

Tellija:

Tellija kontaktisik: **Katrin Ruusalep**

Aadress: **Kuusalu alevik, Kuusalu
vald, Harjumaa**

Tel.:

E-post:



ENERGIAAUDIT



Kuusalu alevik, Kuusalu vald, Harjumaa
12- korteriga elamu

Auditeerimise aeg: 31.03.2017

Aruanne esitatud: 24.07.2017
EA-170703

Auditeerija ettevõte:

Aadress:

Reg. Nr.

Tel.:

E-post:

Energiaaudiitor:

Allkiri:

Pärnu 2017

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	20
3.2 Hoone tehnosüsteemid	21
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 Kasutatud mõõteseadmed	39
6.1. Kütuse tarbimisandmed	39
6.2. Tarbevee tarbimisandmed	40
6.3. Elektrienergia tarbimisandmed	41
7. Termograafilise ülevaatus aruanne	42

Sissejuhatus

Käesolevas energiaauditi aruandes on esitatud Kuusalu alevikus kinnistul 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. Hoone seisukorra täpsemaks määramiseks on teostatud märtsis 2017 hoone termograafiline ja 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 kütteenergiaga kütteahjudega, osades korterites on kasutusel ka elekterkütteseadmed (radiaatorid, puhurid, õhk-õhk 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 65 €/MWh ja elektrienergiast 130 €/MWh.

1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest

Käesolevas peatükis on esitatud kokkuvõte korterelamu energiaauditi koostamise tulemustest. Soojuseenergia (kütuste ja elektrikütte soojusenergia) kogukulu aastal 2016 on mõõdetud ja arvestatud 45 MWh/a.

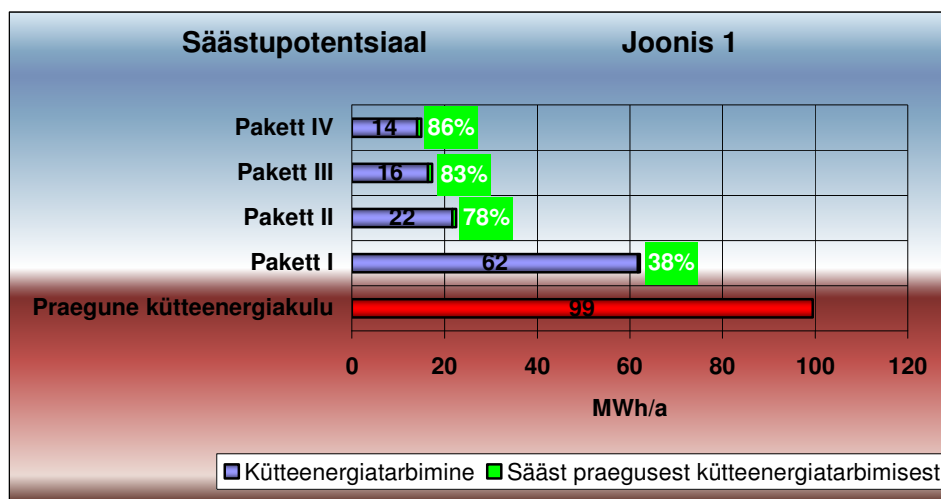
Baasaastale taandatud viimase täisaasta soojusenergia keskmine kulu on 48 MWh/a ja lähtuvalt hoone köetavast pinnast 331 m² (eluruumid ning trepikoda) on normaalaasta keskmine soojusenergia eritarbimine pinnahikule 145 kWh/m².

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 välisseinad, pööninglagi ja sokliosa. Hoone vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Õhuvahetus intensiivistatakse väljatõmbeventilatsiooni abil vajalikule tasemele. Investeering on ca. 76 tuhat € ning aastane sääst on 38 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 31 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 38%.
- Teise paketi realiseerimise käigus soojustatakse hoone välisseinad, pööninglagi ja sokliosa. Hoone vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Õhuvahetus intensiivistatakse väljatõmbeventilatsiooni abil vajalikule tasemele. Rajatakse õhk-vesi välisõhusoojuspump-süsteem koos soojussõlmega ning keskküttesüsteem. Ehitatakse tsentraalne soojatarbevee süsteem. Investeering on ca. 129 tuhat € ning aastane sääst on 78 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 30 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 78%. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.
- Kolmas pakett sisaldab hoone rekonstrueerimist, mille käigus soojustatakse hoone välisseinad, pööninglagi ja sokliosa. Hoone vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Rajatakse õhk-vesi välisõhusoojuspump-süsteem koos soojussõlmega ning keskküttesüsteem. Ehitatakse tsentraalne soojatarbevee süsteem. Hoonesse paigaldatakse energiatagastusega korteripõhine ning õhujaotustorustiketa ventilatsioonisüsteem. Investeering on ca. 150 tuhat € ning aastane sääst on 83 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 30 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 83%. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.
- Neljas pakett sisaldab hoone rekonstrueerimist, mille käigus soojustatakse hoone välisseinad, pööninglagi ja sokliosa. Hoone vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Rajatakse õhk-vesi välisõhusoojuspump-süsteem koos soojussõlmega ning keskküttesüsteem. Ehitatakse tsentraalne soojatarbevee süsteem. Hoonesse paigaldatakse õhujaotustorustikega ning energiatagastusega korteripõhine või soojustagastusega tsentraalne õhujaotustorustikega ventilatsioonisüsteem. Investeering on ca. 161 tuhat € ning aastane sääst on 85 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 30 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 86%. 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. Hoone energiakasutuse ülevaade ja analüüs

2.1 Hoone asukoht ja paiknemine



Hoone asub Kuusalu alevikus

2.2 Hoone üldandmed

Tabel 1

Hoone aadress:	Harju maakond, Kuusalu vald, Kuusalu alevik,
EHR kood:	
Ehitusaasta:	1964
Hoone kasutamise otstarve:	11222 Muu kolme või enama korteriga elamu
Ehitisalune pind (EHR), m ² :	340
Suletud netopind (EHR), m ² :	699,4
Minimaalne korruste arv:	2
Maksimaalne korruste arv:	2
Hoone maht (EHR), m ³ :	2737
Köetav pind, m ² :	532,1
Eluruumide pind (EHR), m ² :	463
Mitteeluruumide pind (EHR), m ² :	0
Ruumide köetav sisekubatuur, m ³ :	1330
Korterite arv:	12
Tubade arv:	22
Inimeste arv:	25
Keldri olemasolu:	Jah
Pööningu olemasolu:	Jah

Hoone trepikojad on köetava pinna ja kubatuuri sees.

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

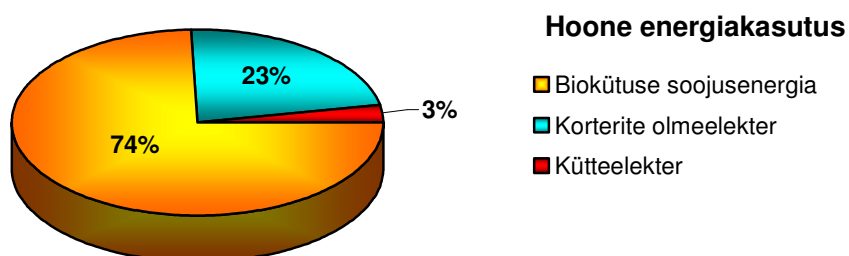
Aasta	Tööde nimetus ja maht
Jooksvalt	Hoone vanade puitakende vahetamine uute pakettakende vastu. Uusi aknaid on 73% hoone akende kogupindalast

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

Põhiline kütteviis:	Kohtküte
Soojusenergia tarnija:	Kütteahjud, elektriradiaatorid, õhk-õhk soojuspumbad
Kasutatav kütus:	Halupuit, elekter
Tarbevee tarnija:	OÜ Kuusalu Soojus
Veevarustuse liik:	Tsentraalselt asulavõrgust
Olmekanaliseerimine:	Juhitakse tsentraalsesse asulavõrku
Sooja tarbevee valmistamine:	Lokaalsed elektriboilerid
Sooja tarbevee arvestus:	Puudub
Ventilatsiooni liik:	Loomulik: õhu sissepääs akendest/ustest ja ventilatsioonirestidest 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:

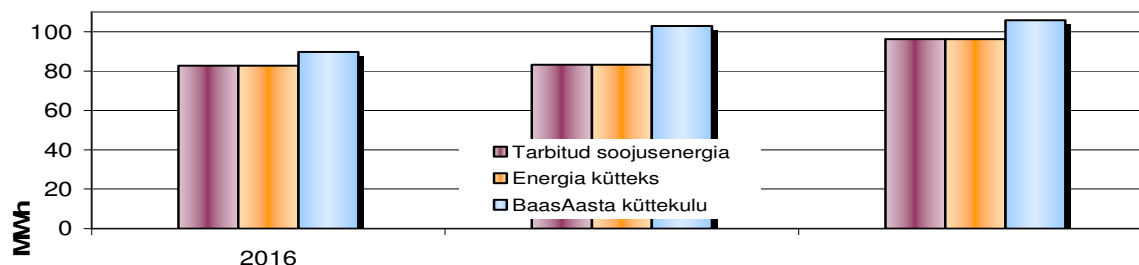
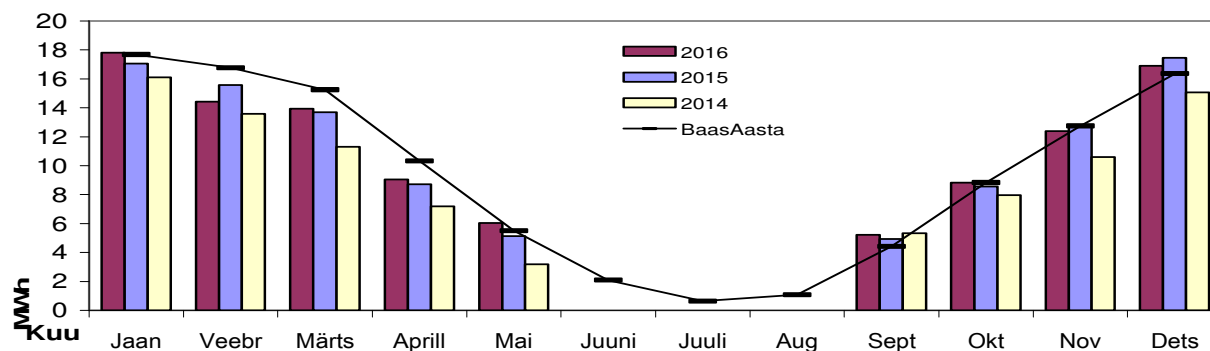
Joonis 2



2.5 Kütuste soojusenergia kulu

Tabel 4

Kütuse soojusenergia tarbimine	2014	2015	2016	Keskmine	Ühik
Soojusenergia tarbimine (hinnangulise biokütusekoguse järgi)	66	71	70	69	MWh/a
Soojustarbimine kütteks	66	71	70	69	MWh/a
Kraadpäevade võtmepiirkond	Tallinn				
Kraadpäevade arv	3588	3149	3538	3425	°C d
Baasaasta kraadpäevade arv	3892				°C d
Baasaastale vastav soojustarbimine	72	88	77	79	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	135	165	145	149	kWh/m ² ·a
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	155	190	167	171	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 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 tulbad näitavad maja ülekütmist antud perioodil ja madalamad tulbad tähendavad vaegkütmist. 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 $+18^{\circ}\text{C}$. Samal ajal on hoone keskmine õhuvahetuskordsus allpool vastavat soovituslikku väärtust. Välisõhu kõrge niiskusetase sүgisel 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 sүgisel 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 baasaastale teisendatud energiavajadust 82 MWh/aastas.

2.6 Elektrienergia kulu

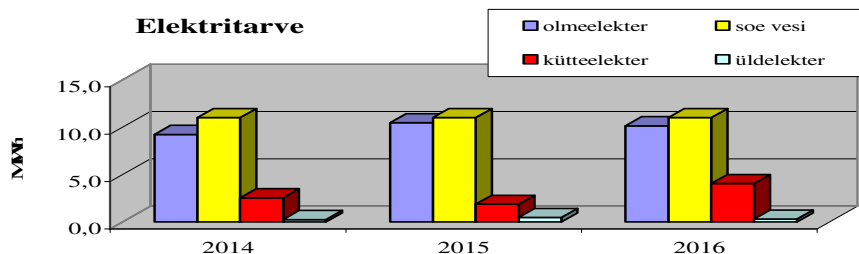
Tabel 5

Elektrienergia tarbimine	2014	2015	2016	Keskmine	Ühik
Elektrienergia tarbimine (üldelekter)					
Elektrienergia tarbimine	0,26	0,48	0,33	0,36	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	0,5	0,9	0,49	0,63	kWh/m ² ·a
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	0,57	1,04	0,57	0,72	kWh/m ² ·a
Elektrienergia tarbimine (korterid)					
Elektrienergia tarbimine	22,9	23,4	25,3	23,8	MWh/a
Elektrienergia sooja tarbevee valmistamiseks (hinnanguline)	11,0	11,0	11,0	11,0	MWh/a
Elektrienergia tarbimine kütteks (hinnanguline)	2,6	1,9	4,1	2,8	MWh/a
Soojuspumba abil toodetud lisakütteenergia	13,8	10,2	22,0	15,3	MWh/a
Kraadpäevade võtmepiirkond	Tallinn				
Kraadpäevade arv	3588	3149	3538		°C d
Baasaasta kraadpäevade arv	3892				°C d
Baasaastale vastav soojustarbimine	17,7	15,0	4,5	12,4	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	33,3	28,1	8,4	23,3	kWh/(m ² a)
Elektrienergia tarbimine olmelisteks vajadusteks	9,3	10,5	10,2	10,0	MWh/a
Olmeelektri eritarbimine köetava pinna kohta	17,4	19,7	19,1	18,7	kWh/m ² ·a
Olmeelektri eritarbimine eluruumide pinna kohta	20,0	22,7	22,0	21,5	kWh/m ² ·a

Hinnanguliselt kulub kütteenergiaks 12% koguelektrienergiast.

Hoones tarbitava koguelektrienergia proportsionaalne jaotus on järgmine:

Joonis 5



Korterite olmeelektritarbimine on vaadeldava perioodi viimasel aastal kasvanud. Soovitav on seadmete valikul eelistada säästlikumaid lahendusi, pidurdamaks elektrienergia kasutamise olulist 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 keskmisest mõnevõrra madalamal tasemel.

2.7 Vee kulu

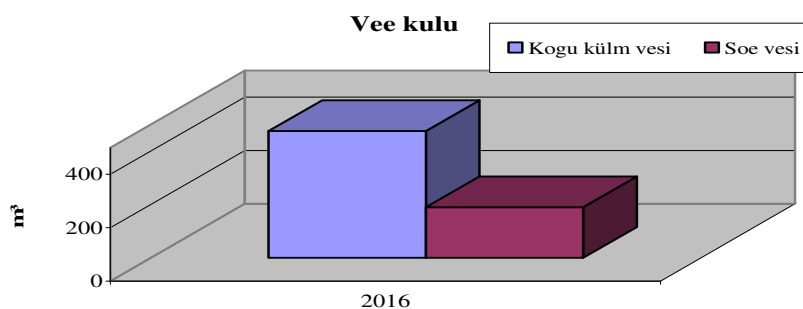
Tabel 6

Tarbevee kulu	2014	2015	2016	Keskmine	Ühik
Tarbevesi 2014-2015 hinnanguline, 2016 mõõdetud	475	475	475	475	m ³ /a
-erikulu köetava pinna kohta	0,89	0,89	0,89	0,89	m ³ /(m ² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	1,03	1,03	1,03	1,03	m ³ /(m ² a)
Soe tarbevesi (hinnanguline)	190	190	190	190	m ³ /a
-erikulu köetava pinna kohta	0,36	0,36	0,36	0,36	m ³ /(m ² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	0,41	0,41	0,41	0,41	m ³ /(m ² a)
Elektrienergia kulu vee soojendamiseks (hinnanguline)	11,0	11,0	11,0	11,03	MWh/a

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 16°C. Kõik soojuskadude arvutused on tehtud tuginedes baasaasta Tallinna 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	124	1,00	124	11
Pikiseinad	314	1,00	314	27
Pööninglagi	340	0,50	170	15
Aknad vanad	27	2,50	67	6
Aknad uued	74	1,50	111	10
Uks uus	10	2,00	20	2
I korruse põrand	340	0,49	166	14
		Kokku	972	84

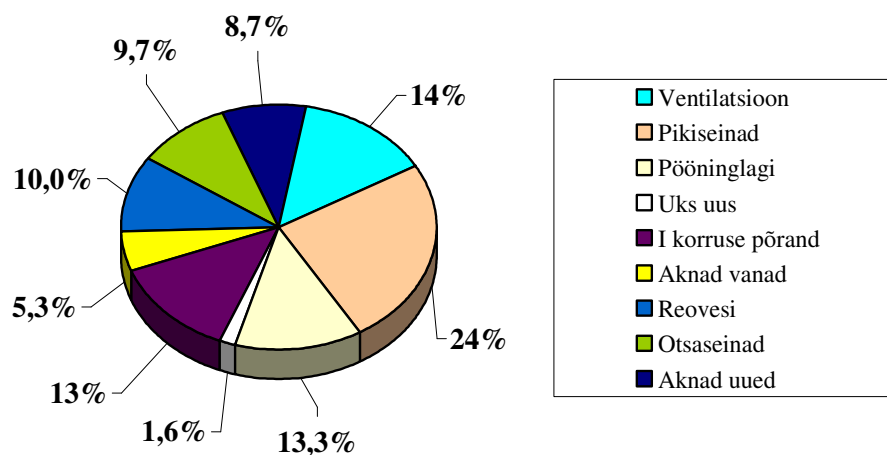
Alltoodud õhuvahetuse kordarv on leitud hoone kui terviku jaoks ja on kütteperioodi keskmine väärtus.

Tabel 8

Hoone soojusbilanss	Energia sisse	Energia välja
Soojusenergia (kütus ja elekter, soojuspumbad) tarbimine, MWh/a	82	
Energia sooja tarbevee valmistamiseks, MWh/a		11
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete, MWh/a		84
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks, MWh/a		15
Kokku	82	111
Õhuvahetuse kordarv, 1/h	0,40	
Tasakaalutemperatuur, °C	16	

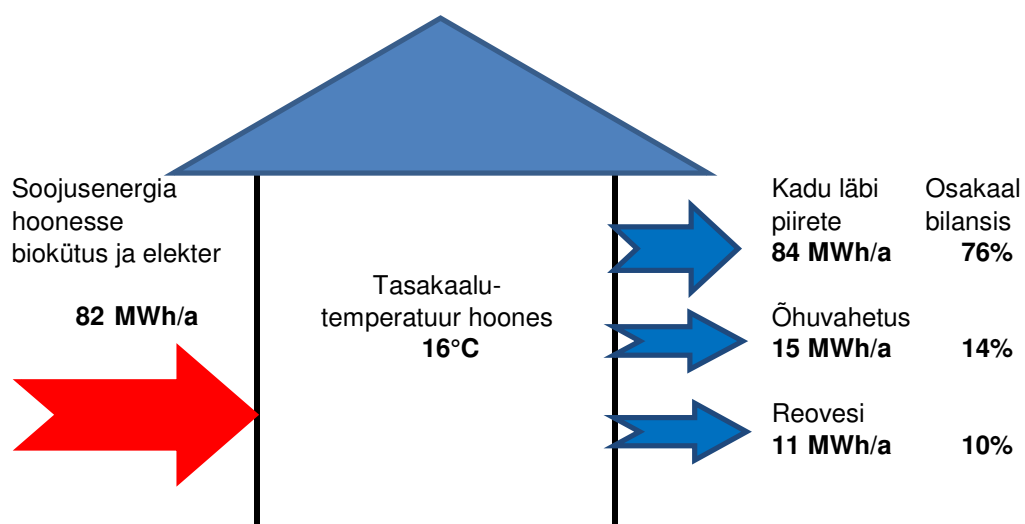
Hoones tarbitava soojusenergia proportsionaalne jaotus vastavalt kaoliikide kaupa:

Joonis 8



Hoones soojusenergia kasutamise üldine visuaalne jaotus:

Joonis 9



2.9 Ruumide sisekliima

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 kasutusintensivsus, 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%.

Kortermaja valitud korterites mõõdeti õhutemperatuuri, suhtelise õhuniiskuse ja CO₂ taset eluruumides.

Tabel 12

Mõõtmiskoht	Sisetemperatuur	Süsihappegaas, CO ₂ mahukontsentratsioon õhus	Suhteline õhuniiskus
	°C	ppm	%
Korter 1	19...22	1100	49
Korter 7	16...17	1400	50
Korter 12 tühi	13...19	760	45
Korter 8	15...17	1100	45

Siseruumide õhutemperatuur jäi vahemikku 13-22°C, mis ei vasta soojusliku mugavuse klassi nõuetele.

Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse keskmine väärtus jäi eluruumides taseme 45-50% piiridesse.

Elanikega korterite ruumiõhu CO₂ sisaldus jäi vahemikku 1100ppm-1400ppm. Korterid olid ülevaatuse teostamise ajal madala kasutuskormusega, korteris 1 ja 8 jäi CO₂ sisaldus sisekliima III klassi taseme väärtuste lähedale, korteris 7 ületas CO₂ sisaldus sisekliima III klassi taset.

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-aeg
		m²	W/m²K	MWh/a		W/m²K	MWh/a	MWh/a	€	aasta
Piirded kokku				84			35	49	72 000	23
Pööninglagi	Laepaneelid+soojustus ehitsuaegne	340	0,50	14,7	Lisasoojustus 400 mm	0,09	2,7	12,0	5 000	6
Aknad vanad	27%,vanatüübi puitraamidel aknad	27	2,50	5,8	Asendamine uute pakettakendega	1,10	2,6	3,3	5 000	24
Pikiseinad	Tellised+soojustus ehitusaegne	314	1,00	27,1	Lisasoojustus 150 mm	0,21	5,7	21,4	38 000	27
Otsaseinad	Tellised+soojustus ehitusaegne	124	1,00	10,7	Uus soojustuskiht 150 mm	0,27	2,9	7,9	15 000	29
I kor. põrand (taandatud)*	Lubjakivi, silikaattellis, r/b paneelid	340	0,49	14,4	Sokli lisasoojustus 100mm	0,34	10,0	4,4	9 000	31
Aknad uued	2x klaasiga pakettaknad	74	1,50	9,6	Tarindit ei renoveerita	1,50	9,6			
Uks uus	Metalluksed	10	2,00	1,7	Tarindit ei renoveerita	2,00	1,7			

* 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 koostööpartnerite soovitatavatest säästupakettidest.

3.1.1 Pööninglagi

Hoone pööninglagi on ehitusaegse soojustuskihiga.

Pööninguruum



Lähtuvalt hoone piirdekonstruktsiooni analüüsi põhjal antud kaudsest hinnangust, jääb hoone pööninglae soojusjuhtivus suurusjärku $U=0,4...0,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, 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 300mm (soovitavalt 400mm) 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.

3.1.2 Välisseinad

Maja välisseinad on ehitatud telliskividest.

Maja välisseinaosad

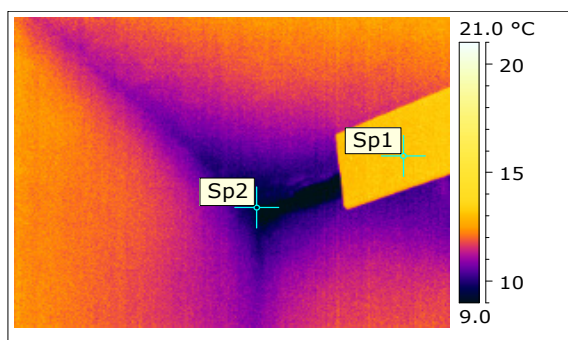


Lähtuvalt hoone piirdekonstruktsiooni analüüsi põhjal antud kaudsest hinnangust, jääb hoone tellistest välisseinte soojusjuhtivus suurusjärku $U \sim 1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, mis ületab EV Valitsuse määruses nr.55 „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded” soovitatud elamute seinakonstruktsioonide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

Välisseinte ehitusaegne sisemine soojustuskihit ehk saepurutäide on paljudes kohtades aja jooksul n.ö „ära vajunud“, mistõttu on välisseinte soojuspidavuse ebäühtlus veelgi suurenenud.

Välisseintel leidub madalatemperatuurilisi külmasildasid.

Köök välissein



File name	IR_7398.jpg
Sp1 Temperature	13.3 °C
Sp2 Temperature	9.1 °C

*Seinasisene soojustus ilmselt ära vajunud
Sp2 temperatuuriindeksi väärtus $f_{Rsi}=0,68$,
hallituse tekkeoht*

Välisseinte normijärgse soojuspidavuse saavutamine eeldab seintele vähemalt 150 mm paksuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\max}= 0,04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) välise lisasoojustuskihi paigaldamist. Kuivõrd väline soojustuskihit 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 $U=0,49 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Variant 1. Keldri lae soojustamine.

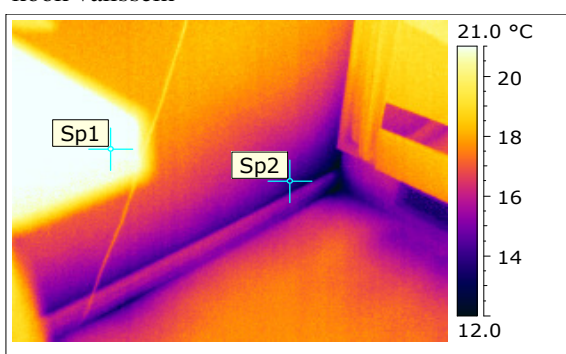
Kui isoleerida ära keldri lagi, siis väheneb soojusvoog läbi I korruse põrand, mille tulemusena alaneb keldriruumide sisetemperatuur. Vähenev temperatuur vähendab soojuskadusid läbi välispiirete, samuti väheneb ka ventilatsiooni õhuga keldrist väljakanduv soojusenergia hulk. Nii kujuneb keldrisse uus 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 $U=0,34 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Keldrilae soojustustööde teostamiseks tehtav investeering on ca. 18 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 tulemise 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.

köök välissein



File name	IR_7387.jpg
Sp1 Temperature	21.3 °C
Sp2 Temperature	13.8 °C

Sp2 temperatuuriindeksi väärtus $f_{Rsi}=0,65$, hallituse tekkeoh

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 põranda. Selle tulemusena kujuneb samuti välja uus tasakaaluolukord. Samas peab keldris hoitava sisetemperatuuri puhul jälgima, et keldritemperatuur 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 $\lambda_{\max} = 0,045 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). Soojustamise tulemusena kujuneb I korruse põranda taandatud soojusjuhtivuse väärtuseks $U=0,34 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$.

Sokliosa soojustustööde teostamiseks tehtav investeering on ca. 9 tuhat € ning aastane kütteenergiast 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 niiskuskult 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 Välisuksed

Välisuste keskmine soojusjuhtivus on hinnanguliselt suurusjärgus $U \sim 2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Välisuks esiküljel



Soojuskadu läbi antud piirdeosa on võimalik vähendada uste vahetamisel soojapidavamate vastu $U \sim 1,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, samas on aga ukse veel tehniliselt rahuldavas seisukorras, mistõttu on uste väljavahetamine ainult energiasäästu eesmärgil siiski kriitilise tasuvusega investeering.

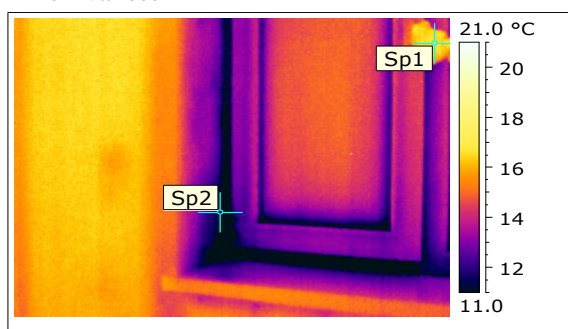
Kindlasti peab jälgima kõikidel ustel sulgurite ja tihendite korrasolekut, et soojuskaod ei suureneks ka tänu uste ülemäärasele lahtiolekule.

3.1.5 Aknad

„Vanatüübi“ akende efektiivseks soojusjuhtivuseks hinnatud $U=2,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Akende vahetamine kaasaegsete pakettakende vastu viib nende soojusjuhtivuse väärtusele $U=1,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (soovitavalt $1,1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$). Ülevaatuse ajaks oli kortermaja akendest ~73% vahetatud. Vahetamata on veel keldriaknad.

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.

Aken-välissein



File name	IR_7397.jpg
Sp1 Temperature	16.4 °C
Sp2 Temperature	10.5 °C

Sp2 temperatuuriindeksi väärtus $f_{Rsi}=0,64$, hallituse tekkeoht

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 seina 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	Võimalusel rajada kogu hoones tsentraalne küttesüsteem
Sooja tarbevee valmistamine	Lokaalsed elektriboilerid korterites	Võimalusel rajada kogu hoones tsentraalne soojaveesüsteem

3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid

Külm tarbevesi saadakse kohalikust asulavõrgust tsentraalselt. Tarnija on AS Kuusalu Soojus. Soe tarbevesi valmistatakse elektriboileritega korterites.

Hoones puudub hetkel tsentraalne soojaveesüsteem. Üheks võimaluseks valmistada sooja tarbevett odavamalt energiaga (võrreldes elektriboilerite otseküttega), on kasutada tsentraalset soojaveesüsteemi, mida varustab energiaga õhk-vee välisõhusoojuspump. Antud hoones tuleb siis rajada nii soojaveetorustikud ning paigaldada energiaallikana soojuspumba baasil toimiv soojussõlm koos soojusvahetiga. Odavamast lõppenergiast tulenev rahaline kokkuvõtte praeguse soojavee tarbimiskoguse juures on hinnanguliselt ~700 eur/aastas.

Juhul kui hoones ehitatakse välja kõiki kortereid varustav tsentraalne sooja tarbevesisüsteem, 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 kuumat vett hoone kuumavee süsteemist ning külma vett hoone külmavee süsteemist. Mida madalam on veetrassist tuleva külma vee temperatuur, seda rohkem tuleb kuumat 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 kuumat vett maja kuumavee süsteemist. Soojusvaheti abil on võimalik saavutada kuumavee kulu vähenemist ~25% ning arvestades seadme orienteeruvat maksumust (~ 350 €) on agregaadiga 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 asulavõrku.

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 soovitav rajada kogu hoonet hõlmav ning soojuspumba baasil (pidades silmas saavutatavat odavamast soojusenergiast ja elekterküttega võrreldes 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 soojuspumpsüsteem, ehitada välja kütteaumatikaga soojussõlm ning reguleerimisseadmetega (püstikute seadeventiilid, radiaatorite termostaatventiilid) varustatud kahetoruküttesüsteem.

3.5 Elektriseadmed

Hoone on ühendatud Eesti Energia AS elektrivõrguga.



Hoone üldvalgustussüsteemis on kasutusel säästupirnidega valgustid.

3.6 Ventilatsioonisüsteem

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

Hoone energiabilansist tulenev õhuvahetuse kordarv 0,4 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. Maja ülevaatuse ajal oli aktiivses kasutuses olevate eluruumide õhus CO₂ sisaldus vahemikus 1100 -1400 ppm.

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

Külastatud korterite kasutskoormus oli inspekteerimise hetkel tavakasutusest madalamal tasemel, siis võib eeldada, et inimeste arvu oluliselt suurenedes (elanike arv 3 ja enam korteri kohta) halvenevad ruumide sisekliimanäitajad olulisel määral.

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

Ventilatsioonikorsten pööningul



Välisseina ventilatsioonirestid



Osad välisseinad on maja ehitusaegselt puitsõrestikseinad, millede ebatiheduste kaudu pääseb värske välisõhk hoone siseruumidesse. Sellest tulenevalt on praegusel hetkel hoonesse värske õhu sissevoolu üheks oluliseks allikaks läbi seinte ebatiheduste infiltreeruv välisõhk. Läbi piirete ebatiheduste toimiv õhu liikumine ei ole kontrollitav, juhitav ega vajadusel filtreeritav.

Õhulekke intensiivsus antud ajahetkel sõltub õhurõhkude erinevusest kahel pool piiret, sise- ja väliskliima tingimustest ehk näiteks õues puhuva tuule tugevusest, ruumide sisetemperatuuride ja välistemperatuuri erinevusest. Õhulekete intensiivsusest sõltuvalt muutub oluliselt ka maja siseruumide õhukvaliteet.

Akende vahetuse käigus vähendatakse olulisel määral nende õhuläbilaskvust. Hoone välisseinte soojustamisel ja tuulepidavaks muutmisel väheneb ka peaaegu olematuks infiltratsiooni teel juurdetuleva värske õhu osakaal. Akende vahetuse käigus vähendatakse olulisel määral ka nende õhuläbilaskvust ning aja jooksul ummistuvad ka ventilatsiooniõhu väljatõmbelõõrid. Osaliselt on ka ventilatsioonilõõride väljatõmbeavasid ning välisseinareste elanike poolt suletud. Need on ka peamiseks põhjuseks, miks hoone õhuvahetuskordsus võib jääda oluliselt alla nõutava taseme.

Lihtsaimaks viisiks õhuvahetusega seonduvate probleemide vältimiseks on elanike teavitamine ja vajaliku õhutamise intensiivsuse (aknatuulutus) tagamine siseruumides. Praktikas ei anna see siiski enamasti kvaliteetset tulemust.

Hoones vajaliku õhuvahetuse tagamiseks (loomuliku väljatõmbega ventilatsioon) tuleb hoone ehitusaegsed lõõrid renoveerida ja puhastada.

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).

Minimaalselt võimaliku õhuvahetuse tagamiseks on vajalikud reguleeritavad värskeõhuklapid. 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.

Lisaväljatõmbeavaga köögikubuihendus lõõriga



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

Nõuetekohase ventilatsiooni tagamisel kulub värske õhu soojendamiseks ca. 19 MWh/a, (praeguse alaventileerituse olukorras on soojusenergiakulu õhuvahetusele ~ 15 MWh/a). Seega õhuvahetuse intensiivistamisel (ilma soojustagastusest tehnilised lahendused) tuleb arvestada asjaoluga, et suurenevad kütteenergiakulud siseneva külma värske välisõhu soojendamiseks.

Kütteenergia kokkuhoiu saavutamiseks ventilatsioonienergia arvelt, ilma sisekliima kvaliteeti kahjustamata, tuleb hoonesse paigaldada ventilatsiooniõhu soojustagastusseadmed. Ventilatsioonienergia soojustagastusseadmed võimaldavad teostada eluruumide õhuvahetust optimaalsete kütteenergiakuludega. Võimalik on valida lokaalselt toimivate seadmete või tsentraalse õhutrakte ja ventilatsiooniagregaate 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. 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. Korterehamu 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	Õhk-vesi välisõhusoojuspump	30 000 €	72	2874	10	30
Soe tarbevesi	Tsentraalse soojaveesüsteemi väljaehitamine (soe tarbevesi soojuspumbaga)	3 600 €	5,5	717	5	30
Ventilatsiooni-süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskõhuklapid, vent. lõõride puhastamine, sundväljatõmme)	3 600 €	-4	-258		30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	14 800 €	6	394	38	30
Ventilatsiooni-süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent. seade õhujaotustorustikuga)	36 000 €	15	956	38	40
Ventilatsiooni-süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent.seade õhujaotustorustikuta)	24 200 €	11	716	34	40

Kõikidesse korteritesse ühtse ning tsentraalselt toimiva ning reguleerimiseadmetega varustatud küttesüsteemi rajamisega on võimalik ruumide sisetemperatuuri hoidmine ühtlasel ning soovitud tasemel. Samas on võimalik kütteenegiati 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 kütteenegiakulu aastas optimaalse (0,5 l/h) õhuvahetuse tagamisel praeguse olukorraga (alaventileeritus) võrreldes.

Hoone ventilatsiooni väljatõmbeõhu energiatagastus võimaldab olulisel määral kütteenegiati säästa. Soojustagastusseadmetes kasutatakse väljatõmbeõhust saadavat energiat eluruumidesse sissepuhutava värskel külma õhu soojendamiseks. Tabelis 13 arvatud säästuväärtus aastas ventilatsioonienergiatagastusele on arvestatud olukorrale, kus korterites on eelnevalt tagatud optimaalne (0,5 l/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 kütteenergiat 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	532	m ²
Eluruumide pind	463	m ²
Inimeste arv	25	
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	1,4	1,3		3,1	4,2
Veebruar	1,7	0,9	1,3	0,8		2,9	4,3
Märts	4,4	2,3	1,4	0,9		4,6	6,2
Aprill	4,5	2,4	1,4	0,7		4,4	6,1
Mai	5,6	3,0	1,4	0,6		5,0	6,7
September	3,4	1,8	1,4	0,8		4,0	5,5
Oktoober	1,6	0,9	1,4	0,9		3,2	4,3
November	0,7	0,4	1,4	1,2		2,9	4,1
Detsember	0,3	0,2	1,4	1,4		2,9	3,9
Kokku	23,0	12,2	12,3	8,5		33,1	Keskmine
Vabasoojus ruumide pinna kohta, kWh/m²						71,4	5,0

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 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 varustatud elekterkütteseadmed, vabasoojuse kasutusteguriks võib lugeda 0,4

Tabel 16

	Ühik	Praegune olukord	Säästumeetmed			
			Pakett I	Pakett II	Pakett III	Pakett IV
Arvutuslik vabasoojuskoormus, Φ_{VS}	kW	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Vabasoojuse kasutustegur		0,4	0,4	0,7	0,7	0,7
Kasutatav vabasoojuskoormus, Φ_{VS}	kW	2,0	2,0	3,5	3,3	3,5
Erisoojuskaod läbi välispiirete, H_{vp}	kW/°C	0,97	0,46	0,46	0,46	0,46
Õhuvahetuskordaja, n	1/h	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50
Erisoojuskaod õhuvahetusele, H_{vent}	kW/°C	0,18	0,22	0,22	0,10	0,05
Erisoojuskaod kokku, $H=H_{vp}+H_{vent}$	kW/°C	1,15	0,68	0,68	0,55	0,51
Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt, $\Delta t_{vs} = \Phi_{vs} / H$	°C	1,8	3,0	5,2	5,9	6,9
Tasakaalutemperatuur, t_B	°C	16	18	16	15	14

Hoone arvutuslik tasakaalutemperatuur on 16°C. Maja kogu köetava mahu keskmiseks temperatuuriks kujuneb $\approx 18^\circ\text{C}$.

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 pakettis 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 paketid

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

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	5 000 €				30
Pikiseinad	Lisasoojustus 150 mm	38 000 €				30
Otsaseinad	Uus soojustuskiht 150 mm	15 000 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 100mm	9 000 €				30
Ventilatsiooni- süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskeõhuklapid, vent. lõõride puhastamine, sundväljatõmme)	3 600 €				30
Kokku		75 600 €	38	2 451	31	

Kogu paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 62 MWh/a, saavutatav kütteenergiasääst on 38% paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes. Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 116 kWh/m²a.

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

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

Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 16°C.

Tabel 18

t_B = 16 °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	5 000 €				30
Pikiseinad	Lisasoojustus 150 mm	38 000 €				30
Otsaseinad	Uus soojustuskiht 150 mm	15 000 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 100mm	9 000 €				30
Soe tarbevesi	Tsentraalse soojaveesüsteemi väljaehitamine (soe tarbevesi soojuspumbaga)	3 600 €				30
Küttesüsteem	Õhk-vesi välisõhusoojuspump	30 000 €				30
Küttesüsteem	Uue soojussõlme paigaldus (küte+soe tarbevesi)	5 000 €				30
Ventilatsiooni- süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskõhuklapid, vent. lõõride puhastamine, sundväljatõmme)	3 600 €				30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	14 800 €				30
Kokku		129 000 €	78	4 367	30	

Kogu paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 59 MWh/a (soojuspumba elektritarve küttenenergia tootmiseks ~21,7 MWh/a). Saavutatav kütteenegiasääst on 78% paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ning ühtlasi paraneb korterites sisekliima. Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienenergia eritarbimine köetava pinna kohta 41 kWh/m²a.

Väljatõmbe ventilatsioonisüsteemi elektrikulu hinnanguliselt ~ 1450 kWh/a

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

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

Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 15°C.

Tabel 19

t_B = 15 °C	Säästumeetmete pakett III	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	5 000 €				30
Pikiseinad	Lisasoojustus 150 mm	38 000 €				30
Otsaseinad	Uus soojustuskiht 150 mm	15 000 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 100mm	9 000 €				30
Soe tarbevesi	Tsentraalse soojaveesüsteemi väljaehitamine (soe tarbevesi soojuspumbaga)	3 600 €				30
Küttesüsteem	Õhk-vesi välisõhusoojuspump	30 000 €				30
Küttesüsteem	Uue soojussõlme paigaldus (küte+soe tarbevesi)	5 000 €				30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	14 800 €				30
Ventilatsiooni- süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent.seade õhujaotustorustikuta)	24 200 €				40
Kokku		149 600 €	83	5 047	30	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 45 MWh/a (soojuspumba elektritarve küttenenergia tootmiseks ~16,5 MWh/a). Saavutatav kütteenegiasääst on 83 % paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ja ühtlasi saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.

Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienenergia eritarbimine köetava pinna kohta 31 kWh/m²a.

Õhujaotustorustikuta ventilatsioonisüsteemi elektrikulu hinnanguliselt ~ 1600 kWh/a.

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

Säästumeetmete pakett IV — hoone energeetiline saneerimine, mille käigus soojustatakse hoone välisseinad, pööninglagi ja sokliosa. Hoone vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Rajatakse soojuspumpsüsteem koos soojussõlmega ning kahetoru-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
Pööninglagi	Lisasoojustus 400 mm	5 000 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	5 000 €				30
Pikiseinad	Lisasoojustus 150 mm	38 000 €				30
Otsaseinad	Uus soojustuskiht 150 mm	15 000 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 100mm	9 000 €				30
Soe tarbevesi	Tsentraalse soojaveesüsteemi väljaehitamine (soe tarbevesi soojuspumbaga)	3 600 €				30
Küttesüsteem	Õhk-vesi välisõhusoojuspump	30 000 €				30
Küttesüsteem	Uue soojussõlme paigaldus (küte+soe tarbevesi)	5 000 €				30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	14 800 €				30
Ventilatsiooni- süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent. seade õhujaotustorustikuga)	36 000 €				40
Kokku		161 400 €	85	5 352	30	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 38 MWh/a (soojuspumba elektritarve küttenenergia tootmiseks ~14,1 MWh/a). Saavutatav kütteenergiäsääst on 81 % paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ja ühtlasi saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima. Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine kütava pinna kohta 27 kWh/m²a.

Õhujaotustorustikuga ventilatsioonisüsteemi elektrikulu hinnanguliselt ~ 3100 kWh/a.

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

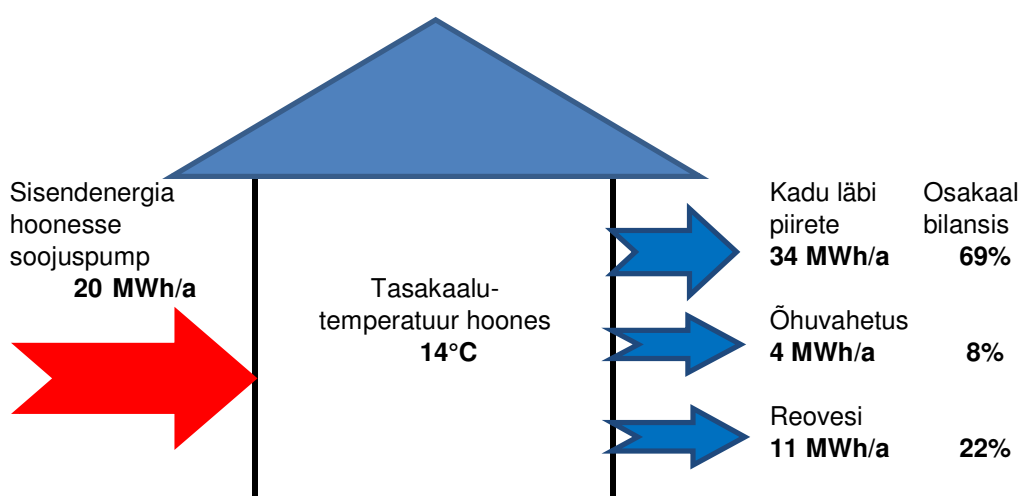
4.2 Kokkuvõte

Käesolevas töös on analüüsitud Kuusalu alevikus E.Ahrensi 6 kinnistul asuva hoone tänast energiakasutust ning uuritud võimalusi kokkuhoiuks.

Töö tulemusena selgus, et hoone tänast keskmist aastast (kütuste ja elektri) soojusenergiakasutust 82 MWh on võimalik energeetilise saneerimise teel alandada maksimumprogrammi raames kuni väärtuseni 20 MWh/a. Sellise kokkuhoiu saavutamiseks on vajalik koguinvesteering suurusjärgus 161 tuhat eurot ja lähiaja soojusenergia hindade juures on lihttasuvusaeg 30 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
Elektrienergia (soojuspump) tarbimine, MWh/a	20	
Energia sooja vee valmistamiseks, MWh/a		11
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete, MWh/a		34
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks, MWh/a		4
Kokku	20	49
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 Kasutatud mõõteseadmed

Tabel L1

Mõõtesead	Tüüp	Täpsus	Töövahemik
Termokaamera	FLIR ThermoCam E300	Temp $\pm 1^{\circ}\text{C}$ eraldusvõime $0,1^{\circ}\text{C}$	-20 - +500 $^{\circ}\text{C}$
Sisekliimatester	Fluke 975 Airmeter	RH $\pm 0,1\%$; Temp $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ Õhukiirus $3\%/0,015\text{m/s}$ CO ₂ $2,75\%+75\text{ppm}$ CO $\pm 0,6\%$	10-90% RH Temp -20- +60 Õhukiirus, 25-15 m/s CO ₂ 0-5000ppm CO 0-500 ppm

6.1. Kütuse tarbimisandmed

Tabel L 1

Soojusenergia kütus, hinnanguline				
Energia				
MWh	2014	2015	2016	
Jaanuar	14	12	15	
Veebruar	9	10	9	
Märts	8	9	10	
Aprill	5	7	6	
Mai	3	4	2	
Juuni				
Juuli				
August				
September	2	3	2	
Oktoober	6	8	7	
November	8	8	10	
Detsember	10	9	9	
Kokku	66	71	70	

6.2. Tarbevee tarbimisandmed**Tabel L 2**

m ³	Kogu tarbevesi, 2014;2015 hinnanguline, 2016 mõõdetud		
	2014	2015	2016
Jaanuar	46	46	46
Veebruar	44	44	44
Märts	44	44	44
Aprill	44	44	44
Mai	45	45	45
Juuni	44	44	44
Juuli	35	35	35
August	35	35	35
September	33	33	33
Oktoober	38	38	38
November	34	34	34
Detsember	33	33	33
Kokku	475	475	475

6.3. Elektrienergia tarbimisandmed

Tabel L 4

kWh	Elekter		
	2014	2015	2016
Jaanuar	2 872	2 398	3 361
Veebruar	2 085	2 059	2 120
Märts	1 898	2 105	2 328
Aprill	1 776	1 911	1 961
Mai	1 447	1 955	1 861
Juuni	1 316	1 644	1 449
Juuli	1 558	1 596	1 312
August	1 570	1 668	1 523
September	1 832	1 718	1 761
Oktoober	1 959	1 864	2 190
November	2 053	2 027	2 573
Detsember	2 488	2 468	2 830
Kokku	22 854	23 413	25 269

kWh	Üldelekter		
	2014	2015	2016
Jaanuar	22	57	45
Veebruar	22	37	40
Märts	23	59	51
Aprill	27	35	21
Mai	9	12	16
Juuni	5	11	14
Juuli	11	11	15
August	11	19	14
September	15	44	19
Oktoober	26	53	29
November	42	74	36
Detsember	49	69	25
Kokku	262	481	325