

Tellija: **KÜ Pala 12**
Tellija kontaktisik: **Jaanus Tänav**
Aadress: **Pala tee 12, Ardu alevik, Kose vald,
Harju maakond**
Tel.: **55 657 969**
E-post: **jaanus.tanav@gmail.com**



ENERGIAAUDIT



Pala tee 12, Ardu alevik, Kose vald, Harjumaa
29- korteriga elamu

Auditeerimise aeg: 12.12.2016
Aruanne esitatud: 26.01.2017
EA-170104

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: Tõnu Tiit

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 Kaugkütte 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 Katuslagi	16
3.1.2 Välisseinad	17
3.1.3 I korruse põrand/ sokkel	19
3.1.4 Välisüksed.	21
3.1.5 Aknad	22
3.2 Hoone tehnosüsteemid	23
3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid	24
3.4 Küttesüsteem	25
3.5 Elektriseadmed	27
3.6 Ventilatsioonisüsteem	28
3.2 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus	31
3.3 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid	32
4. Kokkuvõte säästumeetmetest	34
4.1 Säästumeetmete paketid	35
4.2 Kokkuvõte	39
4.3 Arvutusvalemid tasakaalutemperatuuride leidmisel	40
5. Kasutatud allikad	42
6. Lisad	43
6.1 Kasutatud mõõteseadmed	43
6.1. Soojusenergia tarbimisandmed	43
6.2. Tarbevee tarbimisandmed	44
6.3. Elektrienergia tarbimisandmed	45
7. Termograafilise ülevaatus aruanne	46

Sissejuhatus

Käesolevas energiasaunditi aruandes on esitatud Ardu alevikus Pala tee 12 asuva 5-korruselise 29 korteriga kortermaja kütte-, ventilatsiooni-, elektri- ja veevarustuse süsteemide käesoleva olukorra analüüs ning leitud võimalused hoone energiatarbe vähendamiseks.

Auditeerimise mahu ja mudeli aluseks on võetud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi ning Tallinna Tehnikaülikooli poolt väljatöötatud hoonete energiasaunditi juhendmaterjal. Energiakasutuse analüüsimiseks on kasutatud korteriühistu esindaja poolt kogutud ja edastatud hoone tarbimisandmeid aastatel 2013-2015. Hoone seisukorra täpsemaks määramiseks on teostatud detsembris 2016 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 kaugkütte energiatarbimist, elektritarbimist ning veetarbimist kuude kaupa. Hoonet varustatakse kütteenegiaga kaugkütte baasil toimiva keskküttesüsteemi abil.

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.

Objekti ülevaatusel abistas audiitorit korteriühistu esindajana pr. Aita Avarsalu.

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

Parendustööde lihttasuvusaja arvutamisel on lähtutud lähiaastate prognoositavast kaugkütte soojusenergiast 90 €/MWh ja elektrienergiast 130 €/MWh.

1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest

Käesolevas peatükis on esitatud kokkuvõte korterelamu energiaauditi koostamise tulemustest. Soojuseenergia (kaugkütte soojusenergia) keskmine kogukulu aastatel 2013-2015 on mõõdetud 260 MWh/a.

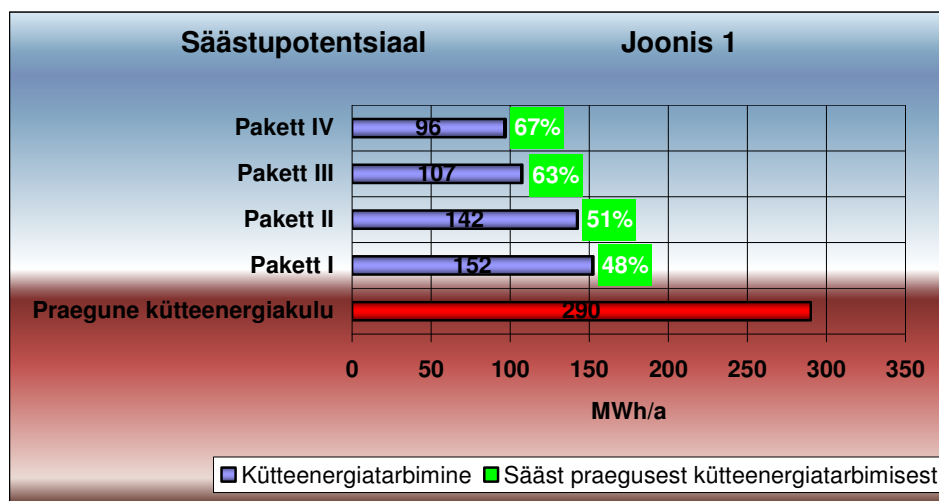
Normaalaastale taandatud kolme viimase täisaasta soojusenergia keskmine kulu on 291 MWh/a ja lähtuvalt hoone kõetavast pinnast 1664 m² (eluruumid ja trepikojad) on normaalaasta keskmine soojusenergia eritarbimine pinnahühikule 175 kWh/m².

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 katuslagi, välisseinad ja soklisein. Kõik vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Õhuvahetus intensiivistatakse väljatõmbeventilatsiooni abil optimaalsele tasemele. Küttesüsteem tasakaalustatakse vastavalt ruumide küttevajadusele. Keldrimagistraalid isoleeritakse. Investeering on ca. 185 tuhat € ning aastane sääst on 139 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 15 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 48%.
- Teise paketi realiseerimise käigus soojustatakse hoone katuslagi, välisseinad ja soklisein. Kõik vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Õhuvahetus intensiivistatakse väljatõmbeventilatsiooni abil optimaalsele tasemele. Radiaatoritele paigaldatakse automaatsed termostaatventiilid. Keldrimagistraalid isoleeritakse. Küttesüsteem tasakaalustatakse vastavalt ruumide küttevajadusele. Investeering on ca. 196 tuhat € ning aastane sääst on 148 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 15 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 51%. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoonel kvaliteetne sisekliima.
- Kolmas pakett sisaldab hoone rekonstrueerimist, mille käigus soojustatakse hoone katuslagi, välisseinad ja soklisein. Kõik vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Paigaldatakse uued välisüksed. Hoonesse paigaldatakse energiatagastusega korteripõhine ning õhujaotustorustiketa ventilatsioonisüsteem. Hoonel ehitatakse välja uus, täielikult reguleeritav kahetoru-küttesüsteem. Investeering on ca. 254 tuhat € ning aastane sääst on 183 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 15 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 63%.
- Neljas pakett sisaldab hoone rekonstrueerimist, mille käigus soojustatakse hoone katuslagi, välisseinad ja soklisein. Kõik vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Paigaldatakse uued välisüksed. Hoonel ehitatakse välja uus, täielikult reguleeritav kahetoru-küttesüsteem. Hoonesse paigaldatakse õhujaotustorustikega ning energiatagastusega korteripõhine või soojustagastusega tsentraalne õhujaotustorustikega ventilatsioonisüsteem. Investeering on ca 291 tuhat € ning aastane sääst on 194 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 17 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 67 %. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoonel kvaliteetne sisekliima.

Hoone energiasäästumeetmete pakettide realiseerimise tulemusena eeldatav kütteenergiasääst:

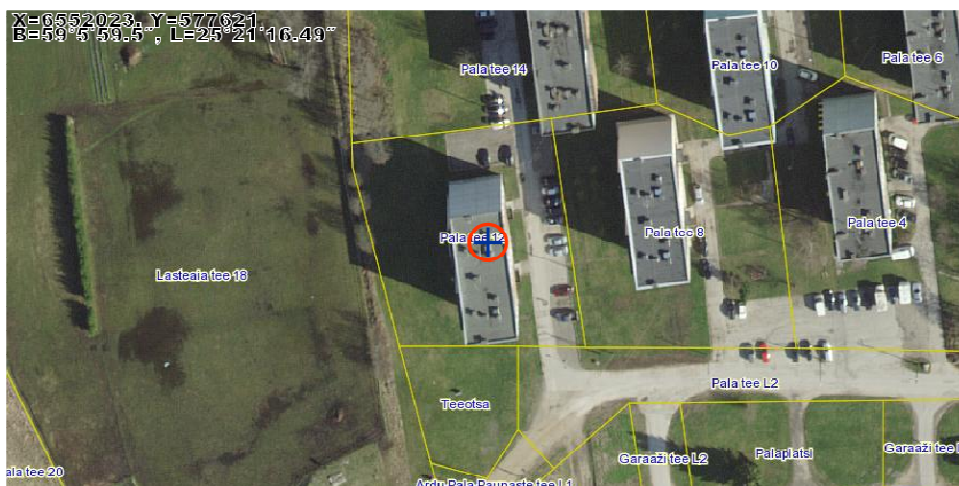
Joonis1



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 Ardu alevikus Harju maakonnas

2.2 Hoone üldandmed

Tabel 1

Hoone aadress:	Harju maakond, Kose vald, Ardu alevik, Pala tee 12
EHR kood:	116011669
Ehitusaasta:	1989
Hoone kasutamise otstarve:	Muu kolme või enama korteriga elamu
Ehitisalune pind (EHR), m ² :	421
Suletud netopind (EHR), m ² :	1974,3
Minimaalne korruste arv:	5
Maksimaalne korruste arv:	5
Hoone maht (EHR), m ³ :	6997
Köetav pind, m ² :	1664
Eluruumide pind (EHR), m ² :	1523
Mitteeluruumide pind (EHR), m ² :	0
Ruumide köetav sisekubatuur, m ³ :	4159
Korterite arv:	29
Tubade arv:	61
Elanike arv:	70
Keldri olemasolu:	Jah
Pööningu olemasolu:	Ei

Hoone trepikojad on köetava pinna ja kubatuuri sees, kütetorustike poolt köetavaid keldriruume ei ole köetava pinna hulka arvestatud.

2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd

Tabel 2

Aasta	Tööde nimetus ja maht
Jooksvalt	Hoone vanade puitakende vahetamine uute pakettakende vastu. Uusi aknaid on 72% hoone akende kogupindalast

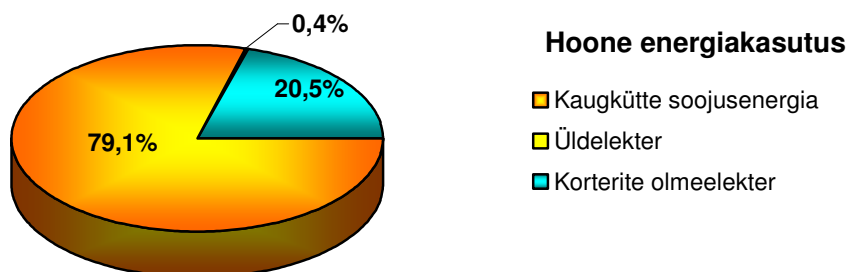
2.4 Energia- ja veevarustuse üldiseloomustus

Tabel 3

Põhiline kütteviis:	Kaugküte
Soojusenergia tarnija:	SA Kõue Varahaldus
Kasutatav kütus:	Biokütus
Küttesüsteemi põhimõtteline lahendus:	Sõltumatu ühendusega altjaotusega ühetorusüsteem
Kütte automaatika	Ecomatic EC-201/L
Küttesüsteemi üldise soojuskulu mõõtur:	Kamstrup Multical 601
Soojuskulu mõõtmine korteromandites:	Puudub
Tarbevee tarnija:	OÜ Kose Vesi
Veevarustuse liik:	Tsentraalselt asulavõrgust
Olmekanaliseerimine:	Juhitakse tsentraalsesse asulavõrku
Sooja tarbevee valmistamine:	Lokaalsed elektriboilerid
Sooja tarbevee arvestus:	Puudub
Ventilatsiooni liik:	Loomulik: õhu sissepääs 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 kaugkütte soojusenergia, üldelekter ning korterite olmeelekter kokku jagunevad alljärgnevalt:

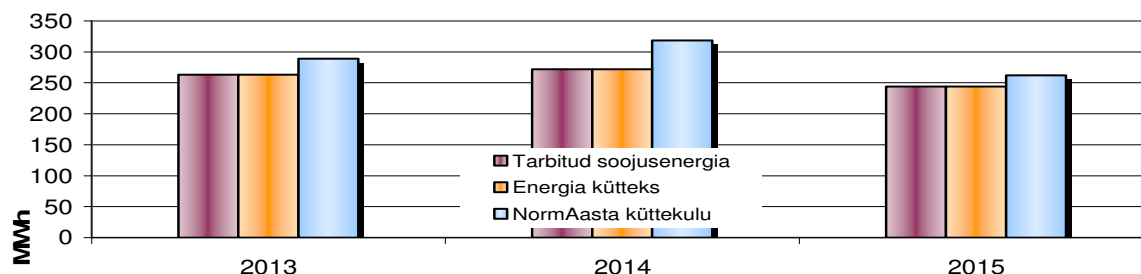
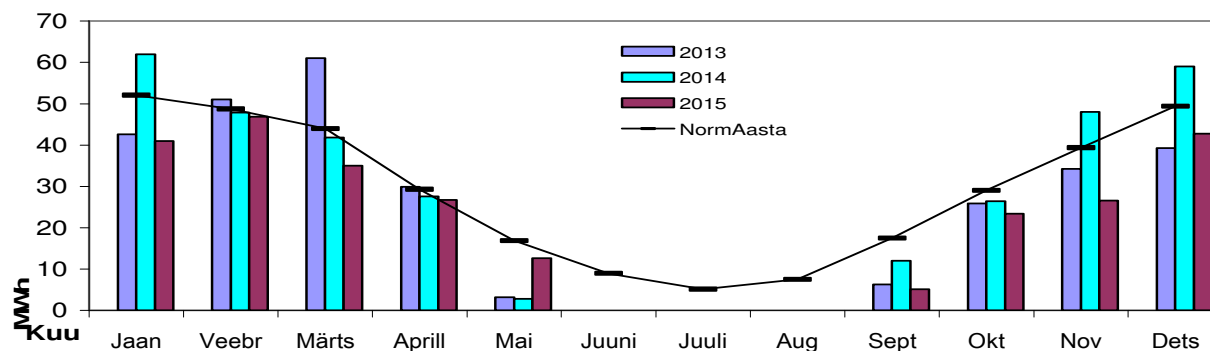
Joonis 2



2.5 Kaugkütte soojusenergia kulu

Tabel 4

Kaugkütte soojusenergia tarbimine	2013	2014	2015	Keskmine	Ühik
Soojusenergia tarbimine (möödetud)	263	272	244	260	MWh/a
Soojustarbimine kütteks	263	272	244	260	MWh/a
Kraadpäevade võtmepiirkond	Tartu				
Kraadpäevade arv	4525	4244	4621		°C d
Normaalaasta kraadpäevade arv	4972				°C d
Normaalaastale vastav soojustarbimine	289	319	263	290	MWh/a
Soojuse keskmine tariif/hind	85,9	85,8	85,6	86	€/MWh
Kulutused soojusele	22591	23340	20893	22275	€/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	174	192	158	174	kWh/m ² ·a
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	190	209	172	190	kWh/m ² ·a

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

Kraadpäevade abil on välistemperatuuri muutuste mõju kütteenergia tarbimisele elimineeritud ja erinevate aastate soojustarbimine on taandatud keskmise nn NormAasta soojustarbimise tasemele. Joonisel 4 markeerib NormAasta kütteenergia kulu graafik hoone arvutuslikku kütte ja ventilatsiooni energiavajadust. NormAasta nivoost kõrgemat energiatarbimist markeerivad tulbad näitavad maja ülekütmist antud perioodil ja madalamad tulbad tähendavad vaegkütmist. Kütteenergia tarbimine on kuude ja aastate lõikes erineval tasemel. Ilmselt soojuskeskuse soojusväljastus ei taga piisava täpsusega hoone varustamist soojusenergiaga vastavalt hoone muutuvale kütteenergiavajadusele. Majja antava soojusenergia tarbimine on sõltuvuses soojussõlme seadistamise sagedusest ning temperatuurireguleerimise täpsusest ja selle vastavusest välisõhutemperatuurile.

Hoone energiabilansi põhjal tehtud analüüs näitab, et hoones tervikuna on kütteperioodide vältel keskmine sisetemperatuur olnud mõnevõrra kõrgem soovituslikust tasemest (+21°C) ehk hoone on oma kogumahus olnud kergelt üleköetud. Samal ajal jääb hoone keskmine ventileeritus allapoole vastavat normväärtust. 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 niiskuseežiimi 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 normaalaastale teisendatud energiavajadust 290 MWh/aastas.

2.6 Elektrienergia kulu

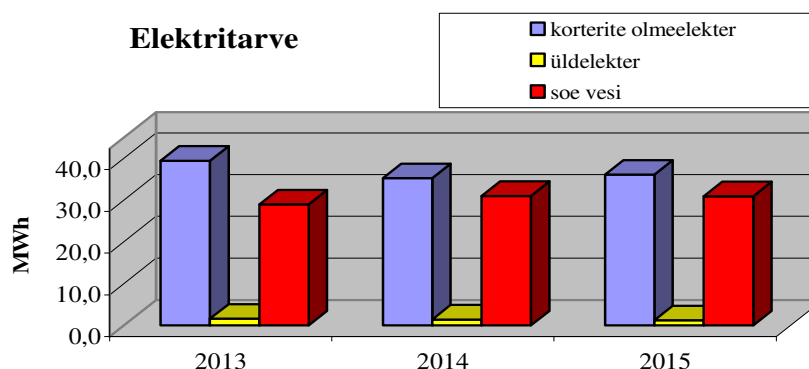
Tabel 5

Elektrienergia tarbimine	2013	2014	2015	Keskmine	Ühik
Elektrienergia tarbimine (üldelekter)					
Elektrienergia tarbimine (hinnanguline)	1,6	1,5	1,2	1,4	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	1,0	0,9	0,7	0,9	kWh/m ² ·a
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	1,07	0,96	0,80	0,9	kWh/m ² ·a
Elektrienergia tarbimine (korterid)					
Elektrienergia tarbimine	68,5	66,4	67,0	67,3	MWh/a
Elektrienergia sooja tarbevee valmistamiseks (hinnanguline)	29,0	31,1	30,9	30,3	MWh/a
Elektrienergia tarbimine olmelisteks vajadusteks	39,5	35,3	36,1	37,0	MWh/a
Olmeelektri eritarbimine köetava pinna kohta	23,7	21,2	21,7	22,2	kWh/m ² ·a
Olmeelektri eritarbimine eluruumide pinna kohta	25,9	23,2	23,7	24,3	kWh/m ² ·a

Üldelektri tarbimine moodustab kogu elektritarbimisest keskmiselt 2%, millest hinnanguliselt omakorda 87% kulub soojussõlme seadmetele.

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, pidurdamaks 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 keskmisest mõnevõrra madalamal tasemel.

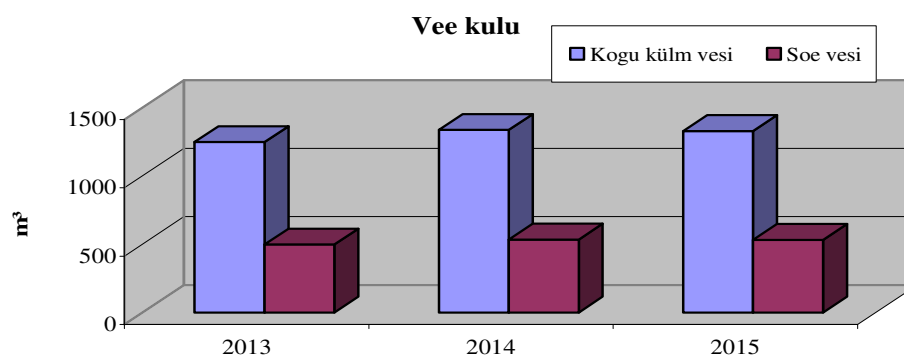
2.7 Vee kulu

Tabel 6

Tarbevee kulu	2013	2014	2015	Keskmine	Ühik
Tarbevesi	1248	1338	1331	1306	m ³ /a
-erikulu köetava pinna kohta	0,75	0,80	0,80	0,78	m ³ /(m ² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	0,82	0,88	0,87	0,86	m ³ /(m ² a)
Vee hind	2,73	3,00	3,00	2,91	€/m ³
Vee eest tasutud	3403	4014	3993	3803	€/a
Soe tarbevesi	499	535	532	522	m ³ /a
-erikulu köetava pinna kohta	0,30	0,32	0,32	0,31	m ³ /(m ² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	0,33	0,35	0,35	0,34	m ³ /(m ² a)
Elektrienergia kulu vee soojendamiseks (hinnanguline)	29	31	31	30	MWh/a

Kogu veetarbimine kortermajas on olnud kahel viimasel aastal suhteliselt stabiilsel tasemel. 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 madalamal tasemel.

Joonis 6



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 19°C. Hoone on valdavalt olnud alaköetud. Kõik soojuskadude arvutused on tehtud tuginedes normaalaasta Kesk-Eesti (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	369	1,20	443	47
Pikivälisseinad	685	1,20	823	87
Katuslagi	400	0,70	280	30
Aknad vanad	75	2,50	188	20
Aknad uued	190	1,50	284	30
Välisukused	8	2,00	15	2
I korruse põrand	400	0,45	181	19
		Kokku	2214	234

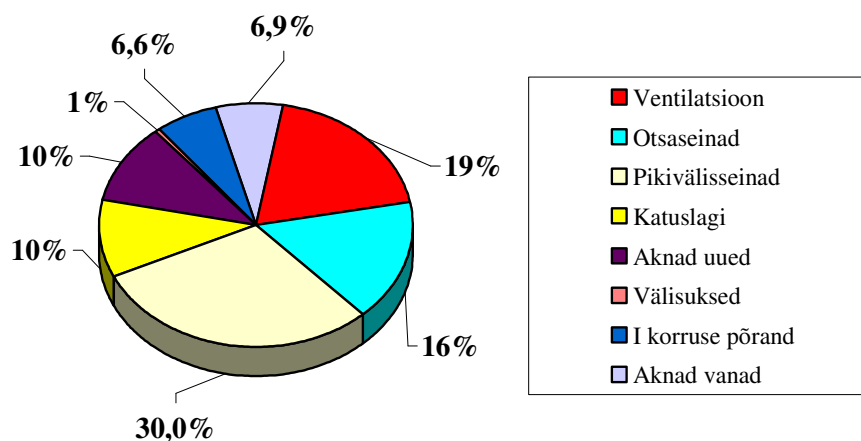
Alltoodud õhuvahetuse kordarv on leitud hoone kui terviku jaoks ja on kütteperioodi keskmine väärtus.

Tabel 8

Hoone soojusbilanss	Energia sisse	Energia välja
Soojusenergia tarbimine, MWh/a	290	
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete, MWh/a		234
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks, MWh/a		56
Kokku	290	290
Õhuvahetuse kordarv, 1/h	0,37	
Tasakaalutemperatuur, °C	19	

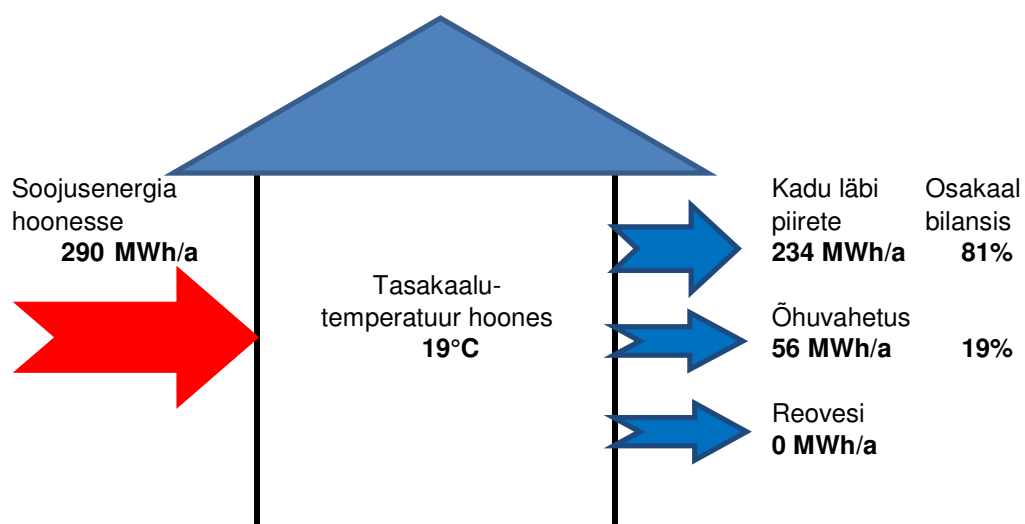
Hoones tarbitava soojusenergia proportsionaalne jaotus vastavalt kaoliikide kaupa:

Joonis 7



Hoones soojusenergia kasutamise üldine visuaalne jaotus:

Joonis 8



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 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%.

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

Tabel 12

Mõõtmiskoht	Sisetemperatuur	Süsihappegaas, CO ₂ mahukonsentratsioon õhus	Suhteline õhuniiskus
	°C	ppm	%
Korter 15	17-20	1000	55
Korter 12	24-25	840	31
Korter 3	21-24	1100	37
Korter 21	20-21	890	32

Siseruumide õhutemperatuur jäi vahemikku 17-25°C, mis ei vasta soojusliku mugavuse klassi nõuetele.

Ruumiõhu suhtelise õhuniiskuse keskmine väärtus jäi eluruumides taseme 32-55% piiridesse.

Elanikega korterite ruumiõhu CO₂ sisaldus jäi vahemikku 840ppm-1100ppm. Korterid olid ülevaatuse teostamise ajal suhteliselt madala kasutuskooormusega, CO₂ sisaldus jäi sisekliima II ja III klassi taseme väärtuste vahele.

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				234			83	151	165 900	12
Katuslagi	Laepaneelid+soojustus ehitusaegne	400	0,70	29,7	Lisasoojustus 300 mm	0,12	5,2	24,4	25 000	11
Pikivälisseinad	Suurpaneel	685	1,20	87,1	Lisasoojustus 150 mm	0,22	15,9	71,3	76 000	12
Otsaseinad	Suurpaneel	369	1,20	46,9	Lisasoojustus 150 mm	0,22	8,5	38,4	41 000	12
Aknad vanad	28%,vanatüübi puitraamidel aknad	75	2,50	19,9	Asendamine uute pakettakendega	1,10	8,8	11,1	12 000	12
I kor. põrand (taandatud)*	Vundamendiplokid, r/b paneelid	400	0,45	19,2	Sokli lisasoojustus 100mm	0,32	13,5	5,6	10 000	20
Välisüksed	Metalluksed, pakettaknaga	8	2,00	1,6	Asendamine uute välisustega	1,40	1,1	0,5	1 900	44
Aknad uued	2 klaasiga pakettaknad, plastikraamiga	190	1,50	30	Tarindit ei renoveerita	1,50	30			

* 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.

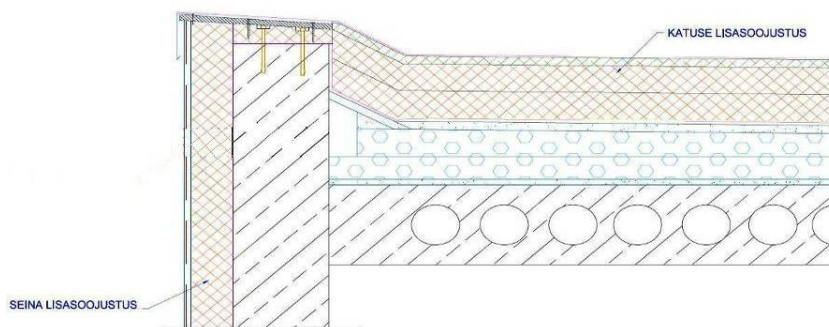
3.1.1 Katuslagi

Hoonel on lamekatus, millel on hoone ehitusaegne soojustuskiht ning kaetud rullmaterjaliga. Lähtuvalt hoone piirdekonstruktsiooni analüüsi põhjal antud kaudsest hinnangust, jääb hoone katuslae soojusjuhtivus suurusjärku $U=0,6\ldots 0,7 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, mis ületab olulisel määral EV Valitsuse määruses nr.55 „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded” soovitatud elamute laekonstruktsioonide soojusjuhtivuse väärtust $U=0,1\text{--}0,15 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$.

Laepiirde soojuspidavuse normijärgselt vastavusse viimiseks peab renoveerimisel kogu laepiirde ulatuses keskmiselt paigaldama vähemalt 300 mm paksuse lisasoojustuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\text{max}} = 0,04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) kihi.

Antud hoonel on katuslae lisasoojustamist reaalselt võimalik teha vaid lisasoojustuse paigaldamisega olemasoleva katuse peale, vana katusekatte eemaldamisega või ilma:

Joonis 9



Märkus: Joonis 9 on illustratiivse tähendusega, selgitamaks katuslae lisasoojustamise põhimõttelist lahendust.

Lisasoojustamise tulemusena väheneb soojuskadu läbi katuslae ning vähenevad suured külmasillad katuse ja välisseina liitekohas ning katuse paneelide toetuskohtades. Seejuures peab lisasoojustus katma ka parapeti, vastasel juhul säilib külmasild läbi parapetipaneeli.

Pärast lisasoojustamist tuleb vanad tuulutuseavad sulgeda, kuna vastasel korral satub välisõhk soojustuse alla ja soojustuse efektiivsus langeb.

Lisasoojustuse paksus ja tuulutuse sulgemise lahendus peavad tagama katuse niiskustehnilise toimivuse. Kui jäetakse vana katusekatte alles ja lisasoojustus tuleb selle peale, peab lisasoojustuse paksus olema selline, et vana katusekatte alla ei tekiks niiskustehniliselt kriitilisi keskkonnatingimusi: ei teki veeauru kondenseerumise või hallituse kasvu ohtu. Tuulutuseavad sulgemisel tuleb olla kindel, et liigniiskus (põhjustatud näiteks katuse läbijooksust) on katusest välja kuivanud. Seetõttu on soovitatav sulgeda tuulutuseavad ligikaudu aasta pärast soojustustööde tegemist, kui liigne niiskus on välja kuivanud. Katusele tehtud tuulutuseavasid on lihtsam sulgeda, kuna ei pea muutma fassaadi viimistlust ja tööd saab teha katuselt.

Kui välispiiretest soojustatakse ainult katuslagi, tuleb katuslae ja välisseinte vahelise külmasilla mõju vähendamiseks siiski ka välisseinu soojustada kuni ülemiste akendeni.

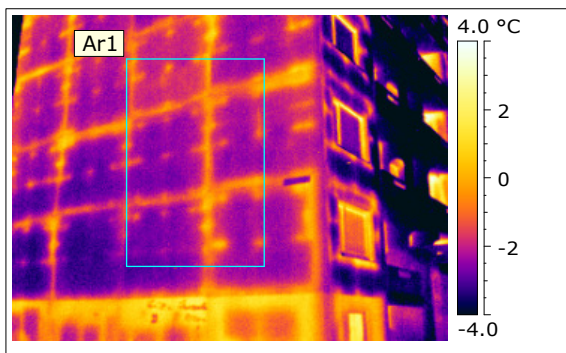
Katuse lisasoojustamine on mõistlik teha koos fassaadide lisasoojustamisega.

3.1.2 Välisseinad

Maja välisseinad on hoone ehitusaegses konstruktsioonis (ehitatud seinapaneelidest). Olemasolevad välisseinad on ebaühtlase ning vähese soojuspidavusega.

Maja välisseinad

välissein

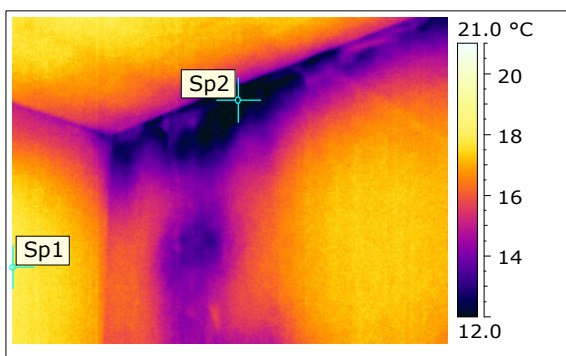


File name	IR_4309.jpg
Ar1 Max. Temperature	0.6 °C
Ar1 Min. Temperature	-3.4 °C
Ar1 Average Temperature	-1.9 °C

Ar1 välisseina pinnatemperatuurid varieeruvad

Koos fassaadikatte remondiga on otstarbekas teostada ka välisseinte lisasoojustamine. Välisseintel leidub palju madalatemperatuurilisi külmasildasid.

Tuba 2 välissein



File name	IR_4325.jpg
Sp1 Temperature	17.8 °C
Sp2 Temperature	11.2 °C

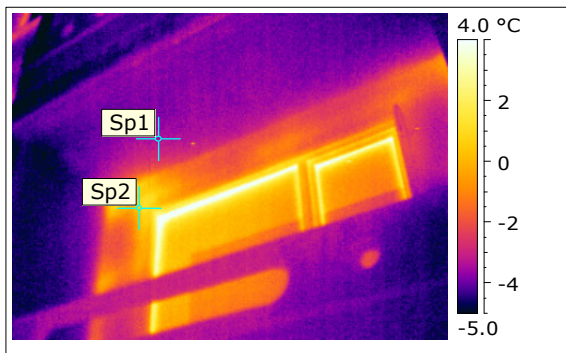
Sp2 temperatuurindeksi väärtus $f_{Rsi}=0,69$, hallituse tekkeoht

Lähtuvalt hoone piirdekonstruktsiooni analüüsi põhjal antud kaudsest hinnangust, jääb hoone välisseinte soojusjuhtivus suurusjärku $U=1,0 \dots 1,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, 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 $\lambda_{\max}=0,04\text{W/m}\cdot\text{K}$) paigaldamist piiretele.

Maja pikivälisseintel on palju külmasildasid (rõduseinad, rõdude vaheseinte-põrandate ja välisseinte liitekohad).

välissein



File name	IR_4315.jpg
Sp1 Temperature	-3.4 °C
Sp2 Temperature	0.5 °C

Sp2 soojaleke piirdeosade liitekohas

Külmasildade mõju vähendamaks tuleb soojusisolatsiooniga katta nii rõdupõrandapaneelid kui ka rõduvaheseinad. Lisasoojustamise tehnilise lahenduse osas tuleb kindlasti konsulteerida projekteerijaga.

Osades korterites on välisseinad soojustatud seespidiiselt. 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 välispidiiselt.

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 peamiselt läbi I korruse põranda ning keldrisasuvate torustike jahtumisel läbi nende isolatsiooni. 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 põranda taandatud soojusjuhtivusnäitaja, mis on arvutatud vastavalt standardile EVS EN ISO 13370:2008 ning selle väärtuseks antud soojustamata hoone puhul on $U=0,45 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Variant 1. Keldri lae soojustamine.

Kui isoleerida ära keldri lagi, siis väheneb soojusvoog läbi I korruse põranda, mille tulemusena alaneb ruumide sisetemperatuur. Vähenev temperatuur vähendab soojuskadusid läbi välispiirete, samuti väheneb ka ventilatsiooni õhuga keldrist väljakanduv soojusenergia hulk. Samas suureneb soojusvoog torustike välisjahtumisest, mis omakorda püüab keldri sisetemperatuuri tõsta ja eelpoolmainitud kulukomponente suurendada. Nii kujuneb keldrisse uus soojusliku tasakaalu olukord. Kui koos keldri lae soojustamisega tõsta ka torustike isolatsiooni kvaliteeti, siis keldri sisetemperatuur langeb ja piirete välisjahtumine väheneb veelgi.

Vähendamaks olulisel määral soojuskadusid läbi esimese korruse põranda peab keldrilae lisasoojustuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\text{max}} = 0,04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) kihipaksus olema vähemalt 80 mm. Soojustamise tulemusena kujuneb I korruse põranda taandatud soojusjuhtivuse väärtuseks $U=0,32 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Keldrilae soojustustööde teostamiseks tehtav investeering on ca. 24 tuhat € ning aastane kütteenergiast on 6 MWh/a. Investeeringu lihttasuvusajaks kujuneb ca 47 aastat.

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 läbiulatuva seinaosad moodustama külmasildu, mis vähendavad tulemuste efektiivsust.

Samuti jäävad isoleerimata sokli-põranda-seina liites olevad konstruktiivsed külmasillad, mis esimese korruse põranda välisääred külmaks muudavad ning seal niiskuse kondenseerumise tõttu ka probleeme võivad tekitada. Samas tuleb arvestada ka asjaoluga, et isoleeritud keldrilae ja torustike 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 ning läbi tehnosüsteemide isolatsiooni. Keldritorustike jahtumiskadude vähendamiseks parendatakse ka torustike soojusisolatsiooni. Selle kõige 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.

Hoone soklisein ja panduseosa



Sokliosa soojuspidavuse tagamiseks 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 $U=0,32 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$.

Sokliosa soojustustööde teostamiseks tehtav investeering on ca. 10 tuhat € ning aastane kütteenergiäsääst on 6 MWh/a. Investeeringu lihttasuvusajaks kujuneb ca 20 aastat.

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 Välisüksed.

Maja ehitusaegsed välisüksed on varasema renoveerimise käigus välja vahetatud.

Välisüks esiküljel



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

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 ukсед veel tehniliselt rahuldavas seisukorras, mistõttu on uste väljavahetamine ainult energiasäästu eesmärgil siiski kriitilise tasuvusega investeering.

Uksed vajavad ilmselt katmist uue värvikihiga.

Kindlasti peab jälgima kõikidel ustel 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 $U=2,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, millele lisanduvad akende ebatihedusest tingitud soojuskaod. Akende soojuspidavust aitavad parandada kardinatega ja ruloode kasutamine, mille tõttu on „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 $1,1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$). Ülevaatusel ajaks oli kortermaja akendest ~72% vahetatud.

Vanatüübi puitaken



Paigaldatud uus pakettaken



Vanade puitakende vahetamisel kitsa piidaga pakettakende vastu tekitab oht, et kitsa piida kõrvale jääb seinasse 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 seinavaheliste 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	Sõltumatu ühendusega altjaotusega ühetoruküttesüsteem	Küttesüsteem vajab renoveerimist või asendamist uue kahetoru-küttesüsteemiga
Soojussõlm	Soojusvahetiga	
Soojussõlme automaatika	Ecomatic EC-201/L	
Kütteevee soojusvaheti	Plaatsoojusvaheti Danfoss	
Kütte ajamitega reguleerimisventiilid	Belimo LRC24A-SR DN20	
Küttesüsteemi ringluspump	Grundfos UPS 40-60/2F	Pumba võimsus 250 W
Soojuse arvesti	Kamstrup Multical 601 Q=6 m³/h	
Sooja tarbevee valmistamine	Lokaalsed elektriboilerid korterites	

Torude isolatsioon		
Soojussõlm	Katteta	Katta villkoorikutega, kihipaksus vähemalt 30mm
Kaugküttetorustik	Mineraalvill, Al-ruberoid kattega	
Magistraaltorud	Mineraalvill, Al-ruberoid kattega, kohati katmata	Katta villkoorikutega kihipaksus vähemalt 30mm
Küttepüstikute torud	Katmata	Katta villkoorikutega, kihipaksus vähemalt 30mm
Küttesüsteem		
Küttekehad	Malmribiradiaatorid ja terasplekkadiaatorid	
Tasakaalustusventiilid	Puuduvad	Paigaldada ja seadistada vastavalt küttesüsteemi tasakaalustusprojektile
Radiaatoriventilid	Puuduvad	Soovitav paigaldada termostaatventiilid

3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid

Külm tarbevesi saadakse kohalikust asulavõrgust tsentraalselt. Tarnija on OÜ Kose Vesi. Soe tarbevesi valmistatakse elektri boileritega korterites.

Hoones puudub hetkel tsentraalne soojaveesüsteem. Juhul kui antud piirkonnas antakse ka suvel kaugkütte soojusenergiat on üheks võimaluseks valmistada sooja tarbevett odavama energiaga (võrreldes elektri boilerite 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 soojusvahetiga. Odavamast energiahinnast tulenev rahaline kokkuhoid praeguse soojavee tarbimiskoguse juures on hinnanguliselt ~1200 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).

Veel 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 agregaadiga tasuvusaeg suurusjärgus 4-5 aastat.

Lisaks on nii sooja kui ka külma pesuvee tarbimist võimalik vähendada paigaldades segistitele ja duššiotsikutele aeraatorlahendusega difuursorid. 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.

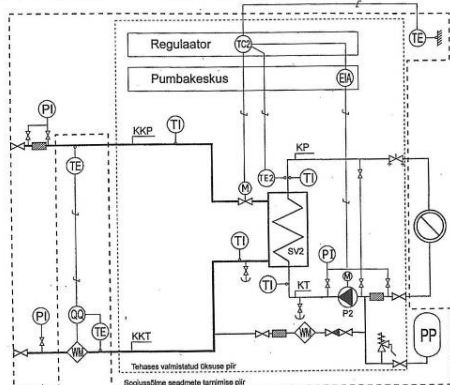
Hoone olmekanalisatsioon juhitakse asulavõrku.

Hoone tarbevee- ja kanalisatsioonitorustike avariilised osad on osaliselt asendatud uute torustikega.

3.4 Küttesüsteem

Kütteautomaatikaga varustatud soojussõlme (soojusvahetiga) põhimõtteline skeem:

PÕHISKEEM 3 Soojussõlm küttesoojusvahetiga



Küttevee temperatuurireguleerimine toimub läbi plaatsoojusvaheti. Soojussõlme on paigaldatud kütteautomaatika ning välistemperatuuriandur.

Küttevee temperatuurireguleerimine toimub automaatselt välistemperatuuri-anduri signaali alusel ning vastavalt valitud küttegaafikule.

Olemasolevad küttemagistraalid on ehitusaegse soojusisolatsiooniga (mineraalvill Al-ruberoidkattega) ning kohati amortiseerunud.

Vähendamaks küttemagistraalide jahtumiskadusid optimaalse tasemeni, peab kogu torustik olema kaetud vähemalt 30 mm paksuste villkoorikutega.

Olemasoleva isolatsiooniga küttemagistraal *Kütteveepüstik*



Peale hoone välispiirete renoveerimist-soojustamist tuleb küttesüsteem seadistada vastavalt eluruumide muutunud soojusvajadusele. Vastasel korral võib oodatav energiasääst asendada suuremal või vähemal määral ruumide ülekütmisega.

Küttepüstikutel puuduvad tasakaalustusventiilid. Korterite lõikes sisetemperatuurid erinevad (esineb nii ülekoetud kui ka alakoetud kortereid) suurtes piirides, mis viitab küttesüsteemi tasakaalustamatusel. Probleemi lahenduseks on kogu küttesüsteemi seadistamine vastavalt ruumide soojusvajadusele. Võimaldamaks küttesüsteemi häälestamist vastavalt hoone soojusvajadusele tuleb koostada küttesüsteemi tasakaalustusprojekt. Projektile vastavalt paigaldatakse seadeventiilid ning häälestatakse nende abil välja püstikutes vajalikud kütteevee vooluhulgad.

Kütteradiaatorid on ühendatud ühetorusüsteemis, kasutusel on hoone ehitusaegsed malmribi- ja terasplekkradiaatorid.

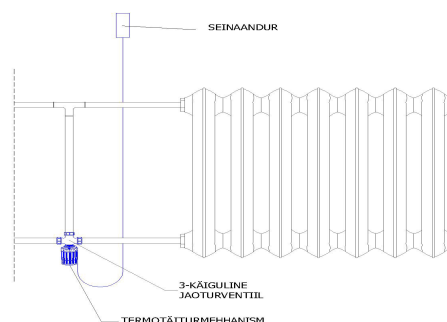
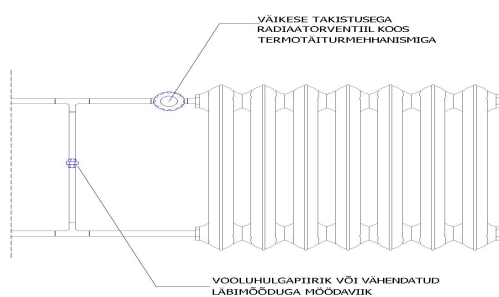
Malmradiaatorid

Maja kütteradiaatoritel puuduvad automaatselt reguleeritavad radiaatorventiilid. Vabasoojuse efektiivsemaks ärakasutamiseks ning ruumides pidevalt ühtlase sisetemperatuuri hoidmiseks tuleb paigaldada kõikidele radiaatoritele termostaatregulaatoritega varustatud radiaatorventiilid.

Ühetorusüsteemis küttesüsteemile regulaatorite paigaldamise alternatiivid:

Radiaatorventiilid möödaviiguga

3-käiguline jaoturventiil



Alternatiiviks olemasoleva küttesüsteemi täiustamisele on olemasoleva küttesüsteemi asendamine uue, reguleerimisseadmetega varustatud kahetorusüsteemiga. Selline rekonstrueerimine on otstarbekas siis, kui kütetorustiku amortiseerumise tõttu on vajalik ulatuslikult torustikku ja küttekehi asendada.

Uue, kogu hoonet hõlmava kahetorusüsteemi rajamisel on ilmselt kõige efektiivsem lahendus paigaldada kütteradiaatoritele uut tüüpi radiaatorventiilid, mis sisaldavad endas nii termostaatventiili kui ka diferentsiaalrõhu regulaatorit (näiteks Danfoss: „DynamicValve“ RV-DV). Kütteprojektile vastavalt paigaldatakse ventiilid ning seadistatakse. Seadistatud ventiilide abil juhitakse küttesüsteemi veevooluhulgad vastavalt ruumide soojusvajadusele.

Küttesüsteemi efektiivse toimimise tagamiseks tuleb küttesüsteemi ka regulaarselt hooldada. Puhta ehk settevaba küttesüsteemi radiaatorite soojusväljastus on ettenähtud (projekteeritud) tasemel, samuti on küttesüsteemis tagatud normaalselt toimiv veetsirkulatsioon (häälestatud-seadistatud küttesüsteem püsib tasakaalus, pumpamiskulud on optimaalsel tasemel).

Küttesüsteemi puhastamiseks on erinevaid võimalusi:

- küttesüsteemi mehaaniline läbipesu (perioodiliselt eemaldatakse veetrakti aja jooksul kogunenud setted)
- küttesüsteemis keemiliselt töödeldud vee kasutamine (vähendab setete teket, korrosiooni)
- küttevee elektromagnetiline töötlemine (välistab jooksvalt setete tekkimise ja korrosiooni ning eemaldab aja jooksul juba ka eelnevalt küttesüsteemi kogunenud setted)

Majas kasutusele võetava hooldusmeetodi valik sõltub oluliselt rahaliste vahendite kasutamise võimalustest. Samas tuleb aga arvesse võtta ka valitava meetodi efektiivsust just küttesüsteemi pideva töövõime säilimise seisukohast.

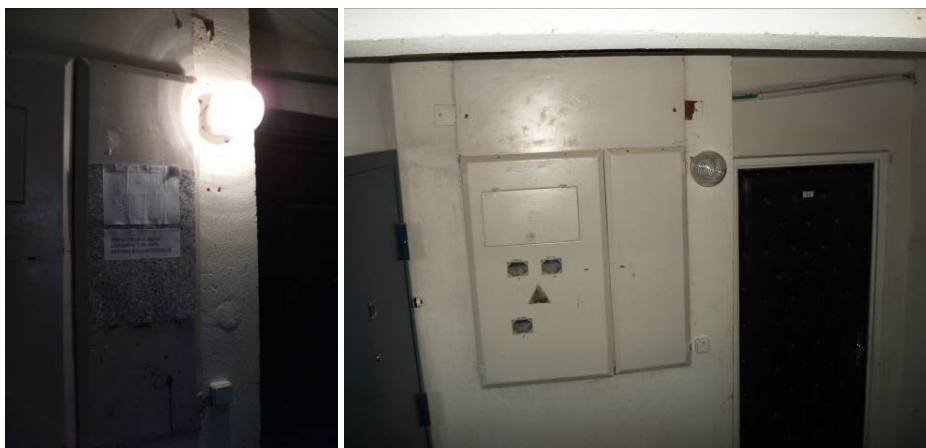
Juhul kui korteri kütteseadmete soojusväljastust piiratakse rohkem optimaalselt otstarbekast säästurežiimist (individuaalse kütmise või seadistamise tulemusena sisetemperatuuri viimine alla $+18^{\circ}\text{C}$), on raskendatud ka teistes korterites stabiilselt ühesuguse sisetemperatuuri hoidmine. Kui 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 toimub ka niiskuse väljakuivamine piiretest ning seeläbi hoitakse ka maja konstruktsioonid vajalikul tasemel kuivana. **Seega on kogu hoones vajalikul tasemel sisetemperatuuri hoidmine oluline nii üldise mugavuse, kui ka maja konstruktsioonide säilimise seisukohalt.**

3.5 Elektriseadmed

Hoone on ühendatud Eesti Energia AS elektrivõrguga. Üldelektri tarbijaks on soojuskeskuse- ja üldvalgustusseadmed.

Üldvalgustid



Hoone üldvalgustussüsteemi on paigaldatud aegreleedega lülitid.

3.6 Ventilatsioonisüsteem

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

Hoone energiabilansist tulenev õhuvahetuse kordarv 0,37 1/h näitab, et hoone tervikuna on alaventileeritud.

Niiskuskahjustus lael



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 840 -1100 ppm (elanike arv 1-2 korteri kohta).

Kvaliteetse siseõhu indikaatornäitajaks loetakse õhus sisalduva CO₂ koguse maksimumväärtust 1000 ppm.

Kuna külastatud korterite kasutuskooormus oli inspekteerimise hetkel suhteliselt madalal tasemel, siis võib eeldada, et inimeste arvu 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. Ventilatsiooniõhu väljatõmme toimub ventilatsioonilõõride kaudu.

Ventilatsioonilõõri väljatõmbeavad ruumis



Akende vahetuse käigus vähendatakse olulisel määral nende õhuläbilaskvust ning aja jooksul ummistuvad ka väljatõmbelõõrid. 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.

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. „kahesüsteemseks“.

Pakettakendesse või välisseintesse on soovitatav paigaldada 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.

Nõuetekohase ventilatsiooni tagamisel kulub värske õhu soojendamiseks ca. 74 MWh/a, (praeguse alaventileerituse olukorras on soojusenergiakulu õhuvahetusele ~ 56 MWh/a). Seega õhuvahetuse intensiivistamisel (ilma soojustagastusega 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.

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 õhuvahtuskordsuse korral võimalik saada heitõhust hinnanguliselt 43 MWh/a soojusenergiat. Sellise soojusenergiahulga tootmiseks kulutatakse heitõhusoojuspumba (efektiivsus: COP 3) poolt elektrienergiat ~14300 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
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	4 700 €	15	1 305	4	20
Küttesüsteem	Radiaatoritele termostaatventiilide paigaldamine	11 500 €	15	1305	9	30
Ventilatsiooni-süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskeõhuklapid, vent. lõõride puhastamine, sundväljatõmme)	12 000 €	-19	-1 671		30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	33 500 €	22	1980	17	30
Ventilatsiooni-süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent. seade õhujaotustorustikuga)	87 000 €	39	3473	25	40
Ventilatsiooni-süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent.seade õhujaotustorustikuta)	49 500 €	34	3073	16	40

Hoone renoveerimise (välispiirete soojustamine, ventilatsioonisüsteemi rekonstrueerimine) järgselt peab küttesüsteemi seadistama vastavalt eluruumide muutunud soojusvajadusele. Küttesüsteemi õige seadistamine on soojustustööde tulemusena energiasäästu saavutamise eelduseks. Küttesüsteemi seadistamine toimub küttesüsteemi häälestusprojekti alusel. Projekti põhjal saab kütetorustikele seadeventiilid paigaldada ja nende abil välja häälestada vajalikud kütteevee vooluhulgad ning tulemus ka üle mõõta.

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

Hoone ventilatsiooni väljatõmbeõhu energiatagastus võimaldab olulisel määral kütteenergiat säästa. Soojustagastusseadmetes kasutatakse väljatõmbeõhust saadavat energiat eluruumidesse sissepuhutava värske külma õhu soojendamiseks, teise variandina saab energia suunata tagasi hoone kütteevee või sooja tarbevee valmistamise süsteemi. Tabelis 13 arvatud säästuväärtus aastas ventilatsioonienergiatagastusele on arvestatud olukorrale, kus korterites on eelnevalt tagatud optimaalne (vähemalt 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	1664	m ²
Eluruumide pind	1523	m ²
Elanike arv	70	
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	MWh	Φ _{VS} , kW
Jaanuar	0,8	1,3	3,9	4,0		9,2	12,4
Veebruar	1,7	2,8	3,5	3,8		10,2	15,1
Märts	4,4	7,3	3,9	3,6		14,8	19,9
Aprill	4,5	7,5	3,8	3,2		14,4	20,0
Mai	5,6	9,3	3,9	2,5		15,8	21,2
September	3,4	5,7	3,8	2,9		12,3	17,1
Oktoober	1,6	2,7	3,9	2,9		9,5	12,8
November	0,7	1,2	3,8	3,4		8,3	11,6
Detsember	0,3	0,5	3,9	4,1		8,5	11,4
Kokku	23,0	38,3	34,4	30,3		103,0	Keskmine
Vabasoojus eluruumide pinna kohta, kWh/m²						67,6	15,7

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 paigaldatakse automaatsed termostaatventiilid, kasutatakse vabasoojust paremini ära ja vabasoojuse kasutustegur on 0,7.

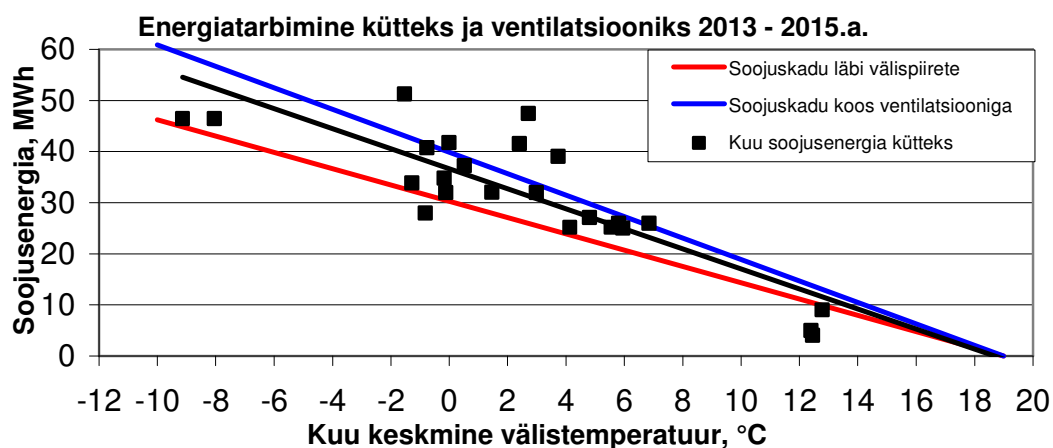
Tabel 16

	Ühik	Praegune olukord	Säästumeetmed			
			Pakett I	Pakett II	Pakett III	Pakett IV
Arvutuslik vabasoojuskooormus, Φ_{VS}	kW	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7
Vabasoojuse kasutustegur		0,5	0,5	0,7	0,7	0,7
Kasutatav vabasoojuskooormus, Φ_{VS}	kW	7,9	7,9	10,2	10,2	10,2
Erisoojuskaod läbi välispiirete, H_{vp}	kW/°C	2,21	1,01	1,01	1,01	1,01
Õhuvahetuskordaja, n	1/h	0,37	0,50	0,50	0,50	0,50
Erisoojuskaod õhuvahetusele, H_{vent}	kW/°C	0,52	0,70	0,70	0,38	0,34
Erisoojuskaod kokku, $H=H_{vp}+H_{vent}$	kW/°C	2,74	1,71	1,71	1,39	1,34
Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt, $\Delta t_{vs} = \Phi_{vs} / H$	°C	2,9	4,6	6,0	7,4	7,6
Tasakaalutemperatuur, t_B	°C	19	16	15	14	13

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

Hoone tasakaalutemperatuuri määramine graafilisel meetodil:

Joonis 9



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 paketid

Säästumeetmete pakett I – sisaldab vajalikke meetmeid, et muuta elamistingimused kogu hoones paremaks ning saavutades sealjuures ka energiasäästu. Soojustatakse hoone katuslagi, välisseinad ja sokliosad. Hoone vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Õhuvahetus intensiivistatakse väljatõmbeventilatsiooni abil vajalikule tasemele. Küttesüsteem seadistatakse vastavalt hoone soojusvajadusele. Keldrimagistraalid isoleeritakse. Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 16°C.

Tabel 17

t_B= 16 °C	Säästumeetmete pakett I	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht-tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Katuslagi	Lisasoojustus 300 mm	25 000 €				30
Pikivälisseinad	Lisasoojustus 150 mm	76 000 €				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 150 mm	41 000 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	12 000 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 100mm	10 000 €				30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	4 700 €				20
Ventilatsioonisüsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskõhuklapid, vent. lõõride puhastamine, sundväljatõmme)	12 000 €				30
Küttesüsteem	Küttevee magistraalitorude isoleerimine	3 700 €				30
Kokku		184 400 €	138	12 423	15	

Kogu paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 152 MWh/a, saavutatav kütteenergiasääst on 48% paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes. Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 91 kWh/m²·a.

Väljatõmbeventilatsiooni elektrikulu hinnanguliselt ~4550 kWh/a.

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

Säästumeetmete pakett II – hoone energeetiline saneerimine, mille käigus teostatakse järgmised tööd: soojustatakse hoone katuslagi, välisseinad ja sokliosa. Hoone vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Õhuvahetus intensiivistatakse väljatõmbeventilatsiooni abil vajalikule tasemele. Radiaatoritele paigaldatakse termostaatventiilid. Küttesüsteem seadistatakse vastavalt hoone soojusvajadusele. Keldrimagistraalid isoleeritakse.

Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 15°C.

Tabel 18

t_B = 15 °C	Säästumeetmete pakett II	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Katuslagi	Lisasoojustus 300 mm	25 000 €				30
Pikivälisseinad	Lisasoojustus 150 mm	76 000 €				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 150 mm	41 000 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	12 000 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 100mm	10 000 €				30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	4 700 €				20
Küttesüsteem	Radiaatoritele termostaatventiilide paigaldamine	11 500 €				30
Küttesüsteem	Kütteevee magistraalitorude isoleerimine	3 700 €				30
Ventilatsiooni- süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskõhuklapid, vent. lõõride puhastamine, sundväljatõmme)	12 000 €				30
Kokku		195 900 €	148	13 307	15	

Kogu paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 142 MWh/a, saavutatav kütteenergiasääst on 51% paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ning ühtlasi paraneb korterites sisekliima. Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 85 kWh/m²a.

Väljatõmbeventilatsiooni elektrikulu hinnanguliselt ~4550 kWh/a.

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

Säästumeetmete pakett III — hoone täielik energeetiline saneerimine, mille käigus soojustatakse hoone katuslagi, välisseinad ja sokliosa. Hoone vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Paigaldatakse uued välisüksed. Ehitatakse uus kahetoru-küttesüsteem. Küttesüsteem seadistatakse vastavalt hoone soojusvajadusele. Hoonesse paigaldatakse energiatagastusega korteripõhine ning õhujaotustorustiketa ventilatsioonisüsteem. 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
Katuslagi	Lisasoojustus 300 mm	25 000 €				30
Pikivälisseinad	Lisasoojustus 150 mm	76 000 €				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 150 mm	41 000 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	12 000 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 100mm	10 000 €				30
Välisüksed	Asendamine uute välisustega	1 900 €				30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	4 700 €				20
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	33 500 €				30
Ventilatsiooni- süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent.seade õhujaotustorustikuta)	49 500 €				40
Kokku		253 600 €	183	16 461	15	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 107 MWh/a, saavutatav kütteenergiasääst on 63 % paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ja ühtlasi saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.

Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienenergia eritarbimine köetava pinna kohta 64 kWh/m²·a.

Õhujaotustorustikuta ventilatsioonisüsteemi elektrikulu hinnanguliselt ~ 5050 kWh/a.

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

Säästumeetmete pakett IV — hoone täielik energeetiline saneerimine, mille käigus soojustatakse hoone katuslagi, välisseinad ja sokliosa. Hoone vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Paigaldatakse uued välisüksed. Ehitatakse uus kahetoru-küttesüsteem. Küttesüsteem seadistatakse vastavalt hoone soojusvajadusele. Lisaks paigaldatakse hoonesse energiatagastusega ventilatsioonisüsteem (ventilatsioonisüsteem koos õhujaotustorustikuga). Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 13°C.

Tabel 20

$t_B = 13\text{ °C}$	Säästumeetmete pakett IV	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Katuslagi	Lisasoojustus 300 mm	25 000 €				30
Pikivälisseinad	Lisasoojustus 150 mm	76 000 €				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 150 mm	41 000 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	12 000 €				30
I kor. põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 100mm	10 000 €				30
Välisüksed	Asendamine uute välisustega	1 900 €				30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	4 700 €				20
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	33 500 €				30
Ventilatsiooni- süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine (vent. seade õhujaotustorustikuga)	87 000 €				40
Kokku		291 100 €	194	17 430	17	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 96 MWh/a. Saavutatav soojusenergiäsääst on 67 % paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ja ühtlasi saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.

Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 58 kWh/m²·a.

Õhujaotustorustikuga ventilatsioonisüsteemi elektrikulu hinnanguliselt ~ 9 100 kWh/a.

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

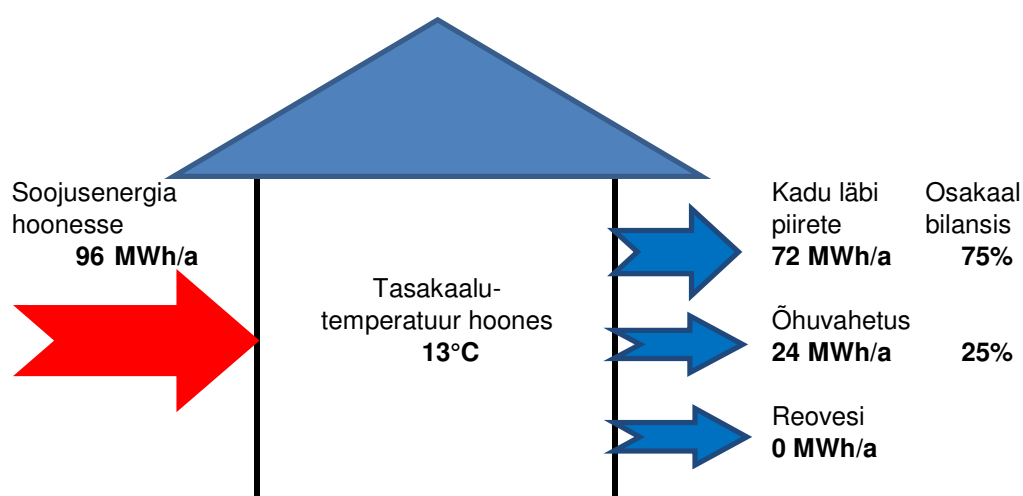
4.2 Kokkuvõte

Käesolevas töös on analüüsitud Ardu alevikus, Pala tee 12 asuva hoone tänast energiakasutust ning uuritud võimalusi kokkuhoiuks.

Töö tulemusena selgus, et hoone tänast keskmist aastast soojusenergiakasutust 290 MWh on võimalik energeetilise saneerimise teel alandada maksimumprogrammi raames kuni väärtuseni 96 MWh/a. Sellise kokkuhoiu saavutamiseks on vajalik koguinvesteering suurusjärgus 291 tuhat eurot ja lähiaja soojusenergia hindade juures on lihttasuvusaeg 17 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	96	
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete, MWh/a		72
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks, MWh/a		24
Kokku	96	96
Õhuvahetuse kordarv, 1/h		0,50
		13

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 vabasoojuskoormus hoones [v.t. punkt 3.8 Tabel 15]:

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

Renoveeritud automaatse soojussõlme korral utilisatsioonitegur : 0,55

Vastav keskmine arvestuslik kasutatav vabasoojuskoormus:

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

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 vabasoojuskoormus 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%/0,015m/s CO ₂ 2,75%+75ppm CO +/- 0,6%	10-90% RH Temp -20- +60 Õhukiirus, 25-15 m/s CO ₂ 0-5000ppm CO 0-500 ppm

6.1. Soojusenergia tarbimisandmed

Tabel L 1

Soojusenergia kaugküte, mõõdetud			
Energia			
MWh	2013	2014	2015
Jaanuar	48	53	48
Veebruar	39	38	36
Märts	49	33	33
Aprill	26	26	25
Mai	3	3	8
Juuni			
Juuli			
August			
September	5	9	4
Oktoober	26	28	26
November	32	39	28
Detsember	35	43	36

6.2. Tarbevee tarbimisandmed**Tabel L 2**

m ³	Kogu tarbevesi, mõõdetud		
	2013	2014	2015
Jaanuar	112	106	124
Veebruar	94	97	109
Märts	110	103	114
Aprill	107	102	114
Mai	111	117	113
Juuni	106	112	112
Juuli	106	117	126
August	106	118	121
September	90	106	103
Oktoober	89	111	100
November	98	117	87
Detsember	119	132	108
Kokku	1248	1338	1331

6.3. Elektrienergia tarbimisandmed

Tabel L 4

kWh	Elektritarbimine korterid		
	2013	2014	2015
Jaauar	6 853	6 283	6 780
Veebruar	6 542	5 653	6 206
Märts	6 142	5 742	6 434
Aprill	6 903	4 947	5 125
Mai	5 425	4 985	5 107
Juuni	4 958	4 558	4 864
Juuli	4 900	5 622	4 824
August	4 630	4 588	4 727
September	5 099	5 050	5 508
Oktoober	4 999	5 365	5 364
November	4 960	6 574	5 627
Detsember	7 057	6 992	6 446
Kokku	68 468	66 359	67 012

Tabel L 5

kWh	Üldelekter		
	2013	2014	2015
Jaauar	217	217	160
Veebruar	199	194	141
Märts	203	211	157
Aprill	209	199	139
Mai	69	41	87
Juuni	8	17	14
Juuli	21	11	48
August	13	18	12
September	46	81	60
Oktoober	217	155	161
November	212	155	150
Detsember	220	165	97
Kokku	1 634	1 464	1 226