



ENERGIAAUDIT



Changed with the DEMO VERSION of CAD-KAS PDF-Editor (<http://www.cadkas.com>).

89- korteriga elamu

Auditeerimise aeg: 14.02.2012

Aruanne esitatud: 06.03.2012

Allkiri:

Pärnu 2012

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	11
2.7 Vee kulu	12
2.8 Hoone soojusbilanss	13
3. Hinnang hoone energiakasutuse kohta, säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus	15
3.1 Hoone piirdetarindid	15
3.1.1 Katuslagi	16
3.1.2 Välisseinad	17
3.1.3 I korruse põrand/ sokkel	17
3.1.4 Aknad	19
3.1.5 Välisüksed.	19
3.2 Hoone tehnosüsteemid	20
3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid	21
3.4 Küttesüsteem	22
3.5 Elektroseadmed	23
3.6 Ventilatsioonisüsteem	23
3.7 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus	25
3.8 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid	26
4. Kokkuvõte säästumeetmetest	28
4.1 Säästumeetmete paketid	28
4.2 Kokkuvõte	32
5. Kasutatud allikad	33
6. Lisad	34
6.1. Kasutatud mõõteseadmed	34
6.2. Soojusenergia tarbimisandmed	34
6.3. Tarbevee tarbimisandmed	35
6.4. Elektrienergia tarbimisandmed	36
6.5. Hoone termograafilise ülevaatuse aruanne ja fotod	37

Changed with the DEMO VERSION of CAD-KAS PDF-Editor (<http://www.cadkas.com>).

Sissejuhatus

Käesolevas energiaauditi aruandes on esitatud Tallinnas linnas asuva 5-korruselise 89 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 2009-2011. Hoone seisukorra täpsemaks määramiseks on teostatud veebruaris 2012 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 soojusenergiatarbimist, elektritarbimist ning veetarbimist kuude kaupa. Hoonet varustatakse kütteen energiaga kaugkütte baasil toimiva vesikeskküttesüsteemi abil. Soe tarbevesi valmistatakse tsentraalselt hoone soojuskeskuses. 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 hr. Alari Arro. Korteriühistu, kui lõpptarbija seisukohalt on säästupotentsiaal, energiahinnad kõik kulutused auditis arvestatud koos käibemaksuga. Parendustööde lihttasuvusaja arvutamisel on lähtutud prognoositavast soojusenergiast 75 €/MWh.

1. Auditi tulemuste kokkuvõte ja ülevaade säästuettepanekutest

Käesolevas peatükis on esitatud kokkuvõte korterelamu energiaauditi koostamise tulemustest. Soojuseenergia keskmine kogukulu aastatel 2009-2011 on mõõdetud 848 MWh/a.

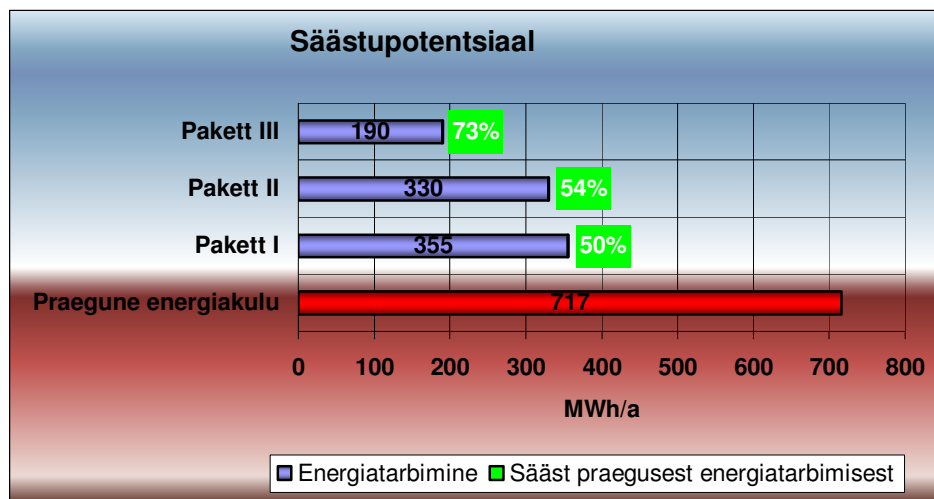
Normaalaastale taandatud kolme viimase täisaasta soojusenergia keskmine kulu on 863 MWh/a ja lähtuvalt hoone köetavast pinnast 4769 m² (eluruumid ja trepikojad) on normaalaasta keskmine soojusenergia eritarbimine pinnaühikule 181 kWh/m².

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 katuslagi, kõik välisseinad ja sokliosid. Vanad aknad vahetatakse uute pakettakende vastu. Õhuvahetus intensiivistatakse optimaalsele tasemele. Küttesüsteem seadistatakse hoone renoveerimisjärgse soojusvajaduse järgi. Investeering on ca. 246 tuhat € ning aastane sääst on 361 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 9 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 50%. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.
- Teise paketi realiseerimise käigus soojustatakse hoone katuslagi, kõik välisseinad ja sokliosid. Vanad aknad vahetatakse uute vastu. Õhuvahetus intensiivistatakse optimaalsele tasemele. Keldrimagistraalid isoleeritakse. Kõikidele kütteradiaatoritele paigaldatakse termostaatventiilid ning küttesüsteem seadistatakse hoone renoveerimisjärgse soojusvajaduse järgi. Maja küttesüsteem varustatakse individuaalsete soojuskulumõõteseadmetega. Investeering on ca. 301 tuhat € ning aastane sääst on 386 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 10 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 54%. Paketi realiseerimise tulemusena saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.
- Kolmas pakett sisaldab hoone rekonstrueerimist, mille käigus soojustatakse hoone katuslagi, kõik välisseinad ja sokliosid. Vanad aknad vahetatakse uute vastu. Hoones ehitatakse välja uus, täielikult reguleeritav ja individuaalsete soojuskulumõõtjatega varustatud kahetoruküttesüsteem. Hoonesse paigaldatakse energiatagastusega ventilatsioonisüsteem. Investeering on ca 475 tuhat € ning aastane sääst on 527 MWh/a. Lihttasuvusaeg on ligikaudu 12 aastat ning energiasääst paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes on 73%. 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

2.2 Hoone üldandmed

Tabel 1

Changed with the DEMO VERSION of CAD-KAS PDF-Editor (<http://www.cadkas.com>).

Hoone aadress:	
EHR kood:	
Ehitusaasta:	1967
Hoone kasutamise otstarve:	Muu kolme või enama korteriga elamu
Ehitisalune pind (EHR), m ² :	1082
Suletud netopind (EHR), m ² :	5665,1
Minimaalne korruste arv:	5
Maksimaalne korruste arv:	5
Hoone maht (EHR), m ³ :	17037
Köetav pind, m ² :	4769
Eluruumide pind (EHR), m ² :	4357,1
Mitteeluruumide pind (EHR), m ² :	0
Ruumide köetav sisekubatuur, m ³ :	12399
Kortrite arv:	89
Tubade arv:	211
Elanike arv:	200
Keldri olemasolu:	Jah
Pööningu olemasolu:	Ei

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

2.3 Varem läbiviidud rekonstrueerimis/renoveerimistööd

Tabel 2

Aasta	Tööde nimetus ja maht
Jooksvalt	Vanade puitakende vahetamine uute pakettakende vastu. Uusi aknaid on 82 % hoone akende kogupindalast

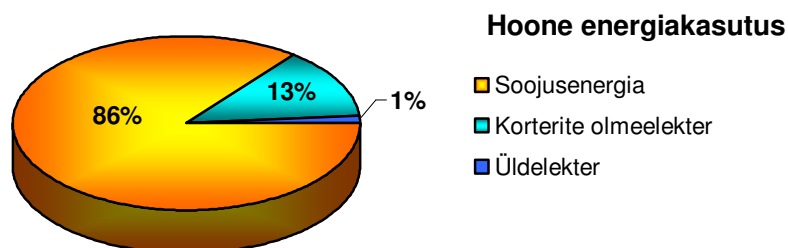
2.4 Energia- ja veevarustuse üldiseloostus

Tabel 3

Soojusenergia tarnija:	Tallinna Küte AS
Põhiline kütteviis:	Kaugküte
Kasutatav kütus:	Maagaas
Küttesüsteemi põhimõtteline lahendus:	Sõltumatu ühendusega altjaotusega ühetorusüsteem
Kütte automaatika	Honeywell
Küttesüsteemi üldise soojuskulu mõõtur:	Kamstrup Multical
Soojuskulu mõõtmine korteriomandites:	Puudub
Tarbevee tarnija:	Tallinna Vesi AS
Veevarustuse liik:	Tsentraalselt linnavõrgust
Olmekanaliseerimine:	Juhitakse tsentraalsesse linnavõrku
Sooja tarbevee valmistamine:	Tsentraalselt soojuskeskuses
Sooja tarbevee arvestus:	Lokaalsed veekulumõõtjad korterites
Ventilatsiooni liik:	Loomulik: õhu sissepääs akendest/ustest ning väljatõmme ventilatsioonilõõride kaudu
Kodugaasi tarbimine ja tarnija	Puudub
Elektrienergia tarnija:	Eesti Energia AS
Elektrivõrgu pingeline:	3x400 V
Liitumispunkti peakaitse	3x200 A

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

Joonis 2



2.5 Soojusenergia kulu

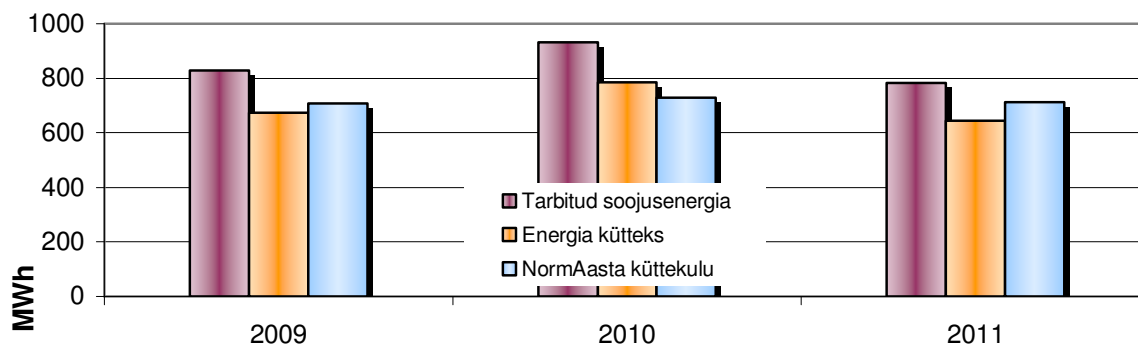
Tabel 4

Soojusenergia tarbimine	2009	2010	2011	Keskmine	Ühik
Soojustarbimine, moodetud (kaugküte)	828	932	783	848	MWh/a
Soojuskulu tarbevee soojendamiseks	154	147	138	147	MWh/a
Soojustarbimine kütteks	674	785	644	701	MWh/a
Kraadpäevade võtmepiirkond	Tallinn				
Kraadpäevade arv	4336	4920	4121		°C d
Normaalaasta kraadpäevade arv	4562				°C d
Normaalaastale vastav soojustarbimine	863	875	852	863	MWh/a
Soojuse keskmine tariif/hind	60,9	63,7	67,8	64	€/MWh
Kulutused soojusele	50380	59397	53052	54276	€/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	181	183	179	181	kWh/m ² ·a
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	198	201	195	198	kWh/m ² ·a
Kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta	149	153	150	150	kWh/m ² ·a

Kütteenergia tarbimise graafikud

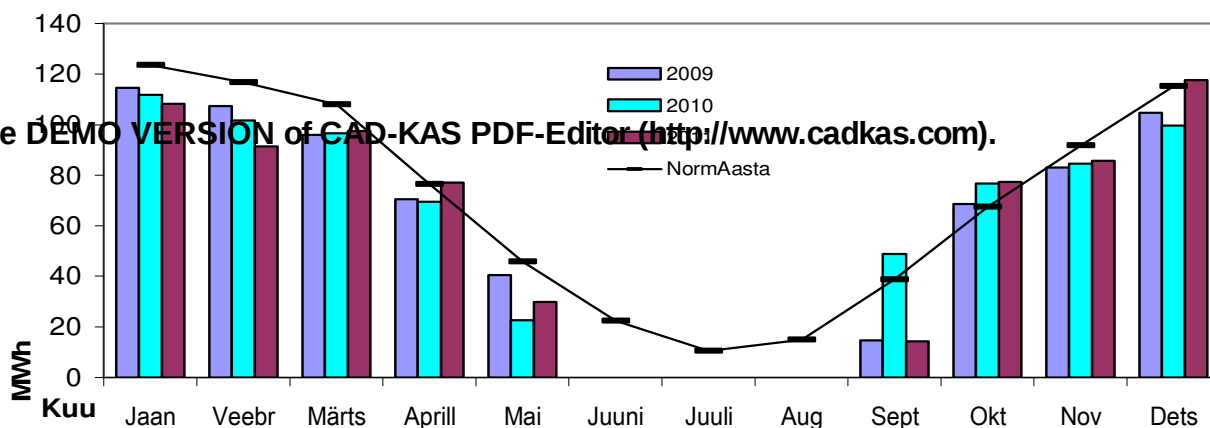
Joonis 3

Energiatarbimine aastate lõikes



Joonis 4

Taandatud kütteenergia kulu kuude lõikes

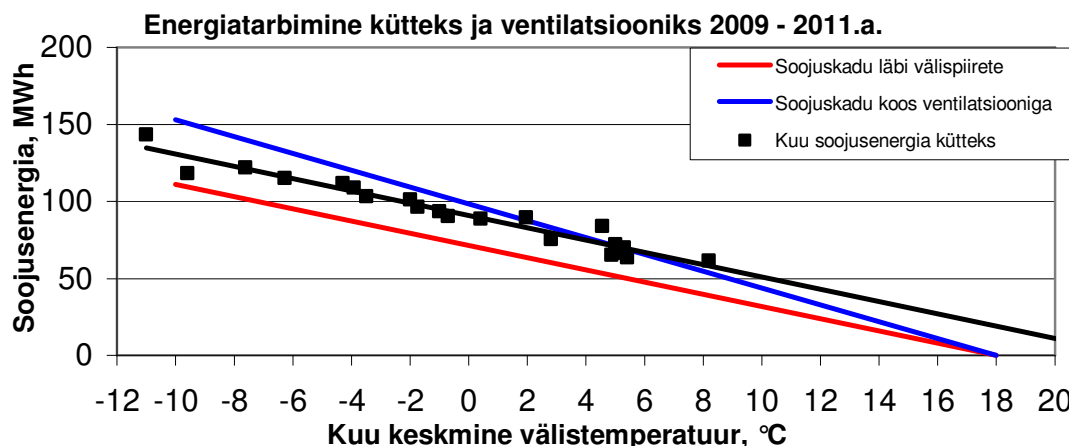


Kraadpäevade abil on välistemperatuuri muutuste mõju elimineeritud, tarbimine on kuude ja aastate lõikes suhteliselt stabiilne. Joonisel 4 markeerib „NormAasta“ kütteenergia kulu graafik hoone arvutuslikku energiavajadust küttele ja ventilatsioonile. „NormAasta“ nivoost kõrgemat energiatarbimist markeerivad tulbad näitavad maja ülekütmist antud perioodil ja madalamad tulbad tähendavad vaegkütmist. Soojussõlmest väljastatav soojushulk ei vasta piisava täpsusega hoone muutuvale kütteenergiavajadusele.

Maja soojustarbimise kõikumised on suhteliselt väikesed, mis näitab et kütteautomaatika on töökorras. Soojusenergia tarbimist reguleeritakse kütteautomaatika abil vastavalt välistemperatuurile 2-punkti graafiku alusel.

Kütteautomaatika seadistuse sobivust maja energiatarbimisele saab hinnata energiatarbimise graafiku järgi (Joonis 5).

Joonis 5



Vastavalt soojussõlme seadistusele on soojemal ajal ehk välisõhu kõrgemate temperatuuridega perioodil hoone ülekõetud, külmal ajal on maja aga mõnevõrra alakõetud.

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 tekke. Kütteperioodi viitamine ei anna tegelikult energiasäästu, sest niiskunud piirdekonstruktsioonide suuremad soojakaod võivad ületada kütmise viivitamisest saadava kokkuhoiu. Seevastu kevadkuudel (aprill, mai), kui päikese vabasoojus küttele olulist lisa annab on soovitatav energiasäästule enam panustada. Kuna radiaatoritel puuduvad termostaatventiilid, siis on praegusel hetkel see osa vabasoojusest hoones kasutamata jäänud.

Hoone energiabilansi põhjal tehtud analüüs näitab, et hoone tervikuna on kütteperioodide vältel olnud nii üle kui ka alakõetud, samal ajal jääb hoone ventileeritus mõningal määral allapoole vastavat normväärtust.

Edaspidistes arvutustes on kasutatud hoone aastase energiavajadusena küttele ja ventilatsioonile viimase kolme aasta keskmist normaalaastale teisendatud energiavajadust 717 MWh/aastas.

2.6 Elektrienergia kulu

Tabel 5

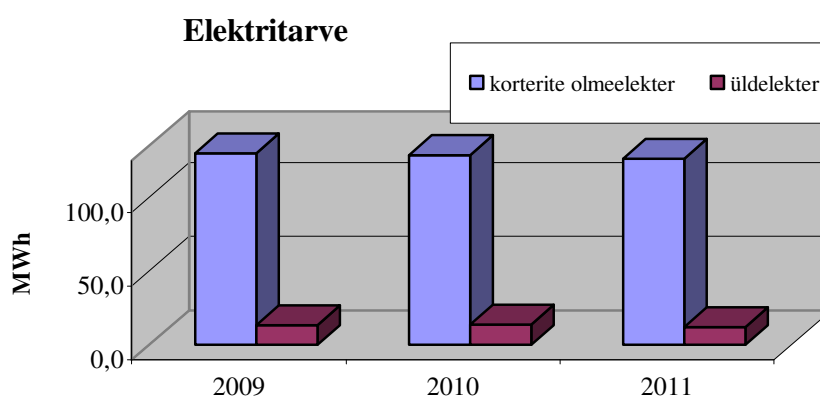
Elektrienergia tarbimine	2009	2010	2011	Keskmine	Ühik
Elektrienergia tarbimine (üldelekter)					
Elektrienergia tarbimine	13,2	13,7	12,1	13,0	MWh/a
Eritarbimine köetava pinna kohta	2,8	2,9	2,5	2,7	kWh/m ² ·a
Eritarbimine eluruumide pinna kohta	3,0	3,1	2,8	3,0	kWh/m ² ·a
Elektrienergia maksumus	643	651	344	546	€/a
Elektrienergia tarbimine (korterid)					
Elektrienergia tarbimine	130,2	128,8	126,4	128,5	MWh/a
Elektrienergia tarbimine olmelisteks vajadusteks	130,2	128,8	126,4	128,5	MWh/a
Olmeelektri eritarbimine köetava pinna kohta	27,3	27,0	26,5	26,9	kWh/m ² ·a
Olmeelektri eritarbimine eluruumide pinna kohta	29,9	29,6	29,0	29,5	kWh/m ² ·a
Elektrienergia maksumus	11130	11780	11644	11518	€/a

Changed with the DEMO VERSION of CAD-KAS PDF-Editor (<http://www.cadkas.com>).

Üldelektri tarbimine moodustab kogu elektritarbimisest keskmiselt 9%, millest omakorda 39% kulub soojussõlme seadmetele. Võimalusi üldelektri tarbimise vähendamiseks auditi käigus ei leitud.

Hoones tarbitava koguelektrienergia proportsionaalne jaotus on järgmine:

Joonis 6



Korterite olmeelektritarbimine on vaadeldava perioodi vältel 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 hinnanguliselt keskmisega samal tasemel.

2.7 Vee kulu

Tabel 6

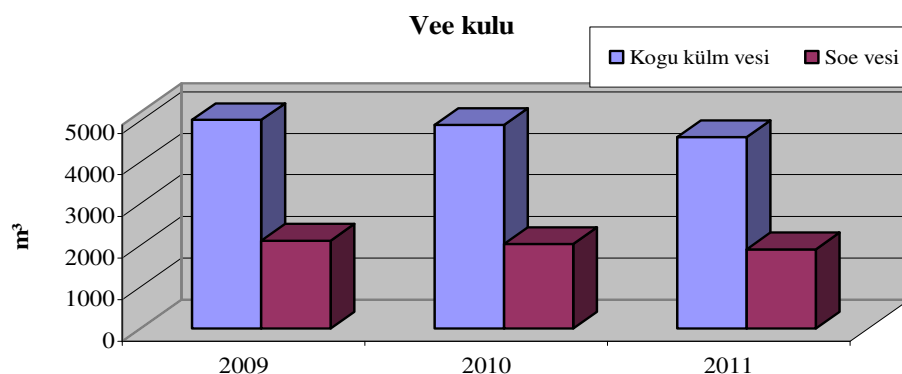
Tarbevee kulu	2009	2010	2011	Keskmine	Ühik
Tarbevesi	5026	4909	4610	4848	m ³ /a
-erikulu köetava pinna kohta	1,05	1,03	0,97	1,02	m ³ /(m ² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	1,15	1,13	1,06	1,11	m ³ /(m ² a)
Vee hind	2,09	2,08	2,08	2,08	€/m ³
Vee eest tasutud	10488	10226	9607	10107	€/a
Soe tarbevesi	2123	2036	1912	2024	m ³ /a
-erikulu köetava pinna kohta	0,45	0,43	0,40	0,42	m ³ /(m ² a)
-erikulu eluruumide pinna kohta	0,49	0,47	0,44	0,46	m ³ /(m ² a)
Soojuse kulu vee soojendamiseks	154	147	138	147	MWh/a
Soojuse tariif/hind	60,9	63,7	67,8	64	€/MWh
Otsesed kulud tsentraalselt sooja vee tootmiseks	9388	9382	9386	9385	€/a

Kogu veetarbimine kortermajas on vaadeldaval perioodil väheneva iseloomuga. Soe tarbevesi valmistatakse tsentraalselt hoone soojuskeskuses plaatsoojusvaheti abil.

Changed with the DEMO VERSION of CAD-KAS PDF-Editor (<http://www.cadkas.com>).

Soe tarbevesi moodustab kogu veekasutusest keskmiselt 42%, 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 mõnevõrra madalamal tasemel ning sõltub ilmselt nii leibkondade koosseisust kui ka tarbimisharjumustest.

Joonis 7



2.8 Hoone soojusbilanss

Hoones tarbitud soojusenergia, elektrienergia ja inimeste elutegevuse tagamiseks vajalik ning sellega kaasnev energia (vabaenergia) moodustavad hoone energiabilansi ühe poole. Soojakaod läbi välispiirete, kanalisatsiooni lastud reovesi ja ventilatsiooniks vajaliku õhu soojendamise energiakulu moodustavad hoone energiabilansi teise poole. Soojakadude arvutamisel on oluline arvestada hoone tasakaalutemperatuuri, mis antud juhul on vabaenergia arvutuste ja soojusenergia kasutamise kaudu määratud 18 °C. Kõik soojuskadude arvutused on tehtud tuginedes normaalaasta Tallinna piirkonna kraadpäevade arvule. Hoone iga välispiirde osa jahtumises ja kogu soojusenergia kadu läbi välispiirete on toodud alljärgnevas:

Tabel 7

Piirde nimetus	Pindala	Soojus-juhtivus, U	Erisoojus-kadu, H_{vp}	Soojuskadu aastas
	m ²	W/m ² °C	W/°C	MWh
Otsaseinad	300	1,30	390	38
Külgliseinad	1805	1,30	2346	230
Katuslagi	1081	0,65	703	69
Aknad vanad	164	2,50	411	40
Aknad uued	772	1,50	1157	114
Välisukse	30	1,70	52	5
I korruse põrand	1081	0,42	451	44
		Kokku	5510	541

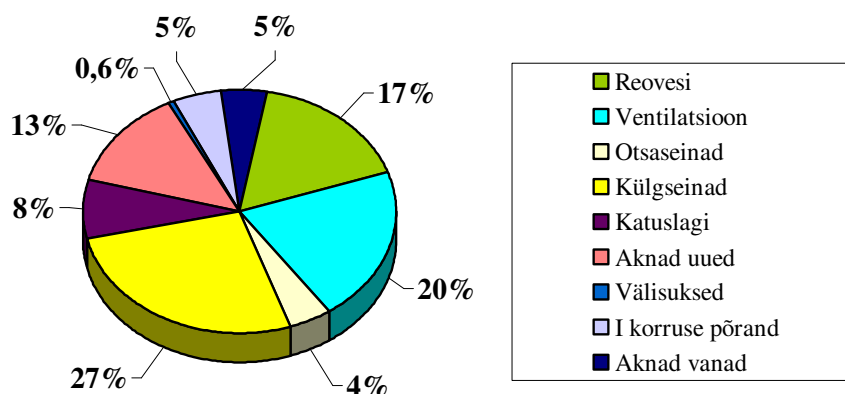
Alltoodud õhuvahetuse kordarv on leitud hoone kui terviku jaoks ja on kütteperioodi keskmine väärtus.

Tabel 8

Hoone soojusbilanss	Energia sisse	Energia välja
Soojusenergia tarbimine, MWh/a	863	
Soojusenergia sooja vee valmistamiseks, MWh/a		147
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete, MWh/a		541
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks, MWh/a		176
Kokku	863	863
Õhuvahetuse kordarv, 1/h	0,43	
Tasakaalutemperatuur, °C	18	

Hoones tarbitava soojusenergia proportsionaalne jaotus vastavalt kaoliikide kaupa:

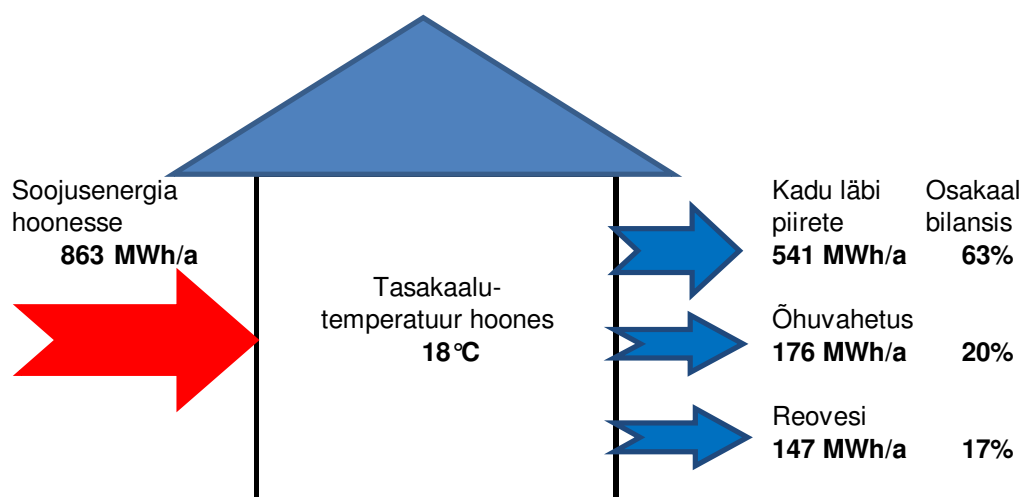
Joonis 8



Hoones soojusenergia kasutamise üldine visuaalne jaotus:

Changed with the DEMO VERSION of CAD-KAS PDF-Editor (<http://www.cadkas.com>).

Joonis 9



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
		m ²	W/m²K	MWh/a		W/m²K	MWh/a	MWh/a	€	aasta
Piirded kokku				541			227	314	224 500	10
Külgeinad	Suurpaneel	1805	1,30	230	Lisasoojustus 160 mm	0,21	37	193	126 400	9
Otsaseinad	Suurpaneel	300	1,30	38	Lisasoojustus 160 mm	0,21	6	32	21 100	9
Katuslagi	R/b paneel, soojustus ehitusaegne	1081	0,65	69	Lisasoojustus 225 mm	0,15	16	53	38 000	10
põrand (taandatud)*	Vundamendiplokid, r/b paneelid	1081	0,42	44	Sokli lisasoojustus 90 mm	0,29	31	13	13 800	14
Aknad vanad	18%,hoone ehitusaegsed aknad	164	2,50	40	Asendamine uute pakettakendega	1,10	18	23	25 200	15
Aknad uued	2 klaasiga pakettaknad, plastikraamiga	772	1,50	114	Tarindit ei renoveerita	1,50	114			
Välisüksed	Metalluksed	30	1,70	5	Tarindit ei renoveerita	1,70	5			

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

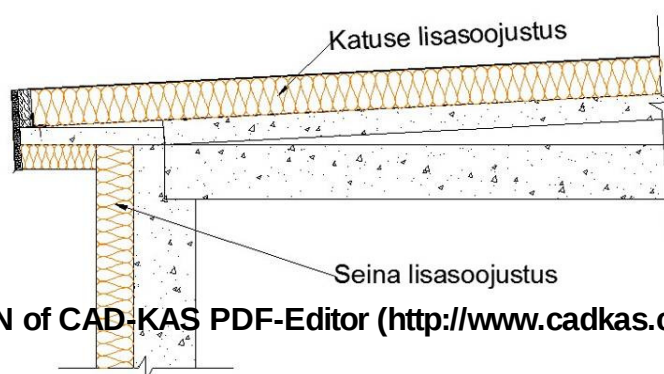
Märkus: Investeeringute loetelu on üksnes informatiivne ja üksiku investeeringu teostamisel ilma täiendavate meetmete rakendamiseta ei pruugi loodetud säästu saavutada. Investeermistegevuse kavandamisel tuleks lähtuda koosmõjulistest säästupakettidest.

3.1.1 Katuslagi

Lähtuvalt termograafilise ülevaatus põhjal teostatud kaudsest hinnangust ning hoone piirdekonstruktsiooni analüüsist, jääb hoone katuslae soojusjuhtivus suurusjärku $U=0,4...0,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, 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 $U_{\max}=0,18 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$).

Katuslae soojapidavuse saavutamiseks tuleb see katta keskmiselt vähemalt 225 mm (soovitavalt 250 mm) paksuse lisasoojustuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\max}=0,04 \text{ W/m K}$) kihiga. Antud hoonel on katuslae lisasoojustamist reaalselt võimalik teha vaid lisasoojustuse paigaldamisega olemasoleva katuse peale, vana katusekatte eemaldamisega või ilma:

Joonis 10

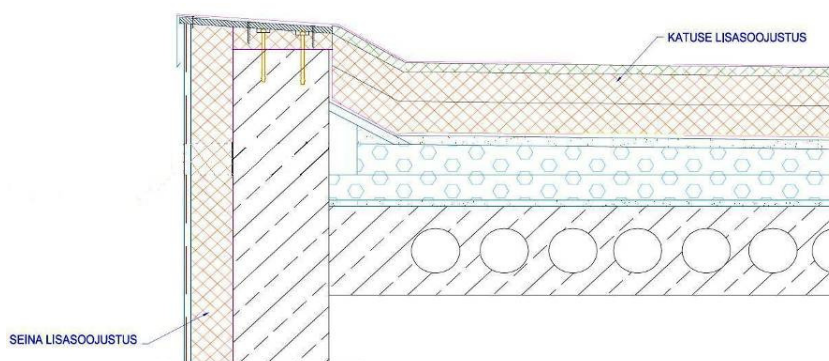


Changed with the DEMO VERSION of CAD-KAS PDF-Editor (<http://www.cadkas.com>).

Lisasoojustamise tulemusena väheneb soojuskadu läbi katuslae ning vähenevad suured külmasillad katuse ja välisseina liitekohas ning katuse paneelide toetuskohtades.

Seejuures peab lisasoojustus katma ka otsaseinte parapetiosa, vastasel juhul säilib külmasild läbi parapetipaneeli:

Joonis 11



Märkus: Joonised 10 ja 11 on illustratiivse tähendusega, selgitamaks katuslae lisasoojustamise põhimõttelist lahendust.

Lisasoojustuse paksus ja katuse tuulutuse lahendus peavad tagama katuse niiskustehnilise toimivuse. Kui jäetakse vana katusekatte alles ja lisasoojustus tuleb selle peale, peab lisasoojustuse paksus olema selline, et vana katusekatte alla ei tekiks niiskustehniliselt kriitilisi

keskkonnatingimusi: ei teki veeauru kondenseerumise või hallituse kasvu ohtu. Katuse renoveerimisel tuleb olla kindel, et liigniiskus (põhjastatud näiteks katuse läbijooksust) on välja kuivanud.

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

Katuse lisasoojustamine on mõistlik teha koos fassaadide lisasoojustamisega.

3.1.2 Välisseinad

Lähtuvalt hoone termograafilise ülevaatusse põhjal teostatud kaudsest hinnangust ning piirdekonstruksiooni analüüsist, jääb hoone välisseinte soojusjuhtivus suurusjärku $U=0,8...1,5 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$, mis ületab oluliselt „EVS 837-1:2003 Piirdetarindid. Osa 1: Üldnõuded” soovitatud väärtust $U_{\max}=0,28 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ (seda toatemperatuuril 18°C . Ruumides, mille temperatuur on 22°C , peab välispiirete soojusjuhtivus olema 20% väiksem, so $U_{\max}=0,23 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$).

Välisseinte normijärgse soojuspidavuse saavutamine eeldab vähemalt 160 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 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 keldri seinade ja keldri põranda läbi keldri välisseinte. Keldrist väljuv soojusenergia läbi keldri välispiirete (sokkel, vundament, keldripõrand, keldri aknad ja välisüksed) ning koos sooja õhuga keldriruumide ventileerimise käigus. Sellest kõigest lähtuvalt tuleb ka keldriruumide soojuskadude vähendamist vaadata laiemas meetmete kontekstis.

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 soojustamata hoone puhul on $U=0,42 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$.

Käesolevas töös on käsitletud kahte võimalikku varianti keldri soojuskadude vähendamiseks.

Variant 1. Keldri lae soojustamine.

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

Vähendamaks olulisel määral soojuskadusid läbi esimese korruse põranda peab keldrilae lisasoojustuse (materjali soojusjuhtivustegur $\lambda_{\max}=0,04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) kihipaksus olema vähemalt 80 mm. Soojustamise tulemusena kujuneb I korruse põranda taandatud soojusjuhtivuse väärtuseks $U=0,29 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$.

Keldrilae soojustustööde teostamiseks tehtav investeering on ca. 37,9 tuhat € ning aastane kütteenergiasääst on 13 MWh/a. Investeeringu lihttasuvusajaks kujuneb ca 39 aastat.

Tehniliselt on keldrilae soojustamine keerukas operatsioon, kuna laega liitub hulk vaheseinu ja lage läbistavad erinevad kommunikatsioonid. Nii on ühest küljest töö teostamine tülikas ja teisest küljest jäävad soojustusest läbiulatuva seinaosad moodustama külmasildu, mis vähendavad tulemusel efektiivsust. Samuti jäävad isoleerimata sokli-põranda-seina liites olevad konstruktiivsed külmasillad, mis esimese korruse põranda välisääred külmaks muudavad ning seal niiskuse kondenseerumise tõttu ka probleeme võivad tekitada.

Samuti tuleb arvestada asjaoluga, et isoleeritud keldrilae ja torustike puhul võib madalate välistemperatuuride (-19°C ning alla selle) pikaajalisel esinemisel, keldri sisetemperatuur langeda miinuskraadideni. Sellises olukorras toimub sokli- ja vundamendikonstruktsioonide läbikülmumine, mis omakorda lühendab tarindite eluiga.

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

Variant 2. Sokli soojustamine.

Soklikonstruktsiooni soojustamise tulemusena vähenevad keldriruumide välisjahtumise kaod, ja keldri sisetemperatuur hakkab kasvama. Sisetemperatuuri tõusuga koos vähenevad soojusvood läbi I korruse põranda ning läbi tehnosüsteemide isolatsiooni. Keldritorustike jahtumiskadude vähendamiseks parendatakse ka torustike soojusisolatsiooni. Selle kõige tulemusena kujuneb samuti välja uus tasakaaluolukord. Kuna I korruse põranda soojusjuhtivus ei muutu, peab keldris tööde kavandamisel jälgima, et uues olukorras keldritemperatuur ei langeks liiga madalale tasemele (alla 10°C), mille tulemusena tekib ebamugavus esimese korruse korterites.

Sokliosoojustuskiht (materjali soojusjuhtivus $\lambda_{\text{mat}} = 0,045 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). Soojustamise tulemusena kujuneb I korruse põranda taandatud soojusjuhtivuse väärtuseks $U = 0,29 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$.

Sokliosoojustustööde teostamiseks tehtav investeering on ca. 14 tuhat € ning aastane kütteenergiaseest on 13 MWh/a. Investeeringu lihttasuvusajaks kujuneb ca 14 aastat.

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

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

3.1.4 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 $1,1 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$). Ülevaatuse ajaks oli kortermaja akendest ~82% vahetatud.

Vanade puitakende vahetamisel kitsa piidaga plastakende vastu tekib 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 (tuulutuskappidega 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). Sellisel tööl akende õhukaali akna puitosa on allas korralik. Nii tuleb tööde maksumus oluliselt odavam, kuid võimalik on saavutada olulist soojuspidavuse tõusu.

3.1.5 Välisüksed.

Hoone trepikojauste keskmine soojusjuhtivus on hinnanguliselt 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, siis trepikojauste väljavahetamine ainult energiasäästu seisukohast on siiski kriitilise tasuvusega investeering.

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	Sõltumatu ühendusega altjaotusega ühetorusüsteem	
Soojussõlm	Soojusvahetiga	
Soojussõlm paigaldatud	-	
Soojussõlme automaatika	Honeywell W 978 A	
Küttesüsteemi ringluspump	Grundfos UPS 40-120/2 Grundfos UPS-50-120F	Pumba võimsus 330 W Pumba võimsus 530 W
Küttesüsteemi paisupaagid	150 liitrit	
Soojuse arvesti	Kamstrup Multical Q= 6 m ³ /h	
Sooja tarbevee valmistamine	Plaatsoojusvaheti	
Sooja tarbevee ringluspump	UPS 50-60	Pumba võimsus 90 W

Torude isolatsioon		
Soojussõlm	Katmata	
Kaugküttetorustik	Mineraalvill-alumiiniumkattega, osaliselt katmata	
Magistraaltorud	Mineraalvill-alumiiniumkattega, osaliselt katmata	Katta villkoorikutega, kihipaksus vähemalt 30mm
Küttepüstikute torud	Mineraalvill-alumiiniumkattega, osaliselt katmata	Katta villkoorikutega, kihipaksus vähemalt 30mm
Soojavee torustik	-	
Küttesüsteem		
Küttekehad	Malmribiradiaatorid, terasplekkkonvektorid	
Tasakaalustusventiilid	TA seadeventiilid	Seadistada vastavalt tasakaalustusprojektile
Radiaatoriventilid	Puuduvad	Soovitav paigaldada termostaatventiilid

3.3 Vee- ja kanalisatsioonisüsteemid

Külm tarbevesi saadakse kohalikust linnavõrgust tsentraalselt. Tarnija on Tallinna Vesi AS. Soe tarbevesi valmistatakse tsentraalselt hoone soojuskeskuses plaatsoojusvaheti abil. Tarbeveetorustikud on osaliselt (keldrimagistraalid) renoveeritud ja töökorras.

Soojuse kuluks sooja vee tootmisel on arvestatud tarbimisel põhinev soojendatav vee maht ja suvekuudel (juuni, juuli, august) tarbitud kogu soojusenergia, mille kasutamise eesmärk on ainult sooja vee tootmine. Suveperioodi soojusekasutuse alusel on määratud soojaveesüsteemi efektiivsus, mis on järgmine:

Tabel 11

Soojaveesüsteemi efektiivsus

MWh	2009	2010	2011	Keskmine
Soojusenergia kulu suvekuudel	19,3	17,8	17,4	18,2
Tarbitud vee soojendamise energia	9,0	8,2	8,2	8,5

Efektiivsus 46% 46% 47% 47%

Hästi isoleeritud torustikuga kortermajades, kus kõik korterid kasutavad tsentraalset sooja vett, on soojaveesüsteemi efektiivsus 50-70%. Antud hoones on soojatarbevee valmistamise efektiivsus keskmiselt 47%.

Sooja tarbevee keldritorustikud



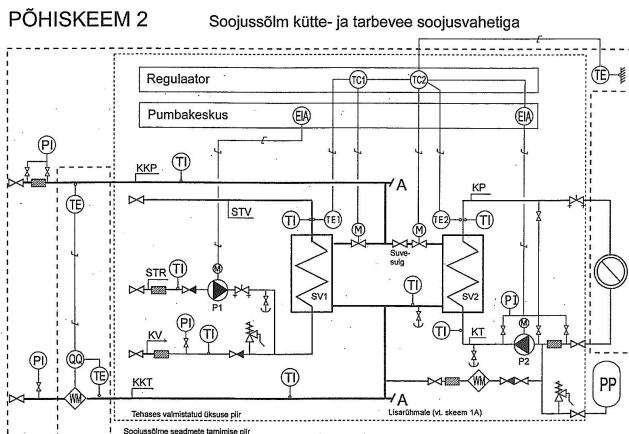
Keldritorustik on küll isoleeritud, kuid isolatsioonina on kasutatud polüetüleen-soojustust, mille kihipaksus ei taga võimalikult väikest soojuskadu. Torustike suhteliselt suured jahtumiskadud vähendavad oluliselt soojatarbevee valmistamise efektiivsust.

Sooja tarbevee valmistamise efektiivsust on võimalik tõsta paigaldades torustikele piisava paksusega soojusisolatsioonikihi (ca 30 mm). Samuti peavad torud olema korralikult isoleeritud püstikušahides. Kadude vähendamiseks tuleb torude isolatsioon detailselt üle vaadata ja vajadusel probleemsed kohad korrastada.

Hoone olmekanalisatsioon juhitakse linnavõrku. Hoonesisene torustik keldris on osaliselt renoveeritud ja töökorras.

3.2 Küttesüsteem

Kütteautomaatikaga varustatud soojussõlme (kütteeve ja sooja tarbevee soojusvahetitega) põhimõtteline skeem:



Hinnang küttesüsteemi toimivusele.

Hoone varustamine kütteenergiaga toimub kaugkütte baasil toimiva keskküttesüsteemi abil. Kütteeve soojendamine toimub läbi plaatsoojusvaheti. Soojussõlme on paigaldatud kütteautomaatika ning välis-temperatuuriandur.

Kütteeve temperatuurireguleerimine toimub automaatselt välis-temperatuurianduri signaali alusel ning vastavalt valitud küttegaafikule. Küttegaafik tagab 2-punkti alusel lineaarse seose välis-temperatuuri ja

hoone küttesüsteemi juhitava kütteeve temperatuuri vahel. Maja kütteenergiaga parema varustamise eesmärgil on soovitatav korrigeerida soojuskeskusest küttesüsteemi juhitava kütteeve temperatuurigraafikut. Automaatne reguleerimine toimub täpsemalt, kui kasutada 3-punkti küttegaafikut. Küttesüsteemi rekonstrueerimisel on soovitatav paigaldada vastava reguleerimisvõimalusega kütteautomaatika.

Olemasolevad küttemagistraalid on rahuldavas seisukorras. Torude isolatsioon on mineraalvill kaetud 2-punkti küttegaafikuga, mis tagab torustiku piisava isolatsiooni. Keldris asuvad küttemagistraalid

Changed with the DEMO VERSION of CAD-KAS PDF-Editor (<http://www.cadkas.com>).



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. Küttepüstikutele on olemasolevalt paigaldatud TA tasakaalustusventiilid, mis võimaldavad küttesüsteemi häälestamist vastavalt hoone soojusvajadusele.

Peale hoone renoveerimist-soojustamist tuleb küttesüsteem seadistada vastavalt eluruumide muutunud soojusvajadusele. Vastasel korral võib oodatav energiasääst asendada suuremal või vähemal määral ruumide ülekütmisega. Võimaldamaks küttesüsteemi häälestamist vastavalt hoone soojusvajadusele tuleb koostada küttesüsteemi tasakaalustusprojekt. Projektile vastavalt

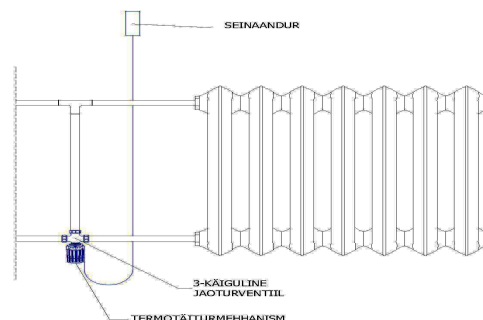
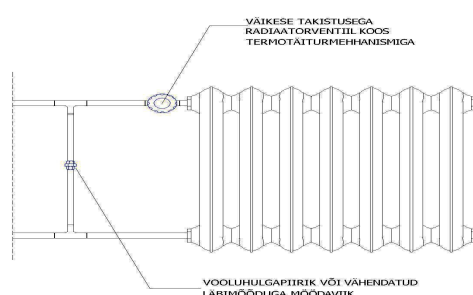
paigaldatakse küttepüstikutele tasakaalustusventiilid, millede abil häälestatakse välja püstikutes kütteevee vooluhulgad.

Kütteradiaatorid on ühendatud ühetorusüsteemis, valdavalt on kasutusel hoone ehitusaegsed malmribiradiaatorid. Kütteradiaatoritel puuduvad reguleeritavad radiaatorventiilid. Vabasoojuse efektiivsemaks ärakasutamiseks ning ruumides pidevalt ühtlase sisetemperatuuri hoidmiseks tuleb paigaldada kõikidele radiaatoritele termostaatregulaatoritega varustatud radiaatorventiilid.

Ühetorusüsteemis küttesüsteemile regulaatorite paigaldamise alternatiivid:

Radiaatorventiilid möödaviiguga

3-käiguline jaoturventiil



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

Changed with the DEMO VERSION of CAD-KAS PDF-Editor (<http://www.cadkas.com>).

3.3 Elektriseadmed

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

3.4 Ventilatsioonisüsteem

Hoone energiabilansist tulenev õhuvahetuse kordarv 0,43 1/h näitab, et hoone tervikuna on mõnevõrra alaventileeritud. Kvaliteetse sisekliimaga eluruumide optimaalseks õhuvahetuskordsuseks loetakse 0,5 1/h.

Korterite ebapiisava õhuvahetuse esmaseks indikaatoriks on kõrgenenud 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.

Hoone ülevaatuse ajal teostatud sisekliima mõõtmistel jäi külastatud korterites CO₂ sisaldus ruumiõhus kvaliteetset õhuvahetust näitava piirväärtuse (1000 ppm) lähedale.

Ventilatsioonisüsteem on hoone ehitusaegne ja loomuliku väljatõmbega. Välisõhu juurdevool oli ette nähtud toimuma läbi 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 või välisseintesse on soovitatav paigaldada reguleeritavad värskeõhuklapid. Hädapärase lahendusena saab ka eemaldada ilma tuulutuspiludeta akendelt ülaservast osa tihendist, et luua võimalus loomuliku ventilatsiooni pidevaks toimimiseks, kuid tulemus on kontrollimatu ja enamasti ka ebapiisav.

Hoones nõuetekohase ventilatsiooni tagamisel kulub värske õhu soojendamiseks ca. 205 MWh/a, (praeguse mõningase alaventileerituse olukorras on soojusenergiakulu õhuvahetusele ~ 176 MWh/a). Seega õhuvahetuse intensiivistamisel (ilma soojustagastuseta 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 õhutrukte 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 küttevee või soojatarbevee valmistamise süsteemi. Hoonesse sobivaima konkreetse tehnilise lahenduse valimiseks tuleb konsulteerida vastava ala spetsialistidega.

3.5 Kütte- ja ventilatsioonisüsteemide säästumeetmed ja nende majanduslik tasuvus

Tabel 12

Osa	Parendusmeede	Meetme maksumus	Energia-sääst	Säästu väärtus	Liht-tasuvus-aeg	Meetme eluiga
		€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	2 200 €	36	2 687	1	20
Küttesüsteem	Keldri magistraalitorude isoleerimine	10 100 €	21	1 597	6	30
Küttesüsteem	Radiaatorventiilidele termostaatide paigaldamine	31 600 €	36	2687	12	30
Küttesüsteem	Individuaalne küttekulude arvestussüsteem	13 300 €	36	2687	5	30
Ventilatsiooni-süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskõhuklapid, vent. lõõride puhastamine)	18 900 €	-29	-2 140		30
Tehnilised komplekslahendused						
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi paigaldamine	85 400 €	57	4284	20	40
Ventilatsiooni-süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine	151 300 €	112	8372	18	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 küttestorustikel olevad seadeventiilid välja häälestada ja tulemusena 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 12 on toodud arvestuslik kütteenergiakulu aastas optimaalse (0,5 1/h) õhuvahetuse tagamisel praeguse olukorraga (alaventileeritus) võrreldes.

Hoone ventilatsiooni väljatõmbeõhu energiatagastus võimaldab olulisel määral kütteenergiat säästa. Soojustagastusseadmetes kasutatakse väljatõmbeõhust saadavat energiat eluruumidesse sissepuhutava värske külma õhu soojendamiseks, teise variandina saab energia suunata tagasi hoone kütteevee või soojatarbevee valmistamise süsteemi. Tabelis 12 arvutatud 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.

3.6 Hoone vabasoojus ja tasakaalutemperatuurid

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

Hoone vabasoojuse arvutamisel on lähtutud järgmistest algandmetest:

Tabel 13

Kõetav pind	4769	m ²
Eluruumide pind	4357	m ²
Elanike arv	200	
Inimese soojuseraldus	125	W
Kohaloleku profiil	0,6	

Changed with the DEMO VERSION of CAD-KAS PDF-Editor (<http://www.cadkas.com>).

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

Tabel 14

	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		
Jaanuar	0,8	3,8	11,2	12,7		27,6	37,1
Veebruar	1,7	8,1	10,1	11,6		29,8	44,3
Märts	4,4	21,0	11,2	12,3		44,5	59,8
Aprill	4,5	21,5	10,8	10,1		42,3	58,8
Mai	5,6	26,7	11,2	10,2		48,1	64,7
September	3,4	16,2	10,8	10,0		37,0	51,4
Oktoober	1,6	7,6	11,2	10,9		29,7	39,9
November	0,7	3,3	10,8	11,7		25,8	35,9
Detsember	0,3	1,4	11,2	13,4		26,0	34,9
Kokku	23,0	109,7	98,3	102,9		310,9	Keskmine
Vabasoojus eluruumide pinna kohta, kWh/m²						71,3	47,4

Kogu hoones genereeritud vabasoojuse kasutamise tase sõltub küttesüsteemi automatiseerituse astmest. Kuna vabasoojus ei eraldu ajaliselt ja ruumiliselt ühtlaselt, peab küttesüsteem vabasoojuse efektiivseks ärakasutamiseks reageerima koheaselt 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 15

	Ühik	Praegune olukord	Säästumeetmed		
			Pakett I	Pakett II	Pakett III
Arvutuslik vabasoojuskooormus, Φ_{VS}	kW	47,4	47,4	47,4	47,4
Vabasoojuse kasutustegur		0,55	0,55	0,7	0,7
Kasutatav vabasoojuskooormus, Φ_{VS}	kW	26,1	26,1	33,2	33,2
Erisoojuskaod läbi välispiirete, H_{vp}	kW/°C	5,51	2,31	2,31	2,31
Õhuvahetuskordaja, n	1/h	0,43	0,50	0,50	0,50
Erisoojuskaod õhuvahetusele, H_{vent}	kW/°C	1,79	2,09	2,09	0,95
Erisoojuskaod kokku, $H=H_{vp}+H_{vent}$	kW/°C	7,30	4,40	4,40	3,26
Temperatuuritõus vabasoojuse arvelt, $\Delta t = \Phi_{VS}/H$	°C	3,6	5,9	7,5	10,2
Tasakaalutemperatuur, t_B	°C	18	15	14	11

Hoone arvutuslik tasakaalutemperatuur on 18°C, millest lähtuvalt kujuneb maja kogu köetava mahu keskmiseks temperatuuriks $\approx 21,5^\circ\text{C}$.

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 pakettis 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 paremaks ning saavutades sealjuures ka energiasäästu. Soojustatakse hoone katuslagi, välisseinad, sokliosa ning vanad aknad asendatakse uutega. Ohu vahetus intensiivistatakse vajalikule tasemele. Küttesüsteemi seadistamine toimub hoone renoveerimisjärgse küttevajaduse järgi. Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 15 °C.

Tabel 16

$t_B = 15\text{ °C}$	Säästumeetmete pakett I	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Külge seinad	Lisasoojustus 160 mm	126 400 €				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 160 mm	21 100 €				30
Katuslagi	Lisasoojustus 225 mm	38 000 €				30
I korruse põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 90 mm	13 800 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	25 200 €				30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	2 200 €				20
Ventilatsiooni- süsteem	Ohu vahetuse intensiivistus (vent. lõõridepuhastus, värskõõhuklanid)	18 900 €				30
Kokku		245 600 €	361	27 099	9	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 355 MWh/a, saavutatav kütteenergiäsääst on 50% paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ning ühtlasi saavutatakse korterites kvaliteetne sisekliima.

Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 74 kWh/m²a. Hoone saavutab peale kõigi renoveerimistöde kompleksset teostamist eeldatavalt energiamärgise klassi C (arvutuslik).

Säästumeetmete pakett II – hoone energeetiline saneerimine, mille käigus teostatakse järgmised tööd: soojustatakse katuslagi, välisseinad, sokliosa, vanad aknad asendatakse uute ja õhuvahetus intensiivistatakse vajalikule tasemele. Paketi realiseerimise raames renoveeritakse ka küttesüsteem: keldri magistraaltorustikud isoleeritakse, kõikidele kütteradiaatoritele paigaldatakse termostaatventiilid, küttesüsteemi seadistamine toimub hoone renoveerimisjärgse küttevajaduse järgi ning küttesüsteem varustatakse individuaalsete soojuskulumõõteseadmetega. Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 14°C.

Tabel 17

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
Külgsseinad	Lisasoojustus 160 mm	126 400 €				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 160 mm	21 100 €				30
Katuslagi	Lisasoojustus 225 mm	38 000 €				30
I korruse põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 90 mm	13 800 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	25 200 €				30
Küttesüsteem	Küttesüsteemi seadistamine	2 200 €				20
Küttesüsteem	Individuaalne küttekulude arvestussüsteem	13 300 €				30
Küttesüsteem	Radiaatorventiilidele termostaatide paigaldamine	31 600 €				30
Küttesüsteem	Keldri magistraaltorude isoleerimine	10 100 €				30
Ventilatsiooni-süsteem	Õhuvahetuse intensiivistamine (värskõhuklapid, vent. lõõride puhastamine)	18 900 €				30
Kokku		300 600 €	386	28 984	10	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 330 MWh/a, saavutatav kütteenergiasääst on 54% paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ning ühtlasi saavutatakse korterites kvaliteetne sisekliima.

Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienergia eritarbimine köetava pinna kohta 69 kWh/m²a.

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

Säästumeetmete pakett III — hoone täielik energeetiline saneerimine, mille käigus soojustatakse hoone katuslagi, välisseinad, sokliosa ning vanad aknad asendatakse uutega. Hoone küttesüsteem rekonstrueeritakse uue, täielikult reguleeritava ja individuaalsete soojuskulumõõteseadmetega varustatud kahetoruküttesüsteemina. Lisaks paigaldatakse hoonesse energiatagastusega ventilatsioonisüsteem. Energiaarvutuste tasakaalutemperatuuriks kujuneb hinnanguliselt 11 °C.

Tabel 18

$t_B = 11\text{ °C}$	Säästumeetmete pakett III	Meetme maksumus	Energia sääst	Säästu väärtus	Liht- tasuvusaeg	Meetme eluiga
Hoone osa	Parendusmeetmed	€	MWh/a	€/a	aasta	aasta
Külgliseinad	Lisasoojustus 160 mm	126 400 €				30
Otsaseinad	Lisasoojustus 160 mm	21 100 €				30
Katuslagi	Lisasoojustus 225 mm	38 000 €				30
I korruse põrand (taandatud)*	Sokli lisasoojustus 90 mm	13 800 €				30
Aknad vanad	Asendamine uute pakettakendega	25 200 €				30
Küttesüsteem	Individuaalne küttekulude arvestussüsteem	13 300 €				30
Küttesüsteem	Uue kahetoruküttesüsteemi väljaehitamine	85 400 €				40
Ventilatsiooni- süsteem	Soojustagastusega ventilatsioonisüsteemi paigaldamine	151 300 €				30
Kokku		474 500 €	527	39 491	12	

Paketi teostamise tulemusena on hoone eeldatav energiakulu küttele ja ventilatsioonile 190 MWh/a, saavutatav kütteenergiasääst on 73 % paketi realiseerimiseelse tarbimisega võrreldes ja ühtlasi saavutatakse hoones kvaliteetne sisekliima.

Peale paketi realiseerimist on eeldatav kütte- ja ventilatsioonienenergia eritarbimine köetava pinna kohta 40 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 19

		Ühik	Praegune olukord		
1.	<u>Praeguses olukorras</u> normaalaasta soojusenergia kulu küttele ja ventilatsioonile	MWh/a	717		
1.1	Soojusenergia hind	€/MWh	75		
1.2	Aastane rahakulu maja kütmiseks	€/a	53739		
1.3	Aastane küttekulu eluruumide pinna kohta	€/m²a	12,3		
2.	<u>Rekonstrueerimistöde pakett</u>		Pakett I	Pakett II	Pakett III
2.1	Hinnanguline investeeringumaht	EUR	245 600	300 600	474 500
2.2	Rekonstrueerimistoetus		15%	25%	35%
2.3	Omafinantseering pangalaenuga	EUR	208 760	225 450	308 425
2.4	Aastane laenu tagasimakse 10 a laenuga	€/a	25 364	27 392	37 474
2.5	Aastane laenu tagasimakse eluruumide pinna kohta	€/m²a	5,8	6,3	8,6
2.6	Aastane laenu tagasimakse 20 a laenuga	€/a	15 181	16 395	22 429
2.7	Aastane laenu tagasimakse eluruumide pinna kohta	€/m²a	3,5	3,8	5,1
3.	<u>Pärast rekonstrueerimist</u> normaalaasta soojusenergia vajadus küttele ja ventilatsioonile	MWh/a	355	330	190
3.1	Aastane rahakulu maja kütmiseks	€/a	26 640	24 755	14 248
3.2	Aastane küttekulu eluruumide pinna kohta	€/m²a	6,1	5,7	3,3
3.3	Maksekoormus (küte+laenu tagasimakse) 10a laenuga	€/a	52 004	52 147	51 722
3.4	Maksekoormus eluruumide pinna kohta	€/m²a	11,9	12,0	11,9
3.5	Maksekoormus (küte+laenu tagasimakse) 20a laenuga	€/a	41 821	41 150	36 677
3.6	Maksekoormus eluruumide pinna kohta	€/m²a	9,6	9,4	8,4
3.7	Maksekoormuse muutus 10 a laenuga	€/m²a	-0,40	-0,37	-0,46
3.8	Maksekoormuse muutus 20 a laenuga	€/m²a	-2,74	-2,89	-3,92

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 suurem sääst kujuneb III paketi realiseerimisel, kui sealjuures kasutada ka 35%-list renoveerimistoetust. Seda isegi juhul, kui selleks tuleb võtta pangalaen (20 a tagasimakse perioodiga).

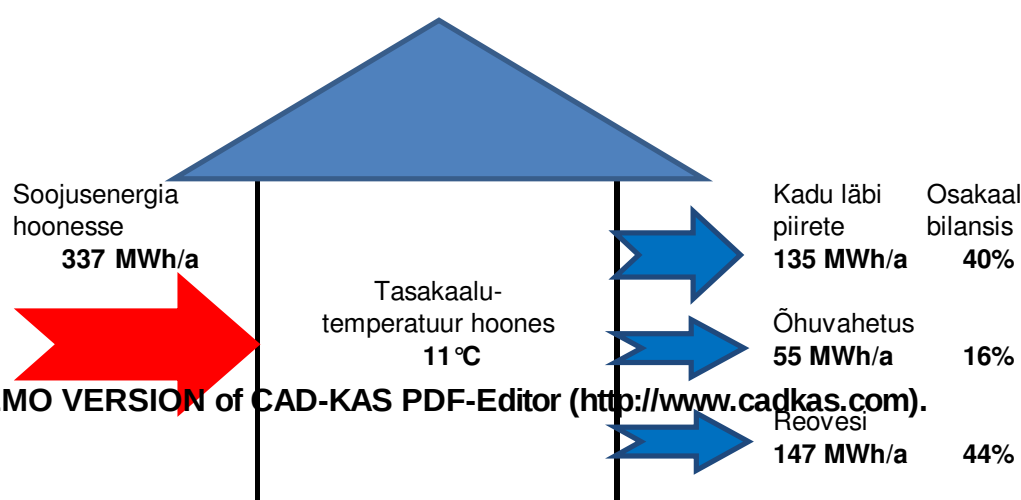
4.2 Kokkuvõte

Käesolevas töös on analüüsitud Tallinna linnas, isuva hoone tänast energiakasutust ning uuritud võimalusi kokkuhoiuks.

Töö tulemusena selgus, et hoone tänast keskmist aastast soojusenergiakasutust 863 MWh on võimalik energeetilise saneerimise teel alandada maksimumprogrammi raames kuni väärtuseni 337 MWh/a. Sellise kokkuhoiu saavutamiseks on vajalik koguinvesteering suurusjärgus 475 tuhat eurot ja tänaste soojusenergia hindade juures on lihttasuvusaeg 12 aastat.

Hoones energeetilise täissaneerimisejärgne soojusenergia kasutamise üldine visuaalne jaotus:

Joonis 12



Changed with the DEMO VERSION of CAD-KAS PDF-Editor (<http://www.cadkas.com>).

Hoones energeetilise täissaneerimisejärgne soojusenergia kasutamise eeldatav energiabilanss:

Tabel 20

Hoone soojusbilanss	Energia sisse	Energia välja
Soojusenergia tarbimine, MWh/a	337	
Soojusenergia sooja vee valmistamiseks, MWh/a		147
Arvutatud soojuskadu läbi välispiirete, MWh/a		135
Energia õhuvahetuseks ja infiltratsiooniks, MWh/a		55
Kokku	337	337
Õhuvahetuse kordarv, 1/h	0,50	
Tasakaalutemperatuur, °C	11	

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 ekspluatatsioonis olnud elamute ehitusfüüsikalise olukorra uuring“ lõpparuanne. TTK, 2010
8. Eesti Kraadpäevad - Kredex <http://www.kredex.ee/esk/?id=1411>

6. Lisad

6.1. Kasutatud mõõteseadmed

Tabel L1

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

6.2. Soojusenergia tarbimisandmed

Tabel L 2

Mõõdetud soojus (kaugküte)			
Energia			
MWh	2009	2010	2011
Jaanuar	116	168	117
Veebruar	115	125	120
Märts	104	110	107
Aprill	74	76	80
Mai	47	31	39
Juuni	21	20	18
Juuli	18	17	17
August	19	17	17
September	20	53	19
Oktoober	85	95	72
November	87	98	75
Detsember	122	129	101
Kokku	828	932	783

6.3. Tarbevee tarbimisandmed

Tabel L 3

m ³	Kogu tarbevesi		
	2009	2010	2011
Jaanuar	447	451	434
Veebruar	410	433	366
Märts	400	402	400
Aprill	435	456	402
Mai	432	438	422
Juuni	385	351	398
Juuli	391	389	347
August	428	405	356
September	449	399	395
Oktoober	414	380	358
November	436	407	365
Detsember	400	398	366
Kokku	5026	4909	4610

Changed with the DEMO VERSION of CAD-KAS PDF-Editor (<http://www.cadkas.com>).

Tabel L 4

m ³	Tsentraalne soe vesi		
	2009	2010	2011
Jaanuar	195	199	184
Veebruar	185	197	176
Märts	182	178	179
Aprill	184	192	174
Mai	190	198	179
Juuni	159	149	162
Juuli	140	135	130
August	166	137	133
September	185	158	162
Oktoober	180	146	139
November	197	167	148
Detsember	160	180	147
Kokku	2123	2036	1912

6.4. Elektrienergia tarbimisandmed

Tabel L 5

kWh	Korterite elekter		
	2009	2010	2011
Jaanuar	12 688	12 522	12 783
Veebruar	11 836	11 666	11 326
Märts	12 387	12 374	12 272
Aprill	10 337	10 068	9 807
Mai	10 373	10 337	10 029
Juuni	8 949	8 736	8 626
Juuli	8 328	8 533	8 174
August	8 543	8 517	8 294
September	9 741	10 165	9 997
Oktoober	11 186	10 428	11 148
November	12 312	11 968	10 854
Detsember	13 534	13 508	13 052
Kokku	130 214	128 822	126 362

Changed with the DEMO VERSION of CAD-KAS PDF-Editor (<http://www.cadkas.com>).

Tabel L 6

kWh	Üldelekter		
	2009	2010	2011
Jaanuar	1 832	1 518	937
Veebruar	1 004	814	1 474
Märts	413	1 226	448
Aprill	1 503	1 452	1 405
Mai	627	583	839
Juuni	611	744	546
Juuli	472	907	626
August	1 177	283	626
September	699	1 515	1 144
Oktoober	2 014	1 612	1 847
November	1 008	1 352	1 386
Detsember	1 866	1 692	868
Kokku	13 226	13 698	12 146