

Tellija:
Tellija kontaktisik:
Aadress:

Tel.:
E-post:



Euroopa Liit
Euroopa
Regionaalarengu Fond



Eesti tuleviku heaks

ENERGIAAUDIT



, Viiratsi vald, Viljandimaa
24- korteriga elamu

Auditeerimise aeg: 15.04.2011
Aruanne esitatud: 20.05.2011

Auditeerija ettevõte:
Aadress:
Reg. Nr.
Tel.:
E-post:
Energiaaudiitor:
Vastutav energiaaudiitor:

Allkiri:

Pärnu 2011

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 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 Sokkel	15
3.1.4 Aknad	16
3.1.5 Välisüksed.	16
Hoone tehnosüsteemid	17
3.2 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid	17
3.3 Küttesüsteem	18
3.4 Elektriseadmed	18
3.5 Ventilatsioonisüsteem	19
3.6 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus	20
3.7 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid	21
4. Kokkuvõte säästumeetmetest	23
4.1 Säästumeetmete paketid	23
4.2 Kokkuvõte	27
5. Kasutatud allikad	28
6. Lisad	29
6.1. Kasutatud mõõteseadmed	29
6.2. Soojusenergia tarbimisandmed	29
6.3. Tarbevee tarbimisandmed	30
6.4. Elektrienergia tarbimisandmed	31
6.5. Hoone termograafilise ülevaatusse aruanne ja fotod	32

Sissejuhatus

Käesolevas energiaauditi aruandes on esitatud _____, Viiratsi vallas 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 energiaauditi juhendmaterjal. Energiakasutuse analüüsimiseks on kasutatud korteriühistu esindaja poolt kogutud ja edastatud hoone tarbimisandmeid aastatel 2008-2010. Hoone seisukorra täpsemaks määramiseks on teostatud aprillis 2011 hoone visuaalne ja termograafiline ülevaatus.

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

Hoones on mõõdetud summaarset elektritarbimist ning veetarbimist kuude kaupa. Tarbitud biokütuse (halupuit) kogus on arvestatud aastase summaarse tarbitud kütusekoguse järgi. Hoonet varustatakse kütteenergiaga lokaalse katlamaja baasil toimiva vesikeskküttesüsteemi 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 hinnapakumised küsida lähtudes rekonstrueerimisprojektist, mis annab adekvaatse aluse ka tööde omanikujärelevalve korraldamiseks.

Objekti ülevaatusel abistas audiitorit korteriühistu esindajana _____. Korteriühistu, kui lõpptarbija seisukohalt on säästupotentsiaal, energiahinnad kõik kulutused auditis arvestatud koos käibemaksuga. Parendustööde lihttasuvusaja arvutamisel on lähtutud lähiaastate prognoositavast kütuse maksumusel põhinevast soojusenergiast 60 € (~900 kr) /MWh.

1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest

Käesolevas peatükis on esitatud kokkuvõte korterelamu energiaauditi koostamise tulemustest. Soojuseenergia keskmine kogukulu aastatel 2008-2010 on arvestuslikult 269 MWh/a.

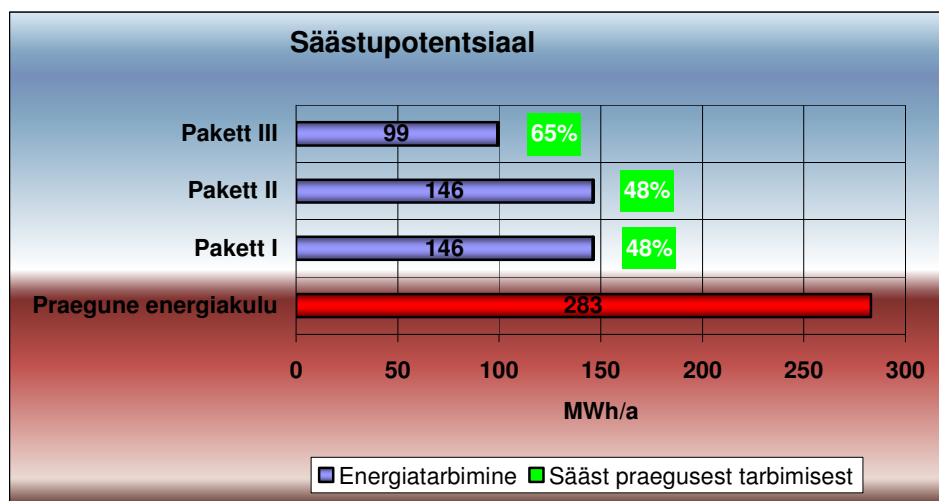
Normaalaastale taandatud kolme viimase täisaasta soojusenergia keskmine kulu on 283 MWh/a ja lähtuvalt hoone köetavast pinnast 1792 m² (eluruumid ja trepikojad) on normaalaasta keskmine soojusenergia eritarbimine pinnaühikule 158 kWh/m².

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 pööninglagi, külgseinad ja sokliosia. Vanad aknad vahetatakse uute vastu. Õhuvahetus intensiivistatakse optimaalsele tasemele. Soojussõlm varustatakse kütteautomaatikaga, küttesüsteem seadistatakse hoone renoveerimisjärgse soojusvajaduse järgi. Investeering on ca. 102 tuhat € ning aastane sääst on 137 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 12 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 48%. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.
- Teise paketi realiseerimise käigus soojustatakse hoone pööninglagi, külgseinad ja sokliosia. Vanad aknad vahetatakse uute vastu. Õhuvahetus intensiivistatakse optimaalsele tasemele. Keldritorustike soojusisolatsiooni parendatakse. Soojussõlm varustatakse kütteautomaatikaga, küttesüsteem seadistatakse hoone renoveerimisjärgse soojusvajaduse järgi. Maja küttesüsteem varustatakse individuaalsete soojuskulumõõteseadmetega. Investeering on ca. 109 tuhat € ning aastane sääst on 137 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 13 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 48%. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.
- Kolmas pakett sisaldab hoone rekonstrueerimist, mille käigus soojustatakse hoone pööninglagi, külgseinad ja sokliosia. Vanad aknad vahetatakse uute vastu. Soojussõlme paigaldatakse kütteautomaatikaseadmed. Hoones ehitatakse välja uus täielikult reguleeritav ja individuaalsete soojuskulumõõtjatega varustatud kahetoruküttesüsteem. Hoonesse paigaldatakse energiatagastusega ventilatsioonisüsteem. Investeering on ca 173 tuhat € ning aastane sääst on 184 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 16 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 65%. 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 Viljandimaal, Viiratsi vallas, Uusna külas

2.2 Hoone üldandmed

Tabel 1

Hoone aadress:	Viljandi maakond,
EHR kood:	
Ehitusaasta:	1980
Hoone kasutamise otstarve:	Muu kolme või enama korteriga elamu
Ehitisalune pind (EHR), m ² :	781
Suletud netopind (EHR), m ² :	2170
Minimaalne korruste arv:	3
Maksimaalne korruste arv:	3
Hoone maht (EHR), m ³ :	8314
Köetav pind, m ² :	1788
Eluruumide pind (EHR), m ² :	1567,6
Mitteeluruumide pind (EHR), m ² :	0
Ruumide köetav sisekubatuur, m ³ :	4469
Kortrite arv:	24
Tubade arv:	68
Elanike arv:	60
Keldri olemasolu:	Jah
Pööningu olemasolu:	Jah

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

2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd

Tabel 2

Aasta	Tööde nimetus ja maht
Jooksvalt	Korterite vanade puitakende vahetamine pakettakende vastu. Uusi aknaid on 58 % hoone akende pindalast
2007	Otsaseinte soojustamine, uute välisuste paigaldamine

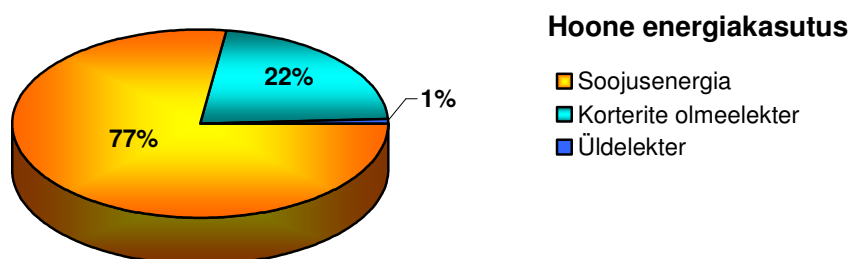
2.4 Energia- ja veevarustuse üldiseloomustus

Tabel 3

Soojusenergia tarnija:	-
Põhiline kütteviis:	Lokaalne katlamaja
Kasutatav kütus:	Kütus – halupuit
Küttesüsteemi põhimõtteline lahendus:	Altjaotusega kahetorusüsteem
Kütte automaatika	Käsijuhtimine
Küttesüsteemi üldise soojuskulu mõõtur:	-
Soojuskulu mõõtmine korteromandites:	-
Tarbevee tarnija:	AS Viljandi Veevärk
Veevarustuse liik:	Tsentraalselt asulavõrgust
Olmekanalisisatsioon:	Juhitakse tsentraalsesse asulavõrku
Sooja tarbevee valmistamine:	Lokaalsed elektriboilerid
Sooja tarbevee arvestus:	-
Ventilatsiooni liik:	Loomulik: õhu sissepääs ventilatsiooniavadeist ja akendest/ustest ning väljatõmme ventilatsioonilõõride kaudu
Kodugaasi tarbimine ja tarnija	Puudub
Elektrienergia tarnija:	Eesti Energia AS
Elektrivõrgu pinge:	3x400 V

Hoones viimasel kolmel aastal tarbitud soojusenergia ning üldelekter ja korterite olmeelekter kokku jagunevad alljärgnevalt:

Joonis 2



2.5 Soojusenergia kulu

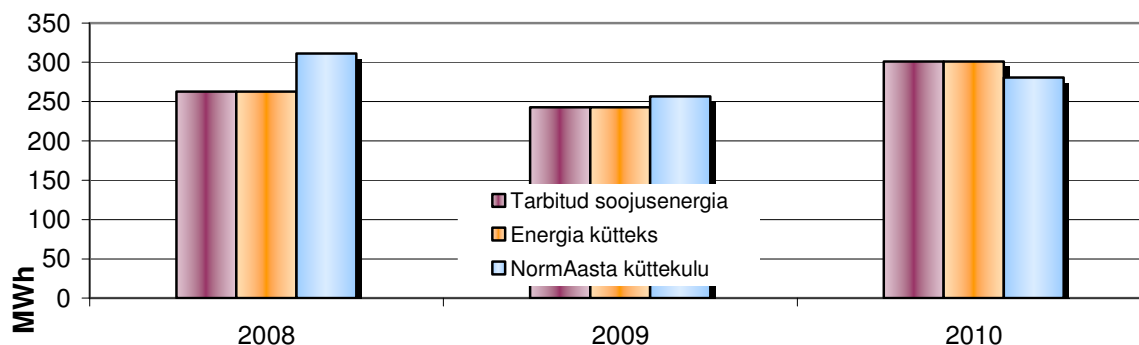
Tabel 4

Soojusenergia tarbimine	2008	2009	2010	Keskmine	Ühik
Soojustarbimine, arvutuslik (lokaalküte)	263	243	301	269	MWh/a
Soojustarbimine kütteks	263	243	301	269	MWh/a
Kraadpäevade võtmepiirkond	Tartu				
Kraadpäevade arv	3629	4064	4608		°C d
Normaalaasta kraadpäevade arv	4295				°C d
Normaalaastale vastav soojustarbimine	311	257	281	283	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	174	143	157	158	kWh/m ² ·a
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	199	164	179	180	kWh/m ² ·a
Kütte- ja ventilatsioonenergia eritarbimine köetava pinna kohta	174	143	157	158	kWh/m ² ·a

Kütteenergia tarbimise graafikud

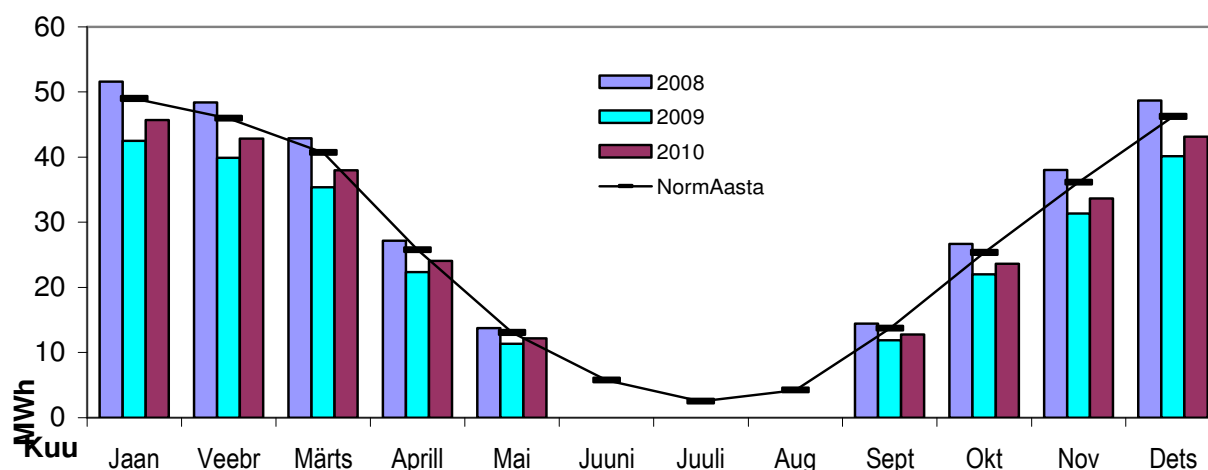
Joonis 3

Energiatarbimine aastate lõikes



Joonis 4

Taandatud kütteenergia kulu kuude lõikes



Kraadpäevade abil on välistemperatuuri muutuste mõju elimineeritud, tarbimine on kuude ja aastate lõikes erinev. Põhjuseks on soojussõlme kütteautomaatika puudumine, soojusväljastuse käsijuhtimine ei taga piisava täpsusega hoone varustamist soojusenergiaga vastavalt hoone muutuvale kütteenergiavajadusele.

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

Hoone niiskuseežiimi parandamiseks on soovitatav sügisel kütmist alustada pigem varem ja tugevamalt, kui välistemperatuur seda eeldab (tagamaks niiskuse väljakuivamine piiretest).

Edaspidistes arvutustes on kasutatud hoone aastase energiavajadusena küttele ja ventilatsioonile viimase kolme aasta keskmist normaalaastale teisendatud energiavajadust 283 MWh/aastas.

2.6 Elektrienergia kulu

Tabel 5

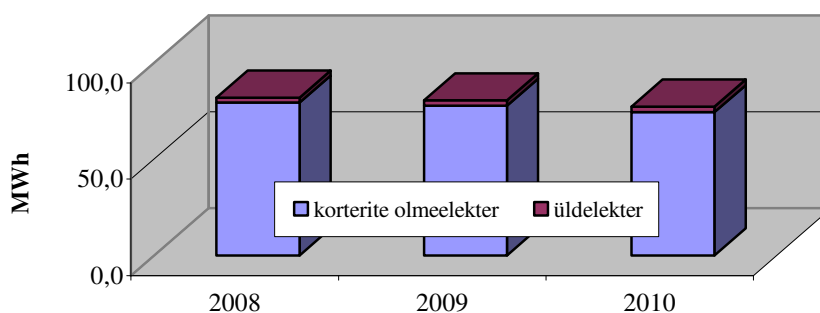
Elektrienergia tarbimine	2008	2009	2010	Keskmine	Ühik
Elektrienergia tarbimine (üldelekter)					
Elektrienergia tarbimine	2,7	2,8	3,0	2,8	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	1,5	1,6	1,6	1,6	kWh/m ² ·a
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	1,7	1,8	1,9	1,8	kWh/m ² ·a
Elektrienergia tarbimine (korterid)					
Elektrienergia tarbimine	79,2	77,6	74,3	77,0	MWh/a
Elektrienergia sooja tarbevee valmistamiseks	33,5	32,2	31,3	32,3	MWh/a
Elektrienergia tarbimine olmelisteks vajadusteks	45,7	45,4	43,0	44,7	MWh/a
Olmeelektri eritarbimine köetava pinna kohta	25,5	25,3	24,0	24,9	kWh/m ² ·a
Olmeelektri eritarbimine eluruumide pinna kohta	29,1	28,9	27,4	28,5	kWh/m ² ·a

Üldelektri tarbimine moodustab kogu elektritarbimisest keskmiselt 4% ja sellest omakorda 91% on soojuskeskuse seadmete tarbimine. Võimalusi üldelektri tarbimise vähendamiseks auditi käigus ei leitud.

Hoones tarbitava koguelektrienergia proportsionaalne jaotus on järgmine:

Joonis 5

Elektritarve



Korterite olmeelektritarbimine on vaadeldava perioodi jooksul väheneva iseloomuga. Soovitatav on seadmete valikul eelistada säästlikumaid lahendusi, vältimaks elektrienergia kasutamise kasvutrendi. Olmeelektri arvestuslik statistiline keskmine eritarbimine eluruumide pinna kohta on 30-35 kWh/m²·a ja antud hoones on see näitaja keskmisest mõnevõrra madalamal tasemel.

2.7 Vee kulu

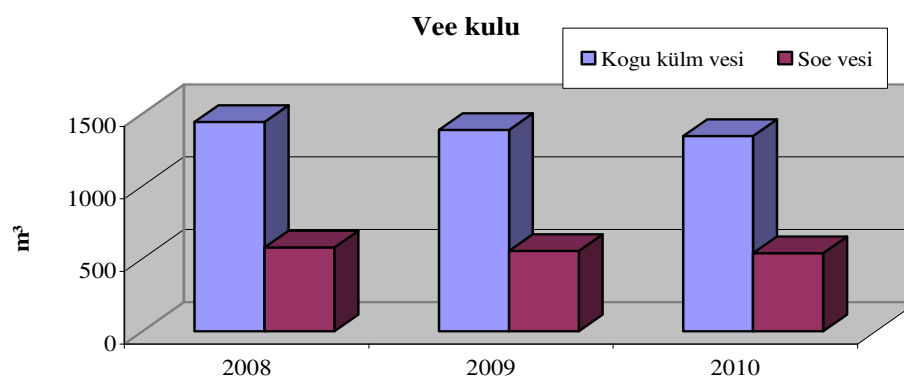
Tabel 6

Tarbevee kulu	2008	2009	2010	Keskmine	Ühik
Tarbevesi	1444	1388	1346	1393	m ³ /a
-erikulu köetava pinna kohta	0,81	0,77	0,75	0,78	m ³ /(m ² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	0,92	0,89	0,86	0,89	m ³ /(m ² a)
Soe tarbevesi	578	555	538	557	m ³ /a
-erikulu köetava pinna kohta	0,32	0,31	0,30	0,31	m ³ /(m ² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	0,37	0,35	0,34	0,36	m ³ /(m ² a)
Elektri kulu vee soojendamiseks	33,5	32,2	31,3	32,34	MWh/a

Kogu veetarbimine kortermajas on 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 tunduvalt madalamal tasemel ja 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 17 °C. Kõik soojuskadude arvutused on tehtud tuginedes normaalaasta 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	164	0,30	49	5
Külgliseinad	1075	0,80	860	85
Pööninglagi	711	0,50	356	35
Aknad vanad	132	2,50	330	33
Aknad uued	184	1,50	276	27
Välisuksed	34	1,70	57	6
I korruse põrand	711	0,44	311	31
		Kokku	2239	221

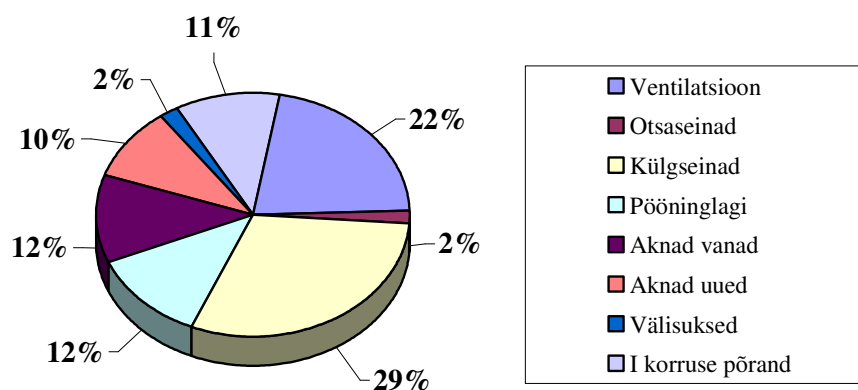
Alltoodud õhuvahetuse kordarv on leitud hoone kui terviku jaoks ja on kütteperioodi keskmine väärtus.

Tabel 8

Hoone soojusbilanss	Energia sisse	Energia välja
Soojusenergia tarbimine, MWh/a	283	
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete, MWh/a		221
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks, MWh/a		62
Kokku	283	283
Õhuvahetuse kordarv, 1/h	0,41	
Tasakaalutemperatuur, °C	17	

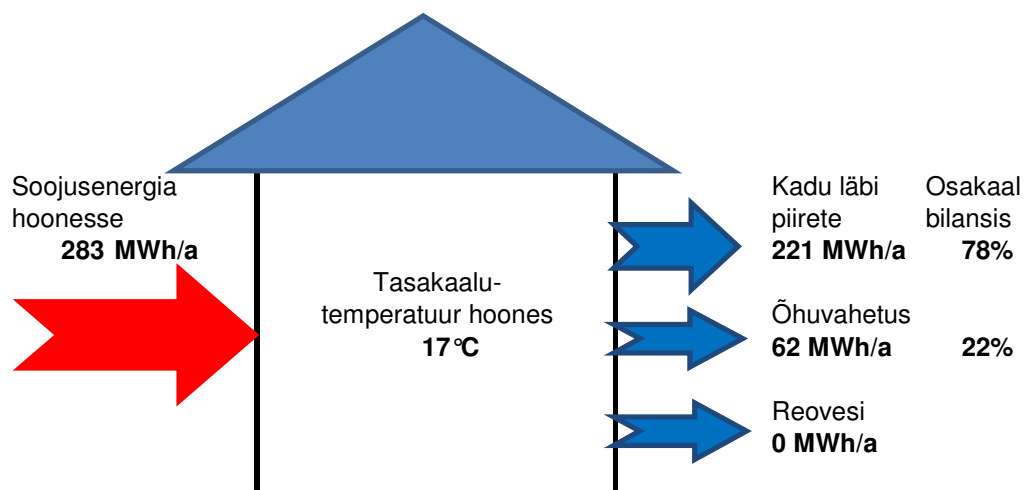
Hoones tarbitava soojusenergia proportsionaalne jaotus vastavalt kaoliikide kaupa:

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				221			106	115	89 000	13
Pööninglagi	R/b paneel, soojustus ehitusaegne	711	0,50	35	Lisasoojustus 300 mm	0,12	8	27	5 000	3
Külgseinad	Tellis, väikeplokk	1075	0,80	85	Lisasoojustus 140 mm	0,21	22	63	55 000	15
Aknad vanad	42%,hoone ehitusaegsed aknad	132	2,50	33	Asendamine uute pakettakendega	1,10	14	18	20 200	18
I korruse põrand	Vundamendiplokid, r/b paneelid	711	0,44	31	Sokli lisasoojustus 80 mm	0,34	24	7	8 800	21
Otsaseinad	Tellis, väikeplokk, soojustus 100mm	164	0,30	5	Tarindit ei renoveerita	0,30	5			
Välisüksed	Metalluksed, pakettaknaga	34	1,70	6	Tarindit ei renoveerita	1,70	6			
Aknad uued	2 klaasiga pakettaknad, plastikraamiga	184	1,50	27	Tarindit ei renoveerita	1,50	27			

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

3.1.1 Pööninglagi

Lähtuvalt termograafilise ülevaatus põhjal teostatud kaudsest hinnangust ning hoone piirdekonstruktsiooni analüüsist, jääb hoone pööninglae soojusjuhtivus suurusjärku $U=0,4...0,5 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, 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, s.o. $U_{\max}=0,18 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$).

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

Pööninglae osa puhul on suhteliselt lihtne kasutada soojustusena puistevilla. Vältimaks soojustuskihi kahjustamist, tuleb pööninglael võimalikesse liikumiskohtadesse rajada käiguteed.

NB! Vältimaks sadevete sattumist soojustuskihti ja laepiirdesse tuleb enne pööninglae soojustuse paigaldamist kontrollida olemasoleva katusekatte olukorda ning vajadusel renoveerida ka katus.

3.1.2 Välisseinad

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 2007. Lähtuvalt hoone termograafilise ülevaatus põhjal teostatud kaudsest hinnangust ning piirdekonstruktsiooni analüüsist, jääb hoone soojustatud otsaseinte soojusjuhtivus suurusjärku $U\sim 0,3 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$. Otsaseinte soojuspidavuse viimine täielikult vastavusse normväärtusega eeldab vähemalt 40 mm välise 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 termograafilise ülevaatus põhjal teostatud kaudsest hinnangust ning piirdekonstruktsiooni analüüsist, jääb hoone soojustamata külgliseinte soojusjuhtivus suurusjärku $U\sim 0,8...1,0 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$. Nimetatud välisseinte normijärgse soojuspidavuse saavutamine eeldab vähemalt 140 mm välise täiendava lisasoojustuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\max}=0,04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) kasutamist hoone renoveerimisel.

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 Sokkel

Soojakaod läbi põranda, vundamendi ja sokli võetakse arvesse esimese korruse põranda efektiivse soojusjuhtivuse kaudu, mis on arvutatud vastavalt standardile EVS EN ISO 13370:2008 ja mille väärtuseks antud hoone puhul on $U=0,44 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$. Lähtuvalt hoone termograafilise ülevaatus põhjal teostatud kaudsest hinnangust ning piirdekonstruktsiooni analüüsist, jääb hoone sokliosa soojusjuhtivus suurusjärku $U=1,3...1,5 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$. Keldri soojakadusid saab vähendada sisetemperatuuri alandamise teel ehk siis keldritorustike isoleerimise abil. Keldris hoitava sisetemperatuuri puhul peab jälgima, et keldritemperatuur ei

langeks liigselt (alla 10°C), mille tulemusena tekib ebamugavus esimese korruse korterites. Keldri välisjahtumise vähendamine on võimalik seoses sokli välisjahtumise vähendamisega. Lähtudes keldri sisetemperatuurist 10°C , on otstarbekas sokliosa soojusjuhtivus $U_{\max}=0,45 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$. Sokliosa soojuspidavuse normväärtuse tagamine eeldab $\sim 80 \text{ mm}$ välise lisasoojustuse paigaldamist (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\max}=0,045 \text{ W/m}\cdot\text{K}$).

NB! Antud kalkulatsioonid lähtuvad üksnes sokliosa soojuslikust režiimist. Kuivõrd hoone vundament ja sokkel on pinnaseniiskuse seisukohalt kriitilises piirkonnas asuv konstruktsiooniosa, on tuleb sokliosa soojustamine kindlasti läbi analüüsida koos projekteerijaga, et vältida soojustamisest tuleneda võivaid, niiskusrežiimi muutumisest tingitud, probleeme. Äärmiselt oluline on ka vihmavee efektiivne eemalejuhtimine vundamendist, vältimaks sadevete sattumist piirdesse ja keldriruumidesse.

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 kardinat 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 $1,1 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$). Ülevaatusel ajaks oli kortermaja akendest 58% vahetatud.

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

Puitakende ebatihedus on olnud loomuliku ventilatsiooniga majade värske õhu sissevoolu kanaliks, mis kaasaegsete akende (nii plast- kui ka puitraamiga aknad) paigaldamise tagajärjel kaob. Ebapiisava ventilatsiooni tagajärjel tõuseb ruumide niiskusesisaldus, mis soojustamata seintel niiskusekahjustusi ja lõpuks ka hallitust põhjustavad. Seepärast on uute akende paigaldamisel vaja jälgida, et ventilatsiooniõhu sissepääs oleks tagatud (tuulutusklaappidega aknaraamid või ventilatsiooniavad seinas). Õhuvahetus peab toimuma mitte läbi juhuslike pilude, vaid selleks ettenähtud moodusel ja reguleeritavalt.

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

3.1.5 Välisüksed.

Lähtuvalt hoone termograafilise ülevaatusel põhjal teostatud kaudsest hinnangust, on välisuste keskmine soojusjuhtivus suurusjärgus $U\sim 1,7 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$. Soojuskadu läbi antud piirdeosa oleks võimalik vähendada uste vahetamisel soojapidavamate vastu ($U\approx 0,75 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$). Arvestades aga asjaoluga, et ukSED on tehniliselt heas seisukorras, on välisuste väljavahetamine ainult energiasäästu seisukohast siiski kriitilise tasuvusega investeering.

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

Hoone tehnosüsteemid**Tabel 10**

Osa nimetus	Kirjeldus	Hinnang olukorrale ja parendusettepanekud
Hoone soojusvarustus		
Küttesüsteemi tüüp	Altjaotusega kahetorusüsteem	
Soojussõlm	Segamissõlm	
Soojussõlm paigaldatud	-	
Soojussõlme automaatika	Käsijuhtimine	
Küttesüsteemi ajamitega reguleeriviinid	Puudub	
Küttesüsteemi soojusallikas	Tahkekütusekatel	Seadme võimsus 200 kW
Küttesüsteemi ringluspump	Grundfos UPC 50-120	Pumba võimsus 590 W
Katla ringluspump	Grundfos UPS 32-80 180	Pumba võimsus 245 W
Küttesüsteemi paisupaagid	200 liitrit	
Soojuse arvesti	-	
Sooja tarbevee valmistamine	Lokaalsed elektriboilerid	

Torude isolatsioon		
Soojussõlm	Villkoorikud	
Kaugküttetorustik	-	
Magistraaltorud	Villkoorikud ja mineraalvill, ruberoid kattega	Korrastada, katta villkoorikutega, kihipaksusega vähemalt 30 mm
Küttepüstikute torud	Villkoorikud ja mineraalvill, ruberoid kattega	Korrastada, katta villkoorikutega, kihipaksusega vähemalt 30 mm
Soojavee torustik	-	
Küttesüsteem		
Küttekehad	Malmribiradiaatorid	
Tasakaalustusventiilid	Puuduvad	Paigaldada ja seadistada vastavalt tasakaalustusprojektile
Radiaatoriventilid	Paigaldatud	

3.2 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid

Külm tarbevesi saadakse kohalikust asulavõrgust tsentraalselt. Tarnija on AS Viljandi Veevärk. Soe tarbevesi valmistatakse lokaalsete elektriboileritega korterites. Hoone tarbeveetorustikud on töökorras.

Olmekanalisatsioon juhitakse asulavõrku. Hoonesisene torustik on töökorras.

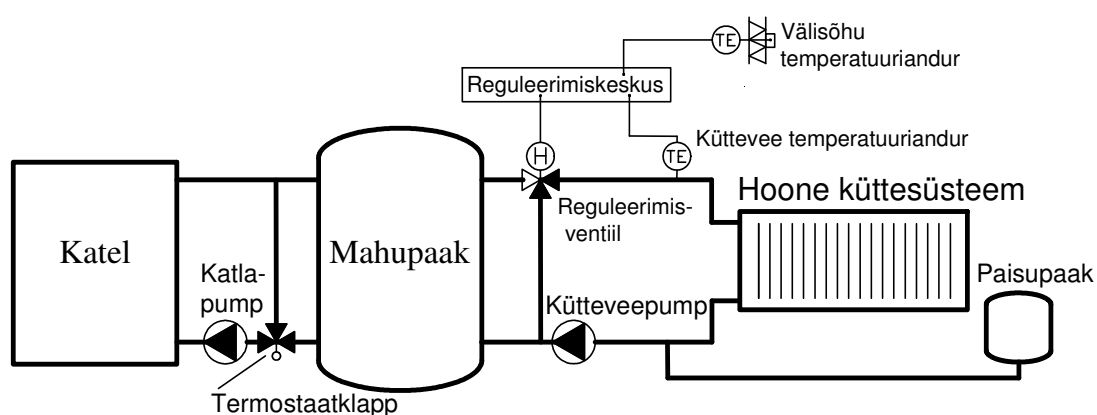
3.3 Küttesüsteem

Hinnang küttesüsteemi toimivusele.

Hoone varustamine kütteenergiaga toimub lokaalse katelseadme baasil toimiva keskküttesüsteemi abil. Paigaldatud on tahkekütusel töötav katelseade (katla võimsus 200 kW). Soojussõlmes puudub kütteautomaatika, kütteeve temperatuurireguleerimine toimub käsijuhtimise teel. Käsijuhtimine ei võimalda piisava täpsusega hoone soojusenergiaga varustamist hoone tegeliku küttevajaduse järgi.

Võimaldamaks hoone kvaliteetsemat varustamist kütteenergiaga tuleb soojussõlm varustada kütteautomaatikaseadmetega (küttejühtimisplakk, välistemperatuuriandur, reguleerventiil koos täiturmootoriga).

Kütteautomaatikaga varustatud katlakeskuse põhimõtteline skeem:



Olemasolevad küttemagistraalid on visuaalse vaatluse põhjal antud hinnangu kohaselt rahuldavas seisukorras, isolatsioon on valdavalt hoone ehitusaegne mineraalvill ruberoidkattega, osaliselt on torustikele paigaldatud villkoorikud. Vähendamaks küttemagistraalide jahtumiskadusid optimaalse tasemeni, peab kogu torustik olema kaetud vähemalt 30 mm paksuste villkoorikutega. Korterite sisetemperatuurid kõiguvad suurtes piirides, mis viitab küttesüsteemi tasakaalustamatusele. Lahenduseks on küttesüsteemi horisontaalne tasakaalustamine.

Võimaldamaks küttesüsteemi häälestamist vastavalt korterite soojusvajadusele tuleb paigaldada püstikutele tasakaalustusventiilid.

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

Kütteradiaatorid on ühendatud kahetorusüsteemis, kasutusel on hoone ehitusaegsed malmribiradiaatorid. Küttekehadele on paigaldatud termostaatventiilid.

Alternatiiviks olemasoleva küttesüsteemi täiustamisele on uue reguleerimiseseadmetega varustatud kahetorusüsteemi väljaehitamine. Selline rekonstrueerimine on otstarbekas siis, kui kütetorustiku amortiseerumise tõttu on vajalik ulatuslikult torustikku ja küttekehi asendada.

3.4 Elektriseadmed

Hoone on ühendatud Eesti Energia AS elektrivõrguga. Üldelektri tarbijaks on soojuskeskuse- ja üldvalgustusseadmed. Visuaalsel ülevaatusel ei tuvastatud elektrisüsteemis puudusi.

3.5 Ventilatsioonisüsteem

Korterite ebapiisava õhuvahetuse esmaseks indikaatoriks on kõrgenenud toaõhu niiskus, mis külmadele seintele kondenseerudes tekitab niiskuskahjustusi ja hallitust. Vähemtajutav on toaõhku kontsentreeruvad CO₂ ja muud elutegevusega kaasnevad jääkained, millises keskkonnas pideval viibimisel on oht tervisekahjustuste tekkeks.

Hoone ülevaatuse ajal teostatud sisekliima mõõtmiste põhjal jäi külastatud korterites CO₂ sisaldus ruumiõhus kvaliteetset õhuvahetust näitava piirväärtuse (1000 ppm) lähedale või üle selle. Samas ka hoone energiabilansist tulenev õhuvahetuse kordarv 0,41 1/h näitab, et hoone tervikuna on kütteperioodide vältel olnud alaventileeritud. Kvaliteetse sisekliimaga eluruumide optimaalseks õhuvahetuskordsuseks loetakse 0,5 1/h.

Ventilatsioonisüsteem on hoone ehitusaegne ja loomuliku väljatõmbega.

Välisõhu juurdevool oli ette nähtud toimuma läbi ventilatsioonirestide ning akende ja uste ebatiheduste. 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. Pakettakendesse on soovitav paigaldada reguleeritavad tuulutuspilud või eemaldada ilma tuulutuspiludeta akendelt ülaservast osa tihendist, et luua võimalus loomuliku ventilatsiooni pidevaks toimimiseks. Ühe lahendusena paigaldatakse eluruumidesse siirduva ventilatsiooniõhu kontrollitud juhtimiseks hoone välisseintesse reguleeritavad värskeõhuklapid.

Nõuetekohase ventilatsiooni tagamisel kulub värske õhu soojendamiseks ca. 75 MWh/a, (praeguse alaventileerituse olukorras on soojusenergiakulu õhuvahetusele ~ 62 MWh/a). Seega õhuvahetuse intensiivistamisel (ilma soojustagastusest tehnilised lahendused) tuleb arvestada asjaoluga, et suurenevad kütteenergiakulud siseneva külma värske välisõhu soojendamiseks.

Energia 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 õhutradte ja ventilatsiooniagregaate 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 valmistamise süsteemi.

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

3.6 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	4 300 €	14	849	5	20
Küttesüsteem	Keldri magistraalitorude isoleerimine	2 700 €	5	601	4	30
Küttesüsteem	Individuaalne küttekulude arvestussüsteem	4 900 €	14	849	6	30
Küttesüsteem	Soojussõlme kütteautomaatika paigaldus	1 000 €	12	738	1	30
Ventilatsiooni-süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskõhuklapid, vent. lõõride puhastamine)	6 800 €	-13,0	-780		30
Tehnilised komplekslahendused						
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	34 000 €	24	1449	23	40
Ventilatsiooni-süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine	43 400 €	36	2175	20	30

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

Küttepüstikute seadistamiseks on kõigepealt vaja koostada tasakaalustusprojekt, mille alusel saab hoone püstikute seadeventiilid paigaldada ning välja häälestada ja ka üle mõõta.

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 l/h) õhuvahetuse tagamisel praeguse olukorraga (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 valmistamise süsteemi. Tabelis 11 arvatud säästuväärtus aastas ventilatsioonienergiatagastusele on arvestatud olukorrale, kus korterites on eelnevalt tagatud optimaalne (0,5 l/h) õhuvahetuskordsus. Konkreetne tehniline lahendus sõltub antud hoone eripärasid ja võimalusi arvestades ning ka omanike soovist lähtuvalt.

3.7 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid

Normaalse elutegevuse käigus tekib ja kasutatakse energiat, mille allikaks on inimesed, kodumasinad, elektrivalgustus ja päikesekiirgus. Seda lisaenergiat nimetatakse vabasoojuseks ja selle energia kasutamine on sõltumatu välistemperatuurist.. Hoone energiakaod tasakaalutemperatuurist kuni ruumi siseõhu temperatuurini kaetakse vabasoojusega ja välist küttenegiat vajatakse alles siis, kui välisõhu keskmine temperatuur on langenud alla hoone tasakaalutemperatuuri. Vabaenergia katab hoone energiavajadusest seda suurema osa, mida paremini on hoone soojustatud. Tasakaalutemperatuur langeb peale hoone renoveerimist, mille kaudu tekitab täiendav energiasääst.

Hoone vabasoojuse arvutamisel on lähtutud järgmistest algandmetest:

Tabel 12

Köetav pind	1792	m ²
Eluruumide pind	1568	m ²
Elanike arv	60	
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
Jaanuar	0,8	1,4	3,3	4,5		9,3	12,5
Veebruar	1,7	3,0	3,0	4,2		10,2	15,2
Märts	4,4	7,9	3,3	4,1		15,4	20,6
Aprill	4,5	8,1	3,2	3,8		15,1	20,9
Mai	5,6	10,0	3,3	3,4		16,7	22,5
September	3,4	6,1	3,2	3,4		12,7	17,7
Oktoober	1,6	2,9	3,3	4,0		10,2	13,7
November	0,7	1,3	3,2	4,1		8,6	11,9
Detsember	0,3	0,5	3,3	4,6		8,5	11,4
Kokku	23,0	41,2	29,5	36,0		106,7	Keskmine
Vabasoojus eluruumide pinna kohta, kWh/m²						68,0	16,3

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. Antud hoone soojuskeskuses puuduvad automaatsed küttereguleerimisseadmed, mistõttu võib vabasoojuse kasutusteguriks lugeda 0,4.

Tabel 14

	Ühik	Praegune olukord	Säästumeetmed		
			Pakett I	Pakett II	Pakett III
Arvutuslik vabasoojuskooormus, Φ_{VS}	kW	16,3	16,3	16,3	16,3
Vabasoojuse kasutustegur		0,4	0,7	0,7	0,7
Kasutatav vabasoojuskooormus, Φ_{VS}	kW	6,5	11,4	11,4	11,4
Erisoojuskaod läbi välispiirete, H_{vp}	kW/°C	2,24	1,07	1,07	1,07
Õhuvahetuskordaja, n	1/h	0,41	0,50	0,50	0,50
Erisoojuskaod õhuvahetusele, H_{vent}	kW/°C	0,62	0,75	0,75	0,39
Erisoojuskaod kokku, $H=H_{vp}+H_{vent}$	kW/°C	2,86	1,83	1,83	1,46
Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt, $\Delta t_{vs} = \Phi_{vs} / H$	°C	2,3	6,2	6,2	7,8
Tasakaalutemperatuur, t_B	°C	17	14	14	12

Hoone arvutuslikuks tasakaalutemperatuur 17°C lähtub eeldusest, et maja kogu köetava mahu keskmine temperatuur on $\approx 19^\circ\text{C}$.

4. Kokkuvõte säästumeetmetest

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

4.1 Säästumeetmete paketid

Säästumeetmete pakett I – sisaldab vajalikke meetmeid, et muuta elamistingimused kogu hoones ühtlasemaks ning saavutades sealjuures ka energiasäästu. Soojustatakse hoone pööninglagi, külgeseinad ja sokliosa. Vanad aknad vahetatakse uute vastu. Õhuvahetus intensiivistatakse vajalikule tasemele. Soojussõlm automatiseeritakse, küttesüsteemi seadistamine toimub hoone renoveerimisjärgse küttevajaduse järgi. Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 14 °C (eeldatud on keskmise sisetemperatuuri tõusu 20 kraadini).

Tabel 15

t_B = 14 °C	Säästumeetmete pakett I	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Pööninglagi	Lisasoojustus 300 mm	5 000 €				30
Külgeseinad	Lisasoojustus 140 mm	55 000 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	20 200 €				30
I korruse põrand	Sokli lisasoojustus 80 mm	8 800 €				30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	4 300 €				20
Ventilatsiooni- süsteem	intensiivistus (vent.lõõridepuhastus, värskõhuklapid)	6 800 €				30
Küttesüsteem	Soojussõlme kütte- automaatika paigaldus	1 000 €				30
Kokku		101 100 €	137	8 216	12	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 146 MWh/a, saavutatav kütteenergiäsääst on 48% paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ning ühtlasi saavutatakse korterites kvaliteetne sisekliima.

Võttes arvesse ka hoones aastal 2007 teostatud renoveerimistöid (otsaseinte soojustamine), on paketi realiseerimise tulemusena saavutatav kogu kütteenergiäsääst 50% renoveerimiseelse tarbimisega võrreldes.

Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 81 kWh/m²a.

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

Säästumeetmete pakett II – hoone energeetiline saneerimine, mille käigus soojustatakse hoone põõninglagi, külgseinad ja sokliosa. Vanad aknad vahetatakse uute vastu. Õhuvahetus intensiivistatakse vajalikule tasemele. Keldri kütetorustike isolatsioon korrastatakse. Soojussõlm automatiseeritakse, küttesüsteemi seadistamine toimub hoone renoveerimisjärgse küttevajaduse järgi. Küttesüsteem varustatakse individuaalsete soojuskulumõõteseadmetega. Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 14°C (eeldatud on keskmise sisetemperatuuri tõusu 20 kraadini).

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
Põõninglagi	Lisasoojustus 300 mm	5 000 €				30
Külgseinad	Lisasoojustus 140 mm	55 000 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	20 200 €				30
I korruse põrand	Sokli lisasoojustus 80 mm	8 800 €				30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	4 300 €				20
Küttesüsteem	Individuaalne küttekulude arvestussüsteem	4 900 €				30
Küttesüsteem	Keldri magistraaltorude isoleerimine	2 700 €				30
Küttesüsteem	Soojussõlme kütteautomaatika paigaldus	1 000 €				30
Ventilatsiooni-süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskõhuklapid, vent. lõõride puhastamine)	6 800 €				30
Kokku		108 700 €	137	8 216	13	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 146 MWh/a, saavutatav kütteenergiasääst on 48% paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ning ühtlasi saavutatakse korterites kvaliteetne sisekliima.

Võttes arvesse ka hoones aastal 2007 teostatud renoveerimistöid (otsaseinte soojustamine), on paketi realiseerimise tulemusena saavutatav kogu kütteenergiasääst 50% renoveerimiseelse tarbimisega võrreldes.

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

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

Säästumeetmete pakett III — hoone energeetiline saneerimine, mille käigus soojustatakse hoone põõninglagi, külgseinad ja sokliosa. Vanad aknad vahetatakse uute vastu. Soojussõlm automatiseeritakse. Küttesüsteem rekonstrueeritakse uue täielikult reguleeritava ja individuaalsete soojuskulumõõteseadmetega varustatud kahetoruküttesüsteemina. Hoonesse paigaldatakse energiatagastusega ventilatsioonisüsteem. Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 12°C (eeldatud on keskmise sisetemperatuuri tõusu 20 kraadini).

Tabel 17

t_B = 12 °C	Säästumeetmete pakett III	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Põõninglagi	Lisasoojustus 300 mm	5 000 €				30
Külgseinad	Lisasoojustus 140 mm	55 000 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	20 200 €				30
I korruse põrand	Sokli lisasoojustus 80 mm	8 800 €				30
Küttesüsteem	Individuaalne küttekulude arvestussüsteem	4 900 €				30
Küttesüsteem	Soojussõlme kütteautomaatika paigaldus	1 000 €				30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	34 000 €				40
Ventilatsiooni- süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine	43 400 €				30
Kokku		172 300 €	184	11 031	16	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 99 MWh/a, saavutatav kütteenergiasääst on 65 % paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ja ühtlasi saavutatakse hoonetes kvaliteetne sisekliima.

Võttes arvesse ka hoonetes aastal 2007 teostatud renoveerimistöid (otsaseinte soojustamine), on paketi realiseerimise tulemusena saavutatav kogu kütteenergiasääst 66% renoveerimiseelse tarbimisega võrreldes.

Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 55 kWh/m².a.

Hoone saavutab peale kõigi renoveerimistööde kompleksset teostamist eeldatavalt energiamärgise klassi B (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	283		
1.1	Soojusenergia hind	€/MWh	60		
1.2	Aastane rahakulu maja kütmiseks	€/a	16976		
1.3	Aastane küttekulu eluruumide pinna kohta	€/m²a	10,83		
2.	<u>Rekonstrueerimistöde pakett</u>		Pakett I	Pakett II	Pakett III
2.1	Hinnanguline investeeringumaht	EUR	101 100	108 700	172 300
2.2	Rekonstrueerimistoetus		15%	25%	35%
2.3	Omafinantseering pangalaenuga	EUR	85 935	81 525	111 995
2.4	Aastane laenu tagasimakse 10 a laenuga	€/a	10 441	9 905	13 607
2.5	Aastane laenu tagasimakse eluruumide pinna kohta	€/m²a	6,66	6,32	8,68
2.6	Aastane laenu tagasimakse 20 a laenuga	€/a	6 249	5 928	8 144
2.7	Aastane laenu tagasimakse eluruumide pinna kohta	€/m²a	3,99	3,78	5,20
3.	<u>Pärast rekonstrueerimist</u> normaalaasta soojusenergia vajadus küttele ja ventilatsioonile	MWh/a	146	146	99
3.1	Aastane rahakulu maja kütmiseks	€/a	8 759	8 759	5 944
3.2	Aastane küttekulu eluruumide pinna kohta	€/m²a	5,59	5,59	3,79
3.3	Maksekoormus (küte+laenu tagasimakse) 10a laenuga	€/a	19 200	18 665	19 552
3.4	Maksekoormus eluruumide pinna kohta	€/m²a	12,25	11,91	12,47
3.5	Maksekoormus (küte+laenu tagasimakse) 20a laenuga	€/a	15 009	14 688	14 088
3.6	Maksekoormus eluruumide pinna kohta	€/m²a	9,57	9,37	8,99
3.7	Maksekoormuse muutus 10 a laenuga	€/m²a	1,42	1,08	1,64
3.8	Maksekoormuse muutus 20 a laenuga	€/m²a	-1,25	-1,46	-1,84

Analüüsist ilmneb, et kõige suuremat kogusäästu kujuneb III paketi realiseerimisel, kui sealjuures kasutada ka 35%-list renoveerimistoetust.

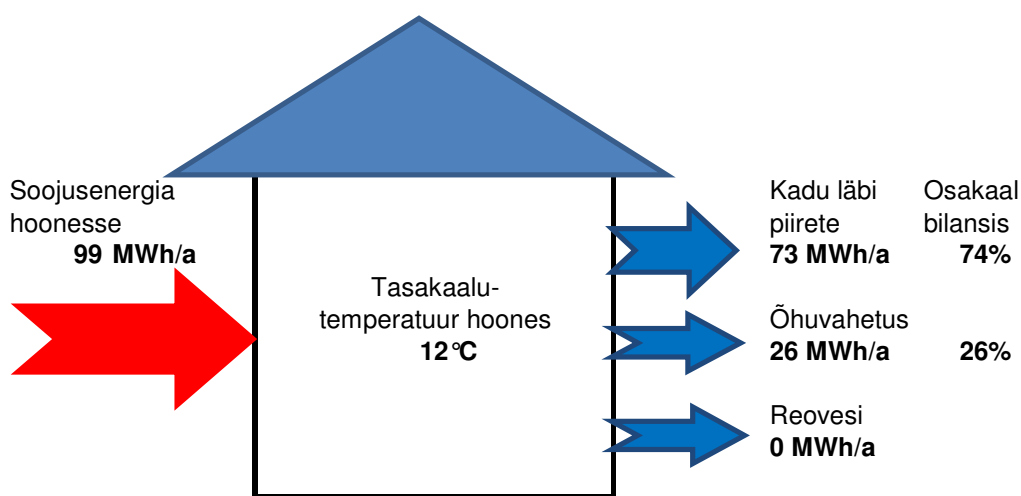
4.2 Kokkuvõte

Käesolevas töös on analüüsitud Uusna külas, Uusna 34 asuva hoone tänast energiakasutust ning uuritud võimalusi kokkuhoiuks.

Töö tulemusena selgus, et hoone tänast keskmist aastast soojusenergiakasutust 283 MWh on võimalik energeetilise saneerimise teel alandada maksimumprogrammi raames kuni väärtuseni 99 MWh/a. Sellise kokkuhoiu saavutamiseks on vajalik koguinvesteering suurusjärgus 173 tuhat eurot ja tänaste soojusenergia hindade juures on lihttasuvusaeg 16 aastat.

Hoones energeetilise täissaneerimisejärgne soojusenergia kasutamise üldine visuaalne jaotus:

Joonis 9



Hoones energeetilise täissaneerimisejärgne soojusenergia kasutamise eeldatav energiabilanss:

Tabel 19

Hoone soojusbilanss	Energia sisse	Energia välja
Soojusenergia tarbimine, MWh/a	99	
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete, MWh/a		73
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks, MWh/a		26
Kokku	99	99
Õhuvahetuse kordarv, 1/h	0,50	
Tasakaalutemperatuur, °C	12	

Lisaks olulisele energiakulu vähenemisele on hoone energeetilise täissaneerimise tulemusena võimalik oluliselt 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 „Renoveeritud ja vähemalt üks aasta ekspluatatsioonis olnud elamute ehitusfüüsikalise olukorra uuring“ lõpparuanne. TTK, 2010
 7. Eesti Kraadpäevad - Kredex <http://www.kredex.ee/esk/?id=1411>
-

6. Lisad

6.1. Kasutatud mõõteseadmed

Tabel L1

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

6.2. Soojusenergia tarbimisandmed

Tabel L 2

Arvutatud soojus (lokaalküte)			
Energia			
MWh	2008	2009	2010
Jaanuar	42	39	64
Veebruar	35	38	46
Märts	38	35	38
Aprill	22	20	21
Mai	15	10	10
Juuni			
Juuli			
August			
September	16	7	12
Oktoober	20	25	26
November	33	27	33
Detsember	42	42	52
Kokku	263	243	301

6.3. Tarbevee tarbimisandmed

Tabel L 3

m ³	Kogu tarbevesi		
	2008	2009	2010
Jaanuar	122	121	110
Veebruar	133	102	102
Märts	109	113	111
Aprill	117	121	119
Mai	126	119	110
Juuni	113	118	103
Juuli	124	111	119
August	123	114	111
September	112	115	108
Oktoober	123	120	112
November	116	110	117
Detsember	126	124	124
Kokku	1444	1388	1346

Tabel L 4

m ³	Tsentraalne soe vesi		
	2008	2009	2010
Jaanuar			
Veebruar			
Märts			
Aprill			
Mai			
Juuni			
Juuli			
August			
September			
Oktoober			
November			
Detsember			
Kokku			

Märkus: hoones puudub tsentraalne sooja tarbevee valmistamise süsteem

6.4. Elektrienergia tarbimisandmed

Tabel L 5

kWh	Korterite elekter		
	2008	2009	2010
Jaanuar	7 459	7 037	7 257
Veebruar	7 525	6 466	6 359
Märts	6 491	6 715	6 894
Aprill	6 324	6 672	6 614
Mai	6 391	6 196	5 710
Juuni	5 527	6 118	5 431
Juuli	5 867	5 361	4 953
August	6 150	5 851	4 988
September	6 165	5 997	5 786
Oktoober	6 792	6 987	6 361
November	6 855	6 569	6 827
Detsember	7 678	7 638	7 086
Kokku	79 224	77 607	74 266

Tabel L 6

kWh	Üldelekter		
	2008	2009	2010
Jaanuar	380	412	528
Veebruar	375	362	410
Märts	192	180	254
Aprill	174	169	294
Mai	93	94	60
Juuni	51	52	60
Juuli	92	106	23
August	65	68	52
September	93	91	96
Oktoober	283	321	278
November	363	368	362
Detsember	564	621	533
Kokku	2 725	2 844	2 950