

KORTERMAJADE ARVUTUSLIKE ENERGIAMÄRGISTE KONTROLL

Raport

Ehituse ja arhitektuuri instituut
Liginullenergiahoonete uurimisrühm

12.01.2024

SISUKORD

Eessõna	2
Kokkuvõte.....	3
1 Korterelemute energiatõhususe nõuded ja uuringu lähtekohad	5
2 Energiamärgiste lähteandmete ja tulemuste analüüs.....	8
3 Ehitusprojektide vastavus energiamärgisele	13
4 Kontrollarvutuste tulemused ja analüüs.....	17
4.1 Energiaarvutuste kontroll.....	17
4.2 Suvise ruumitemperatuuri kontroll	20

EESSÕNA

Viimastel aastatel on korduvalt terava avaliku tähelepanu alla kerkinud küsitavused hoonete energiamärgise vastavuses tegelikult välja ehitatud lahendustele ning on olemas esimene kohtulahend, kus hoone omanike kasuks mõisteti rahaline kompensatsioon hoone arendajalt. Hoonete energiatarbimine sõltub oluliselt hoone kasutaja käitumisest ja ainuüksi energia tarbimisandmete põhjal ei saa täie kindlusega väita, kas hoone vastab energiamärgisele. Käesolevas töös teostas Tallinna Tehnikaülikooli Ehituse ja arhitektuuri instituudi liginullenergiahoonete uurimisrühm energiamärgiste kontrolli 104-le Eesti korterimajale, mille kasutusluba on väljastatud aastatel 2021 kuni 2023. Töö Tellijaks oli Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Amet. Kontroll teostati avalikult kättesaadava dokumentatsiooni põhjal. Antud raportis näitame, et energiamärgistes esitatud info põhjal on võimalik tuvastada hooneid, mille puhul on täiendav ehitise dokumentatsiooni ja energiamärgise kontroll põhjendatud. Kontrollarvutuste põhjal näitasime, et energiamärgise väljastamisel eeldatud lahendustest vähem tõhusate kasutamine toob korterimaja elanikele kaasa oluliselt suurenenud energiaarved.

Tallinna Tehnikaülikooli poolt oli projektijuht prof. Martin Thalfeldt ja teised töö teostajad olid Karl-Sander Sempelson, Karl-Villem Võsa, Raimo Simson, prof. Jarek Kurnitski ja Kalle Kuusk.

Täname uuringu jooksul Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalveametit esindanud Priit Pallut ja Riina Tamme tõhusa koostöö eest.

KOKKUVÕTE

Käesoleva uuringu eesmärgiks oli analüüsida uute korterimajade vastavust nende energiamärgiste lähteandmetele ja tulemustele. Uuringu käigus hinnati erinevusi märgiste ja tegelikkuse vahel ning nende mõju energiaarvetele. Töö käigus demonstreeriti, kuidas energiamärgise lähteandmetes ja tulemustes toodud info põhjal sõeluda välja hooned, mille puhul on põhjust uurida ehitusdokumentatsiooni ning vajadusel teha kontrollarvutused. Kontrollarvutused tehti nii energiakasutusele kui ka suvisele ruumitemperatuurile. Kasutati ainult avalikult kättesaadavaid andmeid, mis saadi peamiselt Ehitisregistrist (EHR). Uuring hõlmas 104 Eesti korterelamut, mille:

1. kasutusluba on väljastatud aastatel 2021 kuni 2023
2. arvutuslik energiatõhususklass oli valdavalt A, kuid esines ka energiatõhususklasse B ja C
3. pindala varieerus oluliselt
4. energiamärgised on väljastanud suur hulk erinevaid energiatõhususe spetsialiste.

Energiamärgiste kvaliteedi kontroll jagunes kolme etappi, millest igas valiti välja hooned, millele teha järgnevas etapis täpsem analüüs :

1. Saja nelja korterelamu energiamärgistel esitatud arvutustulemuste ja lähteandmete kontroll ning ebakõlade tuvastamine
2. Kümne korterelamu EHR kasutusloa taotlusega esitatud ehitusdokumentatsiooni võrdlus energiamärgiste lähteandmetega
3. Kolme korterelamu energiasimulatsioonid, energiatõhususarvu kontrollarvutused ning energiakulu määramine ja suvise ülekuumenemise temperatuurisimulatsioonid ehitusdokumentatsiooni põhjal.

Energiamärgistega esitatud andmete põhjal selgus, et mitmete hoonete arvutuslik energiakasutus oli suhteliselt madal arvestades lähteandmetes toodud infot. Üksikjuhtudel oli energiamärgiste väljastaja ekslikult ülehinnanud mõne tehnosüsteemi energiakasutust, mis võis põhjustada kokkuvõttes suuremaid investeringuid hoone energiatõhususe tõstmiseks. Väiksemaid ebakõlaseid energiamärgise lähteandmetes ja tulemustes tuvastati sajas hoones, suured puudused kaheksas hoones ning neljas hoones puudusi ei leitud. Väiksemate ebakõlade suur arv viitab arendajate ja energiaarvutuste tegijate lohakusele ja madalale motivatsioonile tagada arvutuste kvaliteet. Oluliste puudustega hoonete arv on tõenäoliselt mõnevõrra suurem kui tuvastatud 8 hoonet, kuid seda ei olnud kasutatud meetodika tõttu võimalik määrata.

Kümne hoone EHR'is koos kasutusloa taotlusega esitatud ehitusprojektide läbi töötamine oli suhteliselt ajamahukas ja kohati ei suudetud energiamärgise andmete kontrolliks vajalikke andmeid leida, mis välistas nende hoonete kasutamise järgnevas kontrollarvutustes. Valimis oli üks hoone, kus ei tuvastatud ebakõlaseid ehitusdokumentatsiooni ja energiamärgise andmete vahel. Järgnevaks etapiks valiti kaks hoonet, mille puhul oli eeldati suurimat energiakasutuse suurenemist võrreldes energiamärgisega ning üks hoone, mille lahendused vastasid ehitusdokumentatsioonile.

Ühe hoone puhul oli olulisemateks erinevusteks maasoojuspumba asendamine vähem tõhusa õhk-vesi soojuspumbaga ning energiamärgises eeldatust suurema

soojuslähivusega välispiirde. Teise hoone puhul oli jäetud paigaldamata päikesepaneelid ning arvutustes oli arvestatud, et kogu toodetud päikeseelekter tarbitakse hoones, kuid lahendused selle saavutamiseks puudusid. Antud hoone soojusallikaks on gaasikatel. Mõlema hoone puhul saadi kontrollarvutuse tulemusel energiatõhususklassiks „C“ vastavalt „A“ ja „B“ klassi asemel ning hinnanguline energiakulu suurenemine oli oluline. Mõlema hoone aastane energiakulu suurenemine oli 3,6 €/m² korteri netopinna kohta, mis 50 m² korteri puhul oli ligi 180 € ning 80 m² korteri puhul ligi 290 €. Kolmanda hoone ehitusprojekt vastas energiamärgisega esitatud infole ning aastane energiakulu oli sarnane energiamärgise põhjal arvutatuga. Oluliste energiatõhusust mõjutavate muudatuste mõju energiakulule oli soojuspumbaga hoonete puhul mitu korda suurem võrreldes sellega, kui kõigi korterite kütte seadetemperatuuri oleks tõstetud 21 °C-lt 23 °C-ni. Gaasikatlaga hoones oli temperatuuri tõstmise mõju suurem, sest soojusallikas on väiksema efektiivsusega, kuid see oli siiski oluliselt väiksem, kui muudatuste mõju.

Suvised ruumitemperatuuri kontrolli tulemusena ei selgunud, mille alusel märgises toodud ruumid on valitud ruumitemperatuuri seadusele vastavust hindama. Ükski märgises märgitud ruum polnud suurima maksimaalse ruumitemperatuuriga ruum ega suurima piirtemperatuuri ületava kraadtundide arvuga. Ühe hoone puhul kolmest ei täidetud kontrollarvutuste põhjal suvise ülekuumenemise vältimise nõuet. Kõigi hoonete puhul ei kasutatud energiamärgist väljastades suvise ruumitemperatuuri kontrolliks enim ülekuumenevaid kortereid või polnud võimalik tuvastada, milliseid ruume arvutustes kasutatud.

Uuringu kokkuvõttes anname järgnevad soovitused korterelamute energiatõhususe tõhusamaks kontrolliks:

1. Praegune ehitusloa eelprojektil põhinev arvutus on jäänud paljudel juhtudel elukaageks, sest edasise projekteerimise ja ehituse käigus on tehnilised lahendused võinud muutuda. Energiamärgiste kvaliteeti võiks parandada energiaarvutuste uuendamine ja uue märgise väljastamine hoone kasutusloa taotluse jaoks. See paneks arendajad eeldatavasti küsima nii kvaliteetselt ehitatud hooned kui kvaliteetselt arvutatud energiamärgiseid.
2. Energiamärgiste lähteandmed ja tulemused tuleks sisestada EHR-i masinloetavalt, et võimaldada energiamärgiste automaatset esmast kvaliteedikontrolli ja tagasisidestamist, et tagada kõigi hoone või tehnosüsteemi energiatõhusust mõjutava omaduse korrektselt arvesse võtmist. Esmase kvaliteedikontrolli meetodika vajab jätkuuringut suurema hoonete valimiga.
3. Korterelamute kasutusloa dokumentatsioon tuleks esitada süstematiseeritult, et lihtsustada ehitatud lahenduste energiamärgisele vastavuse kontrolli. Ideaaljuhul võiks kasutada hoone infomudeleid.
4. Arendada tuleks andmepõhised meetodid võrdlemaks mõõdetud energiakasutust energiamärgisel esitatud infoga ning esitlemaks tulemusi ja soovitusi hooneomanikule arusaadaval viisil.
5. Tuleks tõsta ühiskondlikku teadlikkust oluliste hoonete energiatõhusust mõjutavate tegurite kohta, et iga hooneomanik oskaks hinnata, kas hoone ehitamisel on kasutatud põhimõtteliselt samu lahendusi, mida eeldati energiatõhususklassi arvutamisel.

1 KORTERELAMUTE ENERGIATÕHUSUSE NÕUDED JA UURINGU LÄHTEKOHAD

Antud peatükis selgitatakse lühidalt, kuidas käesolevalt kontrollitakse ja hinnatakse Eestis ehitatavate hoonete energiatõhusust, et lugejal oleks lihtsam mõista raporti järgnevaid peatükke. Hoonete energiatõhususe nõuete eesmärk on tagada, et ehitatud lahendused on oma olemuselt energiatõhusad ja seetõttu tuginetakse nõuete kehtestamisel energiaarvutusele eeldades iga hoonetüübi puhul sarnast hoone kasutust. Paratamatult hoone tegelik kasutus mõjutab tegelikku energiakulu, kuid vähemalt korterelamute puhul ei tohiks erinevus olla ülemäära suur. Käesoleva uuringu eesmärk oli hinnata korterelamute energiaarvutuste kvaliteeti ja kas välja ehitatud lahendused vastavad arvutustes eeldatule. Seetõttu analüüsiti arvutuslikke energiamärgiseid ja Ehitisregistris¹ avalikult kätte saadavaid ehitusprojekte. Uuringus ei analüüsita mõõdetud energiakulu ja ei kontakteerunud hoone ehitajate, energiaarvutuste tegijate ega hoone omanikega.

Eestis kehtivad nõuded sisekliima tagamisega hoonete sh korterelamute energiatõhususele alates 2008. aastast ning alates 2009. aasta keskpaigast on kohustuslik teha energiaarvutus ning selle põhjal väljastada arvutuslik energiamärgis. Energiamärgis tuleb esitada nii ehitus- kui ka kasutusloa taotlusega² ja kohalik omavalitsus kontrollib vastava loa väljastamisel pädeva isiku poolt allkirjastatud dokumendi olemasolu ning vajadusel ka hoone vastavust energiatõhususe nõuetele. Energiamärgisel esitatakse hoone energiatõhususarv ja sellele vastav energiatõhususklass (vt Tabel 1) ning energiaarvutuse lähteandmed ja tulemused³. Alates 2020. aastast peavad uued hooned üldjuhul vastama energiatõhususklassile „A“, kuid varem esitatud ehitusloa taotluste puhul võib suhteliselt uue hoone nõue olla ka „B“ või „C“ energiatõhususklass.

Tabel 1 Korterelamute energiatõhususklassi skaala

Energiatõhususarv ETA, kWh/(m²a)	Energiatõhususklass
ETA ≤ 105	A
106 < ETA ≤ 125	B
126 < ETA ≤ 150	C
151 < ETA ≤ 180	D
181 < ETA ≤ 220	E
221 < ETA ≤ 280	F
281 < ETA ≤ 340	G
ETA ≥ 341	H

¹ Ehitisregister, <https://ehr.ee>, kasutatud 13.12.2023

² Ehitusseadustik (30.06.2023), Riigiteataja I, kasutatud 13.12.2023

³ Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele (06.05.2015), Riigiteataja I, kasutatud 13.12.2023

Hoone energiatõhususe miinimumnõuded sõltuvad ehitusloa taotluse esitamise hetkest ning sõltuvalt hoone asukohast võivad kehtida erandid näiteks kui hoonet ümbritsevad kõrgemad objektid muudavad päikeseelektri tootmise mitte tasuvaks⁴. Samuti tuleb tõendada, et hoone ruumid ei kuumene suviti liigselt üle. Energia- ja suvise ruumitemperatuuri arvutused tuleb teha vastavalt kehtivale meetodikale⁵. Energiaarvutuse meetodika määrab näiteks ära ruumide seadetemperatuurid nii kütteks kui jahutuseks, ventilatsiooni õhuvooluhulgad ja soojuseraldused inimestest, valgustusest ja elektriseadmetest. Projekteerimise algaasis pole mitmete tehnosüsteemide omadused teada ning sellisel juhul võib arvutuses kasutada meetodika vaikeväärtusi või neid eeldada piisava varuga. Kui ehituse käigus osutuvad mõned omadused eeldatust kehvemaks, siis tuleb hoone kasutusloa taotlusega esitada uus energiamärgis, mis tugineb tegelikult välja ehitatud lahendustele ja hoone peab vastama ehitusloa taotluse esitamise hetkel kehtinud energiatõhususe nõuetele. See nõue osutus kontrolli käigus mittetöötavaks, sest mitte ühegi maja puhul uut energiamärgist ei olnud esitatud. Energiamärgiste kvaliteeti kontrollib Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Amet kasutades selleks muuhulgas selleks tehtud juhendmaterjali⁶.

Praktikas kavandatakse hooned reeglina nii, et need vastaks täpselt nõutud energiatõhususklassile ja hoone kasutuses võib tekkida natuke suurem energiakasutus nt kõrgema toatemperatuuri tõttu, põhjustades energiatõhususklassi muutumise nt ühe võrra kehvemaks. Hoone kasutajale tähendab selline olukord energiaarvete suurenemist ainult vähesel määral. Hoonete ehitamise käigus on loomulik, et tehnilised lahendused võivad muutuda võrreldes eelprojektiga, millele on taotletud ehitusluba. Lisaks võib esineda mõningaid kõrvalekaldeid projektist, mis ei pruugi hoone energiatõhusust olulisel määral mõjutada ning tihti ei kajastu need hiljem ka dokumentatsioonis. Oluline on tagada, et põhimõttelised lahendused vastavad projektile ja muudatuste korral tuleb need dokumenteerida ning kontrollida mõju energiatõhususe nõuete täitmisele. Energiaarvutuse tegija peab saama korrektse info ehitatavate lahenduste kohta ja projekteerimise ning ehitamisega seotud osapooled peavad olema võimelised hindama, kas nende otsused mõjutavad oluliselt energiaarvutuse tulemusi. Seega on hoone energiatõhususe tagamine ülesandeks projekteerijatele ja ehitajatele tervikuna. Energiaarvutuse tegija peab tagama, et arvutus tehakse korrektselt vastavalt parimale kättesaadavale infole ning vajadusel tegema teiste osapooltega koostööd. Käesolevas uuringus puudus võimalus tuvastada energiamärgisest kehvea energiatõhususe konkreetne põhjus mistõttu ei tooda välja konkreetseid hooneid, ehitajaid ega energiaarvutuse tegijaid.

Käesoleva energiamärgiste kvaliteedi uuring jaotus kolme järgnevasse etappi:

1. Saja nelja korterelamu energiamärgiste lähteandmete ja tulemuste kontroll, et tuvastada kõrvale kaldeid arvutusmeetodikast, praktiliselt raskesti teostatate omanduste lahendusi ja ebakõlasid lähteandmete ning tulemuste vahel.

⁴ Hoone energiatõhususe miinimumnõuded (13.12.2018), Riigiteataja I, kasutatud 13.12.2023

⁵ Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika (09.06.2015), Riigiteataja I, kasutatud 13.12.2023

⁶ Juhendmaterjal eluhoonete arvutuslike energiamärgiste kontrollimiseks, TTJA.

2. Valitud kümne hoone ehitusprojekti analüüs, et tuvastada hooned, kus ehitatud lahendused ei vasta energiaarvutuses eeldatule.
3. Valitud kolme hoone kontrollarvutused vastavalt ehitusprojektile, et hinnata ehitatud lahendustele vastavat energiatõhusust ning suvist ülekuumenemist, erinevust arvutustlikul energiamärgiselt esitatust ning mõju hoone energiaarvetele.

2 ENERGIAMÄRGISTE LÄHTEANDMETE JA TULEMUSTE ANALÜÜS

Hoonete valim koosnes 104 hoonest ja see on koostatud Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Ameti (edaspidi TTJA) poolt ning hooned on jagatud kolme hoonegruppi vastavalt hoone käetavale pinnale:

1. Kuni 1000 m²
2. 1000 m² kuni 3000 m²
3. Üle 3000 m².

Valimisse valitud hoonetele väljastatud energiamärgist kontrolliti esmalt ainult energiamärgise lähteandmete ja tulemuste tabelites esitatud infost lähtuvalt, keskendudes järgmistele aspektidele:

1. Lähteandmetes ja arvutustulemustes esinevad väärtused ei vasta õigusaktides toodud väärtustele,
2. Lähteandmetes toodud hoone parameetrid ei pruugi praktikas teostatavad olla,
3. Energiaarvutuste tulemuste ja arvutuste lähteandmete vahel on ebaloogiline seos.

Iga hoone puhul märgiti ära, kui tabelites esitatud info põhjal esines järgnevat:

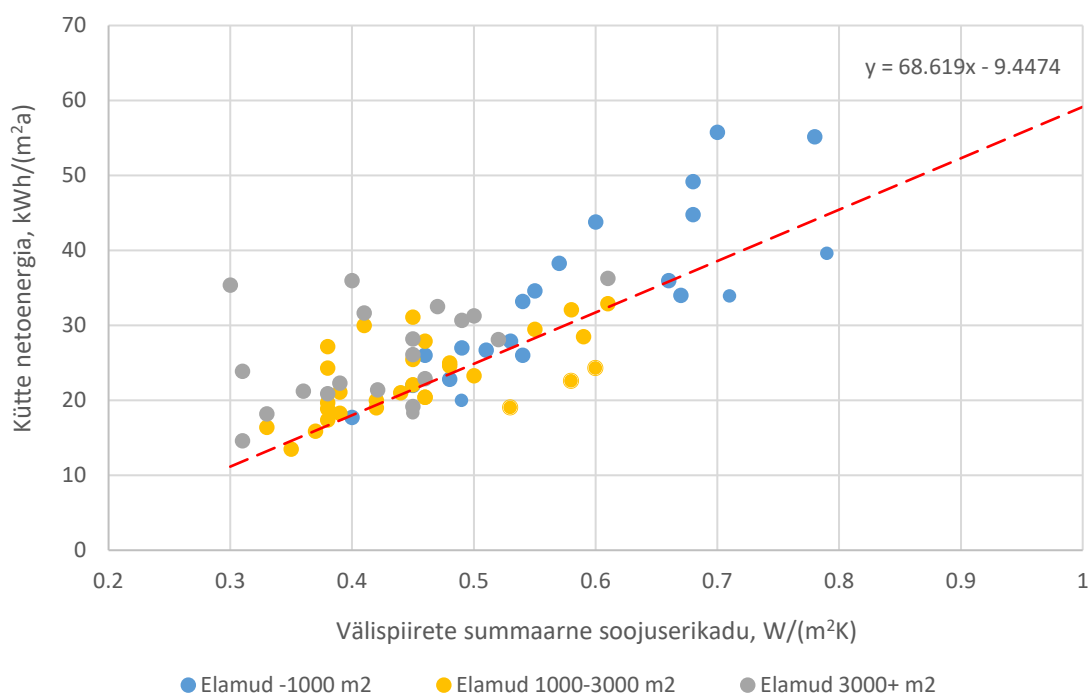
1. Ruumide kütte netoenergia vajadus on liiga madal arvestades piirdetarindite summaarset soojuserikadu köetava pinna kohta (vt Joonis 1 ja Joonis 2).
2. Soojuspumba kütteperioodi keskmine soojustegur ületab arvutusmetoodika vaikeväärtusi (vt Joonis 3 ja Joonis 4).
3. Ventilaatorite elektrikasutus on liiga suur arvestades ventilatsiooniseadme elektrilist erivõimsust arvutuslikul õhuvooluhulgal (SFP) ja metoodikas toodud õhuvooluhulkasid sõltuvalt ventilatsioonisüsteemi tüübist (Joonis 5)
4. Ventilatsiooniõhu soojendamise netoenergiavajaduse on liiga kõrge arvestades ventilatsiooniseadme temperatuuri suhtarvu ja soojustagasti tüüpi (vt Joonis 6)
5. PV paneelide lokaalselt toodetud elektrienergia on liiga kõrge arvestades süsteemi paigaldatud võimsust (Joonis 7).

Hoonete puhul märgiti ära, kui arvutuslik energiatarve ei ületanud kontrolljoont olulisel määral või tehnosüsteemi tõhusust iseloomustav parameeter oli kontrolljoonest oluliselt suurem. Lisaks eelnevale kontrolliti, kas mõned lähteandmete parameetrid on valitud sellised, mille saavutamine praktikas on suur väljakutse või parameetrid ei ole kooskõlas tehnosüsteemi tüübiga. Iga tuvastatud ebakõla kaaluti vastavalt olulisusele ning iga hoone puhul leiti kaalutud ebakõlade summaarne arvuline hinnang.

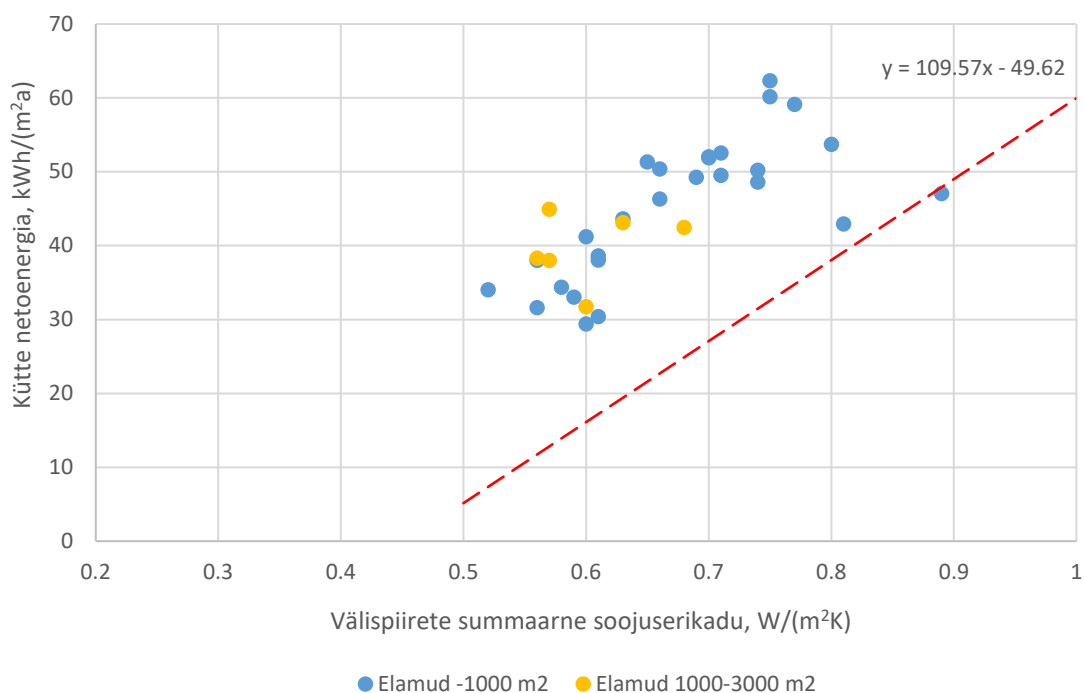
Hoonete energiamärgiste arvutuste lähteandmete ja arvutustulemuste kontrollist saadud tulemustest võib järeldada, et pea kõigi parameetrite puhul oli võimalik leida väärtuseid, mille tagajärjel hoone arvutuslik energiatarve tervikuna väheneb. Esines ka ebakõlasid, mille puhul hoone arvutuslik energiatarve suurenes ja mis võisid tingida suuremaid investeeringuid hoone energiatõhususe tagamiseks. Arvestades asjaolu, et suurem osa (54%) energiatõhususarvused (ETA) on kas võrdväärseid energiaklassi piirväärtusega või

kuni 2 punkti madalamad, eksisteerib reaalne oht, et kasvõi ühe arvutuses näidatud väärtuse mitte realiseerumisel hoone ETA suureneb ning energiaklass muutub.

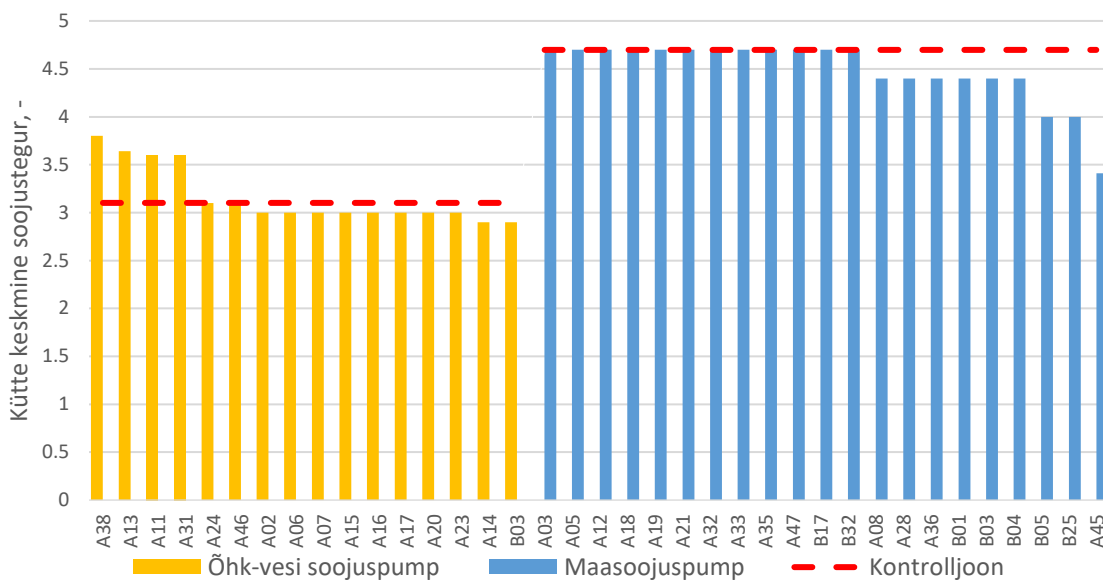
Hoonegruppide peale valiti 10 hoonet, mille ehitusdokumentatsiooni põhjal hinnati, kas see võimaldab teha hoone energiamärgisele täiendavat kontrolli. Nendest olid 8 olid suurte puudustega ning 2 hoone puhul ebakõlasid ei esinenud. Viimaseid oli valimi peale kokku ainult 4. Järgnevas peatükis kirjeldame valitud hoonete ehitusdokumentatsiooni põhjal tehtud analüüsi.



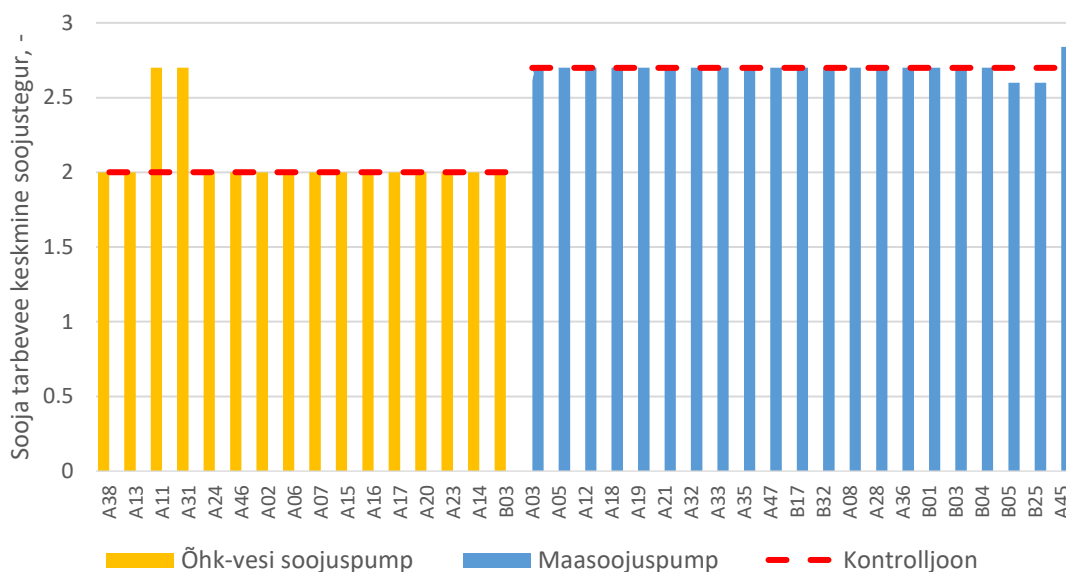
Joonis 1 Korterelamute ruumide kütte netoenergia sõltuvalt summarsest välispiirete soojuserikaost



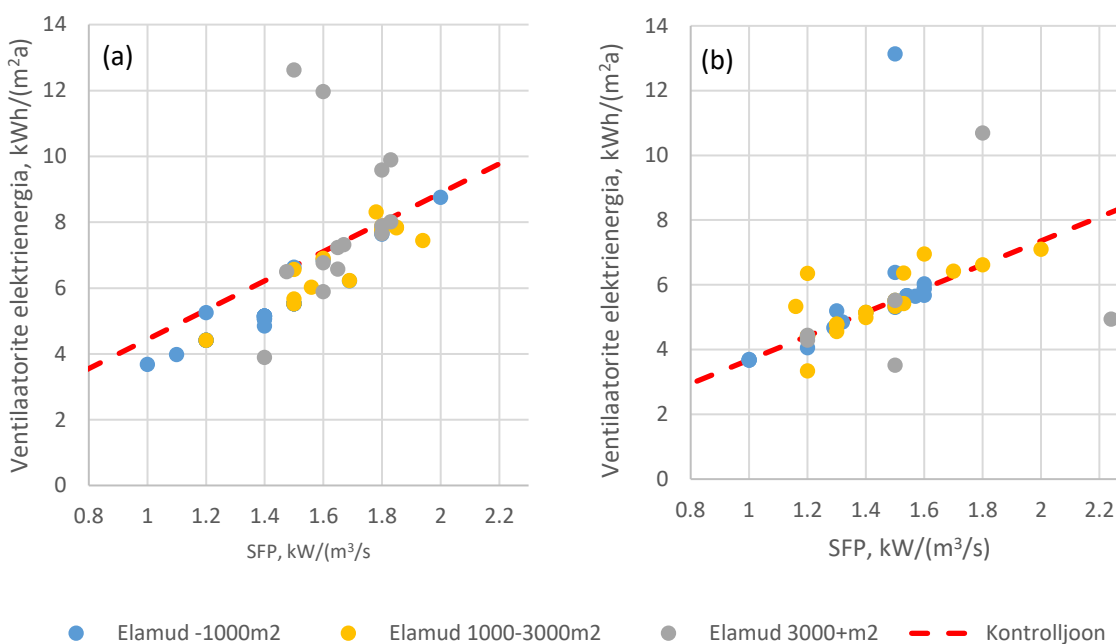
Joonis 2 Ridaelamute ruumide kütte netoenergia sõltuvalt summarsest välispiirete soojuserikaost



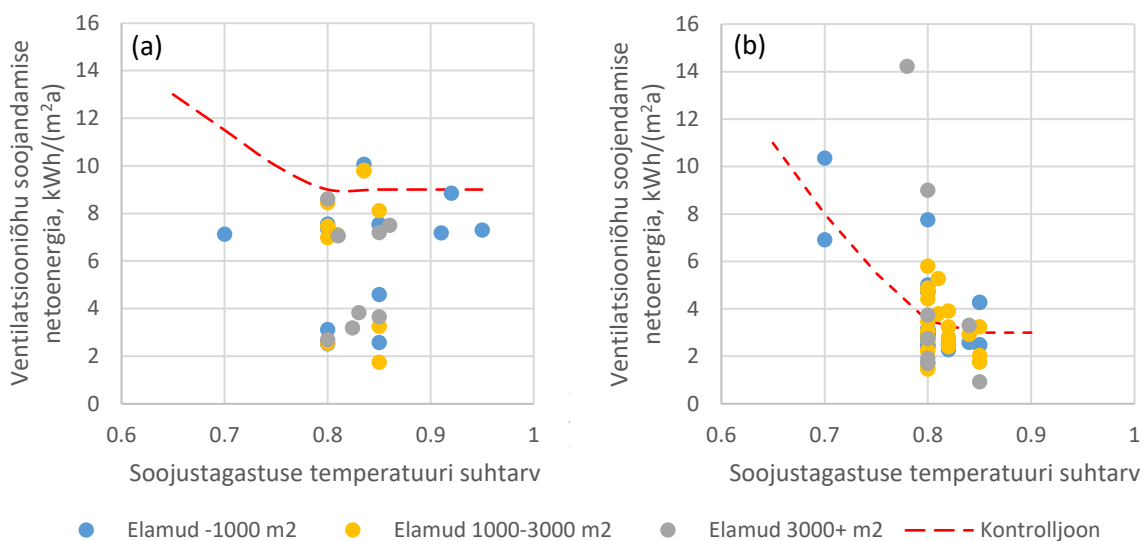
Joonis 3 Soojuspumba küttehooaja keskmine soojustegur ruumide kütteks ja ventilatsiooni sissepuhkeõhu soojendamiseks.



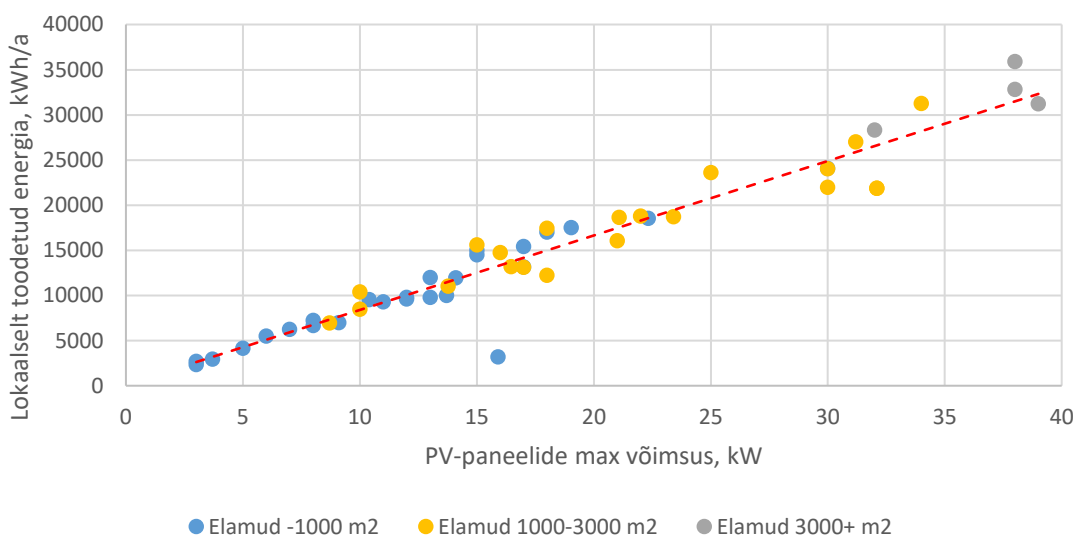
Joonis 4 Soojuspumba keskmine soojustegur sooja tarbevee tootmiseks



Joonis 5 Ventilaatorite elektrenergia tarve sõltuvalt erivõimsusest (SFP) tsentraalse (a) ja korteripõhiste (b) ventilatsioonisüsteemidega



Joonis 6 Ventilatsiooni sissepuhkeõhu soojendamise energiavajadus sõltuvalt soojustagastuse temperatuuri suhtarvust plaat- (a) ja rootorsoojustagastitega (b)



Joonis 7 Päikesepaneelidega lokaalselt toodetud elektrienergia sõltuvalt paigaldatud võimsusest

3 EHTUSPROJEKTIDE VASTAVUS ENERGIAMÄRGISELE

Käesolevas osas kontrollitakse 10 hoone energiatõhususe arvutuses toodud väärtusi vastava hoone ehitus- ja kasutusloa aluseks olevate dokumentatsioonidega. Kümnehoonelise valimi moodustasid 3 ridaelamut ning 7 korterelamut. Suurte ebakõladega hoonete tähised on järgnevad:

1. Kuni 1000 m² – A11, A45, A48
2. 1000 m² kuni 3000 m² – B08, B14, B33
3. Üle 3000 m² – C13, C18.

Ebakõladeta hooned olid B03 (kuni 1000 m²) ja A12 (1000 m² kuni 3000 m²).

Kõrvalekalded õigusaktides toodud arvutusmetoodikast oli järgnevad:

1. Korterehamu A48 ja B33 tarnitud tarnitud energia arvutamisel ei ole lähtutud metoodika valemist.
2. Korterehamute B08 ja B33 ruumide kütteks kuluva soojusenergia kasutuse arvutamisel ei ole arvestatud soojuse jaotamise ja väljastamise kasuteguritega.
3. Korterehamu A11 soojuspumba keskmine soojustegur ruumide kütteks oli suurem kui arvutusmetoodika vaikeväärtus, kuid dokumentatsioonis puudus selle kohta täpsem info.
4. Korterehamute A11 ja A45 soojuspumba keskmine soojustegur tarbevee soojendamiseks oli suurem kui arvutusmetoodika vaikeväärtus, kuid dokumentatsioonis puudus selle kohta täpsem info.
5. Korterehamu A11 ja A45 soojuspumba osakaale ruumide kütteks ja tarbevee soojendamiseks pole märgitud. A11 puhul pole osakaaludega üldse arvestatud, A45 puhul on nendega tegelikult arvestatud.
6. Hoonetes A48, B14, B33 ja C18 kasutati ventilatsioonisüsteemi tüübile vastavast arvutusmetoodika õhuvooluhulgast madalamaid väärtusi.
7. Hoonetes B08 ja C13 arvestati, et lokaalselt toodetud päikeseelektrist tarbitakse hoone vastavalt 75% ja 100%, mis erineb metoodika vaikeväärtusest 55% oluliselt. Puudusid viited sellele, et kuidas suuremad väärtused saavutati.
8. Hoones A11 ja B14 võeti rootorsoojustagastiga ventilatsiooniseadmete puhul minimaalseks heitõhu temperatuuriks 0°C asemel vastavalt 1 °C ja 5 °C, mis suurendab arvutuslikku sissepuhkeõhu soojendamise vajadust.
9. Hoonetes B14, B33, C13 ja C18 kasutati arvutusmetoodikas toodud väärtusest madalamaid valgustuse erivõimsusi. Ainult hoones C13 oli teostatud valgustusarvutus, kuid nende rakendamine elamute puhul on äärmiselt küsitav, sest see eeldaks arvutuses kasutatud valgustite paigaldamist kogu hoones.

Energiamärgiste vastavuse kontrollis ehitusloa taotlusega esitatud ehitusdokumentatsioonile esinesid järgmised ebakõlad või puudused:

1. Korterehamu A45 energiamärgise lähteandmetes on näidatud soojusallikana maasoojuspump, aga ehitusloa taotluses on selleks õhk-vesi soojuspump.

2. Hoonete A45, B08, B14, B33 ja C18 välispiirete soojuskaod on suuremad kui energiamärgise lähteandmetes toodud väärtused.
3. Korterelamu C13 energiaarvutuse vastavuse kontrolli ehitusloa aluseks olevale dokumentatsioonile ei ole võimalik teostada kuna Ehitusregistris andmed ehitusloa aluseks olevavale dokumentatsioonile digitaalsel kujul puuduvad.
4. Korterelamu A45 puhul eksisteerib hoone korruselise erinevus. Energiamärgise lähteandmetes on märgitud korruselisuseks 4, ehitusdokumentatsioonis on 3 korrust.

Energiaarvutuste vastavuse kontrollis kasutusloa taotlusega esitatud ehitusdokumentatsioonile esinesid järgmised ebakõlad või puudused:

1. Hoonete A45 ja B03 energiamärgise lähteandmetes on näidatud soojusallikana vastavalt maasoojuspump ja maasoojuspump/õhk-vesi soojuspump, aga kasutusloa taotluses on selleks mõlemal juhul ainult õhk-vesi soojuspump.
2. Korterelamu A11 tarnitud energiaarvutuses on jäetud arvestamata, et osa õhk-vesi soojuspumpba puhul tuleb osa hoone soojusvajadusest katta täiendava allikaga.
3. Korterelamu C13 soojuse jaotamine ei vasta energiamärgise lähteandmetele. Ehitusdokumentatsioonis on viide soojapuhuritele, aga puudub täpsem info.
4. Ridaelamute A11 ja A12 dokumentatsioonist ei tule selgelt välja välispiirete soojuslähivused. Seetõttu ei saa selgelt väita, kas välispiirded vastavad energiamärgise lähteandmetes toodud väärtustele.
5. Hoonete A48, B08, B33, C13 ja C18 välispiirete soojuslähivused ei vasta energiamärgise lähteandmetele ja need olid valdavalt suuremad kui lähteandmetes toodud väärtused.
6. Hoonete A48, B08, B14 ja C13 õhulekkearv ei vasta energiamärgises toodud väärtustele. B03, B08 ja B14 puhul on õhulekkearv tõendatud testiga. C13 hoone puhul ei õnnestunud leida kinnitust testiga tõendatud õhulekkearvu väärtusele.
7. Mitmete hoonete tegelik ventilaatorite elektritarbimine ei vasta lähteandmetes toodud ventilaatoritele eritarbimisele. Hoonetes A48 ja C18 oli tegelik väärtus kõrgem ning hoonetes B08 ja B33 madalam.
8. Hoonete A48, B08 ja B33 ventilatsiooni soojustagasti temperatuuri suhtarv oli madalam, kui tegelikult paigaldatud seadme(te)l ning hoones C18 oli see kõrgem.
9. Hoones C13 dokumentatsioonis puudub viide paigaldatud päikeseelektrisüsteemile ning seda ei ole võimalik tuvastada ka uutelt aerofotodelt.

Hoonete ja energiatõhusust mõjutavate omaduste kaupa vastavuse kontrolli ülevaade on toodud Tabelis 2. Valdavalt ei leitud ehitusdokumentatsioonist infot, et kontrollida vastavust energiamärgise lähteandmetele. Info olemasolul esines nii kattuvusi kui mittekattuvusi. Mõningatel juhtudel oli info olemas ehitusloa dokumentatsioonis, kuid puudus kasutusloa dokumentatsioonis ja vastupidi. Kui ehitusloa taotluses oli info puudu, kuid kasutusloa dokumentatsioonis olemas, siis reeglina ei kattunud see energiamärgise lähteandmetega. Mitmel puhul oli ehitusloa dokumentatsioonis energiamärgise lähteandmetega kattuv info, kuid puudus kasutusloa dokumentatsioonis. See viitab, et pärast ehitusloa saamist ei järgitud, et edasise projekteerimise ning ehitamise käigus jääks kehtima energiaarvutuses tehtud eeldused kuni hoone valmimiseni.

Tabel 2 *Energiamärgiste lähteandmete ja ehitusdokumentatsiooni vastavuse kontrolli ülevaade*

Hoone	Dokumentatsioon	Soojuse tootmine ja kütus	Piirdetariindite soojusläbivused	Õhulekkearv	Välispiirde summaarne soojuserikadu köetava pinna kohta	Ventilaatorite eritarbimine	Soojustagastuse temp. suhtarv	Sissepuhkeõhu temperatuur	Soojuspumba keskmine soojustegur, ruumide kütte	Soojuspumba keskmine soojustegur, soe tarbevesi	Abiseadmete elekter	Päikesepaneelide paigaldatud võimsus	Valgustuse võimsus
A11	Ehitusluba	Kattub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub
	Kasutusluba	Kattub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub
A12	Ehitusluba	Kattub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub
	Kasutusluba	Kattub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub
A45	Ehitusluba	Ei kattu	Kattub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Kattub	Info puudub
	Kasutusluba	Ei kattu	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Kattub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Kattub	Info puudub
A48	Ehitusluba	Kattub	Ei kattu	Ei kattu	Ei kattu	Ei kattu	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub
	Kasutusluba	Kattub	Ei kattu	Ei kattu	Ei kattu	Ei kattu	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Ei kattu	Kattub	Kattub
B03	Ehitusluba	Kattub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub
	Kasutusluba	Ei kattu	Info puudub	Ei kattu	Ei kattu	Kattub	Kattub	Info puudub	Ei kattu	Ei kattu	Info puudub	Info puudub	Kattub
B08	Ehitusluba	Kattub	Ei kattu	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub
	Kasutusluba	Kattub	Ei kattu	Ei kattu	Ei kattu	Ei kattu	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Ei kattu	Info puudub
B14	Ehitusluba	Kattub	Kattub	Info puudub	Info puudub	Kattub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub
	Kasutusluba	Kattub	Kattub	Kattub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub
B33	Ehitusluba	Kattub	Ei kattu	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Kattub	Info puudub
	Kasutusluba	Kattub	Ei kattu	Info puudub	Info puudub	Ei kattu	Ei kattu	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Ei kattu	Info puudub
C13	Ehitusluba	Kattub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Kattub
	Kasutusluba	Kattub	Ei kattu	Ei kattu	Info puudub	Ei kattu	Ei kattu	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Kattub
C18	Ehitusluba	Kattub	Ei kattu	Info puudub	Info puudub	Ei kattu	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub
	Kasutusluba	Kattub	Ei kattu	Kattub	Info puudub	Ei kattu	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub	Info puudub

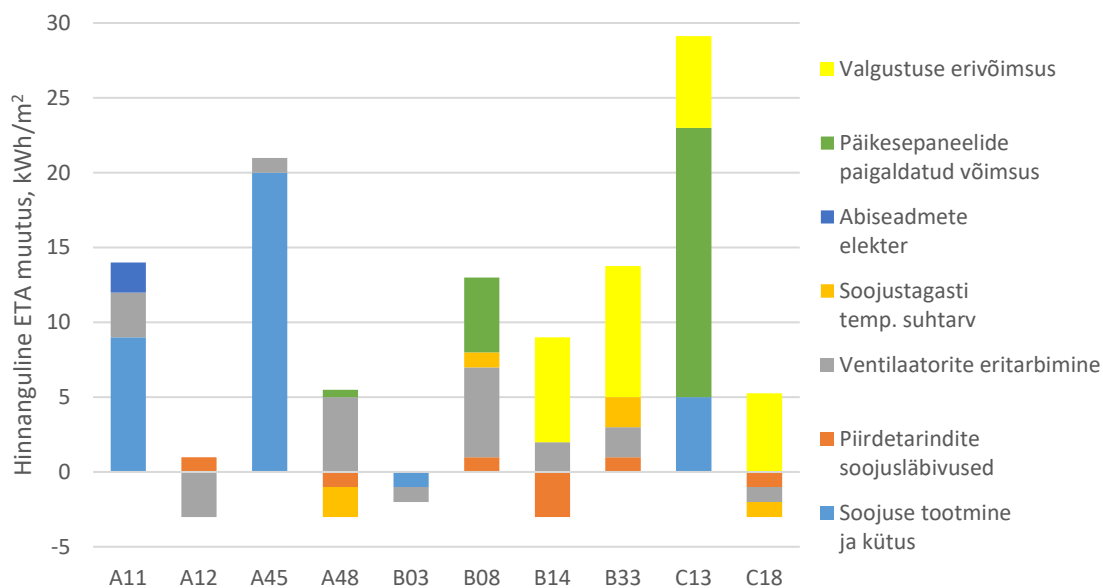
Tähised

- Kattub
- Info puudub
- Ei kattu
- Pole aktuaalne

Töö käigus hinnati energiamärgiste ja ehitusdokumentatsiooni vaheliste ebakõlade mõju hoonete energiatõhususarvudele (Joonis 8). Nelja hoone puhul oli summaarne hinnanguline mõju energiatõhususarvule negatiivne (st parem energiatõhusus), aga kuue hoone hinnanguline energiatõhususarvu suurenemine oli vahemikus 5 kuni 29 kWh/(m²a). Suurima mõjuga ebakõladest võib välja tuua energiaarvutuses eeldatust vähem efektiivne soojuspump ning paigaldamata jäänud või valesi arvutatud omatarbega päikesepaneelide süsteemid. Olulise mõjuga olid ka madal valgustuse erivõimsus ning energiaarvutuses eeldatust erinevate parameetritega ventilaatorite eritarbimine. Suhteliselt väikese mõjuga ebakõladeks olid soojustagasti temperatuuri suhtarv ning valesi hinnatud välispiirete soojusläbivus või õhupidavus.

Eelnevas etapis hoonete välja valimine suurte eeldatavate puuduste tõttu osutus üldpildis põhjendatuks ning puudused ilmnedid ka dokumentatsiooni võrdluses energiamärgistega. Seega on tuleks rakendada energiamärgiste esmast automaatkontrolli, milleks on vajalik nii energiamärgise lähteandmete kui ka tulemuste tabelite info sisestada EHR-i masinloetavalt. Esmase automaatkontrolli võiks anda tagasisidet nii energiamärgise sisestajale ja anda kohaliku omavalitsuse ametnikule ning TTJA-le vajadusel sisendi objektide täiendavaks kontrolliks. Esmase automaatkontrolli meetodika välja töötamine vajab samas põhjalikumalt jätkuuringut suurema hoonete valimiga.

Antud uuringu etapi põhjal valiti täiendavateks kontrollarvutusteks välja kaks suurima hinnangulise energiatõhususarvu suurenemisega hoonet, A45 ja C13 ning väikseima hinnangulise energiatõhususarvu muutusega hoone B03.



Joonis 8 Energiamärgiste lähteandmete ja ehitusdokumentatsiooni ebakõlade hinnanguline mõju energiatõhususarvule

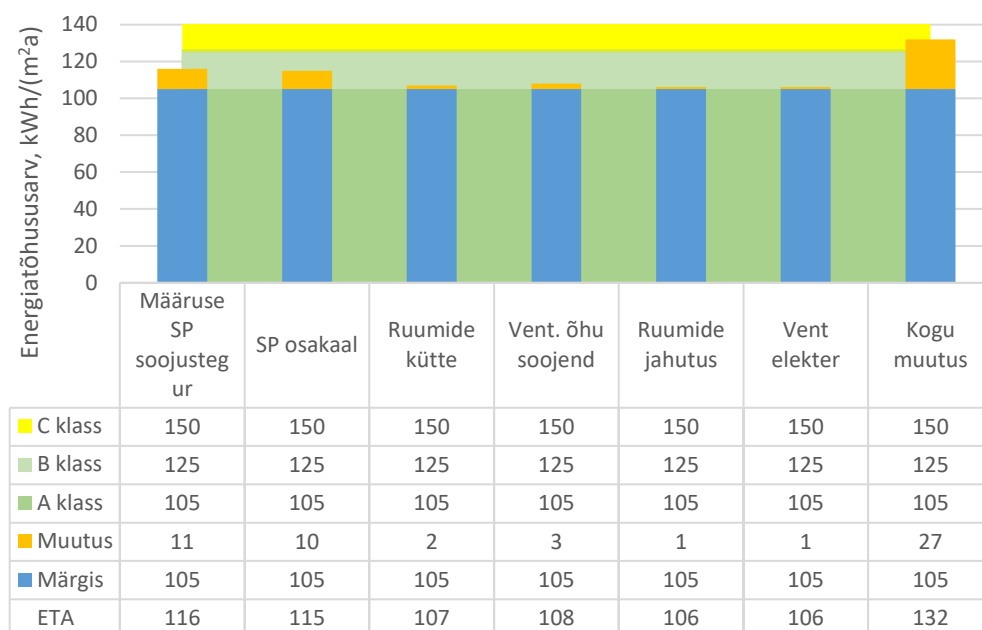
4 KONTROLLARVUTUSTE TULEMUSED JA ANALÜÜS

Antud peatükis esitatakse hoonete A45, B03 ja C13 detailsete kontrollarvutuste tulemused. Antud hoonetele tehti kasutusloa taotlusega esitatud dokumentatsiooni põhjal simulatsioonid IDA-ICE 4.8 tarkvaraga energiavajaduste hindamiseks ning suvise ruumitemperatuuri kontrolliks. Simulatsioonide põhjal arvutati hoonetele energiatõhususarvud ning võrreldi neid energiamärgise tulemustega. Täiendavalt hinnati erinevuste mõju energiaarvetele ja kõrvutati seda energiatarbimise muutusega, kui ruumides hoitakse kütteperioodil 21 °C asemel 22 °C või 23 °C.

4.1 ENERGIARVUTUSTE KONTROLL

Antud uuringu etapis arvutati esmalt energiatõhususarvu mõju hoonete A45, B03 ja C13 ebakõladele, mis tuvastati eelnevas etapis energiamärgiseid ja ehitusdokumentatsiooni võrreldes. Viimase sammuna loodi hoonetest simulatsioonimudelid ja viidi kõik ebakõlad sinna sisse ning arvutati nende tervikmõju energiatõhususarvule.

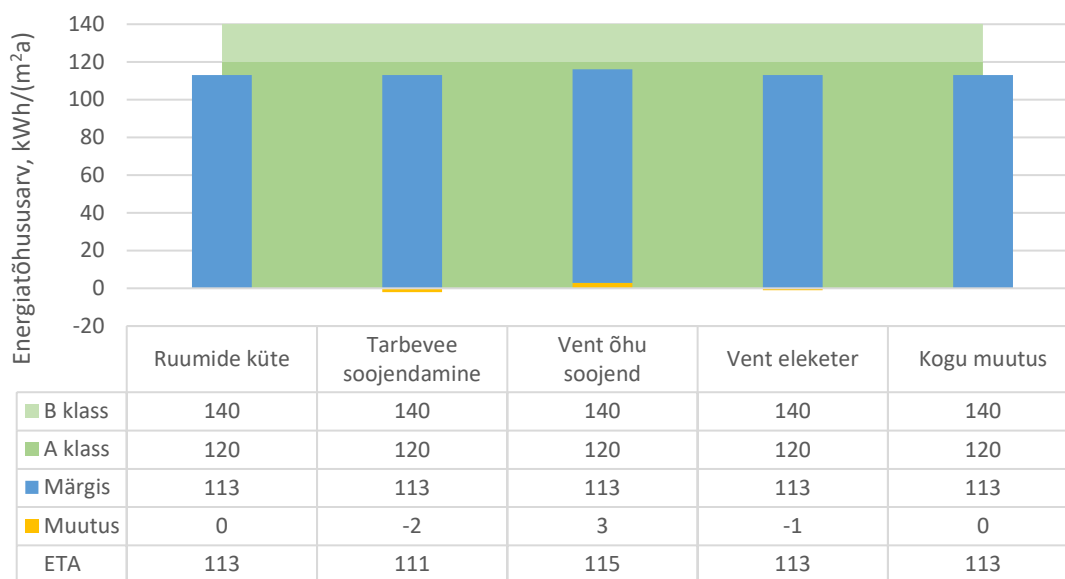
Hoone A45 (vt Joonis 9) puhul oli suurima mõjuga maasoojuspumba asendamine õhk-vesi soojuspumbaga, millest tulenevalt alanes soojuspumba soojustegur. Lisaks suurenes märgatavalt see osa soojusvajadusest, mis tuleb katta otse elektriga, sest suure pakasega ei suuda õhk-vesi soojuspump efektiivselt töötada. Teiste ebakõlade individuaalne mõju oli 1 kuni 3 kWh/(m²a) ning ebakõlade summaarne mõju oli 27 kWh/(m²a), mis osutus suuremaks, kui eelnevas etapis saadud hinnanguline 21 kWh/(m²a). Kokkuvõttes saadi hoone energiatõhususklassiks „C“ algse „A“ asemel.



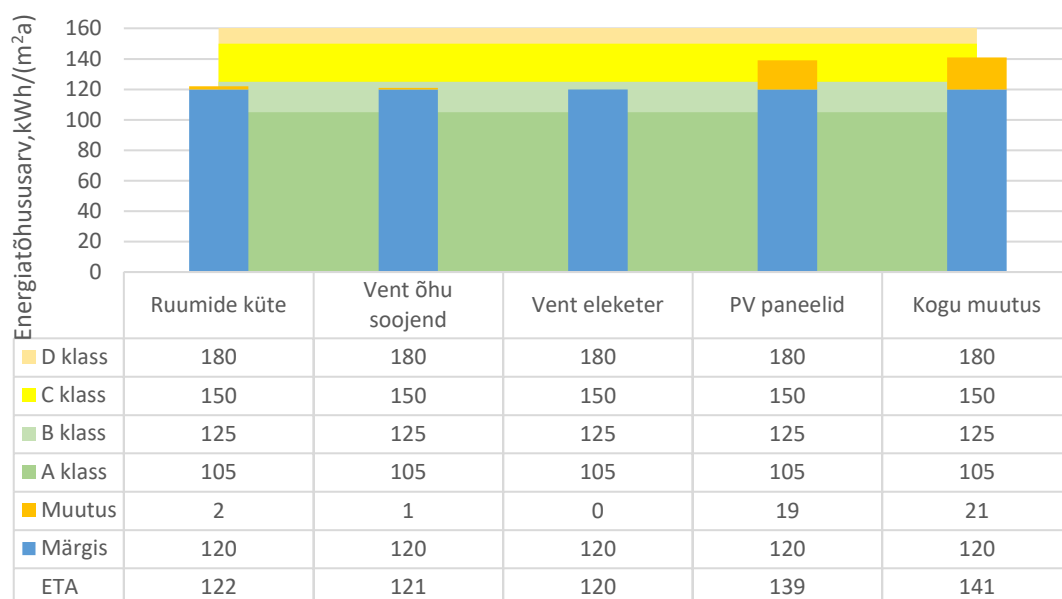
Joonis 9 Hoone A45 muudatuste mõju energiatõhususarvule

Hoone B03 (vt Joonis 10) puhul ei tuvastatud olulisi ebakõlasid energiamärgise ning kasutusloa taotluse dokumentatsiooni vahel ning energiasimulatsioonid olid teostatud korrektselt. Hoone energiatõhususarv jäi samaks ning energiatõhususklass on „B“.

Hoone C13 (vt Joonis 11) puhul tuvastati, et paigaldamata on energiamärgises arvestatud päikeselektri süsteem, mis suurendas energiatõhususarvu 19 kWh/(m²a) võrra. Lisaks esinesid mõningad väiksemad ebakõlad ning kokkuvõttes suurenes hoone 21 kWh/(m²a) võrra, mis osutus väiksemaks, kui eelnevas etapis saadud hinnanguline 29 kWh/(m²a). Antud etapis ei arvestatud sellega, et valgustuse erivõimsus oli madalam kui arvutetud väärtus. Kokkuvõttes saadi hoone energiatõhususklassiks „C“ algse „B“ asemel.

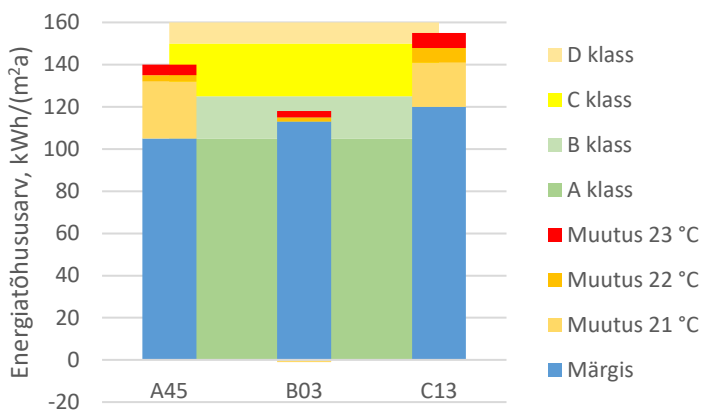


Joonis 10 Hoone B03 muudatuste mõju energiatõhususarvule

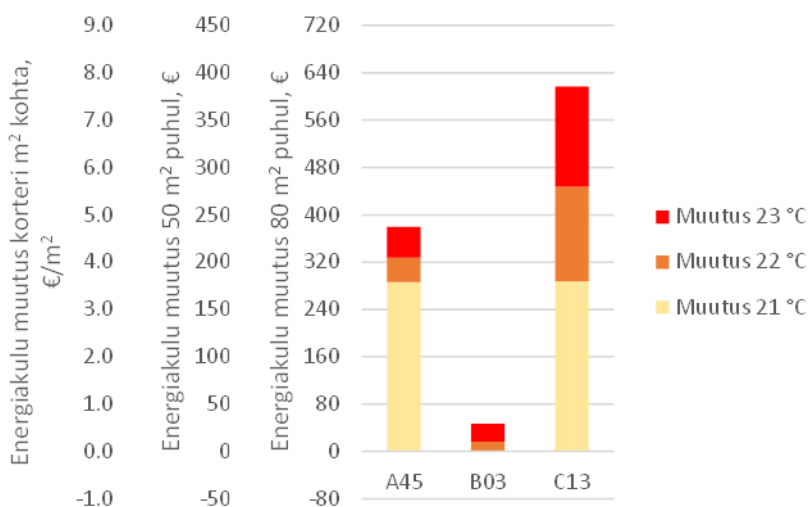


Joonis 11 Hoone C13 muudatuste mõju energiatõhususarvule

Joonis 12 iseloomustab energiamärgise ja kasutusloa ebakõlade mõju energiatõhususarvule, kui ruumide kütte seadetemperatuuriks on 21 °C. Täiendavalt on näidatud, kuidas muutub hoone energiatõhususarv, kui ruumide seadetemperatuurid olid vastavalt 22 °C ja 23 °C. Uuring näitab, et eeldatust tegelikult kõrgemad ruumitemperatuurid võivad muuta hoone energiatõhususklassi, kui see on algselt projekteeritud energiatõhususklassi piirväärtuse lähedale. Samas on hoonete A45 ja C13 puhul tuvastatud ebakõlade mõju oluliselt suurem kui seadetemperatuuri tõstmisel. Hoone C13 puhul oleks energiatõhususklass „D” algse „B” asemel, kui arvestada nii ebakõlade mõju kui seadetemperatuuri tõstmist 23 °C peale. Hoonete A45 ja C13 puhul oli ebakõladest tingitud aastane energiaarve suurenemine korteri netopinna ruutmeetri kohta umbes 3,6 €/m², mis on umbes 180 € ja 290 € vastavalt 50 m² ja 80 m² korterite puhul (vt Joonis 13). Kui ruumide kütte seadetemperatuuri tõsteti 21 °C pealt 23 °C-ni, siis suurenesid energiaarved 1,2, 0,6 ja 4,1 €/m² vastavalt hoonetes A45, B03 ja C13. 50 m² ja 80 m² korterite puhul olid suurenemised vastavalt 58, 29 ja 206 € ning 93, 47 ja 330 €. Tõhusate piirete ja soojusallika puhul olid energiakulu muutused väiksemad.



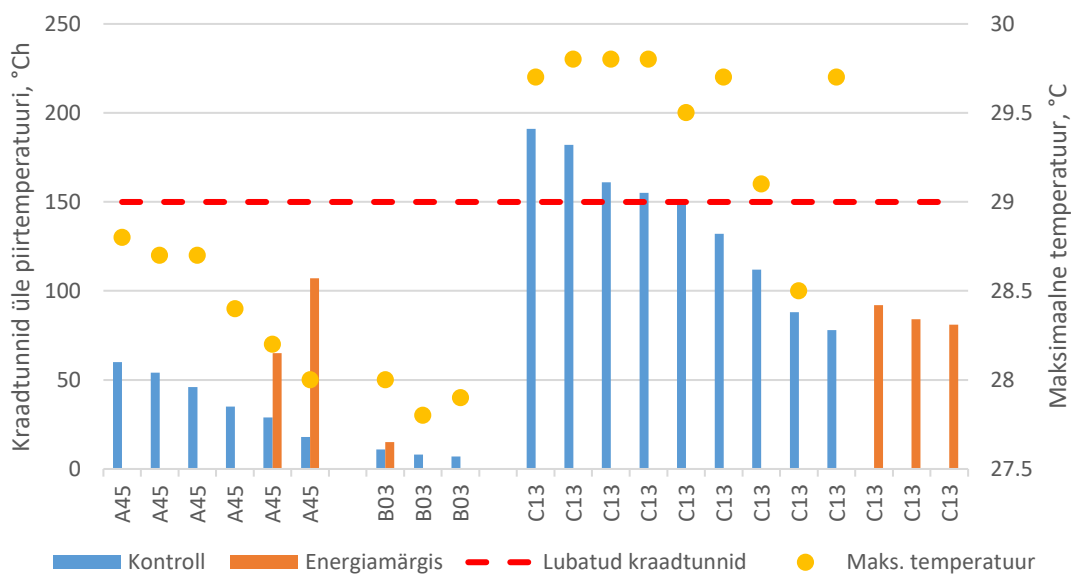
Joonis 12 Hoonete kontrollarvutustel põhinevad energiatõhususarvud eeldades ruumide seadetemperatuuri 21 °C ning täiendav mõju, kui seadetemperatuur on 22 °C või 23 °C.



Joonis 13 Hoonete ebakõlade ja ruumide kütte seadetemperatuuride mõju aastasele energiaarvele.

4.2 SUVISE RUUMITEMPERAATUURI KONTROLL

Suvised ruumitemperatuuri kontroll näitas, et hooned A45 ja B03 täidavad seatud nõudeid ehk kõigis korterites ei ületata piirtemperatuuri 27 °C rohkem kui 150 kraadtunni võrra, kuid hoones C13 kuumenevad osad ruumid energiaarvutuse baasaasta suvel üle (vt Joonis 14). Hoone A45 puhul oli suvised ruumitemperatuuri kontrollis analüüsitud kortereid, mis ei olnud antud hoones kriitilised, kuid kõik ruumid siiski täitsid nõude suure varuga. Energiamärgises esitatud kraadtundide väärtused ületasid oluliselt kontrollarvutustes saadud väärtusi. Hoone B03 puhul oli analüüsitud kriitilist korterit ning energiamärgis ja kontrollarvutus olid omavahel kooskõlas. Antud hoones ületati piirtemperatuuri vähesel määral. Hoone C13 puhul ületasid 4 korterit lubatud piirmäära, kuigi energiamärgisel täitsid 3 ruumi nõude suure varuga. Antud hoone puhul polnud võimalik energiamärgise ja projektdokumentatsiooni puhul tuvastada, milliseid ruume või kortereid märgise väljastamisel analüüsiti ja seega ei saanud võrrelda suvised ruumitemperatuurikontrolli tulemusi ruumide või korterite kaupa. Kontrollarvutustes tuvastatud maksimaalsed ruumitemperatuurid olid vahemikus 27,8 °C kuni 29,8 °C, mis on peamiselt tingitud sellest, et jahutusüsteeme ei paigaldatud, aga osadel juhtudel ka suurtest varjestamata klaaspindadest.



Joonis 14 Suvised ruumitemperatuuri kontrolli ülevaade