

Tellija: **KÜ KESTA 3**
Tellija kontaktisik: **Merle Pits**
Aadress: **Staadioni 3, Kehtna alevik, Raplamaa**
Tel.: **53 322 084**
E-post: **kehtnamaja@hotmail.ee**



ENERGIAAUDIT



Staadioni tn.3, Kehtna alevik, Raplamaa
24- korteriga elamu

Auditeerimise aeg:	06.03.2012
Aruanne esitatud:	14.05.2012
Auditeerija ettevõte:	TERMOPILT OÜ
Aadress:	Riia mnt.106, Pärnu
Reg. Nr.	11216921
Tel.:	53 48 99 59
E-post:	info@termopilt.ee
Energiaaudiitor:	Tõnu Tiit
Vastutav energiaaudiitor:	Toomas Rähmonen

Allkiri:

Sisukord

Sissejuhatus	3
1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest	4
2. Hoone energiakasutuse ülevaade ja analüüs	6
2.1 Hoone asukoht ja paiknemine	6
2.2 Hoone üldandmed	6
2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd	7
2.4 Energia- ja veevarustuse üldiseloomustus	7
2.5 Soojusenergia kulu	8
2.6 Elektrienergia kulu	10
2.7 Vee kulu	11
2.8 Hoone soojusbilanss	12
3. Hinnang hoone energiakasutuse kohta, säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus	14
3.1 Hoone piirdetarindid	14
3.1.1 Pööninglagi	15
3.1.2 Välisseinad	15
3.1.3 I korruse põrand/ sokkel	16
3.1.4 Aknad	17
3.1.5 Välisüksed.	17
3.2 Hoone tehnosüsteemid	18
3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid	18
3.2 Küttesüsteem	19
3.3 Elektriseadmed	20
3.4 Ventilatsioonisüsteem	21
3.5 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus	23
3.6 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid	24
4. Kokkuvõte säästumeetmetest	26
4.1 Säästumeetmete paketid	26
4.2 Kokkuvõte	30
5. Kasutatud allikad	31
6. Lisad	32
6.1. Kasutatud mõõteseadmed	32
6.2. Sisekliima mõõtmistulemused	32
6.3. Soojusenergia tarbimisandmed	32
6.4. Tarbevee tarbimisandmed	33
6.5. Elektrienergia tarbimisandmed	34

Sissejuhatus

Käesolevas energiaauditi aruandes on esitatud Kehtna alevikus Staadioni tn.3 asuva 3-korruselise 24 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 energიაauditi juhendmaterjal. Energiakasutuse analüüsimiseks on kasutatud korteriühistu esindaja poolt kogutud ja edastatud hoone tarbimisandmeid aastatel 2009-2011. Hoone seisukorra täpsemaks määramiseks on teostatud märtsis 2012 hoone ülevaatus.

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

Hoones on mõõdetud summaarset soojustenergiatarbimist, elektritarbimist ning veetarbimist kuude kaupa. Hoonet varustatakse kütteenergiaga kaugkütte baasil toimiva keskküttesüsteemi abil. Soe tarbevesi valmistatakse lokaalsete elektriboileritega korterites. Õhuvahetusest tingitud soojuskadusid hinnati kaudselt õhuvahetuse kordarvu alusel.

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

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

Objekti ülevaatusel abistas audiitorit korteriühistu esindajana pr. Merle Pits. Korteriühistu, kui lõpptarbija seisukohalt on säästupotentsiaal, energiahinnad kõik kulutused auditis arvestatud koos käibemaksuga. Parendustööde lihttasuvusaja arvutamisel on lähtutud prognoositavast soojusenergiast 90 €/MWh.

1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest

Käesolevas peatükis on esitatud kokkuvõte korterelamu energiaauditi koostamise tulemustest. Soojuseenergia keskmine kogukulu aastatel 2009-2010 on mõõdetud 189 MWh/a.

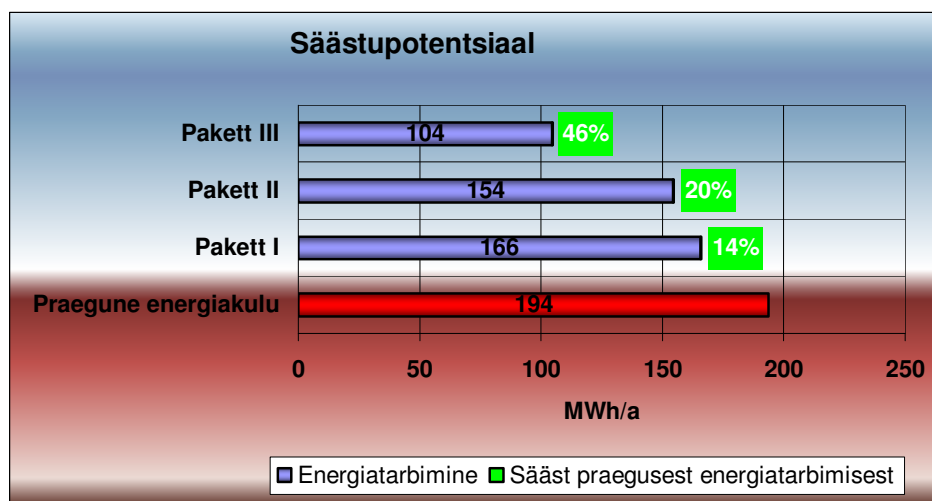
Normaalaastale taandatud kolme viimase täisaasta soojusenergia keskmine kulu on 194 MWh/a ja lähtuvalt hoone kõetavast pinnast 1786 m² (eluruumid ja trepikojad) on normaalaasta keskmine soojusenergia eritarbimine pinnaühikule 108 kWh/m².

Auditi tulemusena on hoone renoveerimiseks välja pakutud kolm 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 külgliseinad ja pööninglagi. Vanad aknad ja välisüksed asendatakse uutega. Õhuvahetus intensiivistatakse optimaalsele tasemele. Küttesüsteem seadistatakse hoone renoveerimisjärgse soojusvajaduse järgi. Investeering on ca. 102 tuhat € ning aastane sääst on 28 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 41 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 14%. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.
- Teise paketi realiseerimise käigus soojustatakse hoone külgliseinad ja pööninglagi. Vanad aknad ja välisüksed asendatakse uutega. Õhuvahetus intensiivistatakse optimaalsele tasemele. Maja küttesüsteem varustatakse termostaatventiilidega ning individuaalsete soojuskulumõõteseadmetega. Küttesüsteem seadistatakse hoone renoveerimisjärgse soojusvajaduse järgi. Investeering on ca. 121 tuhat € ning aastane sääst on 39 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 34 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 20%. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.
- Kolmas pakett sisaldab hoone rekonstrueerimist, mille käigus soojustatakse külgliseinad ja pööninglagi. Vanad aknad ja välisüksed asendatakse uutega. Hoonesse paigaldatakse uus, täielikult reguleeritav kahetoru-küttesüsteem ning varustatakse individuaalsete soojuskulumõõteseadmetega. Hoonesse paigaldatakse energiatagastusega ventilatsioonisüsteem. Investeering on ca 171 tuhat € ning aastane sääst on 89 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 21 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 46%. 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 Kehtna alevikus, Raplamaal

2.2 Hoone üldandmed

Tabel 1

Hoone aadress:	Rapla maakond, Kehtna vald, Kehtna alevik, Staadioni tn 3
EHR kood:	109005158
Ehitusaasta:	EHR-s andmed puuduvad
Hoone kasutamise otstarve:	Muu kolme või enama korteriga elamu
Ehitisalune pind (EHR), m ² :	729
Suletud netopind (EHR), m ² :	2221,4
Minimaalne korruste arv:	3
Maksimaalne korruste arv:	3
Hoone maht (EHR), m ³ :	7888
Köetav pind, m ² :	1786
Eluruumide pind (EHR), m ² :	1566,3
Mitteeluruumide pind (EHR), m ² :	0
Ruumide köetav sisekubatuur, m ³ :	4466
Korteri arv:	24
Tubade arv:	60
Elanike arv:	47
Keldri olemasolu:	Jah
Pööningu olemasolu:	Jah

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	Vanade puitakende vahetamine uute pakettakende vastu. Uusi aknaid on 78 % hoone akende kogupindalast
2002	Otsaseinte lisasoojustamine +100 mm
2006	Pööninglaele puistevilla +100 mm paigaldus
2010	Sokliseina lisasoojustamine +100 mm

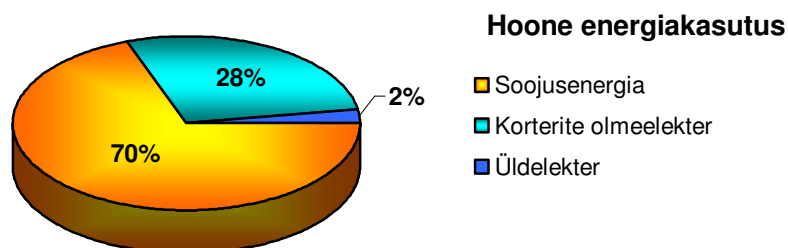
2.4 Energia- ja veevarustuse üldiseloomustus

Tabel 3

Soojusenergia tarnija:	SW Energia AS
Põhiline kütteviis:	Kaugküte
Kasutatav kütus:	Põlevkiviõli
Küttesüsteemi põhimõtteline lahendus:	Sõltuva ühendusega altjaotusega kahetorusüsteem
Kütte automaatika	LANDIS & GYR: RVP 30
Küttesüsteemi üldise soojuskulu mõõtur:	Kamstrup Multical 401
Soojuskulu mõõtmine korteriomandites:	Puudub
Tarbevee tarnija:	Kehtna Elamu OÜ
Veevarustuse liik:	Tsentraalselt asulavõrgust
Olmekanaliseerimine:	Juhitakse tsentraalsesse asulavõrku
Sooja tarbevee valmistamine:	Lokaalsed elektriboilerid korterites
Sooja tarbevee arvestus:	-
Ventilatsiooni liik:	Loomulik: õhu sissepääs akendest/ustest ja ventilatsioonirestidest ning väljatõmme ventilatsioonilõõride kaudu
Kodugaasi tarbimine ja tarnija	Puudub
Elektrienergia tarnija:	Eesti Energia AS
Elektrivõrgu pinge:	3x400 V

Hoones viimasel kolmel aastal tarbitud kaugkütte soojusenergia, üledelekter ja korterite olmeelekter kokku jagunevad alljärgnevalt:

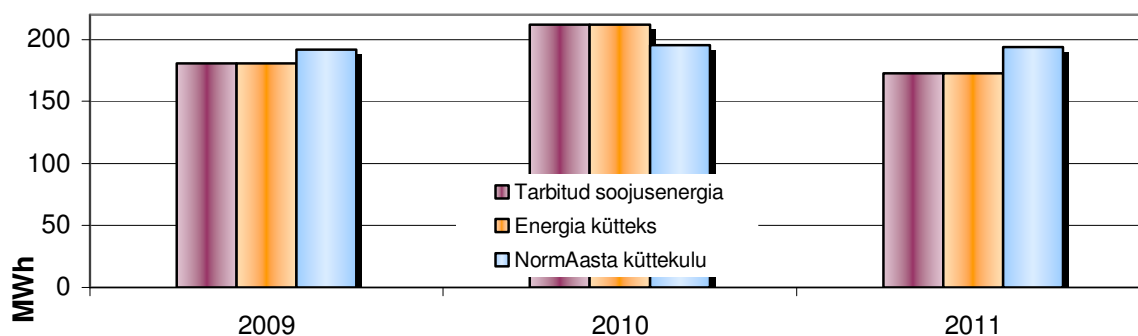
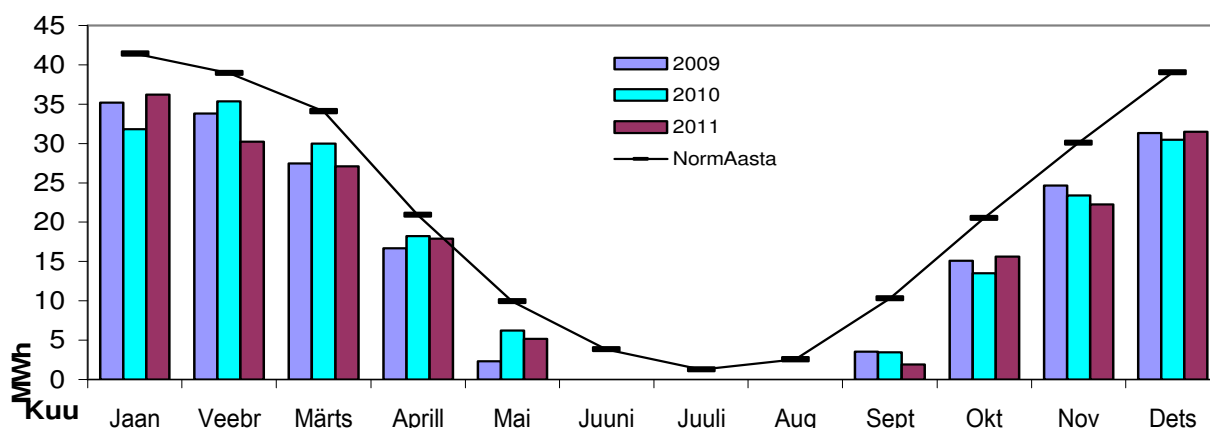
Joonis 2



2.5 Soojusenergia kulu

Tabel 4

Soojusenergia tarbimine	2009	2010	2011	Keskmine	Ühik
Soojustarbimine, mõõdetud (kaugküte)	181	212	173	189	MWh/a
Soojustarbimine kütteks	181	212	173	189	MWh/a
Kraadpäevade võtmepiirkond	Tartu				
Kraadpäevade arv	3752	4312	3544		°C d
Normaalaasta kraadpäevade arv	3975				°C d
Normaalaastale vastav soojustarbimine	192	195	194	194	MWh/a
Soojuse keskmine tariif/hind	61,5	65,4	71,0	66	€/MWh
Kulutused soojusele	11124	13871	12286	12427	€/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	107	109	109	108	kWh/m ² ·a
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	122	125	124	124	kWh/m ² ·a
Kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta	107	109	109	108	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 elimineeritud, tarbimine kuude ja aastate lõikes suhteliselt stabiilsel tasemel. Soojussõlmest väljastatav soojushulk vastab piisava täpsusega hoone muutuvale kütteenergiavajadusele.

Hoone energiabilansi põhjal tehtud analüüs näitab, et hoones tervikuna on kütteperioodide vältel sisetemperatuur hoitud ligilähedaselt soovitud tasemel, samal ajal aga jääb hoone ventileeritus allapoole vastavat normväärtust.

Hoone välisseinte kuivana hoidmiseks on soovitatav sügisel kütmist alustada pigem varem ja tugevamalt kui välistemperatuur seda eeldab. Välisõhu kõrge niiskusetase sügisel ning kütmata ruumide suhteliselt madal sisetemperatuur soodustavad välisseinte külmade piirkondade küllastumist niiskusega ja hallituse tekkimist. Sügisel kütmise algusega viivitamine ei anna tegelikult energiasäästu, sest niiskunud piirdekonstruktsioonide suuremad soojakaod võivad ületada kütmise viivitamisest saadava kokkuhoiu. Edaspidistes arvutustes on kasutatud hoone aastase energiavajadusena küttele ja ventilatsioonile viimase kolme aasta keskmist normaalaastale teisendatud energiavajadust 194 MWh/aastas.

2.6 Elektrienergia kulu

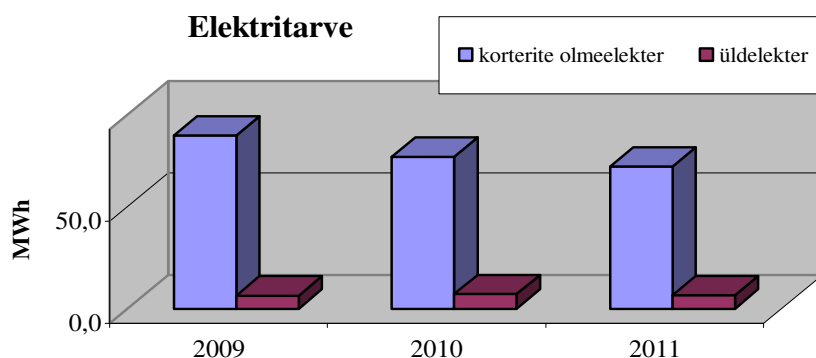
Tabel 5

Elektrienergia tarbimine	2009	2010	2011	Keskmine	Ühik
Elektrienergia tarbimine (üldelekter)					
Elektrienergia tarbimine	6,5	7,2	6,6	6,8	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	3,6	4,0	3,7	3,8	kWh/m ² ·a
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	4,1	4,6	4,2	4,3	kWh/m ² ·a
Elektrienergia maksumus	614	725	712	684	€/a
Elektrienergia tarbimine (korterid)					
Elektrienergia tarbimine	84,9	74,6	69,8	76,4	MWh/a
Elektrienergia sooja tarbevee valmistamiseks	17,3	17,1	13,4	16,0	MWh/a
Elektrienergia tarbimine olmelisteks vajadusteks	67,6	57,4	56,4	60,5	MWh/a
Olmeelektri eritarbimine köetava pinna kohta	37,8	32,2	31,6	33,8	kWh/m ² ·a
Olmeelektri eritarbimine eluruumide pinna kohta	43,1	36,7	36,0	38,6	kWh/m ² ·a

Üldelektri tarbimine moodustab kogu elektritarbimisest keskmiselt 8%, millest omakorda 70% kulub soojussõlme seadmetele.

Hoones tarbitava koguelektrienergia proportsionaalne jaotus on järgmine:

Joonis 5



Korterite olmeelektritarbimine on vaadeldaval perioodil väheneva iseloomuga. Soovitav on seadmete valikul eelistada säästlikumaid lahendusi, vältimaks elektrienergia kasutamise kasvutrendi. Olmeelektri arvestuslik statistiline keskmine eritarbimine eluruumide pinna kohta on 30-35 kWh/m²·a. Antud hoones on see näitaja hinnanguliselt keskmisest statistilisest väärtusest mõnevõrra kõrgemal tasemel.

2.7 Vee kulu

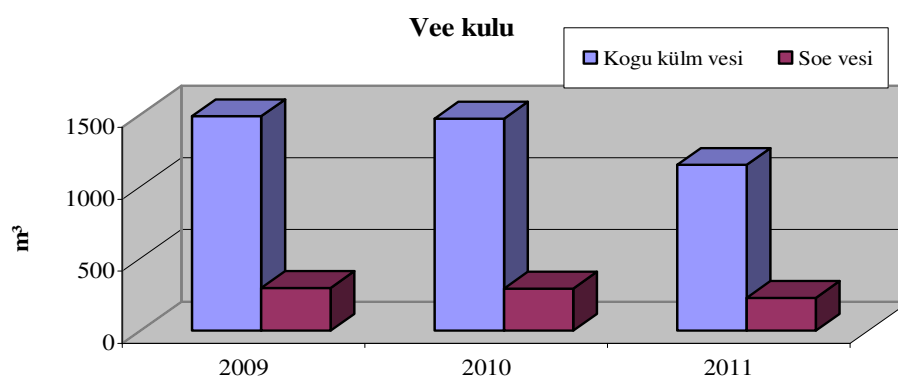
Tabel 6

Tarbevee kulu	2009	2010	2011	Keskmine	Ühik
Tarbevesi	1492	1476	1154	1374	m ³ /a
-erikulu köetava pinna kohta	0,84	0,83	0,65	0,77	m ³ /(m ² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	0,95	0,94	0,74	0,88	m ³ /(m ² a)
Vee hind	1,06	1,22	1,33	1,20	€/m ³
Vee eest tasutud	1578	1801	1535	1638	€/a
Soe tarbevesi	298	295	231	275	m ³ /a
-erikulu köetava pinna kohta	0,17	0,17	0,13	0,15	m ³ /(m ² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	0,19	0,19	0,15	0,18	m ³ /(m ² a)
Elektri kulu vee soojendamiseks	17,3	17,1	13,4	16,0	MWh/a

Kogu veetarbimine kortermajas on vaadeldaval perioodil väheneva iseloomuga. Soe tarbevesi valmistatakse lokaalsete elektriboileritega korterites.

Soe tarbevesi moodustab kogu veekasutusest hinnanguliselt keskmiselt 40%, mis on samas suurusjärgus kortermajade keskmise näitajaga (40-45%). Sooja tarbevee erikulud on korterelamutes enamasti vahemikus 0,55—0,90 m³/(m²a) eluruumide pinna kohta. Antud hoones on see näitaja keskmisest statistilisest väärtusest oluliselt madalamal tasemel ning sõltub ilmselt nii leibkondade koosseisust kui ka tarbimisharjumustest.

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 16°C. 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	154	0,30	46	4
Külgliseinad	1005	0,80	804	71
Pööninglagi	716	0,30	215	19
Aknad vanad	73	2,50	183	16
Aknad uued	256	1,50	384	34
Välisuksed	17	2,00	34	3
I korruse põrand	716	0,33	233	21
		Kokku	1899	168

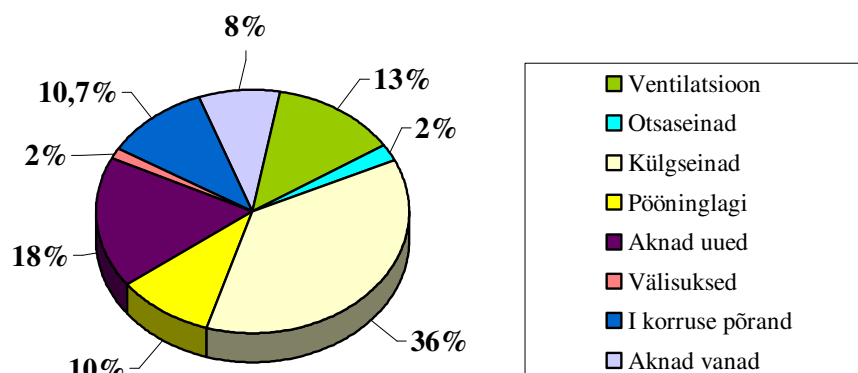
Alltoodud õhuvahetuse kordarv on leitud hoone kui terviku jaoks ja on kütteperioodi keskmine väärtus.

Tabel 8

Hoone soojusbilanss	Energia sisse	Energia välja
Soojusenergia tarbimine, MWh/a	194	
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete, MWh/a		168
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks, MWh/a		25
Kokku	194	194
Õhuvahetuse kordarv, 1/h	0,19	
Tasakaalutemperatuur, °C	16	

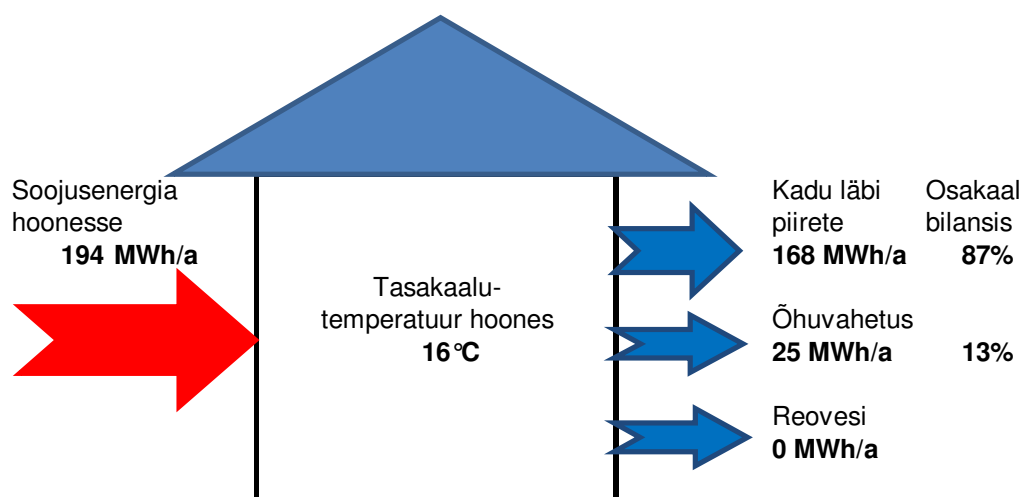
Hoones tarbitava soojusenergia proportsionaalne jaotus vastavalt kaoliikide kaupa:

Joonis 7



Hoones soojusenergia kasutamise üldine visuaalne jaotus:

Joonis 8



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				168			95	74	90 300	14
Pööninglagi	R/b paneel, soojustus ehitusaegne+100 mm puistevill	716	0,30	19	Lisasoojustus 160 mm	0,15	10	9	4 300	5
Aknad vanad	22%,hoone ehitusaegsed aknad	73	2,50	16	Asendamine uute pakettakendega	1,10	7	9	11 300	14
Külgeinad	Suurplokk	1005	0,80	71	Lisasoojustus 150 mm	0,20	18	53	70 400	15
Välisüksed	Puitüksed, ehitusaegsed	17	2,00	3	Uute soojapidavamate välisuste paigaldus	0,75	1		4 300	26
Otsaseinad	Suurplokk+lisasoojustus 100mm	154	0,30	4	Tarindit ei renoveerita	0,30	4	0		
Aknad uued	2 klaasiga pakettaknad, plastikraamiga	256	1,50	34	Tarindit ei renoveerita	1,50	34	0		
I kor. põrand (taandatud)*	Vundamendiplokid, r/b paneelid+ sokli lisasoojustus 100 mm	716	0,33	21	Tarindit ei renoveerita	0,33	21			

* I korruse põranda soojusjuhtivus väljendab eluruumide ja keldrikorruse vahelist kogusoojusvahetust, teisendatuna 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 säästupaketidest.

3.1.1 Pööninglagi

Aastal 2006 on maja pööninglael lisaks ehitusaegsele soojustuskihile paigaldatud ~100 mm paksune puistevillakiht. Olemasolev klaasvill on soojustuskihil käimise tõttu kohati „kokku tallatud“ ning seetõttu ebaühtlase kihipaksusega.

Olemasolev soojustus pööninglael



Lähtuvalt hoone piirdekonstruktsiooni analüüsist, jääb hoone pööninglae soojusjuhtivus suurusjärku $U \approx 0,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, mis ületab „EVS 837-1:2003 Piirdetarindid. Osa 1: Üldnõuded“ soovitatud laekonstruktsioonide soojusjuhtivuse väärtust $U_{\max} = 0,22 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (seda toatemperatuuril 18°C . Ruumides, mille temperatuur on 22°C , peab välispiirete soojusjuhtivus olema 20% väiksem, so $U_{\max} = 0,18 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

Pööninglae normijärgse soojapidavuse saavutamiseks tuleb olemasolevat laesoojustust korrastada ning lisada täiendavalt vähemalt 160

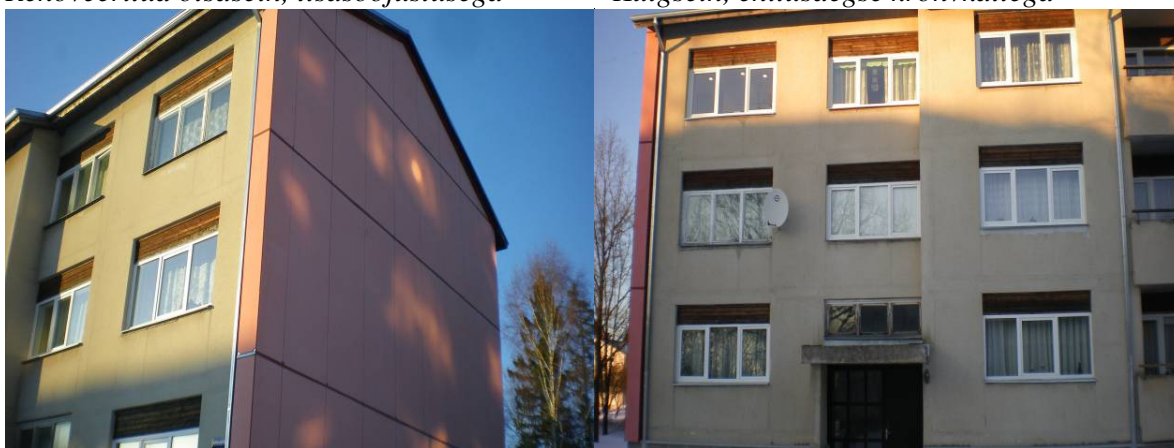
mm (soovitavalt 200 mm) paksune lisasoojustuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\max} = 0,04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) kiht. Pööninglaele on otstarbekas lisada täiendavalt puistevilla. Pööningul liikumise võimaldamiseks ilma soojustuskihti kahjustamata, tuleb täiendavalt rajada käiguteed.

3.1.2 Välisseinad

Maja välisseinad on ehitatud põhiosas suurplokkidest, hoone akendepealsed seinaosad on rajatud puitsõrestikkonstruktsioonil, ehitusaegse soojustusega. Hoone otsaseinad on renoveeritud-lisasoojustatud, külgseintele lisasoojustust paigaldatud ei ole.

Renoveeritud otsasein, lisasoojustusega

Külgsein, ehitusaegse krohvkattega



Vastavalt „EVS 837-1:2003 Piirdetarindid. Osa 1: Üldnõuded“ on soovitatud välisseinte soojusjuhtivuse väärtuseks $U_{\max} = 0,28 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (seda toatemperatuuril 18°C . Ruumides, mille temperatuur on 22°C , peab välispiirete soojusjuhtivus olema 20% väiksem, so $U_{\max} = 0,23 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

Maja otsaseinad on soojustatud aastal 2002. Paigaldatud on 100 mm paksune lisasoojustuskiht. Lähtuvalt hoone piirdekonstruktsiooni analüüsist, jääb hoone otsaseinte soojusjuhtivus suurusjärku $U \approx 0,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Otsaseinte soojuspidavuse viimine täielikult vastavusse

normväärtusega eeldab vähemalt 50 mm paksuse täiendava lisasoojustuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\max}=0,04\text{W/m}\cdot\text{K}$) lisamist olemasolevale isolatsioonikihile. Majanduslikult ei ole aga otsaseintele täiendava lisakihi paigaldamine otstarbekas kuna tehtava investeeringu lihttasuvusaeg kujuneb ülipikaks.

Lähtuvalt hoone piirdekonstruktsiooni analüüsist, jääb hoone külgseinte soojusjuhtivus suurusjärku $U=0,8\ldots0,9\text{W/m}^2\cdot\text{°C}$. Külgseinte normijärgse soojuspidavuse saavutamine eeldab vähemalt 140 mm (soovitavalt 150 mm) paksuse välise täiendava lisasoojustuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\max}=0,04\text{W/m}\cdot\text{K}$) kasutamist hoone renoveerimisel. Kui renoveerimisel säilitatakse aknapealsed seinaosad puitsõrestikkonstruktsioonina, siis peab nende seinaosade soojustuskihi kogupaksus olema vähemalt 200 mm, kaetuna väljastpoolt tuuletõkkeplaatidega.

Soojustuskiht kaitseb edaspidi seinu väliskeskkonna lagundava mõju eest, mistõttu 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.

Arvutustes on võetud aluseks keldriruumide kogusoojusvahetus, 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 hoone puhul on $U=0,33\text{W/m}^2\cdot\text{°C}$.

Keldri välisjahtumise kadusid on vähendatud sokliseina lisasoojustamise teel, paigaldatud on väline 100 mm paksune soojustuskiht. Keldri soojakadusid saab vähendada sisetemperatuuri alandamise teel ehk siis keldritorustike isoleerimistööde kavandamisel jälgima, et uues olukorras keldrite temperatuur ei langeks liiga madalale tasemele (alla 10°C), mille tulemusena tekib ebamugavus esimese korruse korterites.

Lähtudes keldri sisetemperatuurist 10°C , on otstarbekas sokliosa soojusjuhtivus $U_{\max}=0,45\text{W/m}^2\cdot\text{°C}$. Lähtuvalt hoone piirdekonstruktsiooni analüüsist, jääb hoone soojustatud sokliosa soojusjuhtivus suurusjärku $U\approx0,4\text{W/m}^2\cdot\text{°C}$. Sokliseinale täiendavalt lisasoojustust paigaldada ei ole vaja.

3.1.4 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 kardinate ja ruloode kasutamine, mille tõttu on 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 $1,1 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$). Ülevaatus ajaks oli kortermaja akendest ~78% vahetatud.

Vanade puitakende vahetamisel kitsa piidaga plastakende 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 plastakende ümbrus on külmal ajal külm ja märg.

Nimetatud külmasilla katmiseks on peale plastakna 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 (tuulutusklapidega aknaraamid või ventilatsiooniavad seinas). Õhuvahetus peab toimuma mitte läbi juhuslike pilude, vaid selleks ettenähtud moodusel ja reguleeritavalt.

3.1.5 Välisüksed.

Hoone trepikojauste keskmine soojusjuhtivus on hinnanguliselt suurusjärgus $U \sim 2 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$. Soojuskadu läbi antud piirdeosa oleks võimalik vähendada uste vahetamisel soojapidavamate vastu ($U \approx 0,75 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$).

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

3.2 Hoone tehnosüsteemid

Tabel 10

Osa nimetus	Kirjeldus	Hinnang olukorrale ja parendusettepanekud
Hoone soojusvarustus		
Küttesüsteemi tüüp	Sõltuva ühendusega altjaotusega kahetorusüsteem	
Soojussõlm	Segamissõlm	
Soojussõlm paigaldatud	2002	
Soojussõlme automaatika	LANDIS & GYR: RVP 30	
Küttesüsteemi ringluspump	Grundfos UPS 50-120	Pumba võimsus 940 W
Küttesüsteemi ajamitega reguleeriviinid	LANDIS & GYR DN20	
Soojuse arvesti	Kamstrup Multical 401	
Sooja tarbevee valmistamine	Lokaalsed elektriboilerid korterites	

Torude isolatsioon		
Soojussõlm	Villkoorikud, Al kattega	
Kaugküttetorustik	Mineraalvill, plastkattega	
Magistraaltorud	Mineraalvill plastkattega	Korrastada, katta villkoorikutega, kihipaksus vähemalt 30 mm
Küttepüstikute torud	Mineraalvill plastkattega, osaliselt katmata	Korrastada, katta villkoorikutega, kihipaksus vähemalt 30mm
Soojavee torustik	-	
Küttesüsteem		
Küttekehad	Malmribiradiaatorid	
Tasakaalustusventiilid	Puuduvad	Paigaldada ja seadistada vastavalt tasakaalustusprojektile
Radiaatoriventilid	Puuduvad	Soovitav paigaldada termostaatventiilid

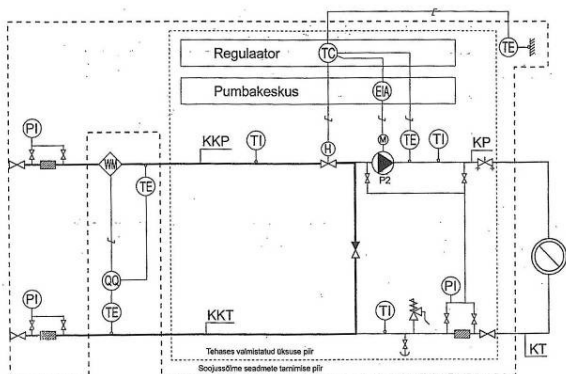
3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid

Külm tarbevesi saadakse kohalikust asulavõrgust tsentraalselt. Tarnija on Kehtna Elamu OÜ. Soe tarbevesi valmistatakse lokaalsete elektriboileritega korterites. Tarbeveetorustikud on töökorras. Hoone olmekanalisatsioon juhitakse asulavõrku. Hoonesisene torustik on töökorras.

3.2 Küttesüsteem

Kütteautomaatikaga varustatud soojussõlme (segamissõlm) põhimõtteline skeem:

PÕHISKEEM 4 Segamissõlm küttele



Hinnang küttesüsteemi toimivusele.

Hoone varustamine kütteenergiaga toimub kaugkütte baasil toimiva keskküttesüsteemi abil. Küttevee temperatuurireguleerimine toimub läbi segamissõlme. Soojussõlme on paigaldatud kütteautomaatika ning välistemperatuuriandur. Küttevee temperatuurireguleerimine toimub automaatselt välistemperatuurianduri signaali alusel ning vastavalt valitud küttegaafikule.

Olemasolevad küttemagistraalid on rahuldavas seisukorras. Torustike isolatsiooniks on ehitusaegne mineraalvill plastkattega, osaliselt on torustikud katmata. Küttemagistraalide jahtumiskadude vähendamiseks optimaalse tasemeni peab kogu torustik olema kaetud vähemalt 30 mm paksuse soojusisolatsiooniga (villkoorikud).

Olemasoleva isolatsiooniga küttemagistraalid



Küttepüstik



Korterite lõikes sisetemperatuurid kõiguvad suurtes piirides, mis viitab küttesüsteemi tasakaalustamatusel. Lahenduseks on küttepüstikutele tasakaalustusventiilide paigaldamine ning küttevee vooluhulkade väljahäälestamine. Võimaldamaks küttesüsteemi häälestamist vastavalt hoone soojusvajadusele tuleb koostada küttesüsteemi tasakaalustusprojekt. Projektile vastavalt paigaldatakse seadeventiilid ning häälestatakse välja püstikutes küttevee vooluhulgad.

Peale hoone renoveerimist-soojustamist peab küttesüsteem olema seadistatud vastavalt eluruumide muutunud soojusvajadusele. Vastasel korral võib oodatav energiasääst asenduda suuremal või vähemal määral ruumide ülekütmisega

Kütteradiaatorid on ühendatud kahetoru-süsteemis, kasutusel on hoone ehitusaegsed malmribiradiaatorid. Maja kütteradiaatoritel puuduvad reguleeritavad radiaatorventiilid. Vabasoojuse efektiivsemaks ärakasutamiseks ning ruumides pidevalt ühtlase sisetemperatuuri

hoidmiseks tuleb paigaldada kõikidele radiaatoritele termostaatregulaatoritega varustatud radiaatorventiilid.

Alternatiiviks olemasoleva küttesüsteemi täiustamisele on vana küttesüsteemi asendamine uue, reguleerimiseadmetega varustatud kahetorusüsteemiga. Selline rekonstrueerimine on otstarbekas siis, kui küttestorustiku amortiseerumise tõttu on vajalik ulatuslikult torustikku ja küttekihi asendada.

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.

3.3 Elektriseadmed

Hoone on ühendatud Eesti Energia AS elektrivõrguga. Üldelektri tarbijaks on soojuskeskuse- ja üldvalgustusseadmed. Võimalusi üldelektritarbimise vähendamiseks auditeerimise käigus ei leitud.

3.4 Ventilatsioonisüsteem

Hoone energiabilansist tulenev õhuvahetuse kordarv 0,19 1/h näitab, et hoone tervikuna on alaventileeritud. Kvaliteetse sisekliimaga eluruumide optimaalseks õhuvahetus-kordsuseks loetakse 0,5 1/h. Korterite ebapiisava õhuvahetuse esmaseks indikaatoriks on kõrge toaõhu niiskus, mis külmadele pindadele (näiteks seintele ja lagedele) kondenseerudes tekitab niiskuskahjustusi ja hallitust. Vähemtajutavad on toaõhku kontsentreeruvad CO₂ ja muud elutegevusega kaasnevad jääkained, millises keskkonnas pideval viibimisel on oht tervisekahjustuste tekkeks.

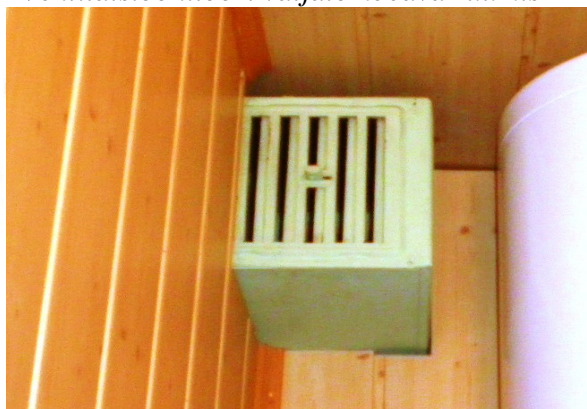
Õhu ebapiisavale kvaliteedile viitasid ka hoone ülevaatuse ajal teostatud sisekliima mõõtmised, kus valdavas osas külastatud korterites jäi CO₂ sisaldus ruumiõhus kvaliteetset õhuvahetust näitava piirväärtuse (1000 ppm) lähedale või üle selle.

Ventilatsioonisüsteem on hoone ehitusaegne ja loomuliku väljatõmbega. Ruumiõhu väljatõmme oli ette nähtud toimuma ventilatsioonilõõride kaudu. Värske välisõhu juurdevool oli ette nähtud toimuma läbi akende/uste ebatiheduste ja välisseintes asuvate ventilatsioonirestide.

Suletud ventilatsioonirest välisseinas



Ventilatsioonilõõri väljatõmbeava ruumis



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

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

Ventilatsioonikorsten pööninguruumis



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

Pakettakendesse või välisseintes 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.

Hoones nõuetekohase ventilatsiooni tagamisel kulub värske õhu soojendamiseks ca. 67 MWh/a, (praeguse alaventileerituse olukorras on soojusenergiakulu õhuvahetusele ~ 25 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 ventilatsiooniagregaatide sisaldava ventilatsioonisüsteemi vahel. Lokaalsete seadmete korral paigaldatakse igasse korterisse individuaalse üksusena toimiv agregaatide komplekt. Tsentraalselt toimiva ventilatsioonisüsteemi korral käsitletakse hoonet tervikuna, mille puhul tuleb ehitada välja nii sisse- kui ka väljapuhketrakt ning paigaldada soojustagastusagregaadid. Tehniliselt otstarbekaks tsentraalse energiatagastuse lahenduseks on väljatõmbelõõridele paigaldatav soojuspumpsüsteem, kust energia suunatakse tagasi hoone kütteevee või soojatarbevee valmistamise süsteemi. Kuna antud hoones täna tsentraalne soojatarbevee valmistamissüsteem puudub, siis on soojuspumpsüsteemi kasutamine sooja tarbevee valmistamiseks võimalik ainult koos tsentraalse süsteemi rajamisega. Hoonesse sobivaima konkreetse tehnilise lahenduse valimiseks tuleb konsulteerida vastava ala spetsialistidega.

3.5 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus

Tabel 11

Osa	Parendusmeede	Meetme maksumus	Energia-sääst	Säästu väärtus	Liht-tasuvus-aeg	Meetme eluiga
		€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	4 900 €	10	872	6	20
Küttesüsteem	Keldri magistraaltorude isoleerimine	4 700 €	15	1 321	4	30
Küttesüsteem	Radiaatorventiilidele termostaatide paigaldamine	10 000 €	10	872	11	30
Küttesüsteem	Individuaalne küttekulude arvestussüsteem	4 600 €	10	872	5	30
Ventilatsioonisüsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskõhuklapid, vent. lõõride puhastamine)	6 800 €	-41	-3 697		30
Tehnilised komplekslahendused						
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	35 000 €	24	2192	16	40
Ventilatsioonisüsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine	40 800 €	37	3341	12	30

Hoone renoveerimise järgselt peab küttesüsteemi seadistama vastavalt eluruumide muutunud soojusvajadusele. Küttesüsteemi õige seadistamine on soojustustööde tulemusena energiasäästu saavutamise eelduseks.

Küttesüsteemi seadistamiseks on kõigepealt vaja koostada küttesüsteemi häälestusprojekt, mille alusel saab seadeventiilid paigaldada ja küttepüstikute vooluhulgad välja häälestada ning tulemuse ka üle mõõta.

Täiendavalt, hinnanguliselt 5%, on võimalik kütteenergiat kokku hoida, lisades kõikidele radiaatoritele termostaatventiilid. Samas annavad termostaatventiilid 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.

Kütteradiaatorite varustamine termostaatventiilidega võimaldab energiat säästa ja reguleerida korterites elanikele kõige sobivam sisetemperatuur. Tagamaks elanike huvitatust termostaatradiaatorventiile sihipäraselt kasutada, saab paigaldada küttekehadele individuaalsed küttekulu arvestamise seadmed.

Õhuvahetuse reguleerimiseks saab paigaldada hoone välisseintesse värskõhuklapid, millede abil on võimalik tagada ventilatsiooniks vajaliku välisõhu juurdepääs eluruumidesse. Tabelis 11 on toodud arvestuslik kütteenergiakulu aastas optimaalse (0,5 1/h) õhuvahetuse tagamisel praeguse olukorra (alaventileeritus) võrreldes.

Hoone ventilatsiooni väljatõmbeõhu energiatagastus võimaldab olulisel määral kütteenergiat säästa. Soojustagastusseadmetes kasutatakse väljatõmbeõhust saadavat energiat eluruumidesse sissepuhutava värsk külma õhu soojendamiseks, teise variandina saab energia suunata tagasi hoone küttevee või soojatarbevee valmistamise süsteemi. Tabelis 11 arvutatud säästuväärtus

aastas ventilatsioonienergiatagastusele on arvestatud olukorrale, kus korterites on eelnevalt tagatud optimaalne (0,5 l/h) õhuvahetuskordsus.

3.6 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid

Normaalse elutegevuse käigus tekib ja kasutatakse energiat, mille allikaks on inimesed, kodumasinad, elektrivalgustus ja päikese kiirgus. Seda lisaenergiat nimetatakse vabasoojuseks ja selle energia kasutamine on sõltumatu välistemperatuurist. Hoone energiakaod tasakaalutemperatuurist kuni ruumi siseõhu temperatuurini kaetakse vabasoojusega ja välist küttenegiati 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 tekib täiendav energiasääst.

Hoone vabasoojuse arvutamisel on lähtutud järgmistest algandmetest:

Tabel 12

Kõetav pind	1786	m ²
Eluruumide pind	1566	m ²
Elanike arv	47	
Inimese soojuseraldus	125	W
Kohaloleku profiil	0,6	

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

Tabel 13

	Hinnanguline vabasoojus			Mõõdetud vabasoojus		Vaba-soojus kokku	Vaba-soojus-koormus
	Päikese eritootlikkus	Päikese soojus	Inimeste soojus	Olme-elekter	Pliidigaas		
	kWh/m ²	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	Φ _{VS} , kW
Jaauar	0,8	1,4	2,6	6,7		10,8	14,5
Veebruar	1,7	3,0	2,4	5,4		10,8	16,1
Märts	4,4	7,9	2,6	6,0		16,5	22,2
Aprill	4,5	8,0	2,5	4,2		14,8	20,6
Mai	5,6	10,0	2,6	4,6		17,2	23,2
September	3,4	6,1	2,5	4,5		13,1	18,2
Oktoober	1,6	2,9	2,6	5,4		10,8	14,6
November	0,7	1,3	2,5	5,6		9,4	13,0
Detsember	0,3	0,5	2,6	6,2		9,3	12,5
Kokku	23,0	41,1	23,1	48,6		112,8	Keskmine
Vabasoojus eluruumide pinna kohta, kWh/m²						72,0	17,2

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

Väljas asuva temperatuurianduriga automaatse soojussõlme ja ilma radiaatorite termostaatventiilideta küttesüsteemi korral on vabasoojuse kasutustegur 0,55. Kui radiaatoritele paigaldatakse automaatsed termostaatventiilid, kasutatakse vabasoojust paremini ära ja vabasoojuse kasutustegur on 0,7.

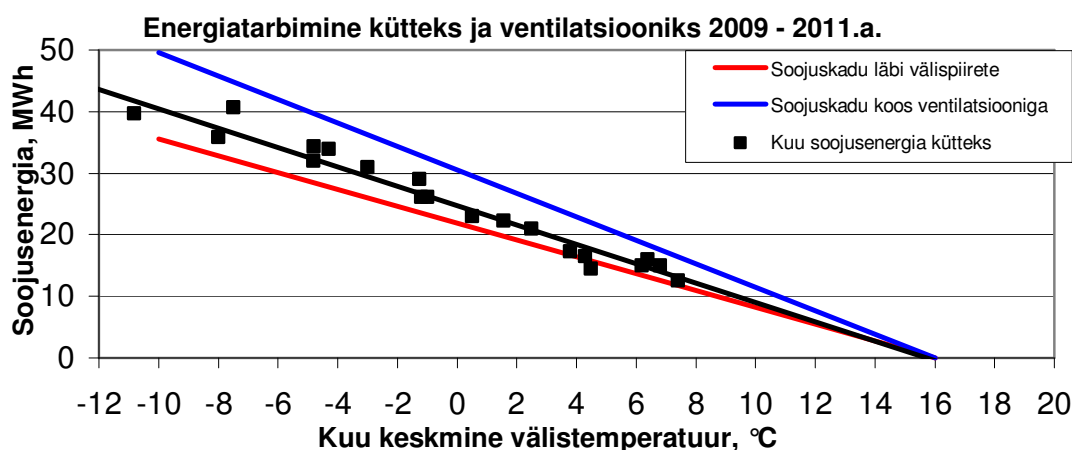
Tabel 14

	Ühik	Praegune olukord	Säästumeetmed		
			Pakett I	Pakett II	Pakett III
Arvutuslik vabasoojuskooormus, Φ_{VS}	kW	17,2	17,2	17,2	17,2
Vabasoojuse kasutustegur		0,55	0,55	0,7	0,7
Kasutatav vabasoojuskooormus, Φ_{VS}	kW	9,5	9,5	12,0	12,0
Erisoojuskaod läbi välispiirete, H_{vp}	kW/°C	1,90	1,25	1,25	1,25
Õhuvahetuskordaja, n	1/h	0,19	0,50	0,50	0,50
Erisoojuskaod õhuvahetusele, H_{vent}	kW/°C	0,29	0,75	0,75	0,33
Erisoojuskaod kokku, $H=H_{vp}+H_{vent}$	kW/°C	2,19	2,00	2,00	1,58
Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt, $\Delta t_{vs} = \Phi_{vs} / H$	°C	4,3	4,7	6,0	7,6
Tasakaalutemperatuur, t_B	°C	16	15	14	12

Hoone arvutuslik tasakaalutemperatuur on 16°C, millest lähtuvalt kujuneb maja kogu köetava mahu keskmiseks temperatuuriks $\approx 20^\circ\text{C}$.

Hoone tasakaalutemperatuuri määramine graafilisel meetodil:

Joonis 11



4. Kokkuvõte säästumeetmetest

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

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

4.1 Säästumeetmete pakettid

Säästumeetmete pakett I – sisaldab vajalikke meetmeid, et muuta elamistingimused kogu hoones paremaks ning saavutades sealjuures ka energiasäästu. Soojustatakse hoone pööninglagi, külgeseinad ja sokliosa. Vanad aknad ja välisüksed asendatakse uutega. Õhuvahetus intensiivistatakse optimaalsele tasemele. Küttesüsteemi seadistamine toimub hoone renoveerimisjärgse küttevajaduse järgi. Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 15 °C.

Tabel 15

t_B = 15 °C	Säästumeetmete pakett I	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Pööninglagi	Lisasoojustus 160 mm	4 300 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	11 300 €				30
Külgeseinad	Lisasoojustus 150 mm	70 400 €				30
Välisüksed	Uute soojapidavamate välisuste paigaldus	4 300 €				30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	4 900 €				20
Ventilatsiooni- süsteem	Õhuvahetuse intensiivistus (vent.lõõridepuhastus, värskõhuklapid)	6 800 €				30
Kokku		102 000 €	28	2 517	41	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 166 MWh/a, saavutatav kütteenergiasääst on 14% paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ning ühtlasi saavutatakse korterites kvaliteetne sisekliima.

Võttes arvesse ka hoones varasemalt teostatud renoveerimistöid (otsaseinte ja pööninglae lisasoojustamine ning uute pakettakende paigaldus), on paketi realiseerimise tulemusena saavutatav kogu kütteenergiasääst 38% renoveerimiseelse tarbimisega võrreldes.

Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 93 kWh/m².a.

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

Säästumeetmete pakett II – hoone energeetiline saneerimine, mille käigus teostatakse järgmised tööd: lisasoojustatakse pööninglagi, külgseinad, sokliosa ning õhuvahetus intensiivistatakse optimaalsele tasemele. Vanad aknad ja välisüksed asendatakse uutega. Paketi raames paigaldatakse küttekehadele termostaatventiilid ning küttesüsteem seadistatakse hoone renoveerimisjärgse küttevajaduse järgi. Maja küttesüsteem varustatakse individuaalsete soojuskulumõõteseadmetega.

Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 14°C.

Tabel 16

t_B= 14 °C	Säästumeetmete pakett II	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Pööninglagi	Lisasoojustus 160 mm	4 300 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	11 300 €				30
Külgseinad	Lisasoojustus 150 mm	70 400 €				30
Välisüksed	Uute soojapidavamate välisuste paigaldus	4 300 €				30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	4 900 €				20
Küttesüsteem	Individuaalne küttekulude arvestussüsteem	4 600 €				30
Küttesüsteem	Radiaatorventiilidele termostaatide paigaldamine	10 000 €				30
Küttesüsteem	Keldri magistraaltorude isoleerimine	4 700 €				30
Ventilatsiooni- süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskeõhuklapid, vent. lõõride puhastamine)	6 800 €				30
Kokku		121 300 €	39	3 544	34	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 154 MWh/a, saavutatav kütteenergiäsääst on 20% paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ning ühtlasi saavutatakse korterites kvaliteetne sisekliima.

Võttes arvesse ka hoones varasemalt teostatud renoveerimistöid (otsaseinte ja pööninglae lisasoojustamine ning uute pakettakende paigaldus), on paketi realiseerimise tulemusena saavutatav kogu kütteenergiäsääst 42% renoveerimiseelse tarbimisega võrreldes.

Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 86 kWh/m²·a.

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

Säästumeetmete pakett III — hoone täielik energeetiline saneerimine, mille käigus lisasoojustatakse hoone pööninglagi, külgseinad, sokliosa. Paketi raames korrastatakse-parendatakse keldrimagistraalide soojusisolatsiooni, paigaldatakse küttekehadele termostaatventiilid ning küttesüsteem seadistatakse hoone renoveerimisjärgse küttevajaduse järgi. Maja küttesüsteem varustatakse individuaalsete soojuskulumõõteseadmetega.

Lisaks paigaldatakse hoonesse energiatagastusega ventilatsioonisüsteem. Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 12 °C.

Tabel 17

$t_B = 12\text{ °C}$	Säästumeetmete pakett III	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Pööninglagi	Lisasoojustus 160 mm	4 300 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	11 300 €				30
Külgseinad	Lisasoojustus 150 mm	70 400 €				30
Välisüksed	Uute soojapidavamate välisuste paigaldus	4 300 €				30
Küttesüsteem	Individuaalne küttekulude arvestussüsteem	4 600 €				30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	35 000 €				40
Ventilatsiooni- süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine	40 800 €				30
Kokku		170 700 €	89	8 037	21	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 104 MWh/a, saavutatav kütteenergiasääst on 46 % paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ja ühtlasi saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.

Võttes arvesse ka hoones varasemalt teostatud renoveerimistöid (otsaseinte ja pööninglae lisasoojustamine ning uute pakettakende paigaldus), on paketi realiseerimise tulemusena saavutatav kogu kütteenergiasääst 61% renoveerimiseelse tarbimisega võrreldes.

Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 58 kWh/m²a.

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

Säästumeetmete pakettide realiseerimiseks tehtavad investeeringud ning hoone rekonstrueerimisest tulenev eeldatav rahaline kokkuhoid, pidades silmas ka kortermajadele pakutavat renoveerimistoetust:

Tabel 18

		Ühik	Praegune olukord		
1.	<u>Praeguses olukorras</u> normaalaasta soojusenergia kulu küttele ja ventilatsioonile	MWh/a	194		
1.1	Soojusenergia hind	€/MWh	90		
1.2	Aastane rahakulu maja kütmiseks	€/a	17438		
1.3	Aastane küttekulu eluruumide pinna kohta	€/m²a	11,1		
2.	<u>Rekonstrueerimistöde pakett</u>		Pakett I	Pakett II	Pakett III
2.1	Hinnanguline investeeringumaht	EUR	102 000	121 300	170 700
2.2	Rekonstrueerimistoetus		15%	25%	35%
2.3	Omafinantseering pangalaenuga	EUR	86 700	90 975	110 955
2.4	Aastane laenu tagasimakse 10 a laenuga	€/a	10 534	11 053	13 481
2.5	Aastane laenu tagasimakse eluruumide pinna kohta	€/m²a	6,7	7,1	8,6
2.6	Aastane laenu tagasimakse 20 a laenuga	€/a	6 305	6 616	8 069
2.7	Aastane laenu tagasimakse eluruumide pinna kohta	€/m²a	4,0	4,2	5,2
3.	<u>Pärast rekonstrueerimist</u> normaalaasta soojusenergia vajadus küttele ja ventilatsioonile	MWh/a	166	154	104
3.1	Aastane rahakulu maja kütmiseks	€/a	14 920	13 894	9 401
3.2	Aastane küttekulu eluruumide pinna kohta	€/m²a	9,5	8,9	6,0
3.3	Maksekoormus (küte+laenu tagasimakse) 10a laenuga	€/a	25 455	24 947	22 882
3.4	Maksekoormus eluruumide pinna kohta	€/m²a	16,3	15,9	14,6
3.5	Maksekoormus (küte+laenu tagasimakse) 20a laenuga	€/a	21 225	20 510	17 470
3.6	Maksekoormus eluruumide pinna kohta	€/m²a	13,6	13,1	11,2
3.7	Maksekoormuse muutus 10 a laenuga	€/m²a	5,12	4,79	3,48
3.8	Maksekoormuse muutus 20 a laenuga	€/m²a	2,42	1,96	0,02

Märkus: tabeli ridades 3.7 ja 3.8 toodud maksekoormuse muutus on markeeritud järgmiselt:

+ 0,0 - maksekoormuse suurenemine eluruumide pinnaühiku kohta

- 0,0 - maksekoormuse vähenemine eluruumide pinnaühiku kohta

Analüüsist ilmneb, et kõige otstarbekamaks kujuneb III paketi realiseerimine, kui sealjuures kasutada ka 35%-list renoveerimistoetust. Seda isegi juhul, kui selleks tuleb võtta pangalaen (20 a tagasimakse perioodiga). III paketi teostamise korral on maksekoormuse muutus kõige väiksem, samas aga saavutatakse majas võrreldes praegusega oluliselt parem sisekliima: kvaliteetne siseõhk ning sisetemperatuuri tõus vajalikule tasemele. Rekonstrueerimise tulemusena pikendatakse ühtlasi ka hoone kasutusaega.

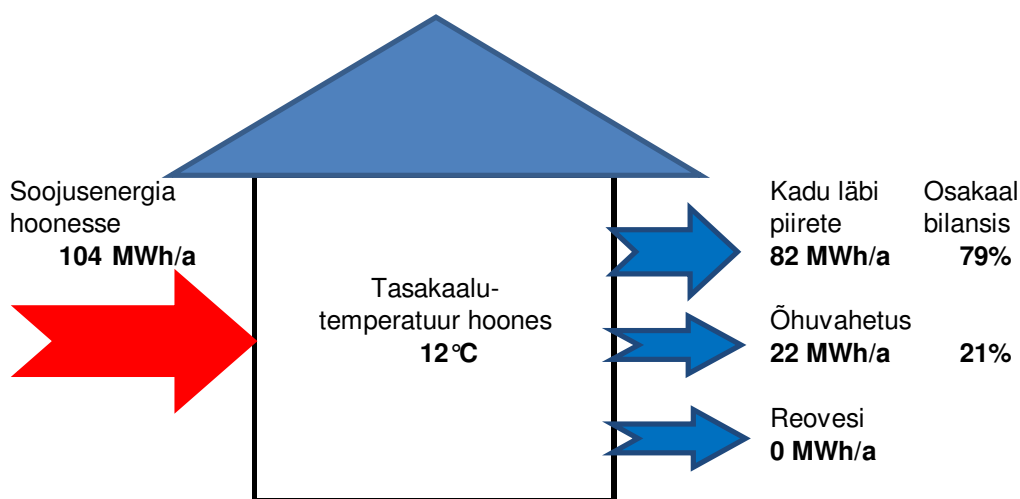
4.2 Kokkuvõte

Käesolevas töös on analüüsitud Kehtna alevikus, Staadioni 3 asuva hoone tänast energiakasutust ning uuritud võimalusi kokkuhoiuks.

Töö tulemusena selgus, et hoone tänast keskmist aastast soojusenergiakasutust 194 MWh on võimalik energeetilise saneerimise teel alandada maksimumprogrammi raames kuni väärtuseni 104 MWh/a. Sellise kokkuhoiu saavutamiseks on vajalik koguinvesteering suurusjärgus 171 tuhat eurot ja tänaste soojusenergia hindade juures on lihttasuvusaeg 21 aastat.

Hoones energeetilise täissaneerimisejärgne soojusenergia kasutamise üldine visuaalne jaotus:

Joonis 12



Hoones energeetilise täissaneerimisejärgne soojusenergia kasutamise eeldatav energiabilanss:

Tabel 19

Hoone soojusbilanss	Energia sisse	Energia välja
Soojusenergia tarbimine, MWh/a	104	
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete, MWh/a		82
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks, MWh/a		22
Kokku	104	104
Õhuvahetuse kordarv, 1/h	0,50	
Tasakaalutemperatuur, °C	12	

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

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 eksploatatsioonis 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
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

6.2. Sisekliima mõõtmistulemused

Tabel L 1

Mõõtmiskoht	Sisetemperatuur	Süsihappegaas, CO ₂ mahukonsentratsioon õhus	Suhteline õhuniiskus
	$^\circ\text{C}$	ppm	%
Korter 1	21-22	797	33
Korter 6	22-23	1208	46
Korter 14	20-21	1057	59
Korter 20	18-19	881	29
Korter 22	21-22	731	32

6.3. Soojusenergia tarbimisandmed

Tabel L 2

Mõõdetud soojus (kaugküte)			
Energia			
MWh	2009	2010	2011
Jaauar	32	45	35
Veebruar	32	38	37
Märts	27	30	27
Aprill	15	16	15
Mai	2	5	5
Juuni			
Juuli			
August			
September	2	3	1,1
Oktoober	17	15	13
November	21	23	17
Detsember	33	37	23
Kokku	181	212	173

6.4. Tarbevee tarbimisandmed

Tabel L 3

m ³	Kogu tarbevesi		
	2009	2010	2011
Jaanuar	131	135	107
Veebruar	148	143	98
Märts	126	128	85
Aprill	162	123	99
Mai	104	121	95
Juuni	121	119	113
Juuli	120	113	100
August	124	116	101
September	114	149	106
Oktoober	119	100	73
November	111	127	86
Detsember	112	102	91
Kokku	1492	1476	1154

Tabel L 4

m ³	Tsentraalne soe vesi		
	2009	2010	2011
Jaanuar			
Veebruar			
Märts			
Aprill			
Mai			
Juuni			
Juuli			
August			
September			
Oktoober			
November			
Detsember			
Kokku			

Märkus: hoones puudub tsentraalne sooja tarbevee valmistamise süsteem

6.5. Elektrienergia tarbimisandmed

EE teatis 15.02.2012

Tabel L 5

kWh	Korterite elekter		
	2009	2010	2011
Jaanuar	9 293	8 163	7 077
Veebruar	7 714	6 199	6 890
Märts	7 110	7 454	7 417
Aprill	6 307	4 962	5 867
Mai	6 625	6 244	4 642
Juuni	6 309	5 346	4 881
Juuli	5 263	4 660	4 154
August	7 277	4 873	4 668
September	6 407	6 133	5 169
Oktoober	7 298	6 537	5 653
November	7 392	7 085	6 103
Detsember	7 885	6 921	7 241
Kokku	84 880	74 577	69 762

Tabel L 6

kWh	Üldelekter		
	2009	2010	2011
Jaanuar	890	919	909
Veebruar	862	858	904
Märts	900	892	609
Aprill	826	907	892
Mai	128	446	353
Juuni	73	52	44
Juuli	53	54	56
August	75	53	55
September	93	232	157
Oktoober	853	915	881
November	919	945	890
Detsember	813	879	884
Kokku	6 485	7 152	6 634