

Tellija: **KÜ Ravila 32**
Tellija kontaktisik: **Triinu Hordo**
Aadress: **Ravila tn.32, Tartu linn, Tartumaa**
Tel.: **3 725 219 042**
E-post: **triinu.hordo@gmail.com**



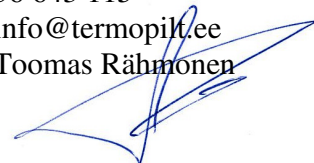
ENERGIAAUDIT



Ravila tn.32, Tartu linn, Tartu maakond
12- korteriga elamu

Auditeerimise aeg: 16.06.2017
Aruanne esitatud: 04.09.2017
EA-170902

Auditeerija ettevõte: **TERMOPILT
PÄRNU OÜ**
Aadress: Riia mnt.106, Pärnu
Reg. Nr. 12798061
Tel.: 53 489 959
56 643 115
E-post: info@termopilt.ee
Energiaaudiitor: Toomas Rähmonen
Allkiri:



Sisukord

Sissejuhatus	3
1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest	4
2. Hoone energiakasutuse ülevaade ja analüüs	6
2.1 Hoone asukoht ja paiknemine	6
2.2 Hoone üldandmed	6
2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd	7
2.4 Energia- ja veevarustuse üldisloomustus	7
2.5 Kütuste soojusenergia kulu	8
2.6 Elektrienergia kulu	10
2.7 Vee kulu	11
2.8 Hoone soojusbilanss	12
2.9 Ruumide sisekliima	14
3. Hinnang hoone energiakasutuse kohta, säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus	15
3.1 Hoone piirdetarindid	15
3.1.1 Pööninglagi	16
3.1.2 Välisseinad	17
3.1.3 I korruse põrand/ sokkel	18
3.1.4 Välisüksed.	20
3.1.5 Aknad	21
3.2 Hoone tehnosüsteemid	22
3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid	22
3.4 Küttesüsteem	23
3.5 Elektriseadmed	23
3.6 Ventilatsioonisüsteem	24
3.2 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus	27
3.3 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid	28
4. Kokkuvõte säästumeetmetest	30
4.1 Säästumeetmete paketid	31
4.2 Kokkuvõte	35
4.3 Arvutusvalemid tasakaalutemperatuuride leidmisel	36
5. Kasutatud allikad	38
6. Lisad	39
6.1 Kütuse tarbimisandmed	39
6.2 Tarbevee tarbimisandmed	40
6.3 Elektrienergia tarbimisandmed	41

Sissejuhatus

Käesolevas energiaauditi aruandes on esitatud Tartu linnas Ravila tn.32 asuva 2-korruselise 12 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 esindaja poolt kogutud ja edastatud hoone tarbimisandmeid aastatel 2014-2016 ning Termoproff OÜ poolt 2008 aastal teostatud töö „Ehitise tehnilise ekspertiisi ja infrapuna termograafia akt, Ravila 32 Tartu“.

Hoone seisukorra täpsemaks määramiseks on teostatud juunis 2017 visuaalne 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.

Hoones on mõõdetud summaarset elektritarbimist ning veetarbimist kuude kaupa. Kütteks kasutatud halupuidu kogus on arvestatud hinnanguliselt aastase kogusena. Hoonet varustatakse põhiosas kütteeniagiaga kütteahjudega, paljudes korterites on kasutusel ka elekterkütteseadmed (elektriradiaatorid, õhk-õhk välisõhu soojuspumbad).

Soe tarbevesi valmistatakse korterites lokaalsete elektriboilerite abil.

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.

Korteriühistu, kui lõpptarbija seisukohalt on säästupotentsiaal, energiahinnad kõik kulutused auditis arvestatud koos käibemaksuga.

Parendustööde lihttasuvusaja arvutamisel on lähtutud lähiaastate prognoositavast kütuste maksumuse põhjal kujunevast soojusenergiast 55€/MWh ja elektrienergiast 140 €/MWh ning kaugkütte soojusenergiast 65 €/MWh.

1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest

Käesolevas peatükis on esitatud kokkuvõte korterelamu energiaauditi koostamise tulemustest. Soojuseenergia (kütuste ja elektrikütte soojusenergia) keskmine kogukulu aastatel 2014-2016 on mõõdetud ja arvestatud 82 MWh/a.

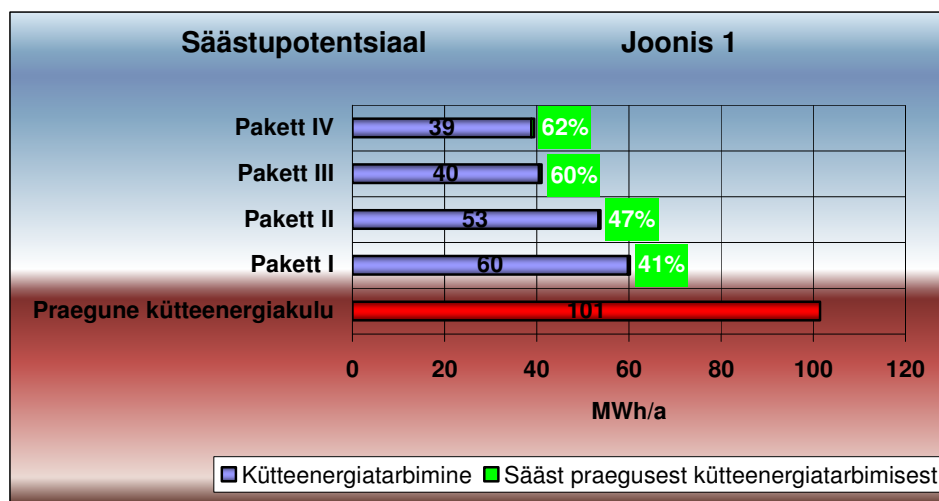
Baasaastale taandatud kolme viimase täisaasta soojusenergia keskmine kulu on 101 MWh/a ja lähtuvalt hoone köetavast pinnast 499,6 m² (eluruumid ning trepikojad) on normaalaasta keskmine soojusenergia eritarbimine pinnahikule 203 kWh/m².

Auditi tulemusena on hoone renoveerimiseks välja pakutud neli säästumeetmete paketti, mille abil on võimalik kütteenergia kulu tehniliselt alandada ning lisaväärtuseks on inimeste heaolu tõus tänu paranenud sisekliimale. Samas tõuseb ka hoone kui kinnisvara väärtus. Säästupaketid on esitatud põhjusel, et teatud meetmetel on omavaheline koosmõju.

- Esimese paketi raames soojustatakse hoone pööninglagi, välisseinad ja sokliosid. Hoone vanad keldriaknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Õhuvahetus intensiivistatakse väljatõmbeventilatsiooni abil vajalikule tasemele. Investeering on ca. 63 tuhat € ning aastane sääst on 42 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 23 aastat ning energiasääst paketi realiseerimisele tarbimisega võrreldes on 41%.
- Teise paketi realiseerimise käigus soojustatakse hoone pööninglagi, välisseinad ja sokliosid. Hoone vanad keldriaknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Õhuvahetus intensiivistatakse väljatõmbeventilatsiooni abil vajalikule tasemele. Rajatakse kaugkütteühendus koos soojussõlmega ning keskküttesüsteem. Ehitatakse tsentraalne soojatarbevee süsteem. Investeering on ca. 97 tuhat € ning aastane sääst on 48 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 24 aastat ning energiasääst paketi realiseerimisele tarbimisega võrreldes on 47%. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.
- Kolmas pakett sisaldab hoone rekonstrueerimist, mille käigus soojustatakse hoone pööninglagi, välisseinad ja sokliosid. Hoone vanad keldriaknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Rajatakse kaugkütteühendus koos soojussõlmega ning keskküttesüsteem. Ehitatakse tsentraalne soojatarbevee süsteem. Hoonesse paigaldatakse energiatagastusega korteripõhine ning õhujaotustorustiketa ventilatsioonisüsteem. Investeering on ca. 115 tuhat € ning aastane sääst on 61 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 23 aastat ning energiasääst paketi realiseerimisele tarbimisega võrreldes on 60%. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.
- Neljas pakett sisaldab hoone rekonstrueerimist, mille käigus soojustatakse hoone pööninglagi, välisseinad ja sokliosid. Hoone vanad keldriaknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Rajatakse kaugkütteühendus koos soojussõlmega ning keskküttesüsteem. Ehitatakse tsentraalne soojatarbevee süsteem. Hoonesse paigaldatakse õhujaotustorustikega ning energiatagastusega korteripõhine või soojustagastusega tsentraalne õhujaotustorustikega ventilatsioonisüsteem. Investeering on ca. 130 tuhat € ning aastane sääst on 63 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 26 aastat ning energiasääst paketi realiseerimisele tarbimisega võrreldes on 62%. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.

Hoone energiasäästumeetmete pakettide realiseerimise tulemusena eeldatav kütteenergiasääst:

Joonis1



Energiaauditi raames väljapakutud energiasäästumeetmete pakettide detailsem kirjeldus on välja toodud käesoleva töö peatükis 4.1. Säästumeetmete paketid.

2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd**Tabel 2**

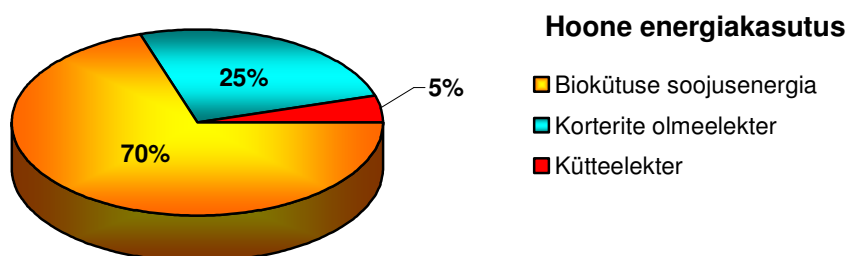
Aasta	Tööde nimetus ja maht
Jooksvalt	Hoone vanade puitakende vahetamine uute pakettakende vastu. Uusi aknaid on 88% hoone akende kogupindalast, vahetamata on keldriaknad

2.4 Energia- ja veevarustuse üldiseloomustus**Tabel 3**

Põhiline kütteviis:	Kohtküte
Soojusenergia tarnija:	Kütteahjud, elektriradiaatorid, õhk-õhk välissoojuspumbad
Kasutatav kütus:	Halupuit, elekter
Tarbevee tarnija:	Tartu Veevärk AS
Veevarustuse liik:	Tsentraalselt linnavõrgust
Olmekanaliseerimine:	Juhitakse tsentraalsesse linnavõrku
Sooja tarbevee valmistamine:	Lokaalsed elektriboilerid
Sooja tarbevee arvestus:	Puudub
Ventilatsiooni liik:	Loomulik: õhu sissepääs välisseina ventilatsioonirestidest ja akendest/ustest ning väljatõmme ventilatsioonilõõride kaudu
Kodugaasi tarbimine ja tarnija	Puudub
Elektrienergia tarnija:	Eesti Energia AS
Elektrivõrgu pingeline:	3x400 V

Hoones viimasel kolmel aastal tarbitud biokütuse soojusenergia, olmeelekter ning kütteelekter kokku jagunevad alljärgnevalt:

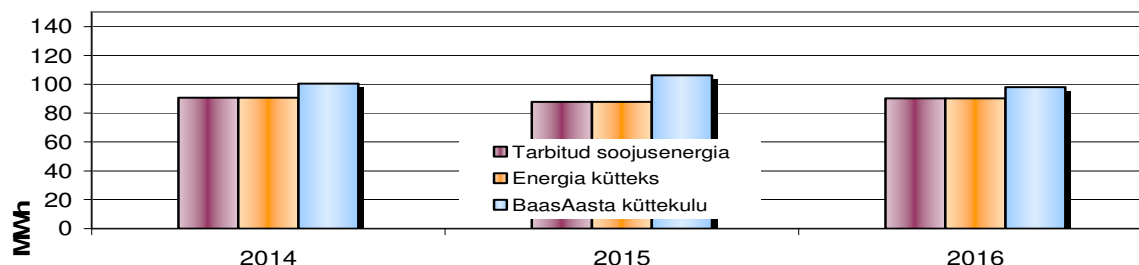
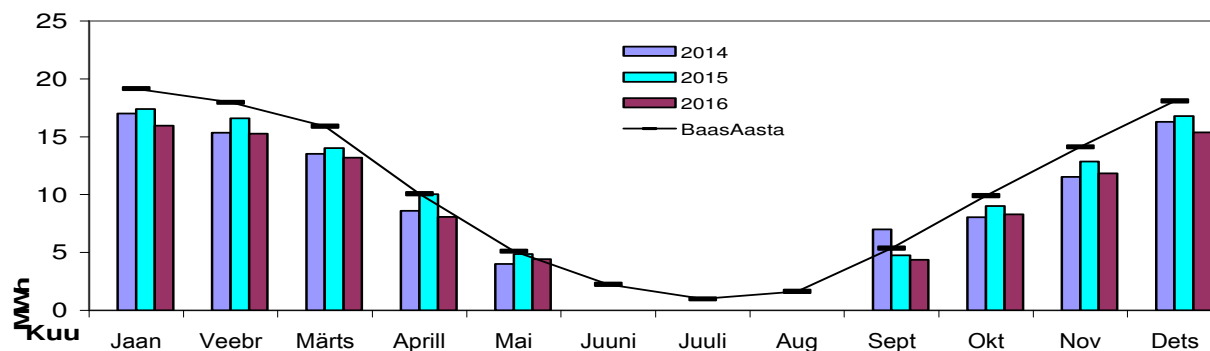
Joonis 2



2.5 Kütuste soojusenergia kulu

Tabel 4

Kütuse soojusenergia tarbimine	2014	2015	2016	Keskmine	Ühik
Soojusenergia tarbimine (hinnangulise biokütusekoguse järgi)	75	78	76	76	MWh/a
Soojustarbimine kütteks	75	78	76	76	MWh/a
Kraadpäevade võtmepiirkond	Tartu				
Kraadpäevade arv	3887	3550	3961		°C d
Baasaasta kraadpäevade arv	4295				°C d
Baasaastale vastav soojustarbimine	83	94	83	87	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	166	189	166	173	kWh/m ² ·a
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	181	207	182	190	kWh/m ² ·a

Kütteenergia tarbimise graafikud**Joonis 3****Energiatarbimine aastate lõikes****Joonis 4****Taandatud kütteenergia kulu kuude lõikes**

Märkus: graafikutel on kajastatud summaarne biokütuse ja elekterkütte soojusenergiakulu

Kraadpäevade abil on välistemperatuuri muutuste mõju kütteenergia tarbimisele elimineeritud ja erinevate aastate soojustarbimine on taandatud keskmise nn BaasAasta soojustarbimise tasemele. Joonisel 4 markeerib BaasAasta kütteenergia kulu graafik hoone arvutuslikku kütte ja ventilatsiooni energiavajadust. BaasAasta nivoost kõrgemat energiatarbimist markeerivad tuld näitavad maja ülekütmist antud perioodil ja madalamad tuld tähendavad vaegkütmist. Kütteenergia tarbimine on kuude ja aastate lõikes erineval tasemel. Kütteenergiakulu sõltub elanike poolt kütteseadmete individuaalsest soojusväljastuse reguleerimisest ja kütmise intensiivsusest.

Hoone energiabilansi põhjal tehtud analüüs näitab, et hoones tervikuna on kütteperioodide vältel keskmine sisetemperatuur olnud lähedane tasemele $+19^{\circ}\text{C}$. Samal ajal on hoone keskmine õhuvahetuskordsus allpool vastavat soovituslikku väärtust. 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. Hoone niiskuserežiimi parandamiseks on soovitatav sügisel kütmist alustada pigem varem ja tugevamalt, kui välistemperatuur seda eeldab (tagamaks niiskuse väljakuivamise piiretest).

Edaspidistes arvutustes on kasutatud hoone aastase energiavajadusena küttele ja ventilatsioonile viimase kolme aasta keskmist baasaastale teisendatud energiavajadust 101 MWh/aastas.

2.6 Elektrienergia kulu

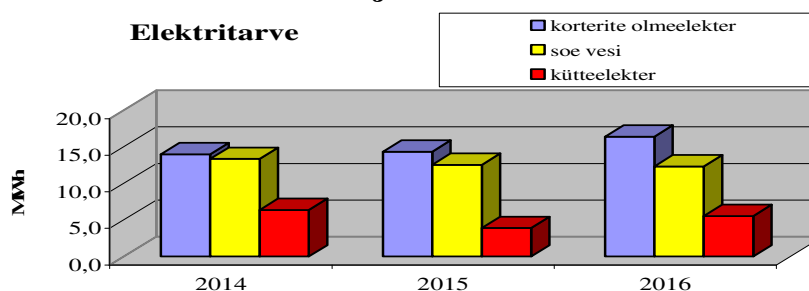
Tabel 5

Elektrienergia tarbimine	2014	2015	2016	Keskmine	Ühik
Elektrienergia tarbimine (üldelekter)					
Elektrienergia tarbimine	0,17	0,16	0,20	0,2	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	0,3	0,3	0,4	0,4	kWh/m ² ·a
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	0,38	0,36	0,43	0,4	kWh/m ² ·a
Elektrienergia tarbimine (korterid)					
Elektrienergia tarbimine	33,7	30,8	34,2	32,9	MWh/a
Elektrienergia sooja tarbevee valmistamiseks (hinnanguline)	13,3	12,5	12,3	12,7	MWh/a
Elektrienergia tarbimine kütteks (hinnanguline)	6,4	3,9	5,5	5,3	MWh/a
Soojuspumba abil toodetud kütteenergia	9,5	5,8	8,3	7,9	MWh/a
Kraadpäevade võtmepiirkond	Tartu				
Kraadpäevade arv	3887	3550	3961		°C d
Baasaasta kraadpäevade arv	4295				°C d
Baasaastale vastav soojustarbimine	17,6	11,8	15,0	14,8	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	35,2	23,6	30,0	29,6	kWh/(m ² a)
Elektrienergia tarbimine olmelisteks vajadusteks	14,0	14,3	16,4	14,9	MWh/a
Olmeelektri eritarbimine köetava pinna kohta	28,0	28,7	32,8	29,8	kWh/m ² ·a

Üldelektri tarbimine vaadeldud perioodil moodustab 0,5% hoone koguelektritarbimisest. Hinnanguliselt kulub kütteenergiaks 16% korterite elektrienergiast.

Hoones tarbitava koguelektrienergia proportsionaalne jaotus on järgmine:

Joonis 5



Korterite olmeelektritarbimine on vaadeldava perioodi jooksul olnud kõikuva iseloomuga, selget trendi välja ei joonistu. Soovitav on seadmete valikul eelistada säästlikumaid lahendusi, vältimaks elektrienergia kasutamise kasvutrendi.

Olmeelektri kõige suurem säästuvõimalus on seadmete täielik väljalülitamine kui neid ei kasutata. See kehtib nii valgustite, olmeelektroonika kui ka telefonilaadijate kohta. Väljalülitatud

kuid n.ö. puldivalmiduses seade tarbib keskmiselt 20W, mis kõigi seadmete peale kokku võib teha 60-100 W ööpäevaringset elektritarbimist, ehk 40-70 kWh kuus. Säästupirnide (gaaslahendusega) kasutamine on efektiivne üldvalgustites, mida tihti sisse-välja ei lülitata. Sagedane sisse-välja lülitamine kahandab oluliselt säästupirnide eluiga ja muudab rahalise säästu olematuks. LED-valgustid on sellest puudusest vabad.

Olmeelektri arvestuslik statistiline keskmine eritarbimine eluruumide pinna kohta on 25-35 kWh/m²·a ja antud hoones on see näitaja hinnanguliselt keskmisega samal tasemel.

2.7 Vee kulu

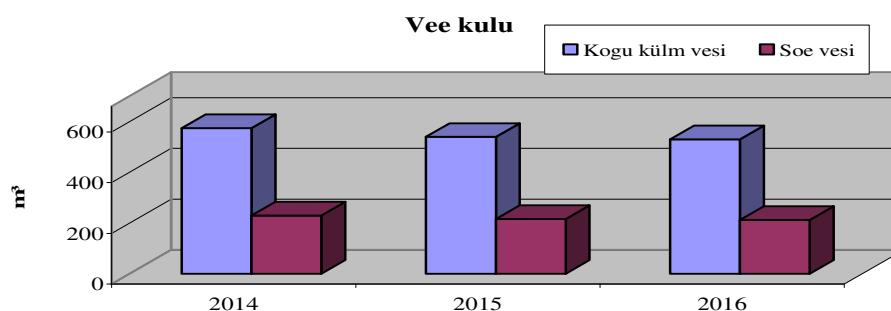
Tabel 6

Tarbevee kulu	2014	2015	2016	Keskmine	Ühik
Tarbevesi	574	540	531	548	m ³ /a
-erikulu köetava pinna kohta	1,15	1,08	1,06	1,10	m ³ /(m ² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	1,26	1,18	1,16	1,20	m ³ /(m ² a)
Vee hind	1,96	2,04	1,56	1,85	€/m ³
Vee eest tasutud	1125	1099	828	1017	€/a
Soe tarbevesi	230	216	212	219	m ³ /a
-erikulu köetava pinna kohta	0,46	0,43	0,42	0,44	m ³ /(m ² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	0,50	0,47	0,47	0,48	m ³ /(m ² a)
Elektrienergia kulu vee soojendamiseks (hinnanguline)	13,3	12,5	12,3	13	MWh/a

Kogu veetarbimine kortermajas on olnud kergelt väheneva trendiga. Soe tarbevesi valmistatakse lokaalsete elektriboileritega korterites.

Soe tarbevesi moodustab kogu veekasutusest hinnanguliselt keskmiselt 40%, mis on samaväärne kortermajade keskmise näitajaga (40-50%). Sooja tarbevee erikulud on korterelamutes enamasti vahemikus 0,55—0,90 m³/(m²a) eluruumide pinna kohta. Antud hoones on see näitaja keskmisest statistilisest väärtusest mõnevõrra madalamal tasemel.

Joonis 7



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 välispiirete, kanalisatsiooni lastud reovesi ja ventilatsiooniks vajaliku õhu soojendamise energiakulu moodustavad hoone energiabilansi teise poole. Soojakadude arvutamisel on oluline arvestada hoone tasakaalutemperatuuri, mis antud juhul on vabaenergia arvutuste ja soojusenergia kasutamise kaudu määratud 17°C. Kõik soojuskadude arvutused on tehtud tuginedes baasaasta Tartu piirkonna kraadpäevade arvule. Hoone iga välispiirde osa jahtumises ja kogu soojusenergia kadu läbi välispiirete on toodud alljärgnevas:

Tabel 7

Piirde nimetus	Pindala	Soojus- juhtivus, U	Erisoojus- kadu, H_{vp}	Soojuskadu aastas
	m ²	W/m ² °C	W/°C	MWh
Otsaseinad	115	1,10	127	12
Küljeseinad	268	1,10	294	28
Pööninglagi	331	0,60	198	19
Aknad vanad	13	2,80	35	3
Aknad uued	95	1,50	143	13
Esiuks	6	1,80	11	1
I korruse põrand	331	0,46	151	14
		Kokku	960	91

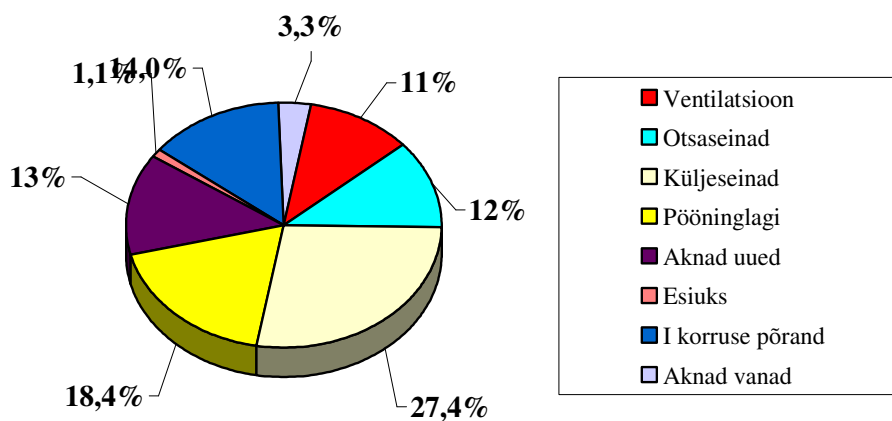
Alltoodud õhuvahetuse kordarv on leitud hoone kui terviku jaoks ja on kütteperioodi keskmine väärtus.

Tabel 8

Hoone soojusbilanss	Energia sisse	Energia välja
Soojusenergia (kütus ja elekter) tarbimine, MWh/a	101	
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete, MWh/a		91
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks, MWh/a		11
Kokku	101	101
Õhuvahetuse kordarv, 1/h	0,28	
Tasakaalutemperatuur, °C	17	

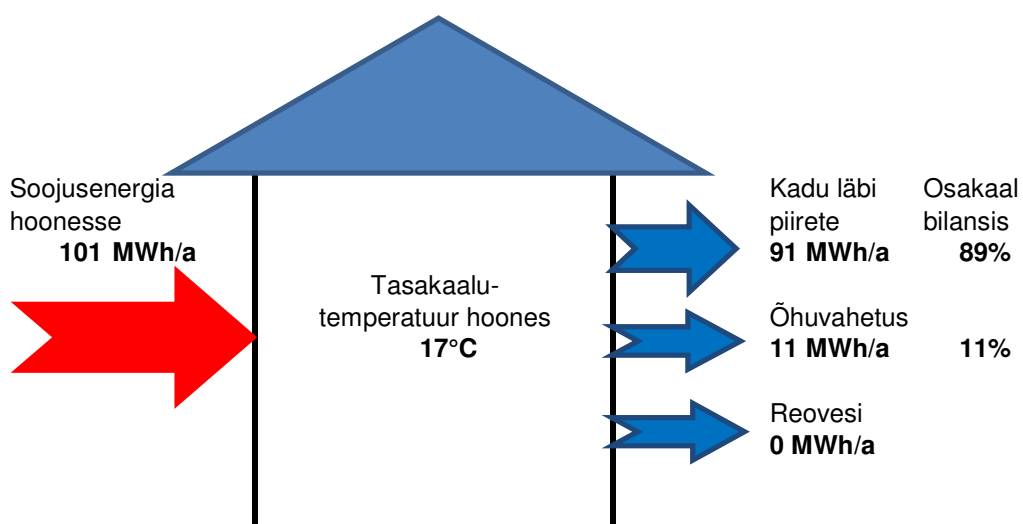
Hoones tarbitava soojusenergia proportsionaalne jaotus vastavalt kaoliikide kaupa:

Joonis 8



Hoones soojusenergia kasutamise üldine visuaalne jaotus:

Joonis 9



2.9 Ruumide sisekliima

Hoone ülevaatus teostati korteriühistu soovil ja kokkuleppel kütteperioodi välisel ajal, mistõttu ei olnud võimalik läbi viia sisekliima mõõtmisi siseruumides.

Korteriühistu esindaja info kohaselt on kütteperioodil korterites sisetemperatuurid erineval tasemel. Hoones ei varustata kütteenergiaga kõiki kortereid võrdsel tasemel. Osades korterites on probleeme liigse õhuniiskusega seonduvalt.

Lähtudes standardis EVS-EN 15251:2007 toodud sisekliima normväärtustest, on talvisel ajal:

Tabel 11

Soojusliku mugavuse klass	I	II	III
ruumiõhu temperatuur	21-23 °C	20-24 °C	19-25 °C
süsihappegaasi (CO ₂) kontsentratsioon üle välisõhu kontsentratsioonitaseme	350 ppm	500 ppm	800 ppm

Ventilatsioonisüsteem peab tagama hoones viibivatele inimestele kvaliteetse sisekliima. Värske õhu juurdevool peab olema sellisel tasemel, et ei ületataks vastava mugavusklassi ruumide CO₂ maksimaalset mahukontsentratsiooni. Välisõhu CO₂ kontsentratsioon on üldjuhul suurusjärgus 370...400 ppm. Vastavalt EL standarditele võiks ruumiõhus lugeda aktsepteeritavaks CO₂ sisalduseks siis mitte üle 400ppm+800ppm=1200 ppm.

Siseõhu suhteline niiskus sõltub niiskustootlusest ruumides (inimeste arv ruumis ja ruumide kasutusintensiivsus, taimede kastmine jne), ventilatsiooni toimimisest ja õhuvahetusest ning välisõhust.

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 riski külmasildadel. Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse keskmine väärtus eluruumides peaks talvisel ehk siis kütteperioodil jääma vahemikku 40-45%.

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	Inves-teering	Liht-tasuvus-
		m²	W/m²K	MWh/a		W/m²K	MWh/a	MWh/a	€	aasta
Piirded kokku				91			36	54	59 900	17
Pööninglagi	Puittalad+soojustus ehitusaegne	331	0,60	18,7	Lisasoojustus 400 mm	0,09	3,0	15,7	5 000	5
Aknad vanad	12%,vanatüübi puitraamidel aknad	13	2,80	3,3	Asendamine uute pakettakendega	1,15	1,4	2,0	1 900	15
I kor. põrand (taandatud)*	Betoon, tellis	331	0,46	14,2	Sokli lisasoojustus 100mm	0,31	9,8	4,4	6 000	21
Otsaseinad	Tellised, täide ehitusaegne	115	1,10	12,0	Lisasoojustus 150 mm	0,21	2,3	9,6	14 000	22
Küljeseinad	Tellised, täide ehitusaegne	268	1,10	28	Lisasoojustus 150 mm	0,21	5,4	22,3	33 000	23
Aknad uued	2x klaasiga pakettaknad	95	1,50	13,5	Tarindit ei renoveerita	1,50	13,5			
Esiuks	Metalluks, pakettaknaga	6	1,80	1,1	Tarindit ei renoveerita	1,80	1,1			

* I korruse põranda soojusjuhtivus väljendab eluruumide ja keldrikorruse vahelist kogusoojusvahetust, mis on teisendatud I korruse põrandat läbivaks soojusvooks, millest on tuletatud taandatud soojusjuhtivusnäitaja.

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

3.1.1 Pööninglagi

Hoonel on uus katusekate. Hoone katuslael on valdavalt ehitusaegne soojustuskiht, ühe korteri ulatuses on laele paigaldatud puistevilla.

Pööninguruum



Lähtuvalt hoone piirdekonstruktsiooni analüüsi põhjal antud kaudsest hinnangust, jääb hoone pööninglae soojusjuhtivus suurusjärku $U=0,5...0,6 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, mis ületab EV Valitsuse määruses nr.55 „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded” soovitatud elamute laekonstruktsioonide soojusjuhtivuse väärtust $U=0,1-0,15 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Laepiirde soojapidavuse soovituslike väärtustega vastavusse viimiseks peab renoveerimisel kogu laepiirde ulatuses paigaldama vähemalt 400mm (soovitavalt 500 mm) paksuse lisasoojustuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\text{max}} = 0,04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) kihi.

Lisatava soojustusena on suhteliselt lihtne kasutada puistevilla. Enne puistevilla paigaldamist tuleb korrastada pööninguruum: pööningupõrandalt eemaldatakse üleliigne praht.

Vältimaks paigaldatud villsoojustuskihi kahjustamist, tuleb pööninglael võimalikes liikumiskohtades tagada käiguteede olemasolu ja korrasolek.

Hoone katusekattes ei tohi olla ebatihedusi ja katkiseid kohti, millede kaudu on võimalik sademete sattumine laepiirdele ja selle soojustuskihti. Niiskunud isolatsioonimaterjali soojuspidavus väheneb oluliselt ning seeläbi suureneb ka soojuskadu läbi piirde.

3.1.2 Välisseinad

Maja välisseinad on hoone ehitusaegselt tellisseinad vahetäitega.

Maja välisseinakonstruktsioonid



Hoone välisseinte soojusjuhtivus varieerub piirde ulatuses ning ei vasta soovituslikele väärtustele. Välisseintel leidub madalatemperatuurilisi külmasildasid. Välisseinad on hakanud aja jooksul lagunema (ilmastiku mõjud, vajumine). Koos fassaadide remondiga on otstarbekas teostada ka välisseinte lisasoojustamine.

Lähtuvalt hoone piirdekonstruktsiooni analüüsi põhjal antud kaudsest hinnangust, jääb hoone välisseinte soojusjuhtivus suurusjärku $U=1,0 \dots 1,1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, mis ületab EV Valitsuse määruses nr.55 „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded” soovitatud elamute seinakonstruktsioonide soojusjuhtivuse väärtust $U=0,12-0,22 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Maja välisseinte soojuspidavuse viimine vastavusse normväärtusega eeldab vähemalt 150 mm paksuse välise lisasoojustuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\text{max}}=0,04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) paigaldamist piiretele.

Osades korterites on välisseinad soojustatud seespidiselt. Sisemise soojustuskihiga on oht, et külmade ilmadega tekib soojustuse ning välisseina vahelises külmas tsoonis kondensaad, mis ajapikku loob soodsad tingimused hallituse tekkeks. Mida paksem sisemine soojustuskiht, seda suurem on kondensaadi tekkimise võimalikkus. Juba olemasolevalt korterite välisseinte siseküljele paigaldatud soojustusekiht võib säilida, kui piirded soojustada efektiivselt ka välispidi.

Kuivõrd väline soojustuskiht kaitseb edaspidi seinu väliskeskkonna lagundava mõju eest, aitab lisasoojustamine ühtlasi ka pikendada hoone kasutusaega.

Seinte soojustamisel on lisaks energia kokkuhoiule ka täiendavaid efekte, millised omavad olulist väärtust küll maja kasutusmugavuse tõstmisel, kuid millele on raske tasuvust arvutada. Nimelt pärast soojustamist tõuseb seinte sisepinna temperatuur, mille tulemusena suureneb oluliselt hoone kasutusmugavus.

3.1.3 I korruse põrand/ sokkel

Keldri sisetemperatuur kujuneb keldrisse suunatud ja keldrist välja suunatud energiavoogude koosmõjul. Keldrisse satub soojusenergia läbi I korruse ruumide põrand. Keldrist välja liigub soojusenergia läbi keldri välispiirete (sokkel, vundament, keldripõrand, keldri aknad ja välisüksed) ning koos sooja õhuga keldriruumide ventileerimise käigus. Sellest kõigest lähtuvalt tuleb ka keldriruumide soojuskadude vähendamist vaadata laiemas meetmete kontekstis.

Käesolevas töös on käsitletud kahte võimalikku varianti keldri soojuskadude vähendamiseks. Arvutustes on võetud arvesse I korruse eluruumide ja keldrikorruse vahelist kogusoojusvahetust, mis on teisendatud I korruse põrandat läbivaks soojusvooks. Antud soojusvoost on omakorda tuletatud I korruse põrand taandatud soojusjuhtivusnäitaja, mis on arvutatud vastavalt standardile EVS EN ISO 13370:2008 ning selle väärtuseks antud hoone puhul on $U=0,46 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Variant 1. Keldri lae soojustamine.

Kui isoleerida ära keldri lagi, siis väheneb soojusvoog läbi I korruse põrand, mille tulemusena alaneb keldriruumide sisetemperatuur. Vähenev temperatuur vähendab soojuskadusid läbi välispiirete, samuti väheneb ka ventilatsiooni õhuga keldrist väljakanduv soojusenergia hulk. Nii kujuneb keldrisse uus soojusliku tasakaalu olukord. Vähendamaks olulisel määral soojuskadusid läbi esimese korruse põrand peab keldrilae lisasoojustuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\text{max}}=0,04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) kihipaksus olema vähemalt 100 mm. Soojustamise tulemusena kujuneb I korruse põrand taandatud soojusjuhtivuse väärtuseks $U=0,31 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Keldrilae soojustustööde teostamiseks tehtav investeering on ca. 20 tuhat € ning aastane kütteenergiaseest on 4 MWh/a.

Tehniliselt on keldrilae soojustamine keerukas operatsioon, kuna laega liitub hulk vaheseinu ja lage läbistavad erinevad kommunikatsioonid. Nii on ühest küljest töö teostamine tülikas ja teisest küljest jäävad soojustusest läbiulatuvad seinaosad moodustama külmasildu, mis vähendavad tulemuse efektiivsust.

Samuti jäävad isoleerimata sokli-põrand-seina liites olevad konstruktiivsed külmasillad, mis esimese korruse põrand välisääred külmaks muudavad ning seal niiskuse kondenseerumise tõttu ka probleeme võivad tekitada.

Samas tuleb arvestada ka asjaoluga, et isoleeritud keldrilae puhul võib madalate välistemperatuuride pikaajalisel esinemisel, keldri osades tsoonides sisetemperatuur langeda miinuskraadideni. Sellises olukorras toimub sokli- ja vundamendikonstruktsioonide läbikülmumine, mis omakorda lühendab tarindite eluiga.

Osade keldriruumide puhul on ka probleemiks ruumide ebapiisav kõrgus, mida lakke paigaldatav soojustuskiht vähendab. Arvestada tuleb ka sellega, et keldrilae lisasoojustuseks kasutatav materjal peab olema mittepõlev, et ei süvendaks probleeme kui keldris peaks juhtuma tuleõnnetus.

Variant 2. Sokli soojustamine.

Soklikonstruktsiooni soojustamise tulemusena vähenevad keldriruumide välisjahtumise kaod, ja keldri sisetemperatuur hakkab kasvama. Sisetemperatuuri tõusuga koos vähenevad soojusvood läbi I korruse põrand. Selle tulemusena kujuneb samuti välja uus tasakaaluolukord. Samas peab keldris hoitava sisetemperatuuri puhul jälgima, et keldrite temperatuur ei jääks liiga madalale tasemele (alla 10°C), mille tulemusena tekib ebamugavus esimese korruse korterites.

Sokliosa vajaliku soojuspidavuse saavutamiseks tuleb paigaldada vähemalt 100 mm paksune väline lisasoojustuskiht (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\text{max}}=0,045 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). Soojustamise tulemusena kujuneb I korruse põrand taandatud soojusjuhtivuse väärtuseks $U=0,31 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Sokliosa soojustustööde teostamiseks tehtav investeering on ca. 6 tuhat € ning aastane kütteenergiäsääst on 4 MWh/a.

NB! Antud kalkulatsioonid lähtuvad üksnes sokliosa soojuslikust režiimist. Kuivõrd hoone vundament ja sokkel on pinnaseniiskuse seisukohalt kriitilises piirkonnas asuv konstruktsiooniosa, siis riskid on seoses niiskuse liikumisega vundamendi konstruktsioonis. Kuna vundamendi taldmik ei ole olemasolevate hoonete puhul niiskuslikult pinnasest eraldatud, siis toimub kapillaarniiskuse püsiv tõus mööda vundamenti kuni soklini välja, kust toimub aurumine väliskeskkonda. Kui sokkel soojustada, siis soojustus moodustab täiendava takistuse auru liikumise teele. Sellest lähtuvalt on oht, et sokli soojustamise tulemusena võib vundamendi ja soklikonstruktsiooni niiskusrežiim saada häiritud. Osad allikad soovivad seetõttu kategooriliselt sokli soojustamist vältida. Kogemused hoonete inspekteerimisega kinnitavad aga, et õnneks see probleem ei ole valdav, kuid seda siiski esineb. Probleeme esineb eelkõige nendes hoonetes, kus üldine pinnasevee tase on kõrgem või ei ole sadeveed hoonest efektiivselt eemale juhitud. Sellistes hoonetes on probleemid niiskusega enamasti keldrites jälgitavad ka ilma sokli lisasoojustamiseta.

Kokkuvõtteks võib öelda, et hoones energiasäästu saavutamiseks keldri soojuskadude vähendamise kaudu on efektiivsemaks lahenduseks sokliseina lisasoojustamine (tehniliselt lihtsam teostada, väiksem maksumus ja lühem tasuvusaeg ning soojustamisest tulenevate võimalike probleemide väiksem tõenäosus). Nimetatud põhjusel on käesolevas töös hoone renoveerimispakettidesse säästumeetmena valitud sokliseina lisasoojustamine.

3.1.4 Välisüksed.

Maja ehitusaegsed välisüksed on hilisema renoveerimise käigus välja vahetatud. Välisuste keskmine soojusjuhtivus on hinnanguliselt suurusjärgus $U \sim 1,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Välisüks



Soojuskadu läbi antud piirdeosa oleks võimalik vähendada uste vahetamisel soojapidavamate vastu ($U \approx 1,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$). Samas on ukSED heas tehnilises seisukorras, mistõttu on väljavahetamine ainult energiasäästu eesmärgil siiski kriitilise tasuvusega investeering

Kindlasti peab jälgima uste sulgurite ja tihendite korrasolekut, et soojuskaod ei suureneks ka tänu uste ülemäärasele lahtiolekule.

3.1.5 Aknad

Vanemat tüüpi kahe eraldiseisva klaasiga akende soojusjuhtivus on minimaalselt $U=2,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, millele lisanduvad akende ebatihedusest tingitud soojuskaod.

Akende vahetamine kaasaegsete pakettakende vastu viib nende soojusjuhtivuse väärtusele $U=1,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (soovitavalt $1,1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$). Ülevaatus ajaks oli kortermaja akendest ~88% vahetatud. Vahetamata on veel maja keldriaknad.

Vanatüübi puitaken keldril



Paigaldatud uus pakettaken



Vanade puitakende vahetamisel kitsa piidaga pakettakende vastu tekitab oht, et kitsa piida kõrvale jääb sein sisse külmasild, mis enne oli parema soojapidavusega ja laiema puitpiidaga kaetud. Hoonete termograafilisel ülevaatusel on tihti näha, et uute, paigaldatud akende ümbrus on külmal ajal külm ja märg. Nimetatud külmasilla katmiseks on peale uue akna paigaldamist vaja soojustada aknapõsed väljastpoolt 2-3 cm paksuse soojustuskihiga ja viimistleda. Veelgi tõhusama lahenduse saab, kui hoone soojustamise käigus kõik aknad tõsta väljapoole e. soojustuskihi sisse.

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 jälgida, et ventilatsiooniõhu sissepääs oleks tagatud (tuulutusklaappidega aknaraamid või ventilatsiooniavad seinas). Õhuvahetus peab toimuma mitte läbi juhuslike pilude, vaid selleks ettenähtud moodusel ja reguleeritavalt.

Alternatiivina väljavahetamisele võib vajadusel kaaluda akende põhjaliku korrastamist (klaaside hermetiseerimine silikooniga, tihendite paigaldamine, aknapiida ja sein vaheliste vahede tihendamine). Sellised tööd tasub ette võtta, kui akna puitosa on alles korralik. Nii tuleb tööde maksumus oluliselt odavam, kuid võimalik on saavutada mõningast soojuspidavuse tõusu.

3.2 Hoone tehnosüsteemid

Tabel 10

Osa nimetus	Kirjeldus	Hinnang olukorrale ja parendusettepanekud
Hoone soojusvarustus		
Küttesüsteemi tüüp	Kütteahjud, elektriradiaatorid, õhk-õhk välisõhusoojuspumbad	
Sooja tarbevee valmistamine	Lokaalsed elektriboilerid korterites	

3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid

Külm tarbevesi saadakse kohalikust linnavõrgust tsentraalselt. Tarnija on AS Tartu Veevärk. Soe tarbevesi valmistatakse elektriboileritega korterites.

Hoones puudub hetkel tsentraalne soojaveesüsteem. Üheks võimaluseks valmistada sooja tarbevett odavama energiaga (võrreldes elektriboilerite otseküttega), on kasutada tsentraalset soojaveesüsteemi, mis varustab kogu hoonet tsentraalselt sooja tarbeveega. Antud hoones tuleb siis rajada nii soojaveetorustikud ning paigaldada energiaallikana kaugkütte baasil toimiv soojussõlm koos soojusvahetiga. Odavamast energiahinnast tulenev rahaline kokkuvõtte praeguse soojavee tarbimiskoguse juures on hinnanguliselt ~950 eur/aastas.

Juhul kui hoones ehitatakse välja kõiki kortereid varustav tsentraalne sooja tarbeveesüsteem, siis tuleb vältida soojavee torustike suuri jahtumiskadusid, mis vähendavad oluliselt sooja tarbevee valmistamise efektiivsust. Sooja tarbevee valmistamise efektiivsust tõstvaks üheks teguriks on torustikele paigaldatud piisava paksusega soojusisolatsioonikiht (ca 30 mm).

Üheks energiasäästu võimaluseks on ka sooja dušši- ja vannivee energia taaskasutamine.

Sobiva pesuvee temperatuuri saavutamiseks tuleb segada omavahel kuuma vett hoone kuumavee süsteemist ning külma vett hoone külmavee süsteemist. Mida madalam on veetrassist tuleva külma vee temperatuur, seda rohkem tuleb kuuma vett sobiliku temperatuuriga pesuvee segamiseks kasutada.

Heitvees sisalduva soojuse taaskasutamiseks paigaldatakse soojusvaheti, milles soojustagastus rakendub **samaaegse** sooja heitvee **äravoolamise** ja tarbitava külmavee **pealevoolu** tingimustes. Heitvee äravoolul asetsev soojusvaheti võtab soojust äravoolu suunatud soojast veest ning kannab selle üle segistisse minevale külmale veele (toimub segistisse juhitava külmavee temperatuuri tõus). Tänu eelsoojendatud külma vee kasutamisele läheb soovitud pesuvee temperatuuri saavutamiseks vaja väiksem kogus kuuma vett maja kuumavee süsteemist. Soojusvaheti abil on võimalik saavutada kuumavee kulu vähenemist ~25% ning arvestades seadme orienteeruvat maksumust (~ 350 €) on agregaadid tasuvusaeg suurusjärgus 4-5 aastat.

Lisaks on nii sooja kui ka külma pesuvee tarbimist võimalik vähendada paigaldades segistitele ja duššiotsikutele aeraatorlahendusega difuusorid. Antud lahendust nimetatakse Airpower tehnoloogiaks, mis imab õhku veevoolu sisse loomuliku tsirkulatsiooni kaudu. Segisti- või duššiotsikus segatakse veele juurde õhku, mis tagab mõnusa ning koheva veejoa, kuid säästab sealjuures vett luues efekti ohtrast (tegelikult tarbitava vee kogus ~40% väiksem „tavapärasest“) veevoolust.

Hoone olmekanalisatsioon juhitakse linnavõrku.

Hoone tarbevee- ja kanalisatsioonitorustikud on töökorras.

3.4 Küttesüsteem

Maja kortereid varustatakse kütteenergiaga kütteahjude ja elektrikütteseadmete abil.

Elanike poolt kütteseadmete soojusväljastuse individuaalse reguleerimise ja tsüklilise kütmise tõttu on raskendatud kõikides korterites stabiilselt ühesuguse sisetemperatuuri hoidmine.

Juhul kui korteri kütteseadmete soojusväljastust piiratakse rohkem optimaalselt otstarbekast säästurežiimist (individuaalse kütmise või seadistamise tulemusena sisetemperatuuri viimine alla $+18^{\circ}\text{C}$), on raskendatud ka teistes korterites stabiilselt ühesuguse sisetemperatuuri hoidmine. Kui korterite lõikes sisetemperatuurid erinevad oluliselt, siis hakkavad „soojemad“ korterid läbi vaheseinte kanduva soojusega kütma „külmema“ kortereid. Samas ei ole aga „soojade“ naaberkorterite kütteseadmete võimsuse valikul arvestatud sellise lisakütmise vajadusega ning tekib olukord, kus ka naaberkorterite ruumitemperatuur langeb alla soovitusliku taseme.

Hoone kõikides (**ka kasutuseta**) eluruumides peab olema kütteperioodil tagatud minimaalne soovituslik sisetemperatuur $+18^{\circ}\text{C}$. Kogu hoone kui ühe terviku sisetemperatuuri hoidmine on oluline ka välistarindite säilimise seisukohalt. Optimaalsel tasemel hoitud sisetemperatuuri kaudu välditakse maja välispiirete läbikülmumist madalatel välisõhu temperatuuridel ja sulamist soojematel perioodidel ehk minimeeritakse oluliselt hoone tarindite külmatsüklite arvu. Läbitud külmatsüklid määravad aga hoone piirde eluea. **Seega on kogu hoones vajalikul tasemel sisetemperatuuri hoidmine oluline nii üldise mugavuse, kui ka maja konstruktsioonide säilimise seisukohalt.**

Tagamaks kogu hoones ühtlast ning vajalikul tasemel sisetemperatuuri, on soovitatav rajada kogu hoonet hõlmav ning kaugkütte baasil (pidades silmas kaugkütte odavamast energiahindast, keskkonnasõbralikumast iseloomu ning elekterküttega samaväärset reguleerimis- ja kasutusmugavust) toimiv reguleerimisseadmetega varustatud keskküttesüsteem. Ühtne küttesüsteem, mis on tsentraalselt juhitud ning hoone küttevajadust (vastavalt välisõhu temperatuurile) arvestav, võimaldab hoone varustamist kütteenergiaga optimaalsel tasemel. Kuna hoones praegusel hetkel tsentraalne süsteem puudub, siis tuleb rajada nii kaugkütteühendus (kaugkütetrass asub maja lähedal), ehitada välja kütteautomaatikaga soojussõlm ning reguleerimisseadmetega (püstikute seadeventiilid, radiaatorite termostaatventiilid) varustatud kahetoruküttesüsteem.

3.5 Elektriseadmed

Hoone on ühendatud Eesti Energia AS elektrivõrguga.



Hoone üldvalgustussüsteemis on kasutusel aegreleedega ja liikumisanduritega valgustid.

Sihtasutus Kredex toetus

Säästumeetmete pakettide teostamisel tuleb täita **Sihtasutus Kredex** poolt pakutavate kortermajade rekonstrueerimistoetuste tingimusi.

Antud hoone puhul tuleb rekonstrueerimisel vajalike energiatõhususklasside saavutamiseks (toetustingimuste täitmine) täiendavalt kaasata ka taastuvenergiasüsteeme (näiteks päikesepaneelid). Vajalikud energiatõhususklassid (vastavalt erinevatele toetusmääradele) on võimalik saavutada paigaldades hoonele elektrienergia tootmise eesmärgil ca 8 kW koguvõimsusega päikesepaneele (investeeringu ligikaudne maksumus 8000 eurot).

3.6 Ventilatsioonisüsteem

Kvaliteetse sisekliimaga eluruumide optimaalseks õhuvahetuse kordsuseks loetakse 0,5 1/h.

Hoone energiabilansist tulenev õhuvahetuse kordarv 0,28 1/h näitab, et hoone tervikuna on alaventileeritud.

Korterite ebapiisava õhuvahetuse esmaseks indikaatoriks on kõrgenenud toaõhu niiskus, mis külmadele pindadele (näiteks seintele, lagedele, akendele) kondenseerudes tekitab niiskuskahjustusi ja hallitust.

Siseruumide õhku eralduva CO₂ hulk sõltub ruumis viibivate inimeste arvust, nende kehalisest aktiivsusest jne.

Kvaliteetse siseõhu indikaatornäitajaks loetakse õhus sisalduva CO₂ koguse maksimumväärtust 1200 ppm.

Ventilatsioonisüsteem on hoone ehitusaegne ja loomuliku väljatõmbega. Välisõhu juurdevool oli ette nähtud toimuma läbi akende ja uste ebatiheduste ning välisseina ventilatsioonirestide. Ventilatsiooniõhu väljatõmme toimub ventilatsioonilõõride kaudu.

Ventilatsioonirest välisseinal



Väljatõmbekorsten põõninguruumis



Akende vahetuse käigus vähendatakse olulisel määral nende õhuläbilaskvust ning aja jooksul ummistuvad ka väljatõmbelõõrid. Osaliselt on ka ventilatsioonilõõride väljatõmbeavasid ning välisseina ventilatsioonireste elanike poolt suletud. See on ka peamiseks põhjuseks, miks hoone õhuvahetuskordsus jääb alla nõutava taseme. Lihtsaimaks viisiks õhuvahetusega seonduvate probleemide vältimiseks on elanike teavitamine ja vajaliku õhutamise intensiivsuse tagamine siseruumides. Praktikas ei anna see siiski enamasti kvaliteetset tulemust.

Korstnad katusel

Hoone normaalse õhuvahetuse tagamiseks ja säilimiseks tuleb olemasolevaid õhu väljatõmbelõõre perioodiliselt puhastada, samuti tuleb kontrollida ventilatsioonilõõride ja korstnate tehnilist korrasolekut.

Loomuliku väljatõmbe toimimiseks peavad ventilatsioonilõõride ja -korstnate seinad olema õhutihedad-pragudeta, samuti on määrav katusel asuvate korstnate „töötava“ osa kõrgus (kõrgem korsten suurendab loomuliku ventilatsiooni väljatõmbeefekti).

Lisaväljatõmbeavaga köögikubuiühendus lõõriga

Võimaldamaks köögis asuva ventilatsioonilõõri kaudu ventilatsiooniõhu loomuliku väljatõmbe pidevat toimimist on soovitatav pliidikubu väljaviskekanal ühendada n.ö. „kahesüsteemsena“.

Pakettakendesse või välisseintesse on soovitatav paigaldada reguleeritavad värskõhuklapid. Hädapärase lahendusena saab ka eemaldada ilma tuulutuspiludeta akendelt ülaservast osa tihendist, et luua võimalus loomuliku ventilatsiooni pidevaks toimimiseks, kuid tulemus on kontrollimatu ja enamasti ka ebapiisav.

Nõuetekohase ventilatsiooni tagamisel kulub värsk õhu soojendamiseks ca. 20 MWh/a, (praeguse alaventileerituse olukorras on soojusenergiakulu õhuvahetusele ~ 11 MWh/a). Seega õhuvahetuse intensiivistamisel (ilma soojustagastusest tehnilised lahendused) tuleb arvestada asjaoluga, et suurenevad kütteenergiakulud siseneva külma värsk õhu soojendamiseks.

Kütteenergia kokkuhoiu saavutamiseks ventilatsiooniergia arvelt, ilma sisekliima kvaliteeti kahjustamata, tuleb hoonesse paigaldada ventilatsiooniõhu soojustagastusseadmed. Ventilatsiooniergia soojustagastusseadmed võimaldavad teostada eluruumide õhuvahetust optimaalsete kütteenergiakuludega. Võimalik on valida lokaalselt toimivate seadmete või tsentraalse õhutrakte ja ventilatsiooniagregaatide sisaldava ventilatsioonisüsteemi vahel.

Lokaalsete seadmete korral paigaldatakse igasse korterisse individuaalse üksusena toimiv agregaatide komplekt. Korteripõhiste ventilatsioonilahenduste hulgast on võimalik valida lihtsamate (soojustagastusseadmed eluruumide välisseinas ilma õhujaotustorustiketa) või keerulisemate (soojustagastusseade tehnilises ruumis ning õhujaotustorustikud eluruumidesse). Õhujaotustorustikega süsteemi puhul on võimalik alandada ventilaatorite tekitatavat mürataset (ventilaator asub ventileeritavast ruumist kaugemal ehk n.ö. tehnilises ruumis).

NB! Eesti Vabariigi Valitsuse määruses nr.23, „*Korterelamute rekonstrueerimise toetuse andmise tingimused*“, (vastu võetud 20.03.2015.a.) välja toodud tingimuste üheks osaks on ka nõue ventilatsioonisüsteemide maksimaalsele **müratasemele**.

Käesolevas energiaauditis on *Säästumeetmete pakett III* puhul arvesse võetud lihtsama ehk õhujaotustorustiketa ventilatsioonisüsteemi maksumust. Nimetatud süsteemidel on kõrge soojustagastuse efektiivsus, samas aga on ületab nende müratase maksimaalsel töörežiimil EV määruses nr.23 tingimustes etteantud müranivood 25 dB.

Keerulisemad ehk õhujaotustorustikega (*Säästumeetmete pakett IV*) ventilatsioonisüsteemid on madalama müratasemega, samas aga vastavalt ka kõrgema soetamismaksumusega.

Tsentraalselt toimiva ventilatsioonisüsteemi korral käsitletakse hoonet tervikuna, mille puhul tuleb ehitada välja nii sisse- kui ka väljapuhketrakt ning paigaldada soojustagastusagregaadid. Tehniliselt võimalikuks tsentraalse energiatagastuse lahenduseks on väljatõmbelõõridele paigaldatav soojuspumpsüsteem, kust energia suunatakse tagasi hoone kütteevee või sooja tarbevee valmistamise süsteemi. Antud hoone puhul on siseruumide 0,5 l/h õhuvahetuskordsuse korral võimalik saada heitõhust hinnanguliselt 22 MWh/a soojusenergiat. Sellise soojusenergiahulga tootmiseks kulutatakse heitõhusoojuspumba (efektiivsus: COP 3) poolt elektrienergiat ~7400 kWh/a. Soojuspumpsüsteemi sobivus ning täiendavad võimalikud lisakulud (näiteks ventilatsioonisüsteemi väljatõmbelõõride tihendamistööde ja materjalide maksumus) tuleb läbi arutada projekteerijate ning vastava ala spetsialistidega.

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.

Hoonesse sobivaima konkreetse tehnilise lahenduse valimiseks tuleb konsulteerida vastava ala spetsialistidega.

3.2 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus**Tabel 13**

Osa	Parendusmeede	Meetme maksumus	Energia-sääst	Säästu väärtus	Liht-tasuvus-aeg	Meetme eluiga
		€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Sisendenergia	Liitumine kaugküttega	7 000 €	6	420	17	30
Soe tarbevesi	Tsentraalse soojaveesüsteemi väljaehitamine (soe tarbevesi)	3 500 €		955	4	30
Küttesüsteem	Uue soojussõlme paigaldus (küte+soe tarbevesi)	6 000 €	11	815	7	30
Ventilatsiooni-süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskõhuklapid, vent. lõõride puhastamine, sundväljatõmme)	3 500 €	-9	-578		30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	17 000 €	6	420	40	40
Ventilatsiooni-süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent. seade õhujaotustorustikuga)	36 000 €	13	862	42	45
Ventilatsiooni-süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent.seade õhujaotustorustikuta)	21 800 €	11	733	30	40

Kõikidesse korteritesse ühtse ning tsentraalselt toimiva ning reguleerimiseseadmetega varustatud küttesüsteemi rajamisega on võimalik ruumide sisetemperatuuri hoidmine ühtlasel ning soovitud tasemel. Samas on võimalik kütteenergiat täiendavalt kokku hoida, lisades kõikidele radiaatoritele termostaatventiilid. Termostaatventiilid annavad olulise mugavustõusu, võimaldades igas toas välja häälestada elanikele enim meeldiva temperatuuri. Kevadkuudel, kui päikeseenergia küttele olulist lisa annab, võimaldavad just termostaatventiilid efektiivselt energiat kokku hoida.

Õhuvahetuse reguleerimiseks saab paigaldada hoone välisseintesse värskõhuklapid, millede abil on võimalik tagada ventilatsiooniks vajaliku välisõhu juurdepääs eluruumidesse. Tabelis 13 on toodud arvestuslik kütteenergiakulu aastas optimaalse (0,5 1/h) õhuvahetuse tagamisel praeguse olukorraga (alaventileeritus) võrreldes.

Hoone ventilatsiooni väljatõmbeõhu energiatagastus võimaldab olulisel määral kütteenergiat säästa. Soojustagastusseadmetes kasutatakse väljatõmbeõhust saadavat energiat eluruumidesse sissepuhutava värskel külma õhu soojendamiseks. Tabelis 13 arvutatud säästuväärtus aastas ventilatsioonienegiata tagastusele on arvestatud olukorrale, kus korterites on eelnevalt tagatud optimaalne (0,5 1/h) õhuvahetuskordsus. Konkreetne tehniline lahendus sõltub antud hoone eripärasid ja võimalusi arvestades ning ka omanike soovist lähtuvalt.

3.3 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid

Normaalse elutegevuse käigus tekib ja kasutatakse energiat, 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 soojustatud. Tasakaalutemperatuur langeb peale hoone renoveerimist, mille kaudu tekitab täiendav energiasääst.

Hoone vabasoojuse arvutamisel on lähtutud järgmistest algandmetest:

Tabel 14

Köetav pind	499,6	m ²
Eluruumide pind	456	m ²
Elanike arv	30	
Inimese soojuseraldus	125	W
Kohaloleku profiil	0,6	

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

Tabel 15

	Hinnanguline vabasoojus			Mõõdetud vabasoojus		Vaba-soojus kokku	Vaba-soojus-koormus
	Päikese eritootlikku	Päikese soojus	Inimeste soojus	Olme-elekter	Pliidigaas		
	kWh/m ²	MWh	MWh	MWh	MWh		Φ _{VS} , kW
Jaauar	0,8	0,4	1,7	1,9		4,0	5,3
Veebruar	1,7	0,8	1,5	1,5		3,9	5,8
Märts	4,4	2,2	1,7	1,3		5,2	7,0
Aprill	4,5	2,2	1,6	1,2		5,1	7,0
Mai	5,6	2,8	1,7	1,0		5,5	7,3
September	3,4	1,7	1,6	1,2		4,5	6,2
Oktoober	1,6	0,8	1,7	1,3		3,8	5,1
November	0,7	0,3	1,6	1,5		3,4	4,8
Detsember	0,3	0,1	1,7	1,7		3,5	4,7
Kokku	23,0	11,5	14,7	12,6		38,8	Keskmine
Vabasoojus eluruumide pinna kohta, kWh/m²						85,1	5,9

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. Väljas asuva temperatuurianduriga automaatse soojussõlme ja ilma radiaatorite termostaatventiilideta küttesüsteemi korral on vabasoojuse kasutustegur 0,5. Kui radiaatoritele on paigaldatud automaatsed termostaatventiilid, kasutatakse vabasoojust paremini ära ja vabasoojuse

kasutustegur on 0,7. Antud hoones on kasutusel kütteahjud ja termoregulaatoritega elekterkütteseadmed, vabasoojuse kasutusteguriks on arvestatud 0,4.

Tabel 16

	Ühik	Praegune olukord	Säästumeetmed			
			Pakett I	Pakett II	Pakett III	Pakett IV
Arvutuslik vabasoojuskoormus, Φ_{VS}	kW	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
Vabasoojuse kasutustegur		0,4	0,4	0,7	0,7	0,7
Kasutatav vabasoojuskoormus, Φ_{VS}	kW	2,4	2,4	4,1	3,8	3,8
Erisoojuskaod läbi välispiirete, H_{vp}	kW/°C	0,96	0,43	0,43	0,43	0,43
Õhuvahetuskordaja, n	1/h	0,28	0,50	0,50	0,50	0,50
Erisoojuskaod õhuvahetusele, H_{vent}	kW/°C	0,12	0,21	0,21	0,09	0,07
Erisoojuskaod kokku, $H=H_{vp}+H_{vent}$	kW/°C	1,08	0,64	0,64	0,52	0,50
Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt, $\Delta t_{VS} = \Phi_{VS} / H$	°C	2,2	3,7	6,4	7,4	7,7
Tasakaalutemperatuur, t_B	°C	17	18	15	14	14

Hoone arvutuslik tasakaalutemperatuur on 17°C. Maja kogu köetava mahu keskmiseks temperatuuriks kujuneb $\approx 19^\circ\text{C}$.

4. Kokkuvõte säästumeetmetest

Hoone välispiirete olukorra ja sellest tulenevate säästuvõimaluste ning tehnosüsteemide parendusvõimalustest tulenevate säästumeetmete põhjal on hoone kohta koostatud neli säästumeetmete paketti.

Pakettide koostamisel on lähtutud põhimõttest, et paketis sisalduvad meetmed peavad tagama omavahel säästu saavutamist ja ideaalis sünergia tõttu tekitama üksikmeetme rakendamisest suurema energiakokkuhoiu.

Säästumeetmete paketi valikul on soovitatav tutvuda ka ***Sihtasutus Kredex*** poolt pakutavate kortermajade rekonstrueerimistoetuste tingimustega.

Vastavalt rekonstrueerimistoetuste määradele tuleb täita kindlad nõudmised nii välispiirete soojuspidavuse kui ka eluruumide õhuvahetuse osas. Säästumeetmete kompleksse teostamise tulemusena peab hoone saavutama kriteeriumiks seatud vastava energiatõhususklassi ning ka eluruumides kvaliteetse sisekliima.

4.1 Säästumeetmete pakettid

Säästumeetmete pakett I – sisaldab vajalikke meetmeid, et muuta elamistingimused kogu hoones paremaks ning saavutades sealjuures ka energiasäästu. Soojustatakse hoone pööninglagi, välisseinad ja sokliosa. Õhuvahetus intensiivistatakse väljatõmbeventilatsiooni abil vajalikule tasemele. Hoone vanad keldriaknad vahetatakse uute pakettakende vastu.

Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 18°C.

Tabel 17

t_B= 18 °C	Säästumeetmete pakett I	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Pööninglagi	Lisasoojustus 400 mm	5 000 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	1 900 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 100mm	6 000 €				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 150 mm	14 000 €				30
Küljeseinad	Lisasoojustus 150 mm	33 000 €				30
Ventilatsiooni- süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskõhuklapid, vent. lõõride puhastamine, sundväljatõmme)	3 500 €				30
Kokku		63 400 €	42	2 709	23	

Kogu paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 60 MWh/a, saavutatav kütteenergiäsääst on 41% paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes. Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 120 kWh/m².a.

Väljatõmbe ventilatsioonisüsteemi elektrikulu hinnanguliselt ~ 1400 kWh/a

Hoone saavutab peale kõigi renoveerimistööde kompleksset teostamist eeldatavalt energiamärgise klassi E (arvutuslik ETA).

Säästumeetmete pakett II – hoone energeetiline saneerimine, mille käigus soojustatakse hoone pööninglagi, välisseinad ja sokliosa. Õhuvahetus intensiivistatakse väljatõmbeventilatsiooni abil vajalikule tasemele. Hoone vanad keldriaknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Rajatakse kaugkütteühendus koos soojussõlmega ning keskküttesüsteem. Ehitatakse tsentraalne soojatarbevee süsteem.

Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 15°C.

Tabel 18

$t_B = 15\text{ °C}$	Säästumeetmete pakett II	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht-tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Pööninglagi	Lisasoojustus 400 mm	5 000 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	1 900 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 100mm	6 000 €				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 150 mm	14 000 €				30
Küljeseinad	Lisasoojustus 150 mm	33 000 €				30
Soe tarbevesi	Tsentraalse soojaveesüsteemi väljaehitamine (soe tarbevesi)	3 500 €				30
Küttesüsteem	Liitumine kaugküttega	7 000 €				30
Küttesüsteem	Uue soojussõlme paigaldus (küte+soe tarbevesi)	6 000 €				30
Ventilatsiooni-süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskõhuklapid, vent. lõõride puhastamine, sundväljatõmme)	3 500 €				30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	17 000 €				40
Kokku		96 900 €	48	4 080	24	

Kogu paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 53 MWh/a, saavutatav kütteenergiasääst on 47% paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ning ühtlasi paraneb korterites sisekliima. Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 107 kWh/m²a.

Väljatõmbe ventilatsioonisüsteemi elektrikulu hinnanguliselt ~ 1400 kWh/a

Hoone saavutab peale kõigi renoveerimistööde kompleksset teostamist eeldatavalt energiamärgise klassi E (arvutuslik ETA).

Säästumeetmete pakett III — hoone energeetiline saneerimine, mille käigus soojustatakse hoone põõninglagi, välisseinad ja sokliosa. Hoone vanad keldriaknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Rajatakse kaugkütteühendus koos soojussõlmega ning keskküttesüsteem. Ehitatakse tsentraalne soojatarbevee süsteem. Lisaks paigaldatakse hoonesse energiatagastusega ventilatsioonisüsteem (ventilatsioonisüsteem ilma õhujaotustorustikuta).

Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 14°C.

Tabel 19

t_B = 14 °C	Säästumeetmete pakett III	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Põõninglagi	Lisasoojustus 400 mm	5 000 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	1 900 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 100mm	6 000 €				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 150 mm	14 000 €				30
Küljeseinad	Lisasoojustus 150 mm	33 000 €				30
Soe tarbevesi	soojaveesüsteemi väljaehitamine (soe	3 500 €				30
Küttesüsteem	Liitumine kaugküttega	7 000 €				30
Küttesüsteem	Uue soojussõlme paigaldus (küte+soe tarbevesi)	6 000 €				30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	17 000 €				40
Ventilatsiooni- süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent.seade õhujaotustorustikuta)	21 800 €				40
Kokku		115 200 €	61	4 919	23	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 40 MWh/a, saavutatav kütteenergiasääst on 60 % paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ja ühtlasi saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.

Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 81 kWh/m².a.

Õhujaotustorustikuta ventilatsioonisüsteemi elektrikulu hinnanguliselt ~ 1500 kWh/a.

Hoone saavutab peale kõigi renoveerimistööde kompleksset teostamist eeldatavalt energiamärgise klassi D (arvutuslik ETA).

Säästumeetmete pakett IV — hoone energeetiline saneerimine, mille käigus soojustatakse hoone põõninglagi, välisseinad ja sokliosa. Õhuvahetus intensiivistatakse väljatõmbeventilatsiooni abil vajalikule tasemele. Hoone vanad keldriaknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Rajatakse kaugkütteühendus koos soojussõlmega ning keskküttesüsteem. Ehitatakse tsentraalne soojatarbevee süsteem. Lisaks paigaldatakse hoonesse energiatagastusega ventilatsioonisüsteem (ventilatsioonisüsteem koos õhujaotustorustikuga).

Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 14°C.

Tabel 20

tB= 14 °C	Säästumeetmete pakett IV	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Põõninglagi	Lisasoojustus 400 mm	5 000 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	1 900 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 100mm	6 000 €				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 150 mm	14 000 €				30
Küljeseinad	Lisasoojustus 150 mm	33 000 €				30
Soe tarbevesi	Tsentraalse soojaveesüsteemi väljaehitamine (soe tarbevesi)	3 500 €				30
Küttesüsteem	Liitumine kaugküttega	7 000 €				30
Küttesüsteem	Uue soojussõlme paigaldus (küte+soe tarbevesi)	6 000 €				30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	17 000 €				40
Ventilatsiooni- süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent. seade õhujaotustorustikuga)	36 000 €				40
Kokku		129 400 €	63	5 025	26	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 39 MWh/a, saavutatav kütteenergiäsääst on 62 % paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ja ühtlasi saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima. Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 78 kWh/m²a.

Õhujaotustorustikuga ventilatsioonisüsteemi elektrikulu hinnanguliselt ~ 3000 kWh/a.

Hoone saavutab peale kõigi renoveerimistööde kompleksset teostamist eeldatavalt energiamärgise klassi D.

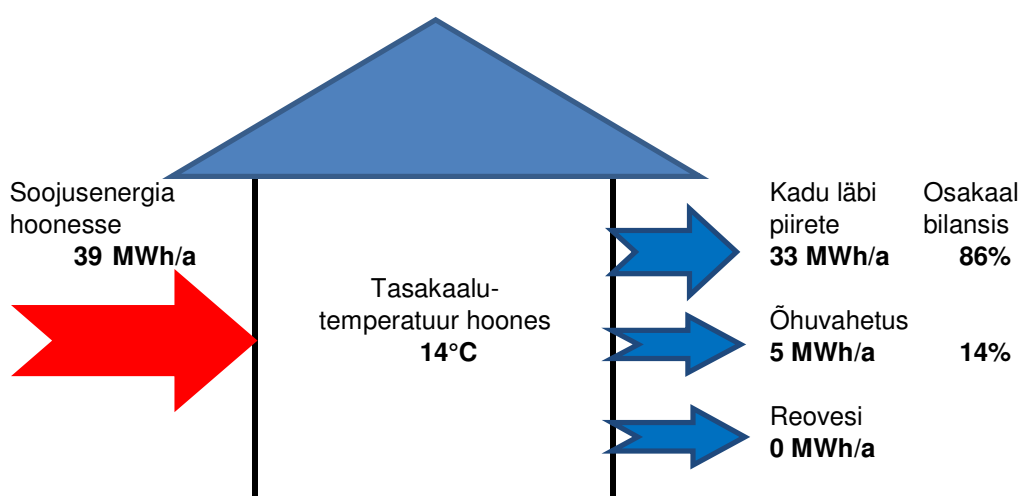
4.2 Kokkuvõte

Käesolevas töös on analüüsitud Tartu linnas Ravila tn.32 asuva hoone tänast energiakasutust ning uuritud võimalusi kokkuhoiuks.

Töö tulemusena selgus, et hoone tänast keskmist aastast (kütuste ja elektri) soojusenergiakasutust 101 MWh on võimalik energeetilise saneerimise teel alandada maksimumprogrammi raames kuni väärtuseni 39 MWh/a. Sellise kokkuhoiu saavutamiseks on vajalik koguinvesteering suurusjärgus 130 tuhat eurot ja lähiaja soojusenergia hindade juures on lihttasuvusaeg 26 aastat.

Hoones energeetilise täissaneerimisejärgne soojusenergia kasutamise üldine visuaalne jaotus:

Joonis 10



Hoones energeetilise täissaneerimisejärgne soojusenergia kasutamise eeldatav energiabilanss:

Tabel 21

Hoone soojusbilanss	Energia sisse	Energia välja
Soojusenergia tarbimine, MWh/a	39	
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete, MWh/a		33
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks, MWh/a		5
Kokku	39	39
Õhuvahetuse kordarv, 1/h	0,50	
	14	

Lisaks olulisele energiakulu vähenemisele on hoone energeetilise täissaneerimise tulemusena võimalik parandada hoone sisekliimat.

4.3 Arvutusvalemid tasakaalutemperatuuride leidmisel

➤ Renoveerimiseelne olukord

Piirdetarindite osa hoone erisoojuskadudest enne renoveerimist:

$$\Sigma U_i \cdot A_i = H_{vp} \text{ (kW/}^\circ\text{C)}$$

Õhuvahetuse osa hoone erisoojuskadudest enne hoone renoveerimist:

$$L \cdot \rho \cdot c = a \text{ [m}^3\text{/s]} \cdot 1,2 \cdot 1,005 = H_{vent} \text{ (kW/}^\circ\text{C)}.$$

Hoone erisoojuskaod:

$$H = \Sigma U_i \cdot A_i + L \cdot \rho \cdot c = H \text{ (kW/}^\circ\text{C)}$$

Keskmine vabasoojuskooormus hoones [v.t. punkt 3.8 Tabel 15]:

$$\Phi_{vs} = b \text{ (kW)}.$$

Renoveeritud automaatse soojussõlme korral utilisatsioonitegur : 0,55

Vastav keskmine arvestuslik kasutatav vabasoojuskooormus:

$$\Phi_{vsk} = \Phi_{vs} \cdot 0,55 = c \text{ (kW)}$$

Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt $\Delta t_{vs} = \Phi_{vsk} / H = d \text{ (}^\circ\text{C)}$

Tasakaalutemperatuur hoones enne renoveerimist $t_B = t_s - \Delta t_{vs} = e \text{ (}^\circ\text{C)}$

t_s – hoone siseruumide kaalutud keskmine temperatuur, mis on arvutatud sisekliima mõõtmisandmete põhjal

➤ Peale renoveerimist

Piirdetarindite osa hoone erisoojuskadudest peale renoveerimist:

$$\Sigma U_i \cdot A_i = H_{vp} \text{ (kW/}^\circ\text{C)}$$

Õhuvahetuse osa hoone erisoojuskadudest peale hoone renoveerimist:

$$L \cdot \rho \cdot c = a \text{ [m}^3\text{/s]} \cdot 1,2 \cdot 1,005 = H_{vent} \text{ (kW/}^\circ\text{C)}.$$

Hoone erisoojuskaod:

$$H = \Sigma U_i \cdot A_i + L \cdot \rho \cdot c = H \text{ (kW/}^\circ\text{C)}$$

Keskmine vabasoojuskooormus hoones [v.t. punkt 3.8 Tabel 15]:

$$\Phi_{vs} = b \text{ (kW)}.$$

Renoveeritud automaatse soojussõlme ja küttekehade termostaatventiilide olemasolu korral
utilisatsioonitegur : 0,7

Vastav keskmine arvestuslik kasutatav vabasoojuskooormus:

$$\Phi_{vsk} = \Phi_{vs} \cdot 0,7 = c \text{ (kW)}$$

Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt $\Delta t_{vs} = \Phi_{vsk} / H = d \text{ (}^{\circ}\text{C)}$

Tasakaalutemperatuur hoones peale renoveerimist $t_B = t_s - \Delta t_{vs} = e \text{ (}^{\circ}\text{C)}$

t_s – hoone siseruumide kaalutud keskmine temperatuur eluruumidele (+21 $^{\circ}\text{C}$)

5. Kasutatud allikad

- 1.Hoonete energiaauditite juhend. Tallinn, 2001
- 2.EVS 837-1:2003 Piirdetarindid. Osa 1: Üldnõuded
- 3.EVS-EN ISO 6946:2004 Hoonete komponendid ja hoonekonstruktsioonid. Arvutusmeetod
- 4.Soovitusi energia säästmiseks EV Majandusministeerium 1998
- 5.Uuringu „Eesti eluasemefondi suurpaneel-korterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga“ lõppraport. TTÜ, 2009
- 6.Uuringu „Eesti eluasemefondi telliskorterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga“ lõppraport. TTÜ, 2010
- 7.Uuringu „Renoveeritud ja vähemalt üks aasta ekspluatatsioonis olnud elamute ehitusfüüsikalise olukorra uuring“ lõpparuanne. TTK, 2010
- 8.Eesti Kraadpäevad - Kredex <http://www.kredex.ee/esk/?id=1411>

6. Lisad

6.1. Kütuse tarbimisandmed

Tabel L 1

Soojusenergia kütus, hinnanguline			
Energia			
MWh	2014	2015	2016
Jaanuar	16	13	16
Veebruar	10	11	9
Märts	9	10	11
Aprill	6	8	7
Mai	4	5	2
Juuni			
Juuli			
August			
September	3	3	3
Oktoober	7	9	8
November	9	9	11
Detsember	11	10	11
Kokku	75	78	76

6.2. Tarbevee tarbimisandmed**Tabel L 2**

m ³	Kogu tarbevesi, mõõdetud		
	2014	2015	2016
Jaauar	45	45	45
Veebruar	45	45	45
Märts	50	45	45
Aprill	59	45	45
Mai	50	45	45
Juuni	50	45	45
Juuli	50	45	45
August	50	45	45
September	50	45	45
Oktoober	50	45	30
November	29	45	51
Detsember	46	45	44
Kokku	574	540	531

6.3. Elektrienergia tarbimisandmed

Tabel L 4

kWh	Elektritarbimine		
	2014	2015	2016
Jaauar	4 677	3 078	4 227
Veebruar	3 179	3 088	3 443
Märts	3 043	2 522	3 378
Aprill	2 666	3 251	2 638
Mai	2 013	2 526	2 271
Juuni	2 037	1 956	1 893
Juuli	1 661	1 922	1 869
August	1 541	1 867	2 035
September	3 561	2 115	2 259
Oktoober	2 479	2 688	3 097
November	2 757	2 727	3 501
Detsember	4 059	3 031	3 637
Kokku	33 673	30 771	34 248

Tabel L 5

kWh	Üldelekter		
	2014	2015	2016
Jaauar	36	25	12
Veebruar	3	14	12
Märts	2	11	14
Aprill	6	14	10
Mai	31	10	10
Juuni	13	11	12
Juuli	18	11	10
August	12	10	10
September	6	10	20
Oktoober	13	14	34
November	16	19	28
Detsember	15	13	24
Kokku	171	162	196