

Tellija: **Korteriühistu Observatooriumi 5**  
Tellija kontaktisik: **Andres Juur**  
Aadress: **Observatooriumi 5, Tõravere alevik, Nõo vald**  
Tel.: **55 600 224**  
E-post: **andres.juur@gmail.com**



## Korterelamu energiaaudit

Töö nr TA-14-16



### Observatooriumi 5, Tõravere alevik, Nõo vald Kobinaathoone, sh 29 korteriga elamu

Auditeerimise aeg: 24.03.2014.a.  
Aruanne esitatud: 26.05.2014.a.

Auditeerija ettevõtte: **TERMOPILT TARTU OÜ**  
Aadress: **Riia 24a, Tartu**  
Reg. Nr. **11755907**  
MTR registreering **EHA000064**  
Tel.: **53 49 11 82**  
E-post: **tartu@termopilt.ee**  
Energiaaudiitor: **Tõnu Jõesaar**

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 Ülevaade hoone tehnilisest seisukorrast .....	6
2.4 Energia- ja veevarustuse üldisloomustus .....	6
2.5 Soojusenergia tarbimine .....	7
2.6 Elektrienergia kulu.....	9
2.7 Tarbevee kulu .....	11
2.8 Hoone soojusbilanss .....	11
2.9 Eluruumide sisekliima .....	13
2.9.1 Nõuded eluruumide sisekliimale.....	13
2.9.2 Sisekliima mõõtmise tulemused.....	14
2.10 Korterite sisekliima ankeet.....	14
3. Hinnang hoone energiakasutuse kohta, säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus.....	16
3.1 Hoone piirdetarindid .....	16
3.1.1 Katuslagi.....	17
3.1.2 Otsaseinad .....	17
3.1.3 Külgeinad .....	18
3.1.4 Sokkel.....	18
3.1.5 Välisüksed ja trepikoja aknad.....	18
3.1.6 Aknad .....	19
3.2 Hoone tehnosüsteemid.....	20
3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid.....	21
3.4 Ventilatsioonisüsteem.....	21
3.5 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus .....	24
3.6 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid.....	24
4. Kokkuvõte säästumeetmetest .....	27
4.1 Säästumeetmete paketid.....	28
4.2 Säästumeetmete pakettide majanduslik mõju .....	31
4.3 Kokkuvõte.....	32
5. Kasutatud allikad.....	32
6. Kasutatud mõõteseadmed.....	32
7. Lisad .....	33
7.1. Soojusenergia tarbimisandmed.....	33
7.2. Tarbevee tarbimisandmed.....	33
7.3. Soojavee tarbimisandmed.....	33
7.4. Elektrienergia tarbimisandmed.....	34
7.5. Termograafilise ülevaatusaruande ja fotod.....	34

## Sissejuhatus

Käesolevas energiaauditi aruandes on esitatud Tartumaal Nõo vallas asuva 6-korruselise 29 korteriga kortermaja kütte, ventilatsiooni, elektri- ja veevarustuse süsteemide käesoleva olukorra analüüs ning leitud võimalused hoone energiatarbe vähendamiseks.

Auditeerimise mahu ja mudeli aluseks on võetud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi ning Tallinna Tehnikaülikooli poolt väljatöötatud hoonete energiaauditi juhendmaterjal. Energiakasutuse analüüsimiseks on kasutatud korteriühistu juhatuse poolt kogutud ja edastatud hoone tarbimisandmeid ja vastavaid rahalisi kulutusi aastatel 2009-2013. Hoone seisukorra täpsemaks määramiseks on teostatud märtsis 2014 hoone ülevaatus ja välispiirete termopildistamine.

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.

Hoones on mõõdetud soojustarbimist, elektritarbimist ning veetarbimist kuude kaupa. Soe tarbevesi valmistatakse elektriboileritega korterites. 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 hinnapakumised 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 esindaja hr Andres Juur.

Lõpptarbija seisukohalt on säästupotentsiaal, energiahinnad ja kõik kulutused auditis arvestatud koos käibemaksuga 20%. Parendustööde lihttasuvusaja arvutamisel on lähtutud SW Energia OÜ, Tõravere katlamaja teeninduspiirkonnas kehtestatud soojusenergia hinnast 85,97 €/MWh.

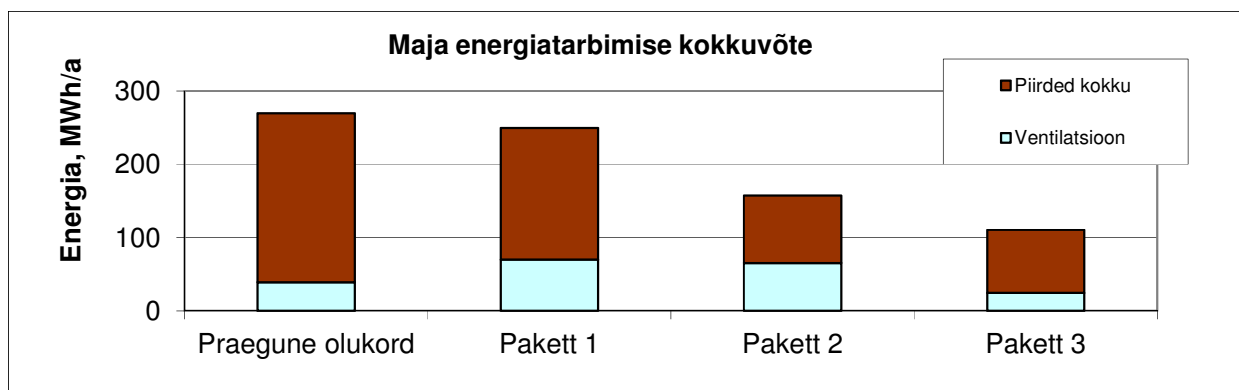
## 1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest

Käesolevas peatükis on esitatud kokkuvõte korterelamu energiaauditi läbiviimise tulemustest. Soojusenergia keskmine kogukulu aastatel 2011-2013 on mõõdetud 253MWh/a.

Normaalaastale taandatud kolme viimase täisaasta soojusenergia keskmine kulu on 270 MWh/a ja lähtuvalt hoone köetavast pinnast 1760 m<sup>2</sup> (eluruumid ja koridorid) on normaalaasta keskmine kogu soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule 153 kWh/m<sup>2</sup>. Korteriite elektritarbimine on 65 MWh/a, üldelektri tarbimine 19MWh/a. Kaalutud energiaeritarbimine on 234 kWh/m<sup>2</sup>a, energiatarbimise klass-F.

Auditi tulemusena on hoone renoveerimiseks välja pakutud kolm säästumeetmete paketti, mille abil on võimalik soojusenergia kulu tehniliselt alandada ning lisaväärtuseks on inimeste heaolu tõus tänu paranenud sisekliimale. Säästupaketid (p.4.1 ) on esitatud põhjusel, et teatud meetmetel on omavaheline koosmõju. Säästupakettide energiasääst on arvatud käesoleva olukorra suhtes.

- Esimene pakett – Minimaalselt vajalikud tööd elamistingimuste ühtlustamiseks. Soojustatakse otsaseinad ja vahetatakse otsaseintes olevad aknad. Küttesüsteem rekonstrueeritakse kahetorusüsteemseks, paigaldatakse tarmostaatidega varustatud radiaatorid. Seintesse paigaldatakse värskõhu klapid. Küttesüsteem tasakaalustatakse projekti alusel. Investeering on ca. 120 tuh eurot ja energiasääst on 20 MWh/a. Soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule on 142 kWh/m<sup>2</sup>. Kaalutud energiaeritarbimine on 217 kWh/m<sup>2</sup>a. Energiatarbimise klass – E.
- Teine pakett. Soojustatakse otsaseinad, külgliseinad ja sokkel. Vahetatakse ehitusaegsed eluruumide aknad ja koridoride aknad. Seintesse paigaldatakse värskõhu klapid. Küttesüsteem rekonstrueeritakse vastavalt pakatile I. Majas viiakse sisse küttekulude individuaalne arvestamine. Investeering on ca 240 tuh eurot ning aastane sääst on 111 MWh/a ehk 42%. Soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule on 89 kWh/m<sup>2</sup>a. Kaalutud energiaeritarbimine on 170 kWh/m<sup>2</sup>a. Energiatarbimise klass-D.
- Kolmas pakett. Hoone täielik energeetiline saneerimine ja tehnosüsteemide rekonstrueerimine. Välispiirded soojustatakse ja aknad vahetatakse vastavalt pakatile II. Küttesüsteem rekonstrueeritakse vastavalt pakatile I. Värskõhu klappide asemel paigaldatakse hoonesse tsentraalne energiataagastusega ventilatsioonüsteem. Majas viiakse sisse küttekulude individuaalne arvestamine. Investeering on ca 276 tuh eurot ja aastane energiasääst on 156 MWh/a ehk 59%. Soojusenergia eritarbimine köetava pinna ühikule on 63 kWh/m<sup>2</sup>. Kaalutud energiaeritarbimine on 145 kWh/m<sup>2</sup>a. Energiatarbimise klass-C.



## 2. Hoone energiakasutuse ülevaade ja analüüs

### 2.1 Hoone asukoht ja paiknemine



Hoone paikneb Tõravere alevikus tiheasustusalal.

### 2.2 Hoone üldandmed

**Tabel 1**

Hoone aadress:	Tartu maakond, Nõo vald, Tõravere alevik, Observatooriumi tn 5
EHR kood:	104033996
Ehitusaasta:	1974
Hoone kasutamise otstarve:	Muu kolme või enama korteriga elamu
Ehitisalune pind (EHR), m <sup>2</sup> :	1323
Suletud netopind (EHR), m <sup>2</sup> :	3096,6
Minimaalne korruste arv:	7
Maksimaalne korruste arv:	7
Hoone maht (EHR), m <sup>3</sup> :	11894
Kõetav pind, m <sup>2</sup> :	1760
Eluruumide pind (EHR), m <sup>2</sup> :	1090,8
Mitteeluruumide pind (EHR), m <sup>2</sup> :	1505,2
Ruumide kõetav sisekubatuur, m <sup>3</sup> :	4399
Korterite arv:	28
Tubade arv:	60
Elanike arv:	37
Keldri olemasolu:	Ja
Pööningu olemasolu:	Ei

Tiibhoonetes paiknevad mitteiluruumid ei ole praegusel ajal kasutuses ja küttega ning neid ei ole arvestatud kõetava pinna alla. Koridorid on küttega.

### 2.3 Ülevaade hoone tehnilisest seisukorrast

Tabel 2

Aasta	Tööde nimetus ja maht
Jooksvalt	Ehitusaegsete akende vahetamine pakettklaasidega akende vastu. Uusi aknaid on 68% eluruumide akende pinnast.
2008	Katusekatte vahetus koos soojustamisega
2009	Keldris vahetati osa kütteeve trassist.
2012	Renoveeriti lifti elektrisüsteem. Vahetati välja üks osa keskkütte jaotusmagistraalist.

Seitsmekorruseline 28 korteriga ja 4 mitteeluruumiga mitmeotstarbeline hoone, kus eluruumid paikneva 7-korruselises hooneplokis ja mitteeluruumid paiknevad ühekorruselistes tiibhoonetes. Tiibhoonetes paiknevad mitteeluruumid ei ole praegusel ajal kasutuses ja neid ei köeta. Sellel põhjusel käsitleb antud audit ainult keskmist hooneplokki, kus asuvad eluruumid.

Hoone välisseinad on laotud puhta vuugiga silikaattellistest. Seinad on seestpoolt krohvitud. Trepikoja läbi korruste ulatuv valgusava on laotud klaasplokkidest. Hoones on üks trepikoda ja lift. Hoonet läbivat koridori mõlemal küljel paiknevad eluruumid. Kõikidel korteritel on rõdud. Hoone pikitelg on põhja-lõuna suunaline, eluruumide aknad on suunatud itta või läände.

Hoonel on lamekatus, katusekatte on uuendatud ja selle töö käigus on katuslaele paigaldatud täiendav soojustus.

Soojusenergia hoone kütmiseks saadakse aleviku katlamajast. Hoonesse on paigaldatud autonoomne soojusõlm ja küttevõimsust reguleeritakse automaatselt vastavalt välistemperatuuri muutumisele. Küttesüsteem on ühetorusüsteemne ja valdavalt malmradiaatoritega. Radiaatoritel regulaatorventiilid puuduvad. Püstikutele ei ole paigaldatud tasakaalustusventiile. Ventilatsioonisüsteem on loomuliku väljatõmbega. Köögid, sanitaarsõlmed ja osa elurume on ühendatud väljatõmbelõõridega, mis viivad katusel paiknevate ventilatsioonikorstnateni. Igal ruumil peaks olema individuaalne väljatõmbekanal. Eluruumide seintes puuduvad värskeõhu avad, piisava õhuvahetuse pidid tagama akende/uste ebatihedused.

Veevarustus ja kanalisatsioon on ühendatud välisvõrguga, tarnijaks on Emajõe Veevärk AS. Soe tarbevesi valmistatakse korterites elektriboileritega.

Hoone on ühenduses AS Eesti Energia elektrisüsteemiga. Kortерid arveldavad otse energiatarbijaga.

### 2.4 Energia- ja veevarustuse üldiseloostus

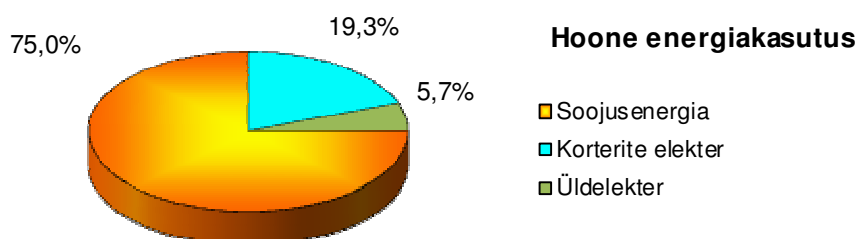
Tabel 3

Soojusenergia tarnija:	SW Energia OÜ, Tõravere katlamaja
Põhiline kütteviis:	Kaugküte
Küttesüsteemi põhimõtteline lahendus:	Ühetorusüsteem.
Kütte automaatika	ECL 200
Küttesüsteemi üldise soojuskulu mõõtur:	CF 50
Soojuskulu mõõtmise korteromandites:	Puudub

Tarbevee tarnija:	Emajõe Veevärk AS
Veevarustuse liik:	Tsentraalne asulavõrgust
Olmekanaliseerimine:	Tsentraalne, juhitakse asulavõrku
Sooja tarbevee valmistamine:	Elektriboilerid korterites
Sooja tarbevee arvestus:	Puudub
Ventilatsiooni liik:	Loomulik: õhu sissepääs ventilatsiooniavade ja akende/uste ebatiheduste kaudu, väljatõmme ventilatsiooni-lõõride kaudu
Kodugaasi tarbimine ja tarnija	Puudub
Elektrienergia tarnija:	Eesti Energia AS
Elektrivõrgu pingeline:	3x400 V
Liitumispunkti peakaitse:	100 A

Hoones viimasel kolmel aastal keskmiselt tarbitud soojusenergia, üld- ja korterite elekter kokku jagunevad alljärgnevalt:

Joonis 1



Kokku on majas tarbitud erinevatest allikatest 337 MWh/a energiat.

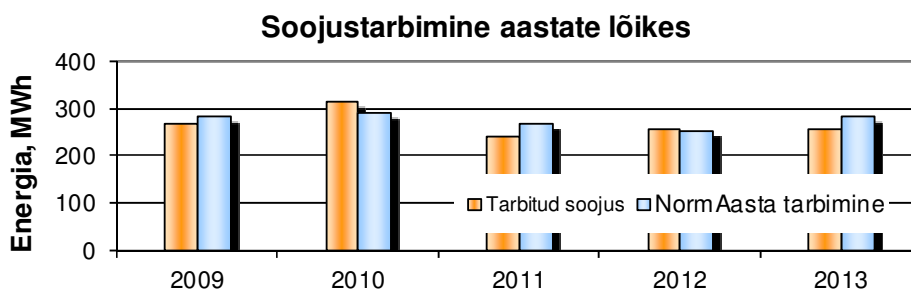
## 2.5 Soojusenergia tarbimine

Tabel 4

Soojusenergia tarbimine	2009	2010	2011	2012	2013	Ühik
Energia sooja vee valmistamiseks						MWh/a
Soojusenergia tarbimine	270	315	242	258	259	MWh/a
Elektrienergia kütteks						MWh/a
Soojustarbimine kütteks	270	315	242	258	259	MWh/a
Kraadpäevade võtmepiirkond	2 Tartu					
Tasakaalutemperatuur, 17°C						
Kraadpäevade arv	4064	4608	3844	4338	3920	°C d
Normaalaasta kraadpäevade arv	4295					°C d
Normaalaastale vastav soojustarbimine	286	294	271	255	283	MWh/a
Soojuse keskmine tariif/hind	79	85	90	93	90	€/MWh
Kulutused soojusele	21445	26648	21866	23983	23358	€/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	162	167	154	145	161	kWh/m <sup>2</sup>
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	262	269	248	234	260	kWh/m <sup>2</sup>

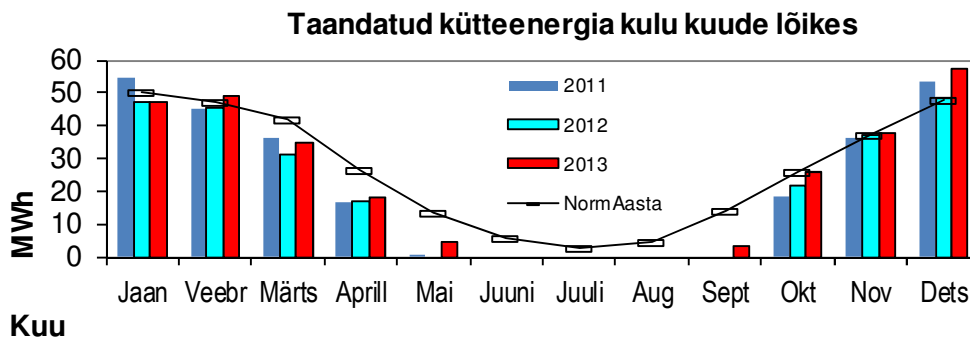
## Soojusenergia tarbimise graafikud

Joonis 2



Kraadpäevade abil on välistemperatuuri muutuste mõju soojusenergia tarbimisele elimineeritud ja erinevate aastate soojustarbimine on taandatud keskmise nn NormAasta soojustarbimise tasemele. Soojusenergia tarbimine on aastate lõikes kõikunud vastavalt kütteperioodi keskmisele temperatuurile. Normaalaastale taandatud küttekulu on viimastel aastatel püsinud ligikaudu ühel tasemel.

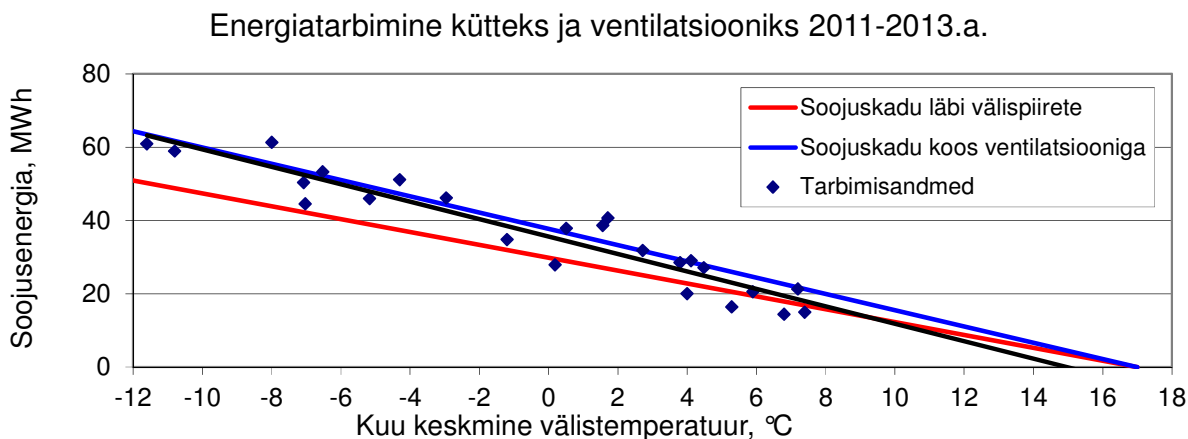
Joonis 3



Joonisel 3 markerib NormAasta kütteenergia kulu graafik hoone arvutuslikku kütte ja ventilatsiooni energiavajadust. NormAasta nivoost kõrgemat energiatarbimist markerivad tulbad näitavad maja ülekütmist antud perioodil ja madalamad tulbad tähendavad vaegkütmist. Sügisel on alustatud kütmist hilinemisega, mida on kompenseeritud järgnevatel kuudel tugevama kütmisega. Välisõhu kõrge niiskusetase sügisel ja kütmata ruumide suhteliselt madal temperatuur soodustavad välisseinte külmade piirkondade küllastumist niiskusega ja hallituse tekkimist. Juba kasvama hakanud hallitusest on väga raske lahti saada. Kütmise alustamisega viivitamine ei anna tegelikult energiasäästu, sest niiskunud konstruktsioonide suuremad soojakaod võivad ületada kütmise viivitamisega saadava kokkuhoiu. Hoone välisseinte kuivana hoidmiseks on soovitatav sügisel kütmist alustada pigem varem ja tugevamalt kui välistemperatuur seda eeldab. Kuivad välisseinad on parima soojapidavusega. Seevastu kevadkuudel (aprill, mai), kui päikese vabasoojus küttele olulist lisa annab (vt vabasoojuse arvutust p.3.7) on soovitatav energiasäästule enam panustada ja seda on ka tehtud.

Kütteautomaatika seadistuse sobivust antud hoone küttevajadusele iseloomustab tarbimisandmete sõltuvus välistemperatuurist.

Joonis 4



Tarbimispunktide hajumine on suhteliselt suur, mis viitab asjaolule, et kütteautomaatika ei ole töökorras, õigesti seadistatud või toimub sageli kütterežiimi käsitsi seadistamine. Välistemperatuuridel üle +4°C on küttevõimsus liigselt vähendatud.

Edaspidistes arvutustes on kasutatud hoone aastase energiavajadusena küttele ja ventilatsioonile viimase kolme aasta keskmist normaalaastale teisendatud energiavajadust 270 MWh/aastas.

## 2.6 Elektrienergia kulu

Tabel 5

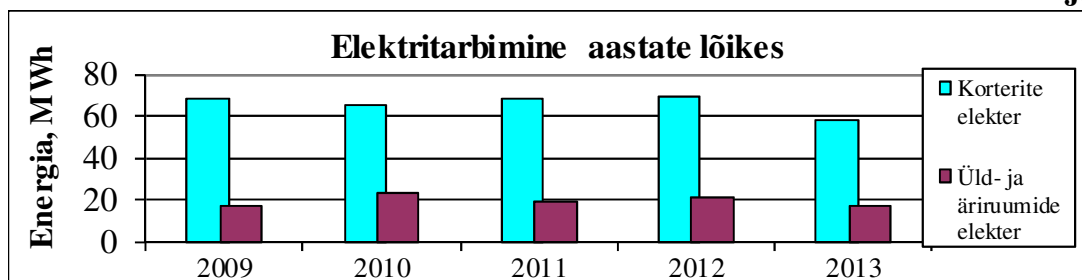
Elektrienergia tarbimine	2009	2010	2011	2012	2013	Ühik
<b>Elektrienergia tarbimine (üldelekter ja mitteeluruumid)</b>						
Elektrienergia tarbimine	17,2	22,9	18,9	21,2	17,2	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	9,8	13,0	10,7	12,1	9,8	kWh/(m2a)
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	15,8	21,0	17,3	19,5	15,8	kWh/(m2a)
Elektrienergia maksumus					1090	€/a
<b>Elektrienergia tarbimine korterites</b>						
Elektrienergia tarbimine	68,2	65,7	68,6	69,1	57,8	MWh/a
Elektrienergia sooja tarbevee valmistamiseks	34,8	30,6	36,1	40,1	32,7	MWh/a
Elektrienergia kütteks						MWh/a
Elektrienergia tarbimine olmelisteks	33,4	35,1	32,5	29,0	25,1	MWh/a
Elektri eritarbimine köetava pinna kohta	38,8	37,3	39,0	39,3	32,9	kWh/(m2a)
Elektri eritarbimine eluruumide pinna kohta	62,5	60,2	62,9	63,3	53,0	kWh/(m2a)
Elektrienergia maksumus						€/a

Alates aprillist 2011 on hoones eraldi mõõdetud korterite elektri, hoone üldelektri, ärilise eesmärgiga hooneosa elektri ning kõrval- ja abi hoone elektri tarbimist. Antud kokkuvõttes on jäetud välja kõrval- ja abihoonde elektritarbimine. Hoone üldelektri tarbimine on ca 50% mitteeluruumide ja üldelektri tarbimise summast.

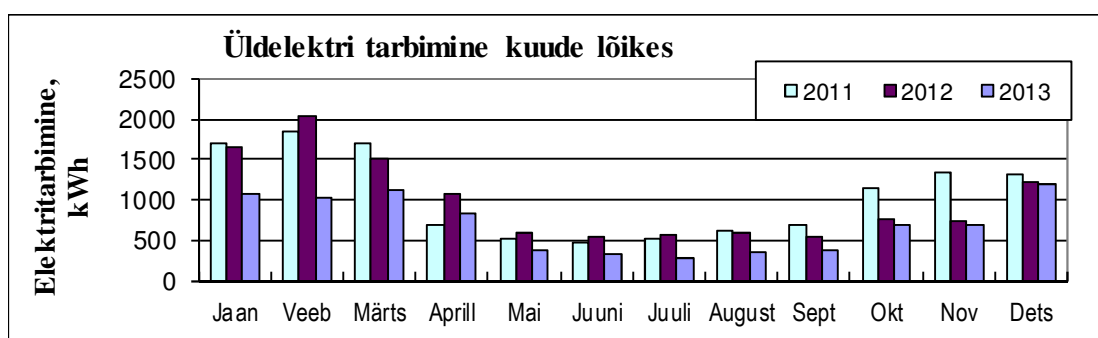
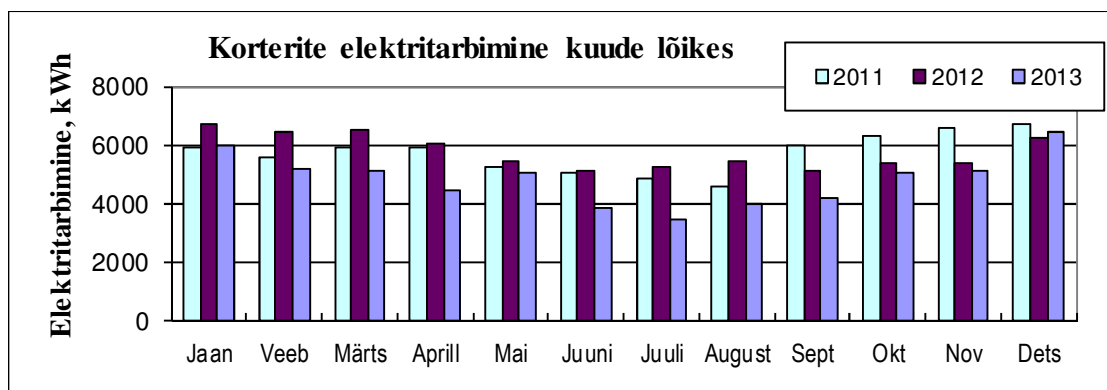
Observatooriumi 5, Tõravere alevik, Nõo vald

Olmeelektri eritarbimine köetava pinna kohta on normi kohaselt 40 kWh/(m<sup>2</sup>\*a), kui toiduvalmistamiseks kasutatakse elektripliite ja 25 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) sooja tarbevee valmistamiseks elektriboileritega. Antud majas on elektripliidid ning sooja vee valmistamiseks kasutatakse elektriboilereid. Elektritarbimine on kooskõlas nende normidega.

Joonis 5



Elektritarbimise languse 2013.a. võib tõenäoliselt seostada hinnatõusuga.



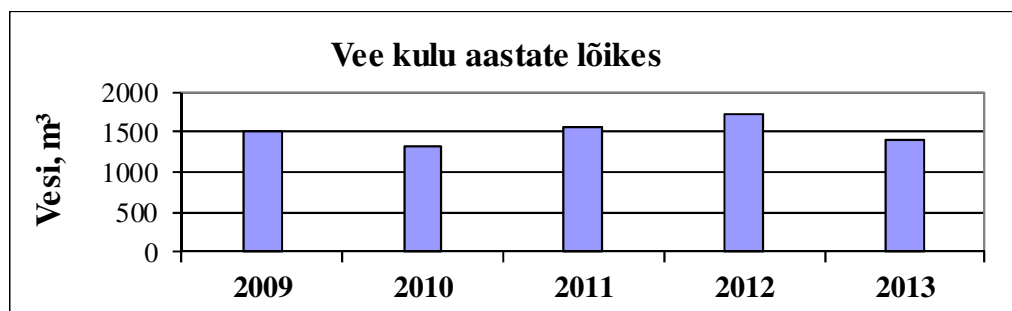
## 2.7 Tarbevee kulu

Tabel 6

Tarbevee kulu	2009	2010	2011	2012	2013	Ühik
<b>Tarbevesi (külm )</b>	1500	1317	1555	1726	1410	m <sup>3</sup> /a
-erikulu köetava pinna kohta	0,85	0,75	0,88	0,98	0,80	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	1,38	1,21	1,43	1,58	1,29	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> a)
Vee hind	1,76	2,04	0,15	2,42	2,73	€/m <sup>3</sup>
Vee eest tasutud	2644	2693	237	4181	3847	€/a
<b>Soe tarbevesi (hinnanguline)</b>	600	527	622	690	564	m <sup>3</sup> /a
-erikulu köetava pinna kohta	0,34	0,30	0,35	0,39	0,32	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	0,55	0,48	0,57	0,63	0,52	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> a)
Elektri kulu vee soojendamiseks	34,8	30,6	36,1	40,1	32,7	MWh/a
Soojusenergia kulu vee soojendamiseks						MWh/a

Soe tarbevesi valmistatakse korterites elektriboilerite abil ja sooja vee koguseid ei mõõdata.

Joonis 6



Kaugküttega kortermajades, kus soe tarbevesi valmistatakse tsentraalselt soojussõlmes on sooja vee tarbimine 40-45% veetarbimise mahust. Antud hoones on sooja vee tarbimise mahuks võetud 40% veetarbimise mahust. Sooja tarbevee arvestuslik erikulu inimese kohta on 40 l/pers\*päev, mille kohaselt maja soojavee tarbimine peaks olema 641 m<sup>3</sup>/a. Hinnanguline tarbimismahud vastab normile.

## 2.8 Hoone soojusbilanss

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

Vastavalt energiaauditi koostamise juhendile on soojuse bilansivalem kululiikide alusel järgmine:

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

Soojakadude arvutamisel on oluline arvestada hoone tasakaalutemperatuuri, mis antud juhul on vabaenergia arvutuste ja soojusenergia kasutamise kaudu määratud 17°C. Kõik soojuskadude

Observatooriumi 5, Tõravere alevik, Nõo vald

arvutused on tehtud tuginedes normaalaasta Tartu piirkonna kraadpäevade arvule. Hoone soojusbilanss on esitatud tabeli kujul (Tabel 8).

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

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

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

Tabel 7

Piirde nimetus	Pindala,	Soojuslähivus,	Erisoojus-	Soojuskadu
	$A_i$	$U_i$	kadu, $H_{vp}$	aastas, $Q$
	$m^2$	$W/(m^2 \cdot K)$	$W/K$	$MWh$
Külgseinad	474	1,00	474	45
Otsaseinad	495	1,00	495	47
Katuslagi	349	0,30	105	10
Aknad uued	178	1,40	249	24
Aknad vanad	95	2,50	236	22
Trepikoja klaassein	42	2,50	105	10
Koridori aknad	42	2,00	84	8
I korruse põrand	334	0,47	157	15
Külmasild ümber akende, jm	714	0,50	357	34
Külgseinte pilastrid, rõdupaneelid jn	219	0,80	175	17
		Kokku	2438	230

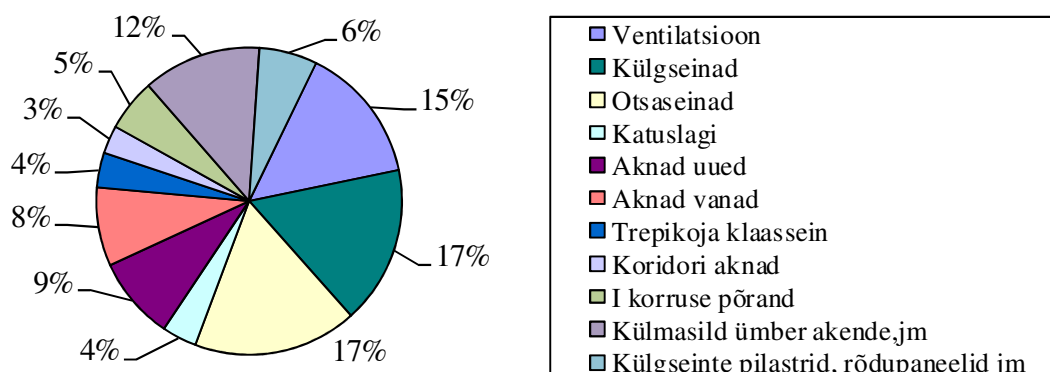
Lähtuvalt hoone köetavast mahust on normikohase õhuvahetuse korral (õhuvahetuse kordarv  $n=0,5$  1/h) värske õhu vajadus  $2200 \text{ m}^3/\text{h}$  ja erisoojuskadu õhuvahetusele on  $740 \text{ W/K}$ . Aastane energiavajadus ventilatsiooni tagamiseks on sellisel juhul  $70 \text{ MWh/a}$ . Tegelik energiakulu ventilatsioonile, hoone praeguses olukorras, erineb sellest väärtusest vastavalt realselt toimuvale õhuvahetusele ja on toodud soojusbilansi tabelis allpool.

Tabel 8

Hoone soojusbilanss	MWh/a	MWh/a	Osakaal
Möödetud soojusenergia tarbimine - $Q_{\text{kogukulu}}$	270		
Soojusenergia tarbitud soojas vees - $Q_{\text{soe vesi}}$			
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete - $Q_{\text{välispiirded}}$		230	85%
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks - $Q_{\text{õhuvahetus}}$		39	15%
Kokku	270	270	
Õhuvahetuse kordarv, 1/h		0,28	
Tasakaalutemperatuur, °C		17	

Hoone soojusenergia kulude jaotus ventilatsiooni tagamiseks ja läbi välispiirete toimuvate jahtumiskadude kompenseerimiseks on järgmine:

Joonis 7



## 2.9 Eluruumide sisekliima

### 2.9.1 Nõuded eluruumide sisekliimale

Lähtudes Eesti standardist EVS 839:2003 Sisekliima (standard kehtetu, uus 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 värskes 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 hallitusseened 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. Hallitusseente eosed põhjustavad hingamisteede haiguseid.

Observatooriumi 5, Tõravere alevik, Nõo vald

### 2.9.2 Sisekliima mõõtmise tulemused

Maja ülevaatusel ajal 24.03.2014 (välistemperatuur +2°C) mõõdeti korterite sisekliimat iseloomustavaid parameetreid:

	Korter 19	Korter 28	Korter 17	Korter 6
Süsihappegaas, ppm	990	1530	1040	940
Õhu suhteline niiskus, %	46	52	47	46
Temperatuur, °C	21,6	19,7	21,7	19,4

Korterite erinevate ruumide õhutemperatuur jäi valdavalt vahemikku 19 - 22°C, mis vastab mugavusklassi C nõuetele.

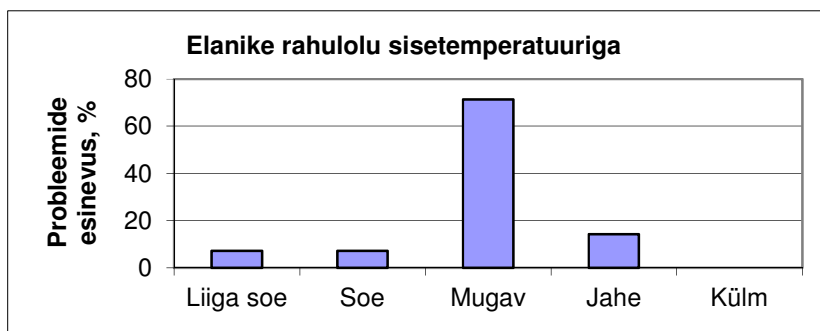
Antud hoones on värske õhu sissepääs algselt tagatud akende ja uste ebatiheduste kaudu. Uute, tihenditega akende paigaldamise tulemusena on õhu sissevool takistatud, kuna seintes puuduvad värskeõhu avad. Saastunud õhu väljavoolu tagamiseks on ehitatud ventilatsioonikanalid, mille õhuvõtuavad on köökides, sanitaarruumides ja ka mõnedes eluruumides. Ühes korteris oli süsihappegaasi tase kõrgem kui 1500 ppm, mis on eluruumide soovituslikuks ülempiiriks. Kahes korteris see alla 1000 ppm, mis on hea sisekliima kriteeriumiks.

Suhteline õhuniiskus oli soovitusliku ülempiiri lähedal. Kõrge õhuniiskuse tase ja külmasillad välispiiretes loovad eeldused hallituse tekkimiseks.

### 2.10 Korterite sisekliima ankeet

Korterite sisekliima ankeedi täitis 14 korterit, mis on 52% korterite üldarvust. Alljärgnev kokkuvõte annab ülevaate maja olukorrast täidetud ankeetide alusel.

1. Korterite siseõhu temperatuuriga rahuolu iseloomustab allolev diagramm



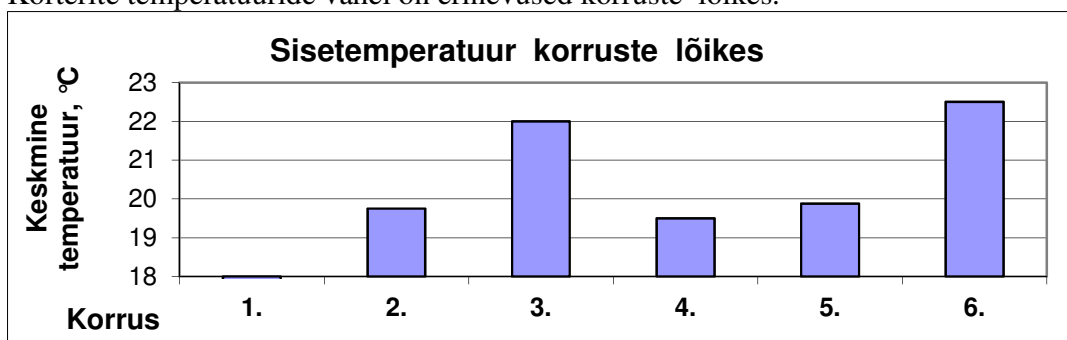
Joonis 8

Elanike hinnang korteri sisetemperatuurile näitab, et maja köetakse rahuldavalt. Suur enamus on küttingimustega rahul. Külme ei ole ükski korter. Korterite keskmine temperatuur on 20,5°C, mis on mõnevõrra madalam meie kliimas soovitatavast talvisest eluruumide temperatuurist 21-22°C.

- Kuigi maja köetakse suhteliselt hästi, on 36% korteritest kasutanud mõnikord lisakütete. Nende korterite keskmine temperatuur on 19,3°C.
- Küttesüsteem ei ole korteritasemel reguleeritav ja sellest võimalusest tundis puudust 80% ankeedile vastajatest.

Observatooriumi 5, Tõravere alevik, Nõo vald

4. Korterite temperatuuride vahel on erinevused korruste lõikes.



Katuslagi on soojustatud ja selle tulemusena jääb ülemisel korrusel küttevõimsust üle. Kuna radiaatoritel puuduvad termostaatventiilid ja puudub võimalus korteri tasandil küttevõimsust reguleerida, siis jääb kasutamata katuslae soojustamisega kaasnev energiasäästu võimalus.

5. Kõikuv toatemperatuur ja radiaatorite ebahütlane soojenemine on olnud probleemiks 50% korterites.
6. Kõik vanad aknad on vahetanud uute vastu 57% korteritest ja 29% korteritest on seda teinud osaliselt.
7. Majas on loomuliku väljatõmbega ventilatsioonisüsteem ja värske õhu sissevoolu pidi tagama uste ja akende ebatihedus. Seintes puuduvad värskeõhu avad. Enamus kortereid kasutab tubade tuulutamiseks avatud aknaid.
8. Sanitaariumide ja köögi ventilatsiooniga on rahul 14 % vastanutest.
9. Külmasildadest ja puudulikust ventilatsioonist tingituna on 29% korteritest nakatunud hallitusega

Sisekliima ankeedi tulemused ja korterite sisekliima mõõtmised näitavad vajadust vähendada hoone soojakadusid, rekonstrueerida küttesüsteem, korrastada ventilatsioonisüsteem, et tagada elanikele tervislik ja mugav sisekliima optimaalsete küttekulude juures.

### 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	Pindala	U-arv	Soojuskaod	Meetmed energiasäästuks	U-arv	Soojuskaod	Energiasääst	Investeering	Tasuvusaeg
		m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	MWh/a		W/m <sup>2</sup> K	MWh/a	MWh/a	EUR	aasta
Piirded kokku		<b>2764</b>		<b>207</b>			<b>74</b>	<b>133</b>	<b>169 000</b>	<b>15</b>
Trepikoja klaassein	Klaasplokkidest valgusava seinas	42	2,50	10	Soojustatakse, asendatakse osaliselt akendega (3 klaasi)	0,45	2	8	5 000	7
Külmasild ümber akende, jm	Joonkülmasild akna- seinaliites	714	0,50	34	Aknad tõstetakse seinavälispinda soojustuse sisse.	0,20	13	20	17 000	10
Otsaseinad	Tellismüürid, seest krohvitud	495	1,00	47	Soojustus 200 mm	0,17	8	39	49 000	15
Külgliseinad	Tellismüürid, seest krohvitud	474	1,00	45	Soojustus 150 mm	0,2105	9	35	47000	15
Aknad vanad	32% ehitusaegsed aknad, osaliselt amortiseerunud	95	2,50	22	Uued pakettaknad (3 klaasi)	1,10	10	13	17 000	16
Külgliseinte pilastrid, rõdupaneelid jm	Joonkülmasild konstruktsioonide liites	219	0,80	17	Soojustatakse koos seinte soojustamisega	0,40	8	8	12 000	17
Koridori aknad	Vanad 2 klaasiga pakettaknad	42	2,00	8	Uued pakettaknad (3 klaasi)	1,10	4	4	7 000	23
I korruse põrand	Jahtumine läbi keldri välispiirete	334	0,47	15	Sokli soojustus 100 mm, uued aknad	0,29	9	6	15 000	31
Katuslagi	R/b paneel, uus katusekate ja soojustus	349	0,30	10	Tarindit ei renoveerita	0,30	10			
Aknad uued	2 klaasiga pakettaknad, plastikraamiga	178	1,40	24	Tarindit ei renoveerita	1,40	24			

Observatooriumi 5, Tõravere alevik, Nõo vald

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

Hoone piirdetarindite soojapidavuse hindamisel ja parendusettepanekute koostamisel on lähtutud hoone termograafilise ülevaatusse tulemustest ja TTÜ Ehitusteaduskonna poolt läbiviidud mahuka uuringu „Eesti eluasemefondi telliskorterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga“ [6] järeldustest ja soovitudest.

Välispiirete soojapidavuse tõstmisel on lähtutud „Rohelise investeermisstrateegia «Korterelamute rekonstrueerimise toetus» kasutamise tingimused ja kord“ (MKM ministri 17. augusti 2010. a määrus nr 52 (edaspidi MKMm 52)) poolt sätestatud nõuetest, mille kohaselt peab:

- fassaadi taotluslik soojusjuhtivus, arvestades külmasildasid, olema  $U \leq 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,
- katuse soojusjuhtivuse taotlustase olema  $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,
- uute avatäidete kompleksne soojusjuhtivus paigaldatuna olema  $U \leq 1,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  ning paigaldama need soovituslikult soojustuse tasapinda
- ventilatsiooni rekonstrueerimisega tagama hoone sisekliima vastavuse standardi EVS-EN 15251 nõuetele.

### 3.1.1 Katuslagi

Hoone katuslagi on soojustatud ja kaetud uue katusekattega. Parapett ja katuslae-seina liide väljastpoolt on soojustamata ja sealtkaudu pääseb külm laepaneeli sisse vähendades soojustuse efektiivsust.

Katuslae soojusläbivus on suurem välisseinte ääres, kus lae-seina liite piirkonnas moodustub külmasild, mille isoleerib välisseinte soojustamine. Pärast nimetatud külmasildade isoleerimist saavutab katuslagi projekteeritud soojapidavuse. Koos välisseinte soojustamisega on soovitatav soojustada parapett pealt ja ka katusepoolsel küljel.

### 3.1.2 Otsaseinad

Hoone välisseinad on silikaattellistest müüritis, mis on laotud kahekihiliseks ning kihtide vahel on ruum soojustuse paigaldamiseks. Sisemist kandvat seinat ja välimist viimistluskihti seovad sideread, mis on termopiltidel selgesti näha külmasildadena. Termopiltidel on näha, et otsaseinte soojapidavus on väga ebahühtlane. Termograafilise ülevaatusse põhjal teostatud kaudsetest arvutustest lähtuvalt on hoone välisseinte keskmiseks soojusläbivuseks hinnatud  $U \sim 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , mis on suurem kui MKMm 52 soovitatav. Arvestades asjaolu, et maja otsaseintega piirnevates eluruumides on soojakadu orienteeruvalt 60% suurem, kui analoogilistes ruumides maja keskel, siis on otsaseinu otstarbekas paremini soojustada, kui külge- ja otsaseinte soojustuskihhi paksuseks võtta 200 mm. Sellisel moel teostatud soojustustööde tulemusena on otsaseina uus soojusläbivus  $U = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , mis on majanduslikult tasuvam (suurem energiasääst ja lühem tasuvusaeg) kui MKMm 52 soovitatud piirväärtus. Otsaseinte soojustamisel saadav energiasääst on 39 MWh/a ja tööde lihttasuvusaeg on 15 aastat.

Hoone põhjapoolses otsaseinas on trepikoja valgusavaks kõiki korruseid läbiv klaasplokkidest sein, mille soojusläbivus on suurusjärgus  $U \sim 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , st võrdne ehitusaegsete akende soojapidavusega. Küttekulude säästmise huvides on soovitatav see valgusava osaliselt sulgeda ja soojustada koos seinaga ning paigaldada 3-klaasiga pakettaknad, mille pindala ei oleks rohkem kui 30% praeguse valgusava pindalast. Energiasääst on 8 MWh.

Observatooriumi 5, Tõravere alevik, Nõo vald

### 3.1.3 Külgeinad

Hoone fassaadil paikevad korterite rõdud. Idapoolne fassaad on liigendatud pilastritega, mis eraldavad rõdusid. Külgseinte optimaalne soojustuskihi paksus on 150 mm, mis tagab seinte soojapidavuse vastavalt MKMm 52 nõuetele. Külmasildade vältimiseks on vajalik soojustada ka pilastrid ja rõdude põrandaplaadid. Sellisel moel teostatud soojustustööde tulemusena on külgseina uus soojusläbivus  $U=0,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Külgseinte soojustamisel saadav energiasääst on 35 MWh/a ja tööde lihttasuvusaeg on 18 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 märkamatuult 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 tekkib ruumide madalama temperatuur korral, mis võimaldab täiendavalt energiat säästa.

### 3.1.4 Sokkel

Keldri seinad on laotud vundamendiplokkidest ja nende soojusjuhtivus on suurem kui eluruumide välisseintel. Soojuskaod läbi eluruumide all paikneva keldri põranda, vundamenti ja sokli võetakse arvesse keldrikorrust ja eluruume eraldava esimese korruse põranda efektiivse soojusjuhtivuse kaudu, mis on arvatud vastavalt standardile EVS EN ISO 13370:2008 ja mille väärtuseks antud hoone puhul on  $U=0,47 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Esimese korruse põranda efektiivset soojusjuhtivust 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 termograafilise ülevaatus põhjal teostatud kaudsest hinnangust on hoone soojustamata sokliosa soojusläbivus suurusjärgus  $U \sim 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Lähtudes keldri sisetemperatuurist  $12^\circ\text{C}$ , on otstarbekas sokliosa soojusläbivus viia tasemele  $U_{\text{max}}=0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Sokliosa soojuspidavuse suurendamiseks on vajalik täiendada seda 100 mm lisasoojustusega. Sokli soojustamine nõuab ka hüdroisolatsiooni paigaldamist. Prognoositav energiasääst on 6 MWh/a ja tööde lihttasuvusaeg on 31 aastat.

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 projekteerijaga, et vältida soojustamisest tuleneda võivaid, niiskusrežiimi muutumisest tingitud, probleeme..

### 3.1.5 Välisüksed ja trepikoja aknad.

Päas hoone trepikotta on läbi tuulekoja ja sissepääs renoveerimist ei vaja. Trepikoja klaasplokkidest sein vajab rekonstrueerimist koos lõunapoolse otsaseina soojustamisega. Hoonet läbivate koridoride põhjapoolses otsaseinas on suured aknapinnad. Sinna on varasemalt paigaldatud pakettklaaside aknad, mille hinnanguline soojusläbivus on  $U \sim 2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Koridoride akende vahetamine

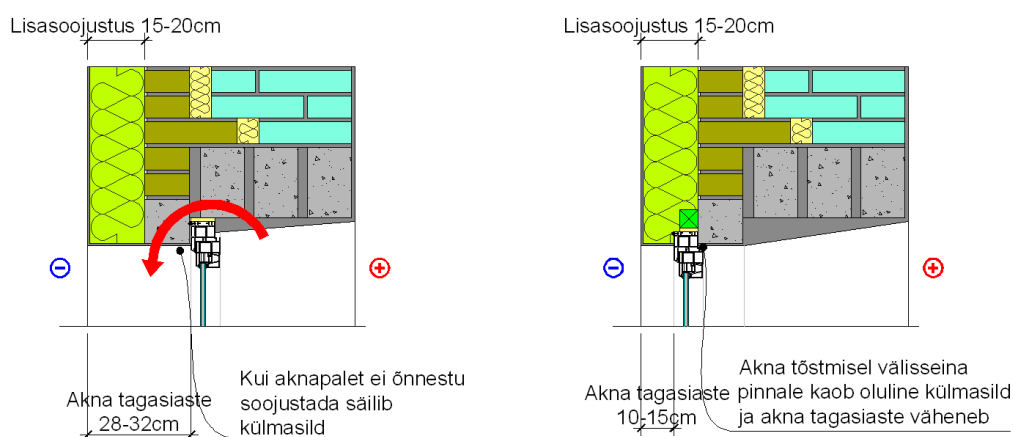
Observatooriumi 5, Tõravere alevik, Nõo vald

kaasaegsete 3-klaasiga pakettakende vastu ( $U < 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ) annab energiasäästu 4 MWh/a ja tööde lihttasuvusaeg on 23 aastat.

### 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 soojuspidavust aitavad parandada kardinate ja ruloode kasutamine, mille tõttu on akende efektiivseks soojusläbivuseks hinnatud  $U = 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Akende vahetamine kahe klaasiga pakettakende vastu viib nende soojusläbivuse väärtusele  $U = 1,2 - 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  sõltuvalt paketi koostisosadeks olevatest klaasidest ja täitegaasist. Ülevaatusel ajaks oli 68% korterite akendest vahetatud uute vastu. Akende paigaldamise kvaliteet on ebahühtlane ja aknapaled on seestpoolt valdavalt külmad.

Silikaattellistest seintega hoonete üheks probleemseks kohaks on aknaavas olevad konstruktiivsed külmasillad. Tihti on aknaraam tellise või silluse taga nii peidus, et aknapale väljastpoolt lisasoojustamine on raskendatud. Lisasoojustamata aknapalede korral seina soojustamisel 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 seina liitekohas olevat olulist külmasilda (vasakul) saab kaotada ja akna tagasiastet vähendada akna välisseinapinnale tõstmisega (paremal).

Vastavalt viidatud uurimistööle on akna-seina liitega seonduva joonkülmasilla lisajuhtivuse väärtus kuni  $\Psi = 0,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  ja aknaümbrustega seonduv täiendav energiakadu on 34 MWh/a.

Kuigi osa aknaid on vahetatud ja paigaldatud suhteliselt hiljuti, on hoone tervikliku soojustamise korral otstarbekas tõsta kõik aknad seina välispinda soojustuse sisse ja vahetada uute vastu ka veel vahetamata vanad aknad. Aknaümbruste nõuetekohasel tihendamisel on sellisel juhul joonkülmasilla lisajuhtivuse väärtuseks alla  $\Psi = 0,2 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  ja aknaümbrustega seonduv täiendav energiakadu langeb väärtusele 13 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 soojustuse sisse on prognoositav energiasääst 20 MWh/a ja tööde lihttasuvusaeg on 10 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 soojustamata seintel niiskusekahjustusi ja lõpuks ka hallitust põhjustavad. Seepärast on uute akende paigaldamisel vaja

Observatooriumi 5, Tõravere alevik, Nõo vald

jälgida, et ventilatsiooniõhu sissepääs oleks tagatud (tuulutusklaappidega aknaraamid või ventilatsiooniavad seinas). 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	Altjaotusega ühetorusüsteem	Püstikutel puuduvad tasakaalustusventiilid
Soojussõlm	Automaatne soojussõlm, soojusvahetiga	Välitemperatuuri andur
Soojuse arvesti	CF 50	
Sooja tarbevee valmistamine	Korterites elektriboilerid	
Sooja tarbevee ringluspump	Puudub	

Torude isolatsioon		
Kaugküttetorustik	Torustik ja isolatsioon uuendatud	
Magistraaltorud		
Küttepüstikute torud		
Küttesüsteem		
Küttekehad	Valdavalt malmist ribiradiaatorid	
Tasakaalustusventiilid	Puuduvad	Paigaldada ja tasakaalustada vastavalt projektile
Radiaatoriventilid	Puuduvad	Paigaldada koos termostaatventiilidega

Korterite sisekliima ankeedi tulemuste alusel võib öelda, et hoone on köetud ebahühtlaselt. Eluruumide keskmine temperatuur on 20,4°C, mis on normile lähedane. 71% ankeedile vastanutest on märkinud, et siseõhu temperatuur on talvel mugav. Samas on 57% vastanutest märkinud, et siseõhu temperatuur on vahel liiga madal ja 36% vastanutest on toatemperatuur kõrge. Soojuse ebahühtlane jaotumine põhjustab rahulolematust ja üleköetud korterid liigseid küttekulusid. Elanike mugavustunde tagamiseks tuleb erinevates ruumides hoida erinevaid õhutemperatuure, vastavalt ruumi kasutusotstarbele. Ruumi siseõhu temperatuuri mõjutavad paljud tegurid – küttekehade poolt ruumi antud soojushulk, lisasoojusallikate olemasolu (päikesekiirgus, inimesed, valgusallikad ja majapidamismasinad, toidu valmistamisel eralduv soojus jne) ja soojuskaod, millede suurus oleneb välisõhu temperatuurist, välispiirete soojusjuhtivusest, akende suurusest ja muudest asjaoludest. Termostaatventiilidega varustatud küttekehad võimaldavad korterite tasemel seada ruumide sisetemperatuuri vastavalt elanike soovile ja termostaadid vähendavad soojusenergia kulu, kui teised

Observatooriumi 5, Tõravere alevik, Nõo vald

soojusallikad ruumide küttele lisa hakkavad andma. Sellega tagatakse soojusenergia optimaalne kasutamine, hoides seejuures mugavad elamistingimused ja säilitades tervisliku sisekliima.

Ehituskvaliteedist tulenevalt ei kata projektipõhine küttesüsteem sageli ruumide soojavajadust ja elanikud on radiaatoreid vahetanud ja küttesüsteemi muutnud. Omaalgatuslik küttekehade vahetamine võib küll ühes ruumis olukorda parandada, kuid reeglina süsteemi kui terviku ebahütlust suurendada. Kaasaegsete radiaatorite paigaldamisel on oluline arvestada, et radiaatorite soojusväljastus sõltub kütteevee voolusuunast. Malmradiaatori korral on „alt üles“ voolusuuna korral efektiivsus väiksem 25%, võrreldes „ülevalt alla“ voolusuunaga. Uuemat tüüpi teras- või alumiiniumradiaatorid ei ole kavandatud üldse „alt üles“ voolusuuna jaoks ja nende efektiivsus on veelgi väiksem. Arvestades küttesüsteemi eluiga ja asjaolu, et küttesüsteemi on ilma projektita muudetud, siis ei ole otstarbekas teha kulutusi olemasoleva küttesüsteemi osaliseks parendamiseks. Pikas perspektiivis on majanduslikult otstarbekas ehitada välja täiesti uus reguleerimisseadmetega varustatud kahetorusüsteem. Termostaatidega varustatud kahetorusüsteemi paigaldamise hinnanguline maksumus on 58 tuhat eurot.

Kui maja välispiirded on soojustatud ja küttesüsteem on muudetud ruumipõhiselt reguleeritavaks, siis on soovitatav paigaldada radiaatoritele küttekulude allokaatorid. Inimeste tarbimisharjumused on erinevad ja küttekulude individuaalne mõõtmine aitab kaasa soojusenergia tarbimisele vastavalt vajadusele.

Küttekulude jaotamise allokaatorite kasutamisel on soovitatav lähtuda TTÜ Keskkonnatehnika instituudis läbiviidud uuringust [7], kus tuuakse välja kortermaja kütmiseks vajalike püsi- ja muutuvkulude jaotamise põhimõtted ning korteri asukohast sõltuvate parandustegurite arvutamise meetodika. Parandustegurid saab leida mudelarvutuste kaudu, nagu on seda tehtud viidatud aruandes. Korteriühistu juhatusel on soovitatav leida teenusepakkuja, kes suudab vastavad arvutused korrektselt teha. Kortermaja on energeetilises mõttes tervik ja küttekulude tarbimispõhine jagamine korterite vahel on võimalik siis, kui jagamissüsteemis on selgelt eristatud korteri asukohast tulenev ja hoone konstruktsiooniga seonduv täiendav energiavajadus ja mugavustunde tagamiseks vajalik energialisa, mis saab sõltuda elanike käitumisest. Süsteemi rakendamiseks tulenev energiasääst võib olla 10% või isegi rohkem. Süsteemi paigaldamise maksumus on hinnanguliselt 5000 € ja tasuvusaeg 4 a.

### 3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid

Külm tarbevesi saadakse linnavõrgust. Tarnija on Emajõe Veevärk AS. Soe tarbevesi valmistatakse korterites elektriboilerite abil. Sooja vee koguseid ei mõõdeta.

Olmekanalisisatsioon juhitakse asulavõrku. Hoonesisene torustik on 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 vahel, tuule tugevusest ja suunast, vertikaalse ventilatsioonikanali kõrgusest ja seisukorrast. Renoveerimata elumute alumistel korrustel võib õhuvahetus talvel olla isegi liiga suur, suvel aga liiga väike. Ülemiste korruste

Observatooriumi 5, Tõravere alevik, Nõo vald

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 kõrgeenenud niiskus, mis külmadele seintele kondenseerudes tekitab niiskuskahjustusi ja hallitust. Vähemtajutav on toaõhku kontsentreeruvad CO<sub>2</sub> ja muud elutegevusega kaasnevad jääkained, millises keskkonnas pideval viibimisel on oht tervisekahjustuste tekkeks.

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 väljatõmbe avad. Värskeõhu avad puuduvad.

Hoone energiabilansist tulenev õhuvahetuse kordarv 0,28 1/h näitab, et hoone keskmine ventilatsioonitase on alla üldtunnustatud normi ja ca 2/3 korteritest ei ole ventilatsiooniga rahul.

Osa ventilatsioonikanaleid on ummistunud ja puudub võimalus ventilatsiooni intensiivsust reguleerida. Korterites, kus ventilatsioon on liiga intensiivne, on küll pidevalt värske õhk tagatud, kuid sellega võib kaasneda ülemäärane energiakulu. Ventilatsioonisüsteem vajab korrastamist.

Ventilatsioonisüsteemi renoveerimist tuleb alustada olemasoleva olukorra selgitamise, ventilatsioonikanalite uurimise ja kaardistamisega. Tuleb kontrollida, missuguses olukorras on väljatõmbekanalid ja kas korterid on ühendatud õige ventilatsioonikanaliga. 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. Alakõetud korteris on peaaegu võimatu tagada nõuetekohast ventilatsioonitaset.

Nõuetekohase ventilatsiooni tagamiseks keskmisel tasemel peab eluruumide õhk vahetuma üks kord kahe tunni jooksul ( $n=0,5$  1/h) ja sissepuhutava värske õhu soojendamiseks vajatakse 70 MWh/a, mida on 31 MWh/a rohkem kui praegusel ajal ventilatsioonile kulub. Intensiivne ventileerimine ei ole vajalik, kui elanikke ruumis ei viibi ja siis võib õhuvahetuse mahtu oluliselt alandada ja sellega energiat kokku hoida. Selleks peab olema võimalus õhuvahetust teadlikult reguleerida.

Nõuetekohase ja tervisliku ja sisekliima tagab kontrollitav ja juhitav ventilatsioonisüsteem, milles õhu liikumist suunavad sissepuhke või väljatõmbe ventilaatorid vastavalt korteri kasutuskoormusele (elanike kohalolek).

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. Korterelamu 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

Observatooriumi 5, Tõravere alevik, Nõo vald

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 värskeõhuklapid, 2) paigaldatakse kööki pliidikubu ja sanitaarruumidesse väljatõmbe ventilaatorid, magamistubadesse ja elutuppa paigaldatakse värskeõhuklapid. Mõlema variandi puhul puhastatakse olemasolevad ehituslikud ventilatsioonikanalid ja vajadusel tihendatakse. Orienteeruv ehitusmaksumus on ca 100-300 eurot korteri kohta. Investeeringu summa on suurusjärgus 7000 € ja eesmärk on elamistingimuste ja sisekliima parandamine. Koos ventilatsiooni intensiivistamisega kasvab ka maja soojusenergia tarbimine.

Värskeõhu avade tegemine lahendab värske õhu sissepääsu probleemi, kui sellega kaasneb külma õhu liikumine, mis põhjustab ebamugavustunnet ja tekitab suurt küttekulu. Lahenduseks on soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi väljaehitamine, mille kaudu tuleb eluruumidesse eelsoojendatud värske õhk.

Soojustagastusega tsentraalse ventilatsioonisüsteemi väljaehitamiseks on antud kortermajas sobivad tingimused. Maja keskel asuvad avarad koridorid võimaldavad välja ehitada sissepuhke- ja väljatõmbetorustiku ilma, et korterites oleks vaja torutõid teha. Tsentraalse soojustagastusega seadme korral võib arvestada vähemalt 60% efektiivsusega, mis annab nõuetekohase loomuliku ventilatsiooniga võrreldes energiasäästu 42 MWh/a.

Teine võimalus ventilatsioonile kuluvat energiat kokku hoida, on väljuva sooja õhu energia kasutamine sooja tarbevee või kütteevee valmistamiseks soojuspumba abil. Soojuspumba kasutamiseks on vajalik taastada tsentraalne soojaveesüsteem. Selline lahendus võimaldab tagastada hoonesse samuti üle 60% ventilatsioonile kulumast energiast, kuid ei lahenda värske õhu sissepuhkeprobleemi, mis tuleb lahendada seintes või aknaraamides paiknevate õhutusavade kaudu. Heaks lahenduseks on ventilatsiooniavade paigutamine radiaatorite taha või kohale, et tупpa jõuaks soojenenud õhk. Uute radiaatorite paigaldamisel on soovitatav lahendada koos ka ventilatsiooniõhu soojendamine näit Purmo Air tüüpi radiaatoritega. Soojuspumbaga sooja tarbevee valmistamine võimaldab suvisel ajal kaugküttest loobuda ja lisada tulevikus süsteemi taastuenergia allikad (päikesekollektorid).

### 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	Seintesse värskõhu klapid	7000	-31	-2 643		20
Kokku		7 000	-31	-2 643		
Tehnilised komplekslahendused						
Sundventilatsioon soojustagastusega	Tsentraalne süsteem	44 000	42	3608	12	25
Küttesüsteem	Kahetoruline küttesüsteem	58 000	27	2319	25	20
Küttesüsteem	Individuaalne küttekulude arvestussüsteem	5 000	13	1159	4	20

Välispiirete soojustamise järgselt on küttesüsteem vaja ümber häälestada vastavalt eluruumide muutunud soojusvajadusele. Küttesüsteemi õige seadistamine on soojustustööde tulemusena energiasäästu saavutamise eelduseks.

### 3.6 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 küttenärgiat 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.

Hoone vabasoojuse arvutamisel on lähtutud järgmistest algandmetest:

Tabel 12

Kõetav pind	1760	m <sup>2</sup>
Eluruumide pind	1091	m <sup>2</sup>
Ruumide kõetav sisekubatuur	4399	m <sup>3</sup>
Kütteperioodi tundide arv	5808	h
Elanike arv	37	
Inimese soojuseraldus	125	W
Kohaloleku profiil	0,6	

Kogu vabasoojus kujuneb järgmistest komponentidest (arvutatud kõetava pinna jaoks):

Tabel 13

Kuu	Hinnanguline vabasoojus			Mõõdetud vabasoojus		Vaba-soojus kokku	Vaba-soojus-koormus
	eritootlikkus	Päikese soojus	Inimeste soojus	Olme-elekter	Pliidigaas		
	kWh/m <sup>2</sup>	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	$\Phi_{VS}$ , kW
Jaanuar	0,8	1,4	2,1	3,9		7,4	10,0
Veebruar	1,7	3,0	1,9	4,9		9,7	14,5
Märts	4,4	7,7	2,1	4,0		13,8	18,5
Aprill	4,5	7,9	2,0	3,1		13,0	18,1
September	3,4	6,0	2,0	2,7		10,7	14,8
Oktoober	1,6	2,8	2,1	3,3		8,2	11,0
November	0,7	1,2	2,0	3,6		6,8	9,5
Detsember	0,3	0,5	2,1	4,4		7,0	9,4
<b>Kokku</b>	<b>17,4</b>	<b>30,6</b>	<b>16,1</b>	<b>30,0</b>		<b>76,7</b>	<b>Keskmine</b>
<b>Vabasoojus köetava pinna kohta, kWh/m<sup>2</sup></b>						<b>43,6</b>	<b>13,2</b>

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

Väljas asuva temperatuurianduriga automaatse soojussõlme, kuid ilma radiaatorite termostaatventiilideta küttesüsteemi korral on vabasoojuse kasutustegur 0,5. Kui radiaatoritele paigaldatakse automaatsed termostaatventiilid ja küttekulude individuaalne arvestus, kasutatakse vabasoojust paremini ära ja vabasoojuse kasutustegur on 0,65.

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. Alljärgnev tabel annab ülevaate välispiirete rekonstrueerimisest pakettide kaupa ja selle tulemusena erisoojuskadude muutumisest.

Tabel 14

Praegune olukord					Rekonstrueerimispaketid					
Välispiire või selle osa	Materjal/tüüp, olukorra kirjeldus	Pind-ala, A	U-arv	Eri-soojuskadu	Meetmed energiasäästuks	U-arv	Eri-soojuskadu	Meetmed ja erisoojuskadude summa		
		m <sup>2</sup>	W/	W/K		W/	W/K	I	II	III
<b>Piirded kokku</b>		<b>2764</b>		<b>2189</b>	<b>Piirded kokku</b>			<b>1902</b>	<b>1034</b>	<b>1034</b>
Trepikoja klaasein	Klaasplokkidest valgusava seinas	42	2,50	105	Soojustatakse, asendatakse osaliselt akendega (3 klaasi)	0,45	19	X	X	X
Külmasild ümber akende, jm	Joonkülmasild akna- seinaliites	714	0,50	357	Aknad tõstetakse seinavälispinda soojustuse sisse.	0,20	143		X	X
Otsaseinad	Tellismüürid, seest krohvitud	495	1,00	495	Soojustus 200 mm	0,17	83	X	X	X
Külgseinad	Tellismüürid, seest krohvitud	474	1,00	474	Soojustus 150 mm	0,21	100		X	X
Aknad vanad	32% ehitusaegsed aknad, osaliselt amortiseerunud	95	2,50	236	Uued pakettaknad (3 klaasi)	1,10	104		X	X
Külgseinte pilastrid, röödupaneelid jm	Joonkülmasild konstruktsioonide liites	219	0,80	175	Soojustatakse koos seinte soojustamisega	0,40	88		X	X
Koridori aknad	Vanad 2 klaasiga pakettaknad	42	2,00	84	Uued pakettaknad (3 klaasi)	1,10	46	X	X	X
I korruse põrand	Jahtumine läbi keldri välispiirete	334	0,47	157	Sokli soojustus 100 mm, uued aknad	0,29	98		X	X
Katuslagi	R/b paneel, uus katusekate ja soojustus	349	0,30	105	Tarindit ei renoveerita	0,30	105			
Aknad uued	2 klaasiga pakettaknad, plastikraamiga	178	1,40	249	Tarindit ei renoveerita	1,40	249			

Vastavalt renoveerimispaketis planeeritud töödele muutub vabasoojuse mõju hoone sisetemperatuurile ja vabasoojuse kasutusaste ning summaarsed soojuskadud määravad välistemperatuuri (tasakaalutemperatuur), millest madalamal on vaja hoone kütmiseks kasutada täiendavat soojusenergiat. Tasakaalutemperatuuride arvutus praeguse olukorra ja säästumeetmete pakettide jaoks on toodud Tabelis 15.

Tabel 15

Kasutatava vabasoojuse ja tasakaalutemperatuuri arvutus	Ühik	Praegune olukord	Säästumeetmete paketid		
			I	II	III
Keskmine vabasoojuskoormus (Tabel 13), $\Phi_{VS}$	kW	13,2	13,2	13,2	13,2
Vabasoojuse kasutustegur, $\eta$		0,5	0,65	0,65	0,65
Utiliseeritav vabasoojuskoormus, $\Phi_{UT}=\eta*\Phi_{VS}$	kW	6,6	8,6	8,6	8,6
Erisoojuskaod läbi välispiirete, $H_{vp}=\sum U_i*A_i/1000$	kW/°C	2,44	1,90	1,03	1,03
Õhuvahetuskordaja, $n$	1/h	0,28	0,50	0,50	0,50
Erisoojuskaod õhuvahetusele, $H_{vent}=L*c*\rho$	kW/°C	0,41	0,74	0,74	0,30
Erisoojuskaod kokku, $H=H_{vp}+H_{vent}$	kW/°C	2,85	2,64	1,77	1,33
Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt, $\Delta t_{vs} = \Phi_{UT} / H$	°C	2,3	3,3	4,8	6,5
Arvutuslik tasakaalutemperatuur, $t_B=21-\Delta t_{vs}$	°C	18,7	17,7	16,2	14,5
Energiaarvutuste korrigeeritud tasakaalutemperatuur	°C	17	17	17	15

Hoone arvutuslikuks tasakaalutemperatuuriks praeguses olukorras on 18,7°C eeldusel, et maja kogu köetava mahu keskmine temperatuur on 21 °C. Hoone on keskmine temperatuur normist madalam ja energiabilanss on koostatud tasakaalutemperatuuril 17°C.

Pärast hoone renoveerimist tõuseb eluruumide keskmine temperatuur tavaliselt üle 21 °C, jäädes vahemikku 21-23 °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. Paketid on koostatud silmas pidades rohelise investeerimisskeemi «Korterelemute rekonstrueerimise toetus» kasutamise tingimusi, mis on toodud majandus- ja kommunikatsiooniministri 17. augusti 2010. a määruses nr 52 (muudetud määrusega nr 68 21.09.2010). 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 arvutatud kütteks ja ventilatsiooniks vajaliku energia muutumise alusel.

#### 4.1 Säätumeeetmete paketid

Säätumeeetmete pakett I – minimaalselt vajalikud tööd elamistingimuste ühtlustamiseks. Soojustatakse otsaseinad ja vahetatakse otsaseintes olevad aknad. Küttesüsteem rekonstrueeritakse kahetorusüsteemseks, paigaldatakse tarmostaatidega varustatud radiaatorid. Seintesse paigaldatakse värskõhu klapid. Küttesüsteem tasakaalustatakse projekti alusel.

Tabel 16

$t_B = 17 \text{ }^\circ\text{C}$	Säätumeeetmete pakett I	Meetme maksumu	Energia sääst	Säästu väärtus	Lihttasu vusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	EUR	MWh/a	EUR/a	aasta	aasta
Trepikoja klaassein	asendatakse osaliselt akendega (3 klaasi)	5 000				30
Otsaseinad	Soojustus 200 mm	49 000				30
Koridori aknad	Uued pakettaknad (3 klaasi)	7 000				30
Koridoride valgustus	Rekonstrueerimine	0				20
Loomulik ventilatsioon	Seintesse värskõhu klapid	0				20
Küttesüsteem	Kahetoruline küttesüsteem	58 000				20
<b>Kokku</b>		<b>119 000</b>	<b>20</b>	<b>1 716</b>	<b>69</b>	

Rekonstrueerimise tulemusena paraneb eluruumide sisekliima ja tõuseb keskmine sisetemperatuur, mille tulemusena on energiasääst minimaalne.

Kütteks ja ventilatsiooniks vajaliku energia sääst - 7%

Soojusenergia eritarbimine köetavala pinnale – 142 kWh/m<sup>2</sup>

Kaalutud energieritarbimine – 217 kWh/m<sup>2</sup>, energiamärgise klass -E

Observatooriumi 5, Tõravere alevik, Nõo vald

### Säästumeetmete pakett II

Soojustatakse otsaseinad, külgseinad ja sokkel. Vahetatakse ehitusaegsed eluruumide aknad ja koridoride aknad. Seintesse paigaldatakse värskõhu klapid. Küttesüsteem rekonstrueeritakse vastavalt pakstile I. Majas viiakse sisse küttekulude individuaalne arvestamine.

**Tabel 17**

$t_B = 16 \text{ }^\circ\text{C}$	Säästumeetmete pakett II	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Lihtasu- vusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	EUR	MWh/a	EUR/a	aasta	aasta
Trepikoja klaassein	asendatakse osaliselt akendega (3 klaasi)	5 000				30
Külmasild ümber akende, jm	Aknad tõstetakse seinavälispinda soojustuse sisse.	17 000				30
Otsaseinad	Soojustus 200 mm	49 000				30
Külgseinad	Soojustus 150 mm	47 000				30
Aknad vanad	Uued pakettaknad (3 klaasi)	17 000				30
Külgseinte pilastrid,	Soojustatakse koos seinte soojustamisega	12 000				30
Koridori aknad	Uued pakettaknad (3 klaasi)	7 000				30
I korruse põrand	Sokli soojustus 100 mm, uued aknad	15 000				30
Loomulik ventilatsioon	Seintesse värskõhu klapid	7 000				20
Küttesüsteem	Kahetoruline küttesüsteem	58 000				20
Küttesüsteem	Individuaalne küttekulude arvestussüsteem	5 000				20
<b>Kokku</b>		<b>239 000</b>	<b>111</b>	<b>9 524</b>	<b>25</b>	

Kütteks ja ventilatsiooniks vajaliku energia sääst - 42%

Soojusenergia eritarbimine kōetavala pinnale – 89 kWh/m<sup>2</sup>

Kaalutud energiaritarmine – 170 kWh/m<sup>2</sup>, enrgiamārgise klass - D

Säästumeetmete pakett III

Välispiirded soojustatakse ja aknad vahetatakse vastavalt pakatile II. Küttesüsteem rekonstrueeritakse vastavalt pakatile I. Värskõhu klappide asemel paigaldatakse hoonesse tsentraalne energiatagastusega ventilatsioonsüsteem. Majas viiakse sisse küttekulude individuaalne arvestamine.

**Tabel 18**

$t_B = 15 \text{ }^\circ\text{C}$	Säästumeetmete pakett III	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Lihtasu vusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	EUR	MWh/a	EUR/a	aasta	aasta
Trepikoja klaassein	Soojustatakse, asendatakse osaliselt akendega (3 klaasi)	5 000				30
Külmasild ümber akende, jm	Aknad tõstetakse seina välispinda soojustuse sisse.	17 000				30
Otsaseinad	Soojustus 200 mm	49 000				30
Külgeseinad	Soojustus 150 mm	47 000				30
Aknad vanad	Uued pakettaknad (3 klaasi)	17 000				30
Külgeainte pilastrid,	Soojustatakse koos seinte soojustamisega	12 000				30
Koridori aknad	Uued pakettaknad (3 klaasi)	7 000				30
I korruse põrand	mm, uued aknad	15 000				30
Koridoride valgustus	Rekonstrueerimine	0				20
Küttesüsteem	Kahetoruline küttesüsteem	58 000				30
Küttesüsteem	Individuaalne küttekulude arvestussüsteem	5 000				20
Sundventilatsioon soojustagastusega	Tsentraalne süsteem	44 000				20
<b>Kokku</b>		<b>276 000</b>	<b>156</b>	<b>13 340</b>	<b>21</b>	

Kütteks ja ventilatsiooniks vajaliku energia sääst - 59%

Soojusenergia eritarbimine köetavala pinnale – 63 kWh/m<sup>2</sup>

Kaalutud energiaeritarbimine – 145 kWh/m<sup>2</sup>, enrgiamärgise klass –C

#### 4.2 Säätumeteetmete pakettide majanduslik mõju

Hoone suuremahuliste rekonstrueerimistööde 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?

„Riiklik struktuurivahendite kasutamise strateegia 2007-2013” ja sellest tuleneva

„Elukeskkonna arendamise rakenduskava” meede „Kortrelamute renoveerimislaen” võimaldab korteriühistutel pärast energiaauditi läbiviimist taotleda madala intressiga sooduslaenu, et hoone energiasäästu võimalused läbi hoone tervikliku renoveerimise ellu viia. Lisaks sooduslaenule on Eesti riigil tekkinud võimalus kortrelamute toetamiseks läbi rohelise investeerimisskeemi «Kortrelamute rekonstrueerimise toetus». Rekonstrueerimistoetuse suurus sõltub hoone rekonstrueerimisel saavutatavast energiasäästust ja võib olla 15%, 25% või isegi 35% rekonstrueerimistööde maksumusest. Tänu rekonstrueerimistoetusele on võimalik hoonete ulatuslikule kordategemisele asuda ka korteriühistutel, kellel puuduvad rahalised reservid.

Allpool toodud tabel annab ülevaate korteriühistu 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 19

1.	<b>Praeguses olukorras</b> normaalaasta soojusenergia kulu küttele ja ventilatsioonile	MWh/a	270		
1.1	Soojusenergia hind	€/MWh	85,97		
1.2	Aastane rahakulu maja kütmiseks	€/a	23 186		
1.3	<b>Kuu keskmine küttekulu eluruumide pinna kohta</b>	<b>€/m<sup>2</sup>-kuu</b>	<b>1,77</b>		
2.	<b>Rekonstrueerimistööde pakett</b>		<b>Pakett I</b>	<b>Pakett II</b>	<b>Pakett III</b>
2.1	Hinnanguline investeeeringumaht	EUR	119 000	239 000	276 000
2.2	Rekonstrueerimistoetus		0%	25%	35%
2.3	Omafinantseering pangalaenuga	EUR	119 000	179 250	179 400
2.4	Aastane laenu tagasimakse 10 a laenuga	€/a	14 459	21 779	21 797
2.5	Aastane laenu tagasimakse eluruumide pinna kohta	€/m <sup>2</sup> a	13,25	19,97	19,98
2.6	Aastane laenu tagasimakse 20 a laenuga	€/a	8 654	13 035	13 046
2.7	Aastane laenu tagasimakse eluruumide pinna kohta	€/m <sup>2</sup> a	7,93	11,95	11,96
3.	<b>Pärast rekonstrueerimist</b> normaalaasta soojusenergia vajadus küttele ja ventilatsioonile	MWh/a	250	157	110
3.1	Aastane rahakulu maja kütmiseks	€/a	21 469	13 538	9 495
3.2	Aastane küttekulu eluruumide pinna kohta	€/m <sup>2</sup> a	19,68	12,41	8,70
3.3	Maksekoormus (küte+laenu tagasimakse) 10 a laenuga	€/a	35 928	35 317	31 292
3.4	Maksekoormus kuus eluruumide pinna kohta	€/m <sup>2</sup> -kuu	2,74	2,70	2,39
3.5	Maksekoormus (küte+laenu tagasimakse) 20 a laenuga	€/a	30 123	26 573	22 541
3.6	Maksekoormus kuus eluruumide pinna kohta	€/m <sup>2</sup> -kuu	2,30	2,03	1,72
3.7	<b>Maksekoormuse muutus 10 a laenuga</b>	<b>€/m<sup>2</sup>-kuu</b>	<b>0,97</b>	<b>0,93</b>	<b>0,62</b>
3.8	<b>Maksekoormuse muutus 20 a laenuga</b>	<b>€/m<sup>2</sup>-kuu</b>	<b>0,53</b>	<b>0,26</b>	<b>-0,05</b>

Tänu kõrgele toetusmäärale ja suurele energiasäästule langevad elanike reaalsed eluasemekulud kõige rohkem pärast suuremahulise energiasäästupaketi III realiseerimist, kui võetakse pikemaajaline laen. Pikem laenuperiood võimaldab alandada maksekoormust, kuid tõstab seejuures laenuraha hinda.

NB! Auditis toodud investeeringute maht on hinnanguline. Seepärast tuleb tervikliku rekonstrueerimisprojekti alusel võtta tööde hinnapakkumised ehitajatelt ning laenupakkumine pangalt, siis saab teha reaalse tasuvusarvutuse enne lõpliku otsuse langetamist.

### 4.3 Kokkuvõte

Käesolevas töös on analüüsitud Nõo vallas Tõravere alevikus Observatooriumi tn 5 asuva hoone tänast energiakasutust ning uuritud võimalusi kokkuhoiuks.

Töö tulemusena selgus, et eluruumidega seotud hooneosa tänast keskmise aasta soojusenergiakasutust 270 MWh on võimalik energeetilise saneerimise teel alandada maksimumprogrammi raames kuni väärtuseni 110 MWh/a. Sellise kokkuhoiu saavutamiseks on vajalik koguinvesteering suurusjärgus 276 tuhat eurot ja tänaste soojusenergia hindade juures on lihttasuvusaeg 21 aastat.

## 5. Kasutatud allikad

1. Energiaauditite miinimumnõuded – KredEx (<http://www.kredex.ee/11314>)
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-korterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga. Uuringu lõppraport. TTÜ Ehitusteaduskond. Tallinn, 2009 (<http://www.kredex.ee/eskuuringud>)
6. Eesti eluasemefondi telliskorterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga. Uuringu lõppraport. TTÜ Ehitusteaduskond. Tallinn, 2010 (<http://www.kredex.ee/eskuuringud>)
7. Kütteenenergia tarbimise vähendamine korterelamutes 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. Hoonete energiatarve ja sisekliima. Presshouse. Tallinn, 2010.

## 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

MWh	2009	2010	2011	2012	2013
Jaanuar	49,1	71,7	52,8	47,5	52,0
Veebruar	48,1	51,4	55,0	56,8	43,0
Märts	37,3	39,8	35,9	28,8	46,0
Aprill	17,0	17,4	14,4	16,4	20,0
Mai		2,7	0,5		1,9
Juuni					
Juuli					
August					
September		3,0			2,7
Oktoober	31,7	28,0	15,4	21,2	22,0
November	33,6	37,8	28,5	31,8	29,0
Detsember	53,4	63,3	39,9	55,0	42,0
<b>Kokku</b>	<b>270,2</b>	<b>315,1</b>	<b>242,4</b>	<b>257,5</b>	<b>258,6</b>

### 7.2. Tarbevee tarbimisandmed

Tabel L 3

m <sup>3</sup>	Külm tarbevesi				
	2009	2010	2011	2012	2013
Jaanuar	140	106	193	143	119
Veebruar	144	97	11	153	113
Märts	152	113	124	152	128
Aprill	162	109	129	140	152
Mai	139	113	129	148	148
Juuni	116	102	114	148	121
Juuli	97	102	133	155	99
August	102	107	135	151	113
September	113	115	139	133	96
Oktoober	110	116	151	137	111
November	117	120	139	120	99
Detsember	108	117	158	146	111
<b>Kokku</b>	<b>1500</b>	<b>1317</b>	<b>1555</b>	<b>1726</b>	<b>1410</b>

### 7.3. Soojavee tarbimisandmed

Tabel L 4

m <sup>3</sup>	Tsentraalne soe vesi - puudub
----------------	-------------------------------

#### 7.4. Elektrienergia tarbimisandmed

Tabel L 5

kWh	Korterite elekter				
	2009	2010	2011	2012	2013
Jaanuar	6 570	5 861	5 935	6 692	6 009
Veebruar	5 860	5 077	5 556	6 413	5 169
Märts	4 444	6 097	5 887	6 533	5 130
Aprill	5 489	5 581	5 887	6 054	4 457
Mai	5 983	5 572	5 259	5 452	5 042
Juuni	5 389	4 797	5 079	5 141	3 825
Juuli	4 657	4 557	4 873	5 223	3 483
August	4 923	4 346	4 584	5 477	3 967
September	5 682	5 429	5 983	5 119	4 160
Oktoober	6 933	6 227	6 301	5 363	5 057
November	5 983	5 984	6 557	5 402	5 106
Detsember	6 308	6 159	6 701	6 222	6 444
<b>Kokku</b>	<b>68 221</b>	<b>65 687</b>	<b>68 602</b>	<b>69 091</b>	<b>57 849</b>

Tabel L 6

kWh	Üldelekter				
	2009	2010	2011	2012	2013
Jaanuar	2 706	2 869	1 695	2 866	2 162
Veebruar	2 143	2 214	1 856	3 361	1 918
Märts	-7 687	2 656	1 698	2 685	2 237
Aprill	2 505	2 446	1 342	1 951	1 595
Mai	2 187	2 269	1 000	1 192	699
Juuni	2 051	2 086	784	1 015	636
Juuli	2 133	2 032	758	1 110	505
August	2 080	223	1 076	1 068	676
September	2 208	1 761	1 822	1 020	837
Oktoober	1 763	1 283	2 103	1 368	1 963
November	2 720	1 583	2 314	1 454	1 350
Detsember	2 382	1 450	2 440	2 157	2 611
<b>Kokku</b>	<b>17 191</b>	<b>22 872</b>	<b>18 888</b>	<b>21 247</b>	<b>17 189</b>

#### 7.5. Termograafilise ülevaatus aruanne ja fotod

Vormistatud eraldi aruandena