peaaegu võimatu tagada nõuetekohast ventilatsioonitaset.

Ventilatsioonisüsteemi rekonstrueerimist tuleb alustada olemasoleva olukorra selgitamise, ventilatsioonikanalite uurimise ja kaardistamisega. Tuleb kontrollida, missuguses olukorras on väljatõmbekanalid ja kas korterid on ühendatud õige ventilatsioonikanaliga (ühe korteri lõhnad tulevad teise korterisse). Korteriühistu peab andma ventilatsiooni projekteerijale adekvaatse ülevaate olemasoleva süsteemi tegelikust olukorrast, et saaks vastu võtta õigeid rekonstrueerimisotsuseid. Uues süsteemis olemasolevate vigaste ventilatsioonikanalite kasutamine, ilma neid korda tegemata, võib kogu investeeringu mõttetuks muuta. Parema sisekliima asemel saadakse suurenenud energiakulu.

Nõuetekohase ventilatsiooni tagamiseks keskmisel tasemel peab eluruumide õhk vahetuma vähemalt üks kord kahe tunni jooksul ( $n=0,5$  1/h) ja sissepuhutava värske õhu soojendamiseks vajatakse 28 MWh/a, mida on 18 MWh/a rohkem kui praegusel ajal ventilatsioonile kulub. Ventilatsiooni intensiivistamine suurendab küttekulu.

Nõuetekohase ja tervisliku ja sisekliima tagab kontrollitav ja juhitav ventilatsioonisüsteem, milles õhu liikumist suunavad sissepuhke või väljatõmbe ventilaatorid vastavalt korteri kasutuskoormusele (elanike kohalolek). Kui inimesed ruumides ei viibi, võib õhuvahetuse taset oluliselt vähendada ja selle kaudu energiat kokku hoida.

Renoveerimismeetodi valikul tuleb arvestada olemasolevat olukorda ja võimalusi. Meetodi valikul on ka oluline, kas ventilatsiooni renoveerimine toimub korterite kaupa või terves hoones korraga. Esmajärjekorras tuleb renoveerimislahenduste valikul otsustada nende ulatuse ja taotletava taseme üle. Korterelema renoveerimisel on soovitatav lähtuda terviklikkuse printsiibist. Hoone välispiirete soojapidavus ning kütte- ja ventilatsioonisüsteemi efektiivsus moodustavad ühtse terviku, mille toimimisest sõltub hoone kui eluruumi väärtus ja ülalpidamiskulud. Ventilatsiooni rekonstrueerimise korral on ventilatsiooni efektiivsuse tagamiseks oluline planeerida suunatud värske õhu sissevool kõrgema puhtusastmega ruumide (magamistoad) kaudu ja saastunud õhu väljavool kõrgema saastetasemega ruumide (köök, sanitaarruumid) kaudu. Selle põhimõtte järgimisel tagatakse hea sisekliima ka suhteliselt madala õhuvahetuse taseme juures.

Nõuetekohase ja stabiilse ventilatsiooni tagamiseks suhteliselt väikeste algkuludega on kaks varianti: 1) paigaldatakse magamistubadesse ja elutuppa ventilaatoriga värskõhuklapid. 2) paigaldatakse kööki pliidikubu ja sanitaarruumidesse väljatõmbe ventilaatorid, magamistubadesse ja elutuppa paigaldatakse värskõhuklapid. Mõlema variandi puhul puhastatakse olemasolevad ehituslikud ventilatsioonikanalid ja vajadusel tihendatakse. Orienteeruv ehitusmaksumus on ca 200-400 eurot korteri kohta. Investeeringu summa on suurusjärgus 7000 € ja eesmärk on elamistingimuste ja sisekliima parandamine.

Energia kokkuhoiu saavutamiseks, ilma õhuvahetuse intensiivsust vähendamata, on vaja soojast väljatõmbeõhust energia üle kanda sissepuhkeõhule, et seda soojendada. Soojustagastusega ventilatsioonisüsteem tagab mugavad ja tervislikud elamistingimused (eluruumidesse siseneb külmal ajal soojendatud õhk) ja õhuvahetus ei sõltu välistingimustest. Peale mugavuse hoitakse kokku 60-80% ventilatsioonioõhu soojendamiseks vajaminevat soojusenergiat.

Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemid sisaldavad klassikaliselt nii sissepuhke kui ka väljatõmbetrakti ja energiatagastusega ventilatsiooniagregaate. Kortermajas on võimalik lahendada soojustagastusega ventilatsioon korteripõhiselt või tsentraalselt terve maja jaoks tervikuna. Ventilatsioonilahenduse valik sõltub eluruumide paiknemisest olemasolevate ventilatsioonikanalite suhtes, korteriomanike eelistusest ja tööde maksumusest. Tsentraalne ventilatsiooniseade paigaldatakse hoone katusele või keldrisse ja värskõhu torustik paigaldatakse välisseina peale soojustuse sisse või trepikodadesse, kui seal on selleks piisavalt ruumi. Tsentraalse lahenduse korral on eluruumide ventilatsioon kogu majas ühesuguse intensiivsusega. Korteripõhise lahenduse korral peab olema korteris või trepikoja piisavalt ruumi seadmete paigaldamiseks. Mõlema lahenduse puhul on orienteruv ehitusmaksumus on 2500-3000 € korteri kohta, sõltuvalt korteri suuruselt ja seadme tüübist.

Võrreldes loomuliku ventilatsiooni teel (värskõhu avad seintes) tagatud normikohase õhuvahetusega, võimaldavad energiatagastusega agregaadid (soojustagastus 75%) sama õhukoguse juures kokku hoida 21 MWh/a. Investeeringu eesmärk on elamistingimuste parandamine ja energiasääst.

### 3.5 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus

**Tabel 11**

Osa	Parendusmeede	Meetme maksumus	Energiasääst	Säästuväärtus	Lihttasuvusaeg	Meetme eluiga
		EUR	MWh/a	EUR/a	Aasta	Aasta
Loomulik ventilatsioon	Eluruumidesse värskeõhu avad, nõudluspõhine väljatõmme.	7 000	-17	-2 267		30
Kokku		7 000	-17	-2 267		
Tehnilised komplekslahendused						
Küttesüsteem	Keskküttesüsteemi väljaehitamine.	38 000	Odavam energia	5151	9	30
Küttesüsteem	Liitumine kaugküttevõrguga,	8 000	Odavam energia			20
Sundventilatsioon soojustagastusega	Tsentraalne lahendus	48 000	21	2720	18	30

### 3.6 Elektriseadmed

Hoone on ühendatud Eesti Energia AS elektrivõrguga. Üldelektri tarbimine on seotud trepikodade ja keldri valgustusega. Visuaalsel ülevaatusel ei tuvastatud elektrisüsteemis puudusi.

### 3.7 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid

Normaalse elutegevuse käigus tekib ja kasutatakse energia, mille allikaks on inimesed, kodumasinad, elektrivalgustus ja päikesekiirgus. Seda lisaenergiat nimetatakse vabasoojuseks ja selle energia kasutamine on sõltumatu välistemperatuurist. Hoone energiakaod tasakaalutemperatuurist kuni ruumi siseõhu temperatuurini kaetakse vabasoojusega ja välist küttenegiat vajatakse alles siis, kui välisõhu keskmine temperatuur on langenud alla hoone tasakaalutemperatuuri. Vabaenergia katab hoone energiavajadusest seda suurema osa, mida paremini on hoone välispiirete soojapidavus. Tasakaalutemperatuur langeb peale hoone renoveerimist, mille kaudu tekib täiendav energiasääst.

Vastavalt „Korterelamute energiaauditite koostamise juhend” [1] toodud arvutusmetoodikale on antud hoone vabasoojuskoormus järgmine:

**Tabel 12**

Vabasoojuse komponendid		Vabasoojuskoormus
Elanikud		kW
Elanike arv	31	0,9
Olmeline elektri- ja gaasitarbimine		
Tarbitud energia, MWh/a	37	3,1
Päikesekiirgus		Pindala, m <sup>2</sup>
Aknad idakaarde	83	1,4
Aknad läänekaarde	95	1,7
Kokku		7,2

Kogu hoones genereeritud vabasoojuse kasutamise tase sõltub küttesüsteemi automatiseerituse astmest. Kuna vabasoojus ei eraldu ajaliselt ja ruumiliselt ühtlaselt, peab küttesüsteem vabasoojuse efektiivseks ära kasutamiseks reageerima koheselt vabasoojuse eraldumisele ja samapalju antud ruumiosas vähendama majja antavat soojusenergiat.

Elektriradiaatoritel on termostaatventiilid ja vabasoojuse kasutusteguriks võib lugeda 0,70.

Ruumide siseõhu temperatuuritõus vabasoojuse arvelt sõltub soojuskadudest läbi välispiirete ja soojuskaost ventilatsiooni kaudu. Rekonstrueerimispakettide koostamisel on välispiirete osalise soojustamise korral silmas peetud soojuskadude ühtlustamise vajadust. Kütte- ja ventilatsioonisüsteemi rekonstrueerimine toimub kooskõllaliselt välispiirete soojustamisega, et tagada tervislik sisekliima ja kütte optimaalse reguleerimise võimalus.

Vastavalt renoveerimispaketis planeeritud töödele muutub vabasoojuse mõju hoone sisetemperatuurile ja vabasoojuse kasutusaste ning summaarsed soojuskaod määravad välistemperatuuri (tasakaalutemperatuur), millest madalamal on vaja hoone kütmiseks kasutada täiendavat soojusenergiat. Tasakaalutemperatuuride arvutus praeguse olukorra ja säästumeetmete pakettide jaoks on toodud Tabelis 13.

**Tabel 13**

Kasutatava vabasoojuse ja tasakaalutemperatuuri arvutus	Ühik	Praegune olukord	Säästumeetmete paketid		
			I	II	III
Keskmine vabasoojuskoormus, $\Phi_{VS}$	kW	7,2	7,2	7,2	7,2
Vabasoojuse kasutustegur, $\eta$		0,7	0,7	0,7	0,7
Utiliseeritav vabasoojuskoormus, $\Phi_{UT}=\eta*\Phi_{VS}$	kW	5,0	5,0	5,0	5,0
Erisoojuskaod läbi välispiirete, $H_{vp}=\sum U_i*A_i/1000$	kW/K	0,94	0,71	0,45	0,44
Õhuvahetuskordaja, $n$	1/h	0,19	0,50	0,50	0,70
Erisoojuskaod õhuvahetusele, $H_{vent}=L*c*\rho$	kW/K	0,15	0,39	0,39	0,14
Erisoojuskaod kokku, $H=H_{vp}+H_{vent}$	kW/K	1,09	1,10	0,84	0,57
Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt, $\Delta t_{vs}=\Phi_{UT}/H$	°C	4,6	4,6	6,0	8,8
Arvutuslik tasakaalutemperatuur, $t_B=21-\Delta t_{vs}$	°C	16,4	16,4	15,0	12,2
Energiaarvutuste korrigeeritud tasakaalutemperatuur	°C	13	17	15	13

Hoone arvutuslikuks tasakaalutemperatuuriks praeguses olukorras on  $16,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  eeldusel, et maja kogu köetava mahu keskmine temperatuur on  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tarbimisandmete alusel määratud tasakaalutemperatuuri väärtuseks on  $13\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Joonis 4). Sisekliima ankeetide põhjal on korterite keskmine temperatuur  $19,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Hoone on alaköetud ja alaventileeritud, trepikojad on külmad ning samuti on suhteliselt külmad nõ kasutamata toad, st hoone kui terviku keskmine temperatuur on hinnanguliselt  $17\text{--}18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Hoone energiabilanss on koostatud tasakaalutemperatuuril  $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pärast hoone renoveerimist tõuseb eluruumide keskmine temperatuur tavaliselt üle  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ , jäädes vahemikku  $21\text{--}23\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Seepärast on renoveerimispakettide energiaarvutustes usaldusväärse energiasäästu prognoosi saamiseks kasutatud korrigeeritud tasakaalutemperatuure, mis on saadud arvutusliku tasakaalutemperatuuri ümardamisel ülespoole lähima täisarvulise väärtuseni.

#### 4. Kokkuvõtte säästumeetmetest

Hoone välispiirete olukorrast ja sellest tulenevate säästuvõimaluste ning tehnosüsteemide parendusvõimalustest ja vajadusest lähtuvalt on hoone kohta koostatud kolm säästumeetmete paketti.

Pakettide koostamisel on seatud eesmärgiks täita määruse „Korterelamute rekonstrueerimise toetuse andmise tingimused“ (MTM määrus nr 23, vastu võetud 20.03.2015) nõudeid, et korteriühistul oleks võimalik taotleda hoone rekonstrueerimiseks vahendeid, mis on suunatud energia lõpptarbimise vähendamise saavutamisele hoonete energiatõhusust suurendavate meetmete elluviimisel. Pakettide koostamisel on lähtutud ka põhimõttest, et pakettis sisalduvad meetmed peavad toetama omavahel energiasäästu saavutamist ning tagama kogu majas ühtlase ja nõuetekohase sisekliima.

Energiasäästu suhtarvud (säästuprotsent) ja soojusenergia eritarbimine on arvatud kütteks ja ventilatsiooniks vajaliku energia muutumise alusel. Energiatõhususarvu (ETA) prognoos (arvutuslik energiamärgis hoone kasutamisel standardtingimustel) on tehtud vastavalt määrusele MTM nr 58, mille kohaselt sooja tarbevee valmistamise energia erikulu kortermajades on  $30\text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$  ja olmeelektri tarbimine on  $29\text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$  köetava pinna ruutmeetri kohta. Soojussõlme pumpade elektri eritarbimine on arvestatud  $0,5\text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ . Ventilatsiooni väljatõmbeventilaatorite erivõimsus on  $0,5\text{ W}/(\text{l/s})$  ja soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi väljatõmbe-sissepuhke ventilaatorite erivõimsus on  $1,8\text{ W}/(\text{l/s})$ . Ventilatsiooni õhuvahetuse kordsus on vähemalt  $0,5\text{ 1/h}$ .

##### 4.1 Säästumeetmete paketid

Säästumeetmete pakett I – minimaalselt vajalikud tööd hoone seisukorra, sisekliima ja elamistingmuste parandamiseks. See pakett ei võimalda saada rekonstrueerimistoetust. Hoone ühendatakse kaugküttevõrguga ja ehitatakse välja keskküttesüsteem. Soojustatakse katuslagi, sokkel ja otsaseinad. Koos sokliga soojustatakse alumise korruse põranda-seina liitekoht kuni alumise korruse akendeni. Ventilatsioonikanalid puhastatakse, seintesse paigaldatakse värskõhu klapid, ventilatsioonikorstanate otsa paigaldatakse rõhuanduriga väljatõmbeventilaatorid.

**Tabel 14**

$t_B = 17\text{ °C}$	Säästumeetmete pakett I	Tööde hind	Energia sääst	Säästu väärtus	Lihttasu- vusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	EUR	MWh/a	EUR/a	aasta	aasta
Ventilatsiooni õhuvahetuse kordsus 0,5 1/h	Sundväljatõmme, värskeõhu klapid seinas	7 000				30
Otsaseinad	Lisasojustus 200 mm	11 000				30
Pööningu vahelagi	Lisasojustus 400 mm	8 000				30
I korruse põrand	Soojustus 100 mm sokli peal	14 000				30
Küttesüsteem	Keskküttesüsteemi väljaehitamine.	38 000				30
Küttesüsteem	kaugküttevõrguga, soojussõlm	8 000				20
<b>Kokku</b>		<b>86 000</b>	<b>-27</b>	<b>3 439</b>	<b>25</b>	

Eluruumide normidele vastava sisekliima tagamine nõuab rohkem energiat kui seni.  
Tänu üleminekule odavamale kaugkütte energiale tekib siiski küttekulude sääst 34%.  
Soojusenergia eritarbimine köetava pinna kohta – 134 kWh/(m<sup>2</sup>·a)  
Energiaühikusarv (ETA) – 193 kWh/(m<sup>2</sup>·a), energiamärgise klass - E

Säästumeetmete pakett II – rekonstrueerimistoetuse määr 25% tööde maksumusest.

Soojustatakse välisseinad, pööningu vahelagi ja sokkel. Ehitusaegsed aknad vahetatakse 3-klaasiga pakettakende vastu, samuti trepikodade aknad. Aknapaled soojustatakse. Ventilatsioonikanalid puhastatakse, seintesse paigaldatakse värskeõhu klapid, ventilatsiooni väljatõmbekanalitele paigaldatakse rõhuanduriga ventilaatorid. Hoone ühendatakse kaugküttevõrguga ja ehitatakse välja keskküttesüsteem.

**Tabel 15**

$t_B = 15 \text{ °C}$	Säästumeetmete pakett II	Tööde hind	Energia sääst	Säästu väärtus	Lihttasu- vusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	EUR	MWh/a	EUR/a	aasta	aasta
Ventilatsiooni õhuvahetuse kordsus 0,5 1/h	Sundväljatõmme, värskeõhu klapid seinas	7 000				30
Külgseinad	Lisasoojustus 150 mm	30 000				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 150 mm	11 000				30
Pööningu vahelagi	Lisasoojustus 300 mm	8 000				30
Aknad vanad	Uued pakettaknad (3 klaasi)	8 000				30
Trepikoja aknad/uksed	Uued pakettaknad (3 klaasi)	3 000				30
I korruse põrand	Soojustus 100 mm sokli peal	14 000				30
Aknaümbruse külmasild, jm	Aknapaled soojustatakse	5 000				30
Küttesüsteem	Keskküttesüsteemi väljaehitamine.	38 000				30
Küttesüsteem	Liitumine kaugküttevõrguga,	8 000				30
<b>Kokku</b>		<b>132 000</b>	<b>9</b>	<b>5 697</b>	<b>23</b>	

Kütteks ja ventilatsiooniks vajaliku energia sääst - 11%.

Küttekulude rahaline sääst - 56%

Soojusenergia eritarbimine köetavala pinnale – 96 kWh/(m<sup>2</sup>·a)

Energiatõhususarv (ETA) – 160 kWh/(m<sup>2</sup>·a), energiamärgise klass - D

Säästumeetmete pakett III — rekonstrueerimistoetuse määr 40% tööde maksumusest.  
Välispiirete soojustamine ja akende vahetamine toimub vastavalt pakstile II. Aknad tõstetakse seinale tasapinda soojustuse sisse. Värskeõhu klappide asemel paigaldatakse hoonesse energiatagastusega ventilatsioonisüsteem. Hoone ühendatakse kaugküttevõrguga ja ehitatakse välja keskküttesüsteem.

**Tabel 16**

$t_B = 13\text{ °C}$	Säästumeetmete pakett III	Töö hind	Energia sääst	Säästu väärtus	Lihttasu- vusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	EUR	MWh/a	EUR/a	aasta	aasta
Ventilatsiooni õhuvahetuse kordsus 0,7 1/h	Soojustagastusega ventilatsioon, efektiivsus 75%	48 000				30
Külgseinad	Lisasoojustus 150 mm	30 000				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 200 mm	11 000				30
Pööningu vahelagi	Lisasoojustus 400 mm	8 000				30
Aknad vanad	Uued pakettaknad (3 klaasi)	8 000				30
Trepikoja aknad/uksed	Uued pakettaknad (3 klaasi)	3 000				30
I korruse põrand	Soojustus 100 mm sokli peal	14 000				30
Aknaümbruse külmasild, jm	Aknad tõstetakse soojustuse sisse	10 000				30
Küttesüsteem	Keskküttesüsteemi väljaehitamine.	38 000				30
Küttesüsteem	Liitumine kaugküttevõrguga, sojussõlm	8 000				
<b>Kokku</b>		<b>178 000</b>	<b>37</b>	<b>7 515</b>	<b>24</b>	

Kütteks ja ventilatsiooniks vajaliku energia sääst - 47%

Küttekulude rahaline sääst - 74%

Soojusenergia eritarbimine köetavala pinnale – 66 kWh/(m<sup>2</sup>·a)

Energiatõhususarv (ETA) – 144 kWh/(m<sup>2</sup>·a), energiamärgise klass - C

## 4.2 Rekonstrueerimine ja maksekoormus

Hoone suuremahuliste rekonstrueerimistöode planeerimisel tekkib alati küsimus „Kuidas mõjutab see elanike maksekoormust?“ Kas koguda raha ja teha töid oma vahenditega samm-haaval või võtta pangalaenu ja teha maja ühe korraga korda?

Korteriühistutele antakse rekonstrueerimistoetust vastavalt Majandus- ja taristuministri määrusele nr 23, vastu võetud 20.03.2015 „Korterelamute rekonstrueerimise toetuse andmise tingimused“. Rekonstrueerimistoetuse suurus sõltub hoone rekonstrueerimisel saavutatavast energiatõhususe tasemest ja võib olla 15%(va Tartu ja Tallinn), 25% või isegi 40% rekonstrueerimistöode maksumusest. Tänu rekonstrueerimistoetusele on võimalik hoonete ulatuslikule kordategemisele asuda ka korteriühistutel, kellel puuduvad rahalised reservid.

Allpool toodud tabel annab ülevaate elanike maksekoormuse muutumisest pärast hoone rekonstrueerimist auditis soovitatud erinevate pakettide korral.

Arvutuste aluseks on võetud energiaauditi tulemused ja sooduslaenu fikseeritud intress 4% tasemel. Soojusenergia kallinemise prognoosi ei ole arvesse võetud, samuti ei ole arvestatud korteriühistu omafinantseeringu võimalust, mis mõlemad vähendavad rekonstrueerimisjärgset maksekoormust.

**Tabel 17**

<b>Praeguses olukorras</b> baasaasta soojusenergia kulu						
1.	küttele ja ventilatsioonile	MWh/a	78	Kaugküte		
1.1	Soojusenergia hind	€/MWh	130,00	64,02		
1.2	Aastane rahakulu maja kütmiseks	€/a	10 148			
1,4	Kütte maksumus eluruumide pinna kohta kuus	€/m <sup>2</sup> ·kuu	1,03			
<b>2.</b>	<b>Rekonstrueerimistöode pakett</b>		<b>Pakett I</b>	<b>Pakett II</b>	<b>Pakett III</b>	
2.1	Hinnanguline investeeeringumaht	EUR	86 000	132 000	178 000	
2.2	Rekonstrueerimistoetuse määr		0%	25%	40%	
2.3	Omafinantseering pangalaenuga	EUR	86 000	99 000	106 800	
2.4	Aastane laenu tagasimakse 10 a laenuga	€/a	10 449	12 029	12 976	
2.5	Aastane laenu tagasimakse eluruumide pinna kohta	€/m <sup>2</sup> a	12,72	14,65	15,80	
2.6	Aastane laenu tagasimakse 20 a laenuga	€/a	6 254	7 199	7 766	
2.7	Aastane laenu tagasimakse eluruumide pinna kohta	€/m <sup>2</sup> a	7,61	8,77	9,46	
<b>3.</b>	<b>Pärast rekonstrueerimist</b> normaalaasta soojusenergia vajadus küttele ja ventilatsioonile	MWh/a	105	70	41	
3.1	Aastane rahakulu maja kütmiseks	€/a	6 709	4 452	2 634	
3.3	Aastane küttekulu eluruumide pinna kohta	€/m <sup>2</sup> a	8,17	5,42	3,21	
3.4	Maksekoormus (küte+laen) <b>10 a</b> laenuga	€/a	17 158	16 480	15 610	
3.5	Maksekoormus kuus eluruumide pinna kohta	€/m <sup>2</sup> ·kuu	1,74	1,67	1,58	
3.6	Maksekoormus (küte +laen) <b>20 a</b> laenuga	€/a	12 963	11 651	10 400	
3.7	Maksekoormus kuus eluruumide pinna kohta	€/m <sup>2</sup> ·kuu	1,32	1,18	1,06	
3.8	<b>Maksekoormuse muutus 10 a laenuga</b>	€/m <sup>2</sup> ·kuu	<b>0,71</b>	<b>0,64</b>	<b>0,55</b>	
3.9	<b>Maksekoormuse muutus 20 a laenuga</b>	€/m <sup>2</sup> ·kuu	<b>0,29</b>	<b>0,15</b>	<b>0,03</b>	

Tänu toetusele ja suurele energiasäästule muutuvad elanike reaalsed eluasemekulud kõige vähem pärast terviklikku rekonstrueerimist paketi III raames, kui võetakse pikemaajaline laen. Pikem laenuperiood võimaldab alandada maksekoormust, kuid tõstab seejuures laenuraha hinda. NB! Auditis toodud investeringute maht on hinnanguline. Seepärast tuleb tervikliku rekonstrueerimisprojekti alusel võtta tööde hinnapakumised ehitajatelt ning laenupakkumine pangalt, siis saab teha reaalse tasuvusarvutuse ja maksekoormuse prognoosi enne lõpliku otsuse langetamist.

#### 4.3 Kokkuvõte

Käesolevas töös on analüüsitud Tartu linnas Näituse 13 asuva hoone tänast energiakasutust ning uuritud võimalusi sisekliima parandamiseks ja energia kokkuhoiuks. Töö tulemusena selgus, et hoone tänast keskmise aasta soojusenergiakasutust 78 MWh on võimalik tervikliku rekonstrueerimise teel alandada maksimumprogrammi raames kuni väärtuseni 41 MWh/a. Sellise kokkuhoiu saavutamiseks on vajalik koguinvesteering suurusjärgus 178 tuhat eurot ja tänaste soojusenergia hindade juures on lihttasuvusaeg 24 aastat.

#### 5. Kasutatud allikad

1. Korterelementide energiaauditite koostamise juhend – KredEx ([http://www.kredex.ee/public/Energiatohusus/Korterelementide\\_energiaauditite\\_....pdf](http://www.kredex.ee/public/Energiatohusus/Korterelementide_energiaauditite_....pdf))
2. EVS 837-1:2003 Piirdetarindid. Osa 1: Üldnõuded
3. EVS-EN ISO 6946:2004 Hoonete komponendid ja hoonekonstruktsioonid. Arvutusmeetod
4. Eesti Kraadpäevad - Kredex (<http://www.kredex.ee/esk/?id=1411>)
5. Eesti eluasemefondi suurpaneel-korterelementide ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga. Uuringu lõppraport. TTÜ Ehitusteaduskond. Tallinn, 2009. (<http://www.kredex.ee/eskuuringud>)
6. Eesti eluasemefondi telliskorterelementide ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga. Uuringu lõppraport. TTÜ Ehitusteaduskond. Tallinn, 2010 (<http://www.kredex.ee/eskuuringud>)
7. Kütteenenergia tarbimise vähendamine korterelementides läbi tarbijate teadlikkuse tõstmise ja käitumisharjumuste muutmise, tuginedes individuaalse küttekulu mõõtmisele. Uuringu lõppraport. TTÜ Ehitusteaduskond. Tallinn, 2012. ([http://www.kredex.ee/public/Uuringud/Allokaatorid\\_uuring\\_191112.pdf](http://www.kredex.ee/public/Uuringud/Allokaatorid_uuring_191112.pdf)).
8. Enno Abel, Hendrik Voll, Teet Tark. Hoonete energiatarve ja sisekliima. Presshouse. Tallinn, 2014.

#### 6. Kasutatud mõõteseadmed

Tabel L 1

Mõõtesead	Tüüp	Täpsus	Töövahemik
Termokaamera	FLIR B335	Temp $\pm 1^{\circ}\text{C}$ eraldusvõime 0,1 $^{\circ}\text{C}$	-20 - +120 $^{\circ}\text{C}$
Sisekliimatester	TES 1370 NDIR CO <sub>2</sub> Meter	RH $\pm 1\%$ ; Temp $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ CO <sub>2</sub> 2,75%+75ppm	10-90% RH Temp -20- +60 CO <sub>2</sub> 0-5000ppm

Termokaamera abil viidi läbi hoone välispiirete ja küttesüsteemi termograafiline ülevaatus. Sisekliimatestri abil on pisteliselt kontrollitud hoone siseõhu parameetrid erinevates korterites.

## 7. Lisad

### 7.1. Soojusenergia tarbimisandmed

Tabel L 2

Tarbimine puudub

### 7.2. Tarbevee tarbimisandmed

Tabel L 3

	Külm tarbeves
	2015
m <sup>3</sup>	
Kokku	852

### 7.3. Soojavee tarbimisandmed

Tabel L 4

Andmed puuduvad

### 7.4. Elektrienergia tarbimisandmed

Tabel L 5

kWh	Korterite e
	2015
Jaanuar	14 543
Veebruar	11 752
Märts	9 486
Aprill	7 212
Mai	3 472
Juuni	2 086
Juuli	1 940
August	1 798
September	2 443
Oktoober	7 337
November	10 061
Detsember	12 377
<b>Kokku</b>	<b>84 507</b>

Tabel L 6

kWh	Üidelekter
	2015
Jaanuar	324
Veebruar	156
Märts	65
Aprill	26
Mai	35
Juuni	22
Juuli	23
August	23
September	27
Oktoober	43
November	50
Detsember	142
<b>Kokku</b>	<b>936</b>

#### 7.5. Tarbegaasi tarbimisandmed

Tabel L 7

m3	Tarbegaas
	2015
Jaanuar	314
Veebruar	408
Märts	509
Aprill	264
Mai	186
Juuni	271
Juuli	78
August	157
September	359
Oktoober	231
November	228
Detsember	582
<b>Kokku</b>	<b>3587</b>

#### 7.6. Termograafilise ülevaatus aruanne ja fotod

Vormistatud eraldi aruandena