

**KOOLIMAJADE JA LASTEAEDADE OLUKORD
NING LASTEAIA C-KLASSI TASEMELE
REKONSTRUEERIMINE**

**STATUS OF SCHOOL BUILDINGS AND KINDERGARTENS
AND RECONSTRUCTION OF KINDERGARTENS AT C-
CLASS LEVEL**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Jaanus Anni

Üliõpilaskood 176993EAAM

Juhendaja: Kalle Kuusk, vanemteadur

Kaasjuhendaja: Jarek Kurnitski, professor

Tallinn 2020

(Tiitellehe pöördel)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." 2020

Autor: Jaanus Anni

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"....." 2020

Juhendaja: Kalle Kuusk

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."2020 .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Jaanus Anni (sünnikuupäev: 21.06.1985)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Koolimajade ja lasteaedade olukord ning lasteaia C-klassi tasemele rekonstrueerimine“, mille juhendaja on vanemteadur Kalle Kuusk ja kaasjuhendaja professor Jarek Kurnitski,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

_____ (allkiri)

_____ (kuupäev)

Ehituse ja arhitektuuri instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Jaanus Anni, 176993 EAAM

Õppekava, peeriala: EAAM11/11 - Hoonete energiatõhusus

Juhendaja(d): Vanemteadur, Liginullenergiahoonete uurimisrühm, Kalle Kuusk,
620 2402

Professor, uurimisrühma juht ja direktor (Liginullenergiahoonete uurimisrühm ning ehituse ja arhitektuuri instituut), Jarek Kurnitski

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Koolimajade ja lasteaedade olukord ning lasteaia C-klassi tasemele rekonstrueerimine

(inglise keeles) Status of school buildings and kindergartens and reconstruction of kindergartens at C-class level

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Uurida olemasolevate koolide ja lasteaedade olukorda, koostada valimite ülevaate hoonete jaotusest energiaskaalal ja teostada paikvaatlust valimist valitud viies lasteaia ja viies koolis.
2. Tuvastada mõõtmiste abil, kas rekonstrueeritud koolihoones ja lasteaiahoones on sisekliima tagatud. IDA ICE simulatsioonimudeli abil kontrollida, kas rekonstrueerimise lahendused toimivad ning kas on vaja teha parendusi lahendustes, et saavutada C-energiaklassi.
3. Tuua välja koolihoone ja lasteaiahoone tervikrekonstrueerimise maksumused ja eraldi esitada maksumused energiatõhususe mõjuvatest lahendustest.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	30 kooli ja 30 lasteaia valimite kogumine/selekteerimine	2019 sügis
2.	5 lasteaia ja 5 kooli visuaalse paikvaatluse teostamine	2019 sügis
3.	Rekonstrueeritud kooli 2 eraldi klassi ja lasteaia 2 eraldi rühmaruumi sisekliima mõõtmised	2019 nov-dets
4.	Rekonstrueeritud lasteaia IDA ICE mudeli koostamine koos parendusmudelitega	2020 kevad
5.	Rekonstrueerimise maksumuste ülevaate koostamine ning lõputöö kirjutamine	2020 oktoober

Töö keel: Eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "14" detsember 2020 a

Üliõpilane: Jaanus Anni ".....".....201....a
/allkiri/

Juhendaja: Kalle Kuusk ".....".....201....a
/allkiri/

Konsultant: ".....".....201....a
/allkiri/

Programmijuht: ".....".....201....a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

EESSÕNA	8
Lühendite ja tähiste loetelu	9
SISSEJUHATUS	10
1. ENERGIATÕHUSUSE JA SISEKLIIMA TAGAMINE	11
1.1 Olemasolev hoonefond	11
1.2 Hoonete energiatõhususe nõuded Eestis	14
1.3 Sisekliima nõuded ja komponendid	19
2. MEETODID	25
2.1 Valimite koostamine	25
2.2 Sisekliima mõõtmised	25
2.3 Simulatsioonimudelid	27
2.4 Analüüsid	27
3. OLEMASOLEV OLUKORD	29
3.1 Koolimajade valimite analüüs	30
3.2 Lasteaedade valimite analüüs	32
3.3 Hoonete ülevaatused	33
3.3.1 Lasteaed nr 2	34
3.3.2 Lasteaed nr 11	35
3.3.3 Lasteaed nr 17	36
3.3.4 Lasteaed nr 19	36
3.3.5 Lasteaed nr 20	37
3.3.6 Kool nr 1	38
3.3.7 Kool nr 2	39
3.3.8 Kool nr 3	39
3.3.9 Kool nr 5	40
3.3.3 Kool nr 12	41
4. SISEKLIIMA MÕÕTMISED	43
4.1 Rekonstrueeritud lasteaed	43
4.1.1 Siseõhutemperatuur	44
4.1.2 Suhteline niiskus	45
4.1.3 CO ₂ ja õhuvahetus	46
4.1.4 Analüüs	47
4.2 Rekonstrueeritud kool	47
4.2.1 Siseõhutemperatuur	48
4.2.2 Suhteline niiskus	49
4.2.3 CO ₂ ja õhuvahetus	50

4.2.4 Analüüs.....	52
5. SIMULATSIOONIMUDELI KOOSTAMINE	53
5.1 Tarkvara	53
5.2 Kliimaandmed	53
5.3 Rekonstrueeritud lasteaia mudel	53
5.4 Mudeli analüüs	54
6. MAKSUMUSED	58
6.1 Tervikrekonstrueerimise maksumused	58
6.2 Energiat mõjutavate lahenduste maksumused m2 kohta	60
7. JÄRELDUSED	63
7.1 Sisekliima järelused	63
7.2 Rekonstrueerimise vajaduse järelus	64
7.3 Magistritöö edasiarendamise ettepanekud	64
KOKKUVÕTE	66
SUMMARY	68
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	71
LISAD	74
Lisa 1 Koolide ja lasteaedade valimite koond	74
Lisa 2 Hoonete ülevaatuste lehed	76
Lisa 3 Rekonstrueeritud lasteaia fotod.....	98
Lisa 4 Rekonstrueeritud lasteaia projekt.....	101
Lisa 5 Rekonstrueeritud kooli fotod	106
Lisa 6 Hoonete maksumuste eelarved	109
Lisa 7 Rekonstrueeritud lasteaia energiaarvutuste tulemused (KEK)	113
Lisa 8 Mõõteperioodi väliskliima andmed	114
Lisa 9 Mõõdetud sisekliima 2018 a H-kujulises lasteaia tüüphoones	115

EESSÕNA

Antud lõputöö teema sai sõnastatud professor Jarek Kurnitski poolt seoses TalTechi-i spetsialistide poolt teostavas Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi poolt tellitud projektis „Hoonete rekonstrueerimise pikaajaline strateegia“ ning antud projekti raames oli koostatud lõputöö. Projekti raames töötatakse välja kava Eesti hoonefondi rekonstrueerimiseks aastaks 2050. Lõputöös põhiliselt käsitleti mitteelamuid ja nimelt kooli ja lasteaia tüüphooned Tallinna linna näitel. Andmeid koguti ehisregistrist, Tallinna Haridusametilt ja kooli ja lasteaia personalilt ning autori poolt teostatavast mõõtmisest, vaatlusest, kontrollimisest ja analüüsist.

Autor tänab professori Jarek Kurnitski, vanemteaduri Kalle Kuusk, Tallinna Haridusameti töötajaid ning koolide ja lasteaedade personali antud magistr töö valmimisele kaasa aitamise eest.

Mitteelamu, kool, lasteaed, rekonstrueerimine, energiaklass, energiatõhusus, magistr töö

Lühendite ja tähiste loetelu

TalTech –	Tallinna Tehnikaülikool
KHG –	kasvuhoonegaasid
CO ₂ –	süsihappegaas ehk süsinikdioksiid
CO ₂ ekv –	CO ₂ ekvivalent on üks tonn CO ₂ või sellega samaväärse globaalse soojenemise teguriga kogus mistahes muud Kyoto protokollis lisas A loetletud kasvuhoonegaasi.
EL –	Euroopa Liit
ENMAK –	Energiamajanduse arengukava
Sts -	Stsenaarium (1, 2, 3)
EHR -	Ehitisregister
ETA -	Energiatõhususarv (arvutuslik)
KEK -	Kaalutud energiakasutus (tarbimisandmetel põhinev ETA)
EVS -	Eesti Vabariigi Standard
EVS-EN -	Eesti Vabariigi Standard, Euroopa standardil baseeruv
ppm -	Miljondikosa (ingl <i>parts per million</i>), Enamasti väljendatakse miljondikosades kontsentratsiooni vedeliku- või gaasisegudes.
WHO -	Maailma Tervishoiuorganisatsioon
ASHRAE -	Ameerika kütte, jahutuse ja õhu konditsioneerimise ühing
VOC -	Gaasistunud orgaanilised ained (<i>volatile organic compounds</i>)
IDA ICE -	Dünaamilise energiasimulatsiooni tarkvara (<i>IDA Indoor Climate & Energy</i>)
EPS -	Vahtpolüstüreen soojustusplaat
XPS -	Ekstrudeeritud kõrgpolüstereenist soojustusplaat
SP/VT -	Sissepuhke/väljatõmbe ventilatsioonisüsteem
RH% -	Õhu suhteline niiskus
Km-ta -	Käibemaksuta summa
Km-ga -	Käibemaksuga summa
KK 0.9 -	Kaugkütte kaalumistegur 0,9

SISSEJUHATUS

Kõige soodsam sektor CO₂ emissioonide vähendamiseks võrreldes teiste valdkondadega on hooned. Hoonetest tarbitakse 20,1% globaalsest energiatootangust, mis jääb energiakulu poolest alla vaid transpordile ning tööstusele [31, 34]. Tulenevalt hoonetes tarbitava energia hulgast ning sellega seonduvast CO₂ ekvivalendist on nii Euroopa Liidus kui ka mujal maailmas hakatud just hoonete energiatõhusust käsitlema ühe viisina inimkonna ökoloogilise jalajälje vähendamiseks. Muuhulgas on Euroopa Liit esitanud strateegilise visiooni, mille eesmärgiks saavutada kliimanetraalsus aastaks 2050 [33, 34].

Üldised ülevaated olemasolevast hoonefondist ja selle arengusuundadest on tehtud mitmetes erieesmärgiga uuringutes, kuid kõikides uuringudes suurem osa on pühendatud elamusektorile, kui suuremale sektorile hoonefondist.

Käeolevas magistritöös keskendutakse mitteelamutele ning konkreetsemalt kooli ja lasteaia tüüphoonetele, mis olid ehitatud Nõukogude ajal, nende rekonstrueerimise lahendustele. Kooli- ja lasteaiahooned on kas kohaliku omavalitsuse või riigi omanduses ning valitsuse kohustuseks on nende ehitus ja korrashoid. Riigikontrolli aruande kohaselt 2015 aastal kasutati ligi 80% hoonete kogupinnast (5,6 miljonit ruutmeetrit) omavalitsuste põhifunktsioonide täitmiseks. Arvestades hoonete kogupinda, moodustavad omavalitsuste kinnisvaraportfelli suurema osakaalu koolihooned (32,1%), lasteaedade hooned (14,5%), spordihallid ja võimlad (7,1%) [35]. Seoses sellega, et riikliku strateegia suund on tõhustada olemasolevate hoonete rekonstrueerimist, siis kohaliku omavalitsuse või riigi seisukohast on koolide ja lasteaedade rekonstrueerimine määrava tähtsusega energiatõhususe aspektist ja CO₂ emissioonide vähendamise osas ning tüüpseid kooli ja lasteaia hooneid on üle Eesti üsna palju.

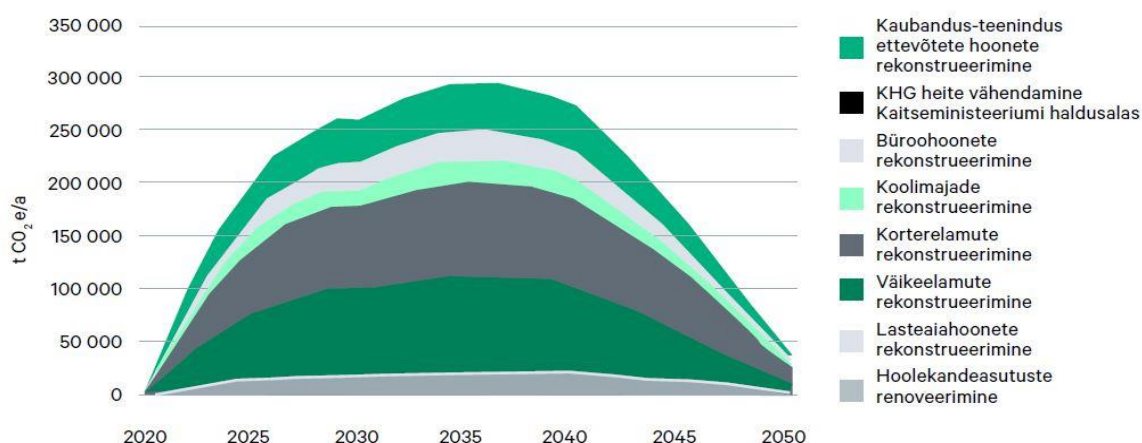
Magistritöö eesmärgiks on anda ülevaade olemasolevatest kooli ja lasteaia hoonetest ühe linna näitel ja nende olukorrast ning jagunemist energiaskaalal, tuua välja nüüdseks umbes 8-10 aasta taguste rekonstrueeritud hoonete energiat mõjutavat lahendused, kuna umbes tol ajal oli väga populaarne just teostada energiatõhususe aspektist tervikrekonstrueerimisi. Kontrollida rekonstrueeritud hoonetes sisekliima tagamist mõõtmiste abil, ning teostada IDA ICE tarkvaraga erinevaid lasteaia simulatsioonimudeleid, et tuvastada minimaalseid lahendusi saavutamaks C-energiaklassi ning tuua välja tänapäeva tervikrekonstrueerimise ehitusmaksumused ja võrdlus uue hoone ehitamisel.

1. ENERGIATÕHUSUSE JA SISEKLIIMA TAGAMINE

Esimeses peatükis esitab autor ülevaate Eesti hoonefondi hetkeolukorrast ning arengusuundadest. Samuti antud peatükis annab autor ülevaate magistritöös kasutatud peamistest teoreetilistest alustest. Esmalt annab autor lühiülevaate Eestis kehtivatest energiatõhususe nõuetest ja põhimõtetest. Ühtlasi kirjeldatakse ülejäänud peatükis magistritööd puudutavaid sisekliima nõudeid ja põhikomponente.

1.1 Olemasolev hoonefond

Ehitussektori valdkonnas on hoonete energiatõhususe lähtuvalt tähtsaim dokument Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2010/31/EL. EL energiatõhususe direktiivist lähtuvalt on juba kohustus projekteerida alates aastast 2019 avaliku sektori hooned ning aastast 2021 kõik uued hooned liginullenergia hoonetena. Praegu peamine eesmärk/kava on olemasolevate hoonete kulutõhus ümberehitus liginullenergiahooneteks, mis on Eesti süsteemis võrdne C klassi energiamärgisega. Kõikides hoonetes on potentsiaali kasvuhoonegaaside (KHG) vähendamiseks, olenemata tüübist ja omandist, olgu need (väike)elamud, kontorihooned, avalikud hooned jne, seda illustreerib joonis 1. Hoonete tehniline energiasäästupotentsiaal on 80% hoonefondi praegusest energiakasutusest [1]. Hoonefondi soojusenergia energiasäästu tehniline potentsiaal on 9,3 TWh/a ning elektrienergia säästupotentsiaal on praktiliselt nullilähedane ehk 0,2 TWh/a, kuna sisekliima tagamine (ventilatsioon) ja soojuspumpade kasutamine tarbivad saavutatava elektrienergia säästu ära [19].



Joonis 1 CO₂ ekv vähenemine, t/a hoonete sektoris [2].

Energiamaajanduse korralduse seaduse ja Euroopa Liidu energiatõhususe direktiivi nõuete täitmiseks oli koostatud riiklik hoonete rekonstrueerimise strateegia energiatõhususe parandamiseks. Vastavalt Euroopa Liidu hoonete energiatõhususe

direktiividele peab riiklik hoonete rekonstrueerimise strateegia energiatõhususe parandamiseks hõlmama järgmist [3]:

- ülevaade kogu riigi hoonefondist;
- hoone tüübi ja kliimatsooni suhtes asjakohaste kulutõhusate renoveerimismeetodite kindlakstegemine;
- poliitika ja meetmed, millega soodustatakse hoonete kulutõhusat täielikku renoveerimist, sealhulgas etapiviisilist täielikku renoveerimist;
- tuleviku vaatav lähenemisviis juhtimaks üksikisikute, ehitustööstuse ja finantseerimisasutuste investeerimisotsuseid;
- tõenditel põhinev hinnang eeldatavale energiasäästule ja laiemale kasule.

Euroopa Liidu direktiiviga 2018/844 on tehtud muudatusi, kuid põhimõtteline suund on sama. Selge see, et mingisugune energiatarbimine jätkub, kuid muudatusega soovitakse olemasolevate hoonete renoveerimise tõhustamist, tehnosüsteemide kaardistamist, tõhusa hooneautomaatika paigaldamist jms [4]. Selleks, et saavutada energiatõhusus ja vähese CO₂ - heitega hoonefond ning tagada, et pikaajaliste renoveerimisstrateegiatega tuleks saavutada vajalikud edusammud olemasolevate hoonete ümberehitamisel liginullenergiahooneteks, eelkõige arvukamate täielike renoveerimistega [4]. Energiatõhususe eesmärkide kulutasuvaks saavutamiseks peaks renoveerimise keskmine määr komisjoni mõjuhinnangu kohaselt olema 3% aastas [4].

Ülevaade kogu riigi hoonefondist, mis on kasutusel Ehitisregistri andmeil seisuga 31.12.2019 a on esitatud Tabelis nr 2. Ehitisregister oli kuni 1.07.2015 aastani ainult informatiivse ja statistilise tähendusega andmebaas. Alates 01.07.2015 a kannab Ehitisregister ametliku andmebaasi funktsiooni, kuid senini on andmed tihti vastuolulised. Järkjärgult parandatakse olemasolevaid andmeid ning jälgitakse rangemalt uute andmete sisestamist.

Tabel 2 Hoonete pindala ja arv kasutusotstarbe järgi (sammuga 100) [7]

Hoone liik	Pindala, tuh m²	Hoonete arv, tk
Ühe korteriga elamud	26746	221533
Kahe või mitme korteriga elamud	34737	29577
Hoolekandeesutuste ja ühiselamute hooned	1100	765
Majutus- ja toitlustushooned	1904	4272
Büroohooned	5124	3889
Kaubandus- ja teenindushooned	5314	5269
Transpordihooned	4492	13651
Tööstus- ja laohooned	16841	16450

Meelelahutus-, haridus- tervishoiu- ja muud avalikud hooned	7895	4675
Muud mitteelamud	32128	359843
Kokku	136281	659924

Antud tabel ei kajasta kogu hoonefondi, vaid neid hooneid, mis on EHR-i andmetel kasutuses, on nende hulgas ka selliseid hooneid, kus energiakasutus on vähene või olematu.

Suurim kokkuhoiu mõju energiakasutuse vähendamisel on tegemist ilmselgelt elamute tervikliku rekonstrueerimisega, kuna elamusektor moodustab suurima osa olemasolevast hoonefondist. Eesti elanikkonnast umbes 71% elab korterelamutes, mis valdavalt on ehitatud peamiselt perioodil 1950-1990 aastatel [8]. Hoone elukaare teooria kohaselt on elamu keskmiseks tööeaks ligikaudu 50-70 aastat, pärast mida vajavad elamu konstruktsioonid ja tehnosüsteemid lisaks järjepidevatele hooldustöödele suuremahulisemaid rekonstrueerimistöid [9]. Suurem osa Eesti elamufondist on tänaseks oma eluea saavutanud või sellele lähenemas [10]. Olemasoleva elamufondi probleemiks on suur energiakulukus ja sisekliima, mis ei vasta kehtivatele nõuetele. Elamufondi rekonstrueerimisega saab vähendada hoonete kütteenergia vajadust kuni 50% ja saavutada CO₂ emissiooni vähenemist, sisekliima parendamist ja ülalpidamiskulude vähendamist [6]. Rekonstrueerimistöödega viivitamine halveneb elamute ja rahvatervise olukorda ning viib tulevikus nii omanike kui riigi kulutuste suurenemisele [6].

Olemasolevate hoonete KHG heite vähenemise uurimisel võeti aluseks stsenaarium, kus rekonstrueeritakse hooned, mille energiaklass on väiksem kui C ja rekonstrueeritakse C klassi tasemele [2]. Kogu hoonefondi kasvuhooonegaaside heite vähendamise potentsiaali maksimumiks on hinnatud kokku 40 506 011 m² köetava pinna rekonstrueerimine, mis on energiamärgisega alla C klassi [2]. Meetme 100% rakendamisel tekkiv energiasääst on 1 117 kWh/(m²·a) ning CO₂ ekv vähenemine perioodil 2021-2050 on 6 885 612 tonni [11]. Sellest lasteaiahoonete rekonstrueerimise meetme potentsiaali maksimumiks on hinnatud 291 lasteaia kokku 405 011 m² köetava pinna rekonstrueerimine, mis on energiamärgisega alla C klassi. Meetme 100% rakendamisel tekkiv energiasääst 81,0 kWh/(m²·a) ning CO₂ ekv vähenemine perioodil 2021-2050 on 654 556 tonni [2].

Koolimajade KHG heite vähendamise potentsiaali maksimumiks on hinnatud 1 300 000 m² köetava pinna ulatuses alla C klassi energiamärgisega rekonstrueerimine. Meetme 100% rakendamisel tekkiv energiasääst 149,8,0 kWh/(m²·a) ning CO₂ ekv vähenemine perioodil 2021-2050 on 369 697 tonni [2].

Koolide ja lasteaedade rekonstrueerimise kiirendamine oli üks olulisemaid tegevusi ENMAK 2030 arengukavas. ENMAK 2030+ ühes stsenaariumi (Sts3) järgi oli prognoositud koolimaju ja lasteaedu 2030 aastaks 40% ulatuses rekonstrueerida, kuid kahjuks on käesoleva aja seisuga selge, et stsenaariumid ja plaanid kogu mahus ei realiseerita tähtajaks.

Eriti vanad ja halvas seisus hooned võivad olla kliimääärmustest ja muudest mõjufaktoritest tingituna saada kahjustusi. Nii näiteks on igal aastal registreeritud 60ndatel ja 70ndatel ehitatud hoonete katusekonstruktsioonide ja katusekatete purunemisi sügistormide tagajärjel või katuste sisse langemistest lumeraskuse toimel, millega on kaasnenud varaline kahju [9]. Kriitilisem on enamasti sisekliima ja hoonete energiakasutus. Üldises energia lõpptarbimises olulise osa moodustab hoonete energiatarbimine ning seoses sellega energiasäästu edendamiseks hoonetes tuleb seada selged ülesanded. On ilmne, et Eesti vananevale hoonefondile tuleb pöörata rohkem tähelepanu ja mitte ainult elamutele, vaid ka mitteelamutele. Panustamine peaks olema mõlema sektori (avaliku sektori ja erasektori) koostöö, mis ei ole alati võimalik, kuna asjaosaliste huvid, vajadused ja eesmärgid on erinevad.

1.2 Hoonete energiatõhususe nõuded Eestis

Tulenevalt Euroopa Liidu Hoonete Energiatõhususe Direktiivist on liikmesriigid ja sealhulgas ka Eesti kohustatud uute ja oluliselt rekonstrueeritavate hoonete osas järgima energiatõhususe nõudeid [12]. Eestis tuleb tõendada vastavus energiatõhususe miinimumnõuetele kõikide uute ja oluliselt rekonstrueeritavate hoonete puhul [13]. Nõuded eristatakse hoone kasutusotstarbe järgi elamutele ja mitteelamutele ning need jagunevad omakorda erinevate alagruppidele. Eelpool nimetatata hoone energiatõhususe nõuetele vastavuse määramisel lähtutakse kõige sarnasema kasutusotstarbega hoonele esitatud nõuetest. Käesolevas töös keskendutakse mitteelamutele ning täpsemalt haridushoonetele ja koolieelse lasteasutuse hoonetele esitatavaid nõudeid.

Nõuded kehtestatakse hoonele tervikuna ja hoone koosseisu arvatakse piirdetarindid, tehnosüsteemid ja lokaalse energiatootmise süsteemid. Energiatõhususe nõuetele vastavust tõendatakse energiaarvutustega [12, 13]. Erinevale hoonetüübile on sõltuvalt kasutusotstarbest määratud energiatõhususe piirväärtused [13]. Hetkel kehtivad haridushoonele esitatavad piirväärtused on toodud Tabelis 3 ja koolieelse lasteasutuse hoonele esitatavad piirväärtused on toodud Tabelis nr 4.

Tabel 3 Haridushoonete energiatõhususarvude piirväärtused, koondtabel [13].

Hoone	kWh/(m ² ·a)
Madalenergiahoonete energiatõhususarvude piirväärtused	120
Oluliselt rekonstrueeritavate hoonete energiatõhususarvude piirväärtused	160
Liginullenergiahoonete energiatõhususarvude piirväärtused	100

Tabel 4 Koolieelse lasteasutuste hoone energiatõhususarvude piirväärtused, koondtabel [13].

Hoone	kWh/(m ² ·a)
Madalenergiahoonete energiatõhususarvude piirväärtused	120
Oluliselt rekonstrueeritavate hoonete energiatõhususarvude piirväärtused	165
Liginullenergiahoonete energiatõhususarvude piirväärtused	100

Käesoleval ajal energiatõhususe tasemed hoonetele on jagatud kolmeks [13]:

- Madalenergiahooneks nimetatakse energiatõhusate ja taastuvenergiatehnoloogia lahendusega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone, mille puhul ei eeldata lokaalset elektri tootmist taastuvast energiaallikast.
- Oluliselt rekonstrueeritava hoone energiatõhususe arv ei tohi ületada Tabelis 1 ja Tabelis 2 sätestatud piirväärtust (haridushoone ja koolieelse lasteasutuse hoone puhul). Ehitise ümberehitamine ehk rekonstrueerimine on ehitamine, mille käigus olemasoleva ehitise omadused muutuvad oluliselt [14].
- Liginullenergiahooneks nimetatakse energiatõhusate ja taastuvenergiatehnoloogia lahendustega tehniliselt mõistlikult ehitatud hoone.

Hoonete energiatõhusust väljendatakse energiatõhususarvu (ETA, arvutuslik) või kaalutuderikasutuse (KEK, tarbimisel) kaudu. Energiatõhususarvu ja kaalutuderikasutuse arvutustel jagatakse summaarse kaalutud tarnitud energiakasutuse ja summaarse kaalutud eksporditud energiakasutuse vahe kõetava pinna ruutmeetrite arvuga, hoone standardkasutusel (valem 1) [15].

$$ETA = \frac{\sum i(E_{tar,i} - E_{eks,i}) * f_i}{A_{kõetav}} \left[\frac{kWh}{(m^2 * a)} \right] \quad (1)$$

$E_{tar,i}$ energiakandjaga i tarnitud energia $\left[\frac{kWh}{a} \right]$

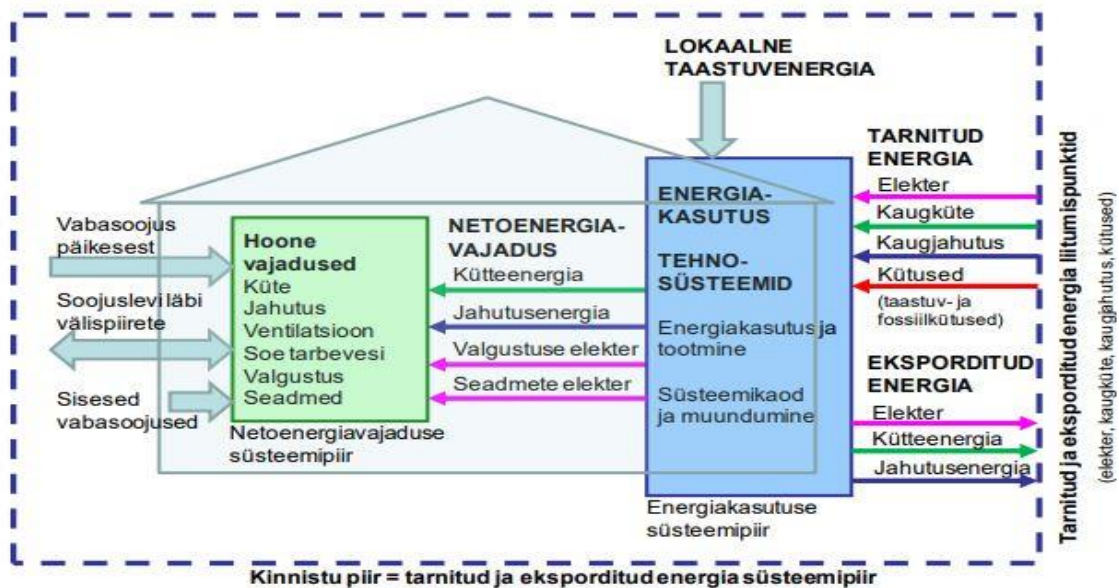
$E_{eks,i}$ energiakandjaga i tarnitud energia $\left[\frac{kWh}{a} \right]$

f_i energiakandja i kaalumistegur

$A_{kõetav}$ kõetav pind $[m^2]$

Energiatõhususarvu ja kaalutuderikasutuse mõjutatavad asjaolud ja põhimõisted on illustreeritud [16] Joonisel 2.

Tarnitud ja eksporditud energia süsteemi piir



Joonis 2 Hoone summaarse energiakasutuse põhikomponendid [16].

Energiatõhususarvu arvutuses kasutatakse suhtelisi energiakandjate kaalumistegureid, toodud Tabelis 5. Kaalumistegur võtab arvesse tarnitud energia tootmiseks vajalikku primaarenergia kasutuse ja selle avaldatava keskkonnamõju [13].

Tabel 5 Energiakandjate kaalumistegurid [13].

Energiakandja	Kaalumistegur
Taastuvtoormel põhinev kütus, puit ja puidupõhine kütus ning muu biokütus, välja arvatud turvas ja turbabrikett	0,65
Kaugküte	0,9
Tõhus kaugküte	0,65
Kaugjahutus	0,4
Tõhus kaugjahutus	0,2
Vedelkütus, kütteõli ja vedelgaas	1,0
Maagaas	1,0
Tahke fossiilkütus	1,0
Turvas ja turbabrikett	1,0
Elektter	2,0

Energiatõhususarvust lähtuvalt määratakse hoonele energiakasutuse ja energiatõhususe klass. Hoone energiatõhususarvu või kaalutud energiaerikasutuse klassi skaala valitakse hoone kasutamise otstarbe alusel [17]. Hetkel kehtiv

haridushoone energiatõhususarvu ja kaalutud energiaerikasutuse klassi skaala on toodud Tabelis 6 ning koolieelse lasteasutuse hoone energiatõhususarvu või kaalutud energiaerikasutuse klassi skaala on toodud Tabelis 7.

Tabel 6 Haridushoone energiatõhususarvu või kaalutud energiaerikasutuse klassi skaala [17].

ETA või KEK, kWh/(m²·a)	Klass
ETA või KEK ≤ 100	A
101 ≤ ETA või KEK ≤ 120	B
121 ≤ ETA või KEK ≤ 160	C
161 ≤ ETA või KEK ≤ 200	D
201 ≤ ETA või KEK ≤ 250	E
251 ≤ ETA või KEK ≤ 310	F
311 ≤ ETA või KEK ≤ 390	G
ETA või KEK ≤ 391	H

Tabel 7 Koolieelse lasteasutuse hoone energiatõhususarvu või kaalutud energiaerikasutuse klassi skaala [17].

ETA või KEK, kWh/(m²·a)	Klass
ETA või KEK ≤ 100	A
101 ≤ ETA või KEK ≤ 120	B
121 ≤ ETA või KEK ≤ 165	C
166 ≤ ETA või KEK ≤ 220	D
221 ≤ ETA või KEK ≤ 280	E
281 ≤ ETA või KEK ≤ 360	F
361 ≤ ETA või KEK ≤ 460	G
ETA või KEK ≤ 461	H

Energiatõhususe saavutamise eeldab kompleksset ja terviklikku lähenemist alates hoone projekteerimisest kuni ehitamiseni ja hoone kasutamiseni ning haldamiseni välja [18]. Tellijatele on töötatud välja juhendmaterjal, milles on kirjeldatud olulised tehnilised lahendused, millega tuleks arvestada juba projekteerimisel.

Energiatõhususe saavutamisel tuleb arvestada järgmiste asjaoludega - piirdetarindid [18]:

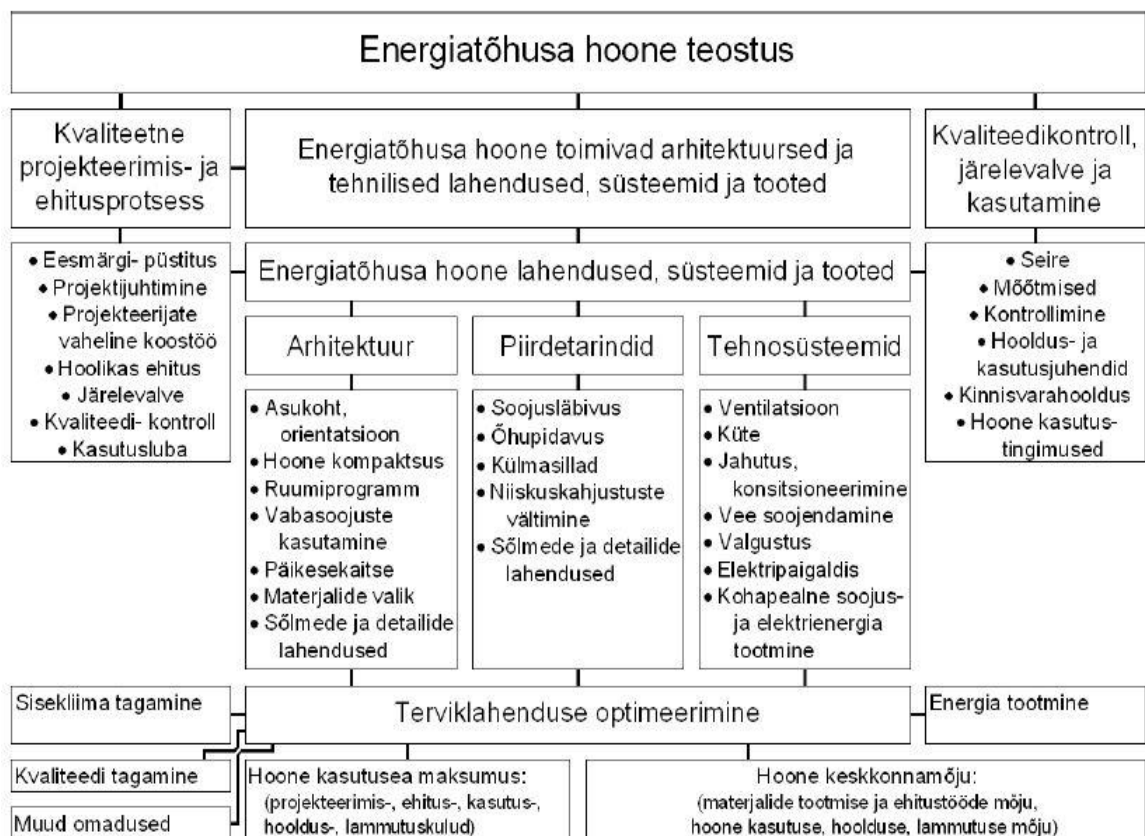
- hoone peab olema kompaktne;
- välispiirete soojuse erikadu peab olema optimaalne;
- külmasillad peavad olema minimaalsed;

- õhulekked $q_{50} < 1 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$;
- hoone ja klaaspindade orientatsioon peab olema oskuslikult kavandatud;
- hoone krunti oskuslik kasutamine;
- päikesekaitsete oskuslik kavandamine ja juhtimine.

Tehnosüsteemide kavandamisel tuleb meeles pidada järgmiste asjaoludega [18]:

- ventilatsioonil peab olema väga tõhus soojustagastus, temperatuuri suhtarv $> 0,8$;
- ventilatsiooni elektritarbimine peab olema väike, $\text{SFP} < 1,5\text{...}2 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$;
- eelistada vajaduspõhist ventilatsioonilahendust;
- soojusallikas peab olema suure kasuteguriga;
- eelistada tuleks taastuvatest energiaallikatest saadavat soojuse- või elektrienergiat;
- kasutada väikese energiatarbega elektriseadmeid;
- kasutada väikese energiatarbega valgustust;
- oskuslikult kasutada valgustuseks päevavalgust;
- tehnosüsteemide adekvaatselt toimiv automaatika;
- maksimaalne taastuenergia kasutamine;
- jahutuseks kasutada maksimaalselt passiivseid meetmeid.

Seega erinevate projektiosade ja energiatõhususe tagamise omavaheline toimivus energiatõhususe suhtes ei ole ainult vastava osa spetsialisti probleem, vaid ehitusprojekti üks põhiteemasid, mille nimel kõik osapooled peavad tegema tihedat koostööd ühise eesmärgi saavutamisel. Eri osapoolte koostöö energiatõhusa hoone rajamisel on illustreeritud Joonisel nr 3.



Joonis 3 Eri osapoolte koostöö energiaõhuse hoone rajamise põhimõtted [18].

1.3 Sisekliima nõuded ja komponendid

Sisekliima parameetritest sõltub oluliselt hoonete energiakasutus. Kui hoone kasutajad tunnevad ennast ebamugavalt, siis tõenäoliselt võtavad ette muudatusi sisekliima parandamiseks, mis mõjutab hoone energiakasutust. Hoone energiaõhuse miinimumnõuete täendamisel võetakse arvesse head sisekliimat. Projekteerimisel on soovitatav järgida sisekliima kategooria nõudeid vastavalt standardile EVS-EN 16789-1:2019 (standardi EN 15251:2007 uustöötlus). Antud standardi kohaselt sisekliima hindamisel on hooned jagatud nelja sisekliima kvaliteedi kategooriasse, Tabel 8.

Tabel 8 Sisekeskkonna kvaliteedi kategooriad [20].

Kategooria	Ootuste tase
IEQ _I	Kõrge
IEQ _{II}	Keskmine
IEQ _{III}	Tagasihoidlik
IEQ _{IV}	Madal

Kategooriad on seotud asukate võimalike ootustega. Normaalse tase on „keskmine“. Kõrgem tase võidakse valida erivajadustega asukatele (lapsed, vanurid, puudega

inimesed jne). Madalam tase ei põhjusta mingeid riske tervisele, kuid võib vähendada mugavust [20].

Samuti standardiga on etteantud väärtused sisekliima parameetritele (CO_2 , temperatuur, õhukiirus jms), millele peaks vastama olenevalt kasutusest hoone sisekliima teatud kategooria kvaliteedile ning antud parameetrid tehnosüsteemide dimensioneerimiseks eriperioodideks. Tabelis nr 9 on toodud vaikumisi arvutuslik CO_2 kontsentratsioon üle välise kontsentratsiooni, eeldades, et standardne CO_2 eraldus on 20 L/(h/inimene) [20].

Tabel 9 CO_2 kontsentratsioonid (keskm CO_2 välisõhus 400 ppm) [20].

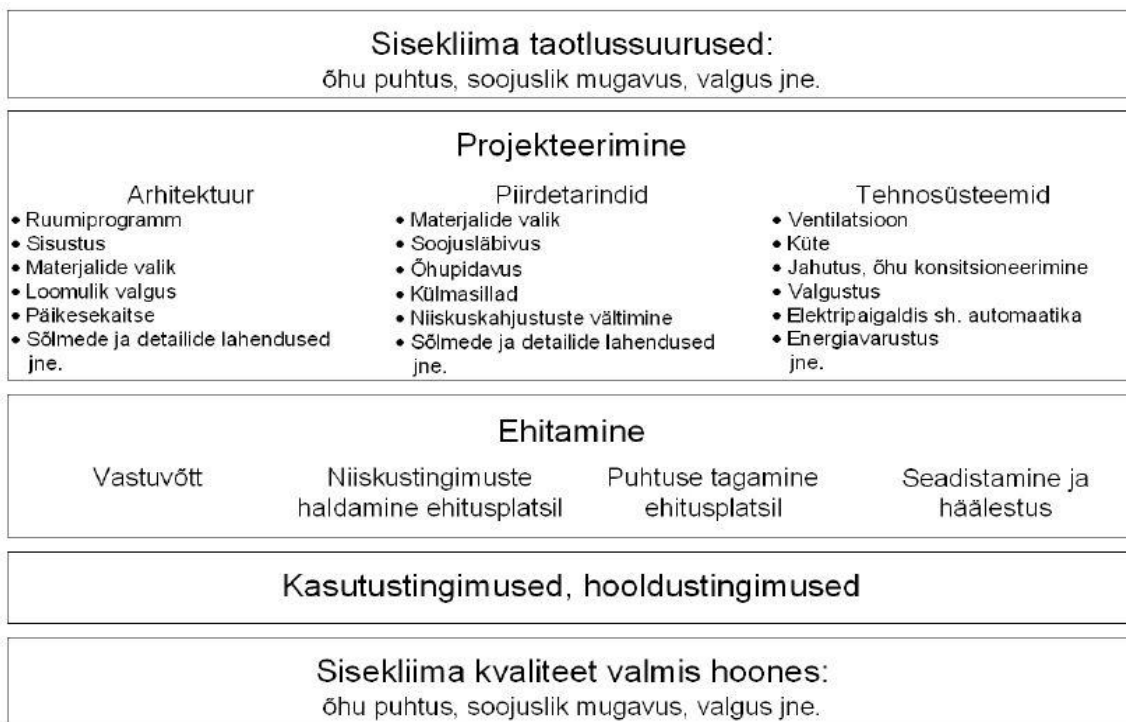
Kategooria	Vastav CO_2 kontsentratsioon üle välise kontsentratsiooni, väljendatud ppm-ides kohanemata inimese kohta
I	550 - õhuvool 10 l/(s*inimene)
II	800 - õhuvool 7 l/(s*inimene)
III	1350 - õhuvool 10 l/(s*inimene)
IV	-

Tabelis nr 10 on toodud eraldi haridushoonele ja koolieelse lasteasutusele asukate kasutusprofiilid, kuna antud töö on keskendunud just antud hoonetüüpidele. Lasteaiale kehtib samuti määrus „Tervisekaitsenõuded koolieelse lasteasutuse maa-alale, hoonetele, ruumidele, sisustusele, sisekliimale ja korrashoiule“ ja koolile kehtib määrus „Tervisekaitsenõuded koolidele“. Mõlemad määrused lisaks standardile reguleerivad antud asutuste sisekliima nõudeid.

Tabel 10 Haridushoone ja lasteasutuse asukate kasutusprofiilid energiaarvutustes [20].

Haridushoone			Koolieelne lasteasutus			
Tööaeg	Parameeter	Väärtus	Ühik	Parameeter	Väärtus	Ühik
	Tund päeval, Start	8	tund	Tund päeval, Start	7	tund
	Tund päeval, Lõpp	16	tund	Tund päeval, Lõpp	19	tund
	Pausid, kasutuskestus	0	tunnid	Pausid, kasutuskestus	0	tunnid
	päevad/nädal	5	päevad	päevad/nädal	5	päevad
	tunnid/päev	8	tunnid	tunnid/päev	12	tunnid
	tunnid/aasta		tunnid	tunnid/aasta		tunnid
Sisemised vabasoojused	Asukad	5,4	m ² /inimene	Asukad	4,4	m ² /inimene
	Asukad (summaarne)	23,3	W/m ²	Asukad (summaarne)	13,3	W/m ²
	Asukad (kuiv)	14	W/m ²	Asukad (kuiv)	8	W/m ²
	Seadmed	4	W/m ²	Seadmed	4	W/m ²
	Valgustus	19	W/m ²	Valgustus	12	W/m ²
	Niiskuse toodang		g/(m ² * h)	Niiskuse toodang		g/(m ² * h)
	CO ₂ toodang		l/(m ² * h)	CO ₂ toodang		l/(m ² * h)
Seadeväärtused	Min T _{op} hõiveta tundides		°C	Min T _{op} hõiveta tundides		°C
	Max T _{op} hõiveta tundides		°C	Max T _{op} hõiveta tundides		°C
	Min T _{op} , küte/talv	21	°C	Min T _{op} , küte/talv	21	°C
	Max T _{op} , jahutus/suvi	25	°C	Max T _{op} , jahutus/suvi	25	°C
	Ventilatsiooni tase (min)	3	l/(s m ²)	Ventilatsiooni tase (min)	2	l/(s m ²)
	Max CO ₂ kontsentratsioon (üle välise kontsentratsiooni)	600	ppm	Max CO ₂ kontsentratsioon (üle välise kontsentratsiooni)	500	ppm
	Min suhteline niiskus		%	Min suhteline niiskus		%
	Max suhteline niiskus		%	Max suhteline niiskus		%
	Valgustus, valgustustihedus tööpiirkonnas	500	lux	Valgustus, valgustustihedus tööpiirkonnas	500	lux
	Sooja tarbevee kasutamine	10	kWh/m ² /a	Sooja tarbevee kasutamine	15	kWh/m ² /a

Kuigi standardeid võib võtta soovituslikuna, siis määruseid on kohustus järgida. Lähimas tulevikus loodetavasti võetakse vastu ka sisekliima määrus, mis muutub projekteerimisel kohustuslikuks, kuid seni on veel aega. Ühtlasi tuleb mainida, et sisekliima lahendusi näiteks eelprojekti seletuskirjas kirjeldatakse ainult põhimõttelisel tasandil, kuigi kvaliteetne sisekliima on energiatõhusa hoone oluline osa, illustreeritud Joonisel nr 4.



Joonis 4 Sisekliima tagamise põhimõtted hoones [18].

Sisekliima nõudeid rakendatakse ruumiosale, kus inimene viib pidevalt ehk ruumiosa mida eeldatakse kasutatavat. Sellist ruumiosa nimetatakse kontroll- ehk viibimistsooniks. Kontrolltsooni piirid asuvad välispiiretest ja kiirgavatest pindadest järgmistel kaugustel [21]:

- 1,0 m välisseinas olevast aknast
- 0,5 m aknata välisseinast ja siseseinast
- 1,5 m välisuksest
- 0,1 m põrandapinnast
- 1,8 m põrandapinnast
- 1,0 m seinäärsest radiaatorist
- 1,0 m küttega laest

Maailma Tervishoiuorganisatsiooni (WHO) sõnul on inimese üheks õiguseks hingata tervisele ohutut välis- ja siseõhku. Teadaolevalt veedavad inimesed 80-90% elust siseruumides, sealhulgas ka töökeskkonnas, seega sisekliima tagamisele tuleb pöörata suurt tähelepanu. Hea sisekliima tagab inimese tervise, mugavustunde, heaolu ja soodustab tööviljakuse. Mugavus on suhteline ja individuaalne. Mugavustunde all

mõistetakse niisugust füsioloogilist seisundit, mille puhul organismi termoregulatsioon töötab minimaalse pingega ja kõik elundid ning funktsionaalsed süsteemid toimivad optimaalselt [22]. Hoone sisekliima võimalik jagada erinevateks komponentideks:

- soojuslik sisekliima;
- õhu kvaliteet;
- valgus;
- müra;
- ionisatsioon;
- elektromagnetilised lained.

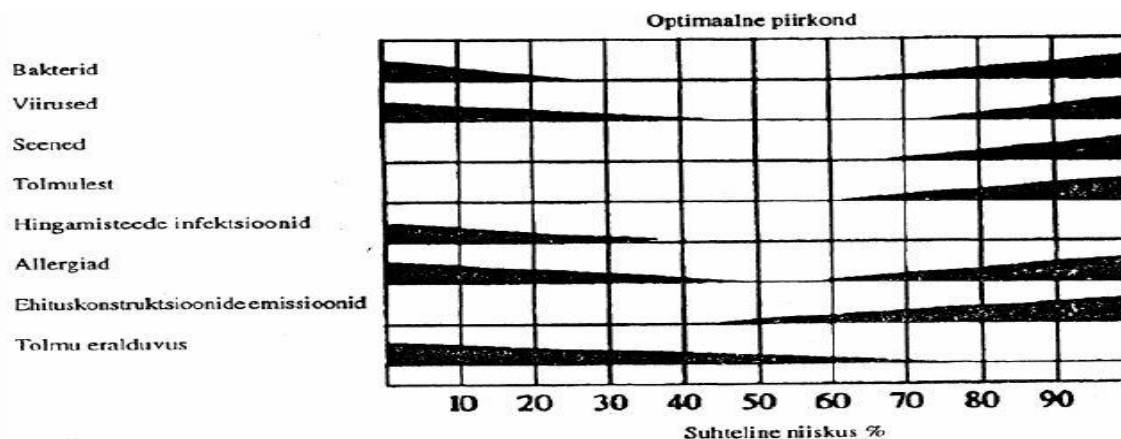
Antud töös keskendutakse siseõhutemperatuuri, suhtelise niiskuse ja süsihappegaasi kontsentratsioonile. Peamine soojusliku mugavuse näitaja on ruumiõhu sisetemperatuur, kuna see mõjutab inimeste mugavustunnet märkimisväärselt. Kõrgem temperatuur tööruumis võib soodustada ka mitmete tervist mõjutavate keemiliste ühendite lendumist [24]. Ruumi temperatuur, sõltuvalt töö iseloomust, võib inimese organismi väga tugevasti koormata ja põhjustada tervisehäireid [24]. Temperatuur on otseses seoses ka tööviljakusega, temperatuuri suurenedes hakkavad füüsiline ja vaimne teovõime langema, võib väheneda ka motivatsioon [24].

Sisekliima kujundamisel õhu niiskussisaldus omab samaväärset toimet sarnaselt siseõhutemperatuuriga. Suhtelise niiskuse hoidmine optimaalsel tasemel on kogu hoone, eelkõige aga siseõhu kvaliteedi, energiatarbe ja piirdetarindite, korrektse funktsioneerimise aluseks [21]. Külmas kliimas võib madal välisõhu niiskussisaldus kombineeritult ülekütmisega põhjustada siseõhu suhtelise niiskuse määra langemist allapoole aktsepteeritud taset [21]. See aga põhjustab mitmeid „haige hoone sündroomiga“ seondatavaid terviseprobleeme nagu silmade ja suu limaskestade ning naha kuivamist. Erinevate uuringute tulemused näitavad, et kaebuste vältimiseks ei tohiks siseõhu suhteline niiskus langeda alla 20 % [21]. Optimaalse suhtelise niiskuse tase on 30-60%, kus inimesed tunnevad ennast mugavalt, kuid selline tase ei ole alati saavutatav, eriti talvel köetavates ruumides, illustreeritud Joonisel 5 [21]. Madal niiskuse tase kutsub esile naha- ja limaskestade kuivustunnet, õhu tolmutumist ning nina kinnisust.

Samas kõrge niiskuse tase võib esile tuua mikroobide kasvu ja levikut, hallituse teket, tarindite niiskumist, mis toob kaasa samuti tervisehäireid ja ehitise kahjustusi. Bakterite ja hallitusseente lisandumispiir sõltub nende liigist ja on tavaliselt 60-70% piires, Joonis 5. Ühtlasi hallitusseeni võib leida eostena ka tunduvalt kuivemas õhus [22].

Hallitusseente kasvuks on kolm eeltingimust: soojus, niiskus ja toitained ning neid esineb enamikes ruumides. Hallitusseente sisaldus ruumiõhus võib-olla suuresti erinev, olenedes aastaajast, hoones asukohast ja niiskuskahjustustest, ruumide seisundist, korrashoiust ja kasutamisest. On kindlaks tehtud niiskuse ja hallituse seos laste

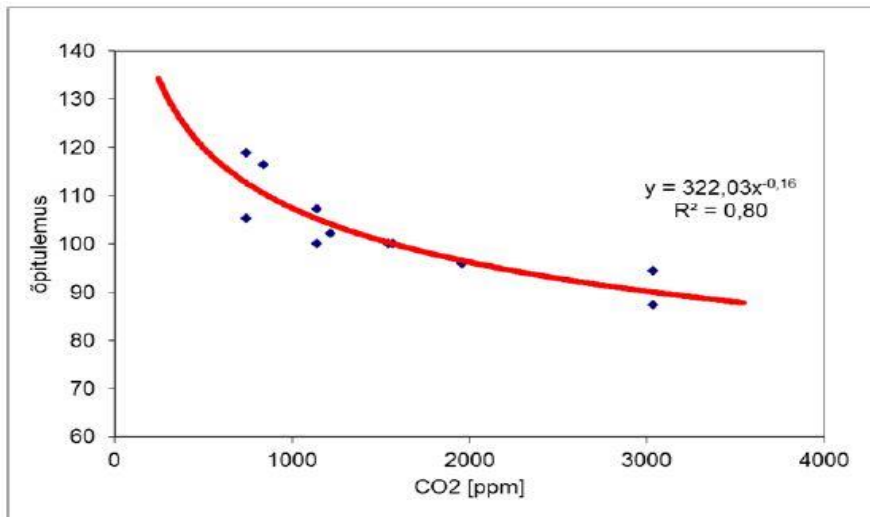
haigestumisega. Näiteks Inglismaal esineb niisketes ja hallituskahjustusega elamutes hingamiskahjustusi 3,7 korda rohkem ja Hollandis 2-3 korda rohkem võrreldes normaalsete oludega. Helsingi Ülikooli haiglas 1995 a põhiallergeenidega tehtud nahatestid näitasid, et 1-2% soomlastest on allergilised teatavatele õhus esinevatele hallitusseentele [22].



Joonis 5 Kahjulike emissioonide sõltuvus õhu suhtelisest niiskusest [23].

Suurem osa õhu saastumisest on seotud siiski sisemiste reostusallikatega ning põhilised keemilised komponendid on lenduvad orgaanilised ühendid (VOC), vingugaas, osoon, süsihappegaas, formaldehüüd, tubakasuits, tolm. Inimesed eraldavad nii gaasilisi saasteaineid kui osakesi, näiteks süsihappegaasi, veeauru, lõhnaained, nahaosakesi. Inimeste poolt õhku paisatud saastelemente nimetatakse biofluentideks [22]. Riietelt eraldub kangakiude ja muid saasteaineid. Õhus, mida inimene sisse hingab on 21% hapnikku ja 0,04% süsihappegaasi. Väljahingatav õhk sisaldab umbes 16% hapnikku ja 4% süsihappegaasi ehk õhu hapnikusisaldus langeb neljandiku jagu aga süsihappegaasi sisaldus suureneb sajakordselt [23]. See tähendab, et inimesed mõjutavad ruumiõhu hapnikusisaldust vähe aga süsihappegaasi CO₂ sisaldust olulisel määral ja koos sellega ka siseõhu CO₂ sisaldust hõivatud ruumides. Siseõhus CO₂ hulka võib lugeda inimesest eralduvate saasteainete indikaatoriks. Siseõhu CO₂ sisaldus võib suurenedu öösel magamistoas, klassides tundide ajal ja lasteaedade mänguruumides. CO₂ suure sisalduse korral muutub ruum umbseks ning see võib põhjustada väsimust, peavalu ja töövõime vähenemist, illustreeritud Joonisel 6.

Erinevad uuringud näitavad, et temperatuurist, ventilatsioonist ja süsihappegaasist tulenevad ebasobivad keskkonnatingimused (temperatuur üle 20-22 °C ja CO₂ üle 1000 ppm) võivad vähendada õpilaste õpeedukust kuni 30% [24]. Kooli õpperuumi kui ka lasteruumide ühes liitris siseõhus võib olla keskmiselt kuni 1000 mikrolitrit (ppm) süsinikdioksiidi [25, 26].



Joonis 6 Süsihappegaasi kontsentratsiooni ja õpitulemuse seos: õppimiseks on vaja madalat CO₂ kontsentratsiooni [24].

Euroopas on tehtud rida uuringuid ning on täheldatud probleemi olemasolu CO₂ kõrge kontsentratsiooniga koolides. Taani koolide uuringud näitasid seda, et CO₂ tase ületas 5000 ppm klassiruumi tagumises osas ning näiteks seitsmes koolis oli CO₂ tase vahemikus 1500-3700 ppm [28, 37]. Samuti oli tehtud põhjalik uuring 141 kooli kohta Wim Zeileri ja Gert Boxemi poolt, mille tulemused on toodud Tabelis 11 [29, 37].

Tabel 11 Taani uuringud koolide CO₂ tase osas [37]

Uuringu aasta	Koolide arv	CO ₂ tase [ppm]	
		Keskmine	Vahemik
1984	11	1000	500-1500
1990	6	1290	950-1950
1995	6	1320	700-2700
1997	96	990	425-2800
2004	5	1220	480-2400
2004	11	1580	450-4700
2005	6	1355	550-3000

2. MEETODID

2.1 Valimite koostamine

Koolide ja lasteaedade valimite koostamisel lähtuti üldjuhul tüüphoonetest ja ehisregistris olemasolevate Tallinna koolide ja lasteaedade energiamärgiste andmetel. Sobivate hoonete leidmiseks oli kontrollitud andmete olemasolu Tallinna Haridusameti bilansis olevate 125 lasteaia ja 69 kooli osas ning valiti 30 kooli ja 30 lasteaeda, millel olid energiamärgised olemas. Andmed on küsitud Tallinna Haridusameti spetsialistidelt ning on peetud läbirääkimised koolide ja lasteaedade personaliga, et oleks valimite seast võimalik teostada hoonete ülevaatused. Samuti andmete kogumisel oli vesteldud hoonete kasutajatega, kuid antud töös ei ole võimalik esitada saadud vastused, et mitte kahjustada osapoolte mainet.

Esmaseid lasteaedade ja koolide valikuid ei õnnestunud kontrollida, kuna mitte kõik lasteaia ja kooli direktorid soovisid osaleda.

2.2 Sisekliima mõõtmised

Uuringuobjektideks on rekonstrueeritud kooli erinevad klassiruumid ning lasteaia rühmade puhul siis magamistoad ja mängutoad. Mõõdeti nelja sisekliima komponenti, eesmärgiks kontrollida kas rekonstrueeritud hoonetes on sisekliima tagatud. Esiteks mõõdeti ruumi õhu sisetemperatuuri, suhtelist õhuniiskust ja CO₂ taset. Teiseks mõõdeti rekonstrueeritud hoonetes ruumide õhukiirused ja vooluhulgad. Ruumi õhutemperatuuri, suhtelise õhuniiskuse ja CO₂ mõõtmiseks kasutati logerit HOB0 MX1102A mõõteintervalliga 10 minutit (Foto 1). Logeri tehnilised näitajad on toodud Tabelis 12. Andurid asusid ruumides kappide peal umbes 1,80 m kõrgusel. Ventilatsiooni sissepuhke ja väljatõmbe õhuvooluhulkade hindamiseks kasutati õhuvooluhulga mõõtmiseks mõõteseadet Testo 440 dP (Foto 2, Tabel 12) koos mõõtelehtriga. Testo 440 dP puhul kasutati õhu liikumise kiiruse mõõtmiseks kuumtraat-anemomeetri sondi. Õhuvooluhulgad mõõdeti ventilatsiooni lõppelementides ning mõõdeti sisekliima andurite mahavõtmise ajal.



Foto 1, 2 Hobo MX1102A logger ja õhuvooluhulga mõõteseadet Testo 440dP

Tabel 12 Sisekliima mõõtmisel kasutatud seadmete andmed

Mõõteseade	Tüüp	Täpsus	Mõõtepiirkond
HOBO MX1102A Data Logger	Temperatuur	$\pm 0.21^{\circ}\text{C}$	0° kuni 50°C
	Õhuniiskus	$\pm 2\%$ alates 20% kuni 80%	1% kuni 90% RH
	CO2	± 50 ppm $\pm 5\%$	0 kuni 5,000 ppm
Testo 440 dP	Õhu liikumiskiirus	$\pm(0.03$ m/s + 4%)	0 kuni 50 m/s

Vastavalt Vabariigi Valitsuse määrusele „Tervisekaitsenõuded koolieelse lasteasutuse maa-alale, hoonetele, ruumidele, sisustusele, sisekliimale ja korrashoiule“ on esitatud nõuded lasteaia sisekliimale. Määrusejärgsed nõuded sisekliimale on järgmised:

- Lasteruumide siseõhu optimaalne suhteline niiskus on vahemikus 40% kuni 60%. Talvel võib nädala keskmine suhteline niiskus langeda 25%-ni ja suvel tõusta 70%-ni [26].
- Rühmaruumi õhutemperatuur peab olema vähemalt 21 °C. Õhutemperatuuri tõusmisel üle 26 °C tuleb võtta tarvitusele meetmed temperatuuri mõju vähendamiseks [26].
- Lasteruumide ühes liitris siseõhus võib süsihappegaasi- ehk süsinikdioksiidisisaldus olla kuni 1000 mikrolitrit (ppm) [26].

Määruses soovitatakse samuti kasutada standardi EVS-EN 15251 „Sisekeskkonna algandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks, lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust mugavusest, valgustusest ja akustikast“ nõudeid. Antud standard sätestas sisekliima klasse. Standardi kohaselt sisekliima klassile II on lasteaia soovituslik siseõhu temperatuur kütteks peab jääma vahemikku 17,5°C – 25,5°C ning suhteline õhuniiskus peab jääma vahemikku 25 – 60%. Süsihappegaasi sisaldus siseõhus vastavalt sisekliima II klassile on lubatud kuni 1000 ppm.

Sarnaselt koolieelse lasteasutustele reguleerib koolihoonete sisekliimat Vabariigi Valitsuse määrus „Tervisekaitsenõuded koolidele“. Määruse kohaselt peab klassiruumides olema tagatud järgmised sisekliima komponendid:

- Õpperuumi siseõhu optimaalne suhteline niiskus peab olema vahemikus 40% kuni 60%. Talvel võib nädala keskmine suhteline niiskus langeda 25%-ni ja suvel tõusta 70%-ni [25].
- Õhutemperatuur peab olema õpperuumis vähemalt 19 °C, võimlemissaalis vähemalt 18 °C ja duširuumis vähemalt 24 °C. Õhutemperatuuri mõõtmiseks peab õpperuumis olema termomeeter [25].
- Õhu liikumiskiirus kooliruumis peab olema väiksem kui 0,21 meetrit sekundis (m/s). Ruumides ei tohi olla tuuletõmbust [25].

- Õpperuumi ühes liitris siseõhus võib olla keskmiselt kuni 1000 mikrolitrit (ppm) süsinikdioksiidi [25].

2.3 Simulatsioonimudelid

Simulatsioonimudeli koostamise aluseks on võetud projektdokumentatsiooni fotod ning IDA ICE programmis võeti igale korrusele vastav fail aluseks ja antud jooniste põhjal koostati programmis hoone mudel ja vajalikud tsoonid koos süsteemiga. Simulatsiooni eesmärk on kontrollida, kas rekonstrueeritud lahendused toimivad energiatõhususe aspektist ja kas on vajadus teha parendusi, et saavutada C energiaklassi.

2.4 Analüüsid

Analüüsitud olid valimid, sisekliima mõõtmised ja simulatsioonid ning rekonstrueerimise maksumused. Valimite analüüsimisel olid võrreldud objektid sarnaste energiamärgistega ja hoonetega ning tehtud ülevaade hoonete jaotusest energiaskaalal. Valimite tarnitud energia, nimelt kaugküte andmed olid lähtestatud Tallinna tõhusa kaugküte piirkonna kaalumisteguriga. Peale valimite koostamist oli külastatud kokku viis C ja D energiamärgisega lasteaia tüüphoonet ning viis C, D ja F energiamärgisega kooli tüüphoonet, et fikseerida energiatõhusust mõjutavaid lahendusi. Ühtlasi oli ülevaatuste ajal üritatud selgeks saada kasutajate tarbimisharjumusi/mustreid. Lasteaedade osas oli selekteeritud kõik valimid kolmeks: soojustatud, soojustamata ja täielikult rekonstrueeritud objektideks. Kõik lasteaia valimite objektid olid kontrollitud visuaalselt koha peal.

Sisekliima mõõtmistulemustel analüüsiti rekonstrueeritud lasteaia kahes eraldi korpusetes asetsevas rühmas mõõdetud ruumi siseõhutemperatuuri, ruumi suhtelist niiskust, CO₂ taseme ja õhuvahetuse näitajaid. Rekonstrueeritud kooli osas analüüsiti kahe erineva asetusega klassiruumi sisekliima komponente, mis on ruumi siseõhutemperatuur, suhtelist niiskust, CO₂ taseme ja õhuvahetuse näitajaid. Analüüsi eesmärk on tuvastada, kas olemasolevate hoonete lahendused on toimivad ning kas sisekliima on tagatud.

Hoone mudeliga analüüsiti olemasoleva rekonstrueeritud koolieelse lasteasutuse lahenduste toimivust ja lisaks katsetatud erinevaid lahendusi, et tuvastada, milliste parendustega on C energiaklass saavutatav. Mudel koostati olemasoleva hoone andmete põhjal ning kalibreeritud vastavalt tarbimisele. Ühtlasi oli arvutatud tarbimisandmete alusel kaalutudenergiakasutuse väärtus mudeli kalibreerimiseks.

Mudel viidud standardtingimustele ning proovitud erinevaid lahendusi eesmärki saavutamiseks.

Ehitusmaksumuste osas tuuakse välja olemasolevate koolihoonete ja lasteaiahoonete tervikliku rekonstrueerimise tänapäeva maksumused ning eraldi energiat mõjutavate lahenduste maksumused ruutmeetri kohta. Järelduste peatükis võrreldakse ühtlasi lasteaia rekonstrueerimise ja uue ehitamise maksumused.

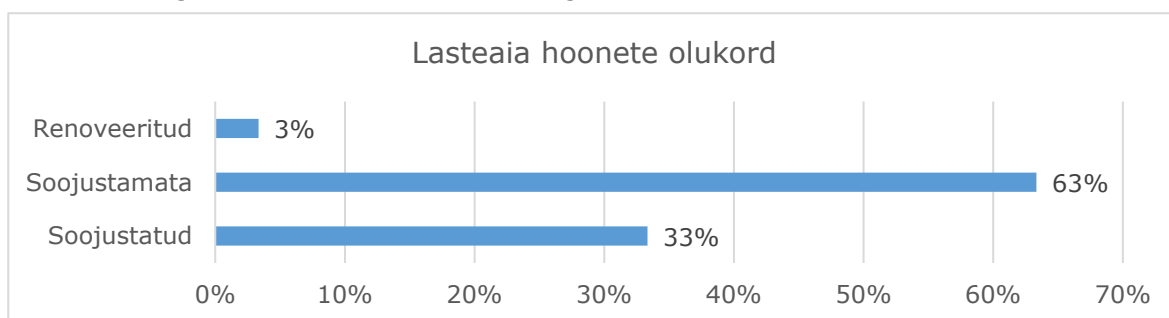
Tulemuseks peaks selguma, kas ca 10 a tagustes rekonstrueeritud kooli ja lasteaia hoonetes on sisekliima tagatud, kas lahendused toimivad või on vajadus parendusi teha vähemalt C-klassini ja selle saavutamiseks minimaalsete lahenduste esitamine ning palju rekonstrueerimine tänapäeval maksab ning kas tasub teostada ainult energiatõhususe parandamiseks ehitustöid.

3. OLEMASOLEV OLUKORD

Käesolevas peatükis teostatakse olemasoleva olukorra valimite analüüsi Tallinna linna põhjal ning kirjeldatakse külastatud lasteaedade ja koolimajade tüüphoonete energiatõhusust mõjutavate tehnilisi lahendusi. Vaatluse all on piirdetarindite soojustuslahendused, küttesüsteem, ventilatsioonisüsteem, aknad, valgustus. Lahenduste kontroll toimus vaatluse teel, vestluse ja projektdokumentatsiooni läbivaatamisel ning ehitisregistri põhjal. Tuleb mainida, et projektdokumentatsioon on kahjuks suures osas puudulik või olematu, seega piirdetarindite osas oli tehtud osalisi avamisi.

Tallinna linnas algas koolihoonete terviklik rekonstrueerimine alates 2004 aastast ning Haridusameti info kohaselt on kõik hooned rekonstrueeritud ja käesoleval ajal alustati koolide teise ringi rekonstrueerimisega. Esimese ringiga rekonstrueeriti suurem osa koole aastal 2010-2013. Tüüpsed koolihooned asuvad Tallinna linnas Mustamäe, Haaberstis, Kristiines ja Lasnamäe piirkonnas. Kesklinnas, Põhja-Tallinnas, Nõmmel on eriarhitektuuriga hooned, üldiselt muinsuskaitse all või miljööväärtslikud, mille tõttu on selliste hoonete rekonstrueerimine raskendatud seoses seatud piirangutega. Piirangud on eelkõige seotud arhitektuurse väärtusega, muinsuskaitse all hooned ja ruumi puudulikkusega.

Tallinna linnas on suur enamus lasteaedu tüüpse arhitektuuriga. Lasteaia hooned on suurem enamus rekonstrueerimata ja ilma sisekliima tagamiseta ja ei vasta tänapäeva nõuetele. Osa hooned on soojustatud 50-100 mm paksuse soojustusega. Soojustati sellisel ajal, kui seadusandluse kohaselt ei olnud nõutud ehitusluba või muu kinnitav dokument antud ehitustöödeks. Seoses sellega puuduvad üldse andmed taolise renoveerimise osas ja selle vajalikkusest. Oli teostatud välised vaatlused kõigi valimis olevate lasteaedade osas, et fikseerida piirdetarindite ja lasteaia üldist olukorda. Selgus asjaolu, et suur osa lasteaedadest ei ole renoveeritud või on osaliselt soojustatud. Kuigi lasteaia energiaklass kaalutud energiakasutuse järgi vastab kehtestatud nõuetele, ei ole sisekliima tagatud, kuna saavutatud energiasääst on sisekliima arvelt.



Joonis 7 Lasteaia hoonete olukord 30 valimi põhjal teostatud vaatlusel.

3.1 Koolimajade valimite analüüs

Olemasolevate koolimajade hoonete energiatarbimise hindamisel lähtuti 30 koolimaja andmetest, millel on väljastatud energiamärgised KEK-i andmetega. Ehitisregistri andmetel on energiamärgised väljastatud valdavalt 2013 aastal. Suur osa koolimajade tüüphoonetest on ehitatud Nõukogude ajal vahemikus 1960-1990 aastatel. Koolimajad omavad tüüpset arhitektuurset H- või U-kuju ning üldiselt tüüphoonee suletud netopind on vahemikus 7500-8500 m².

Esimest 19 valimit on tüüpse arhitektuuriga hoonet ning on näha, et elektri erikasutus on üldiselt samas vahemikus 20-40 kWh/(m²*a), kuid saavutatakse erineval moel. Viimast 10 valimit on eriarhitektuuriga või muinsuskaitse all ning nende rekonstrueerimine on keeruline, siit ka suured elektri ja soojuse kaod. Olemasolevate koolimajade keskmine tarnitud soojusenergia erikasutus on 131 kWh/(m²*a) ja elektrienergia omakorda keskmine on 36 kWh/(m²*a). Koolimajade energiatarbimine on toodud Tabelis nr 13. Tuleb ära märkida, et arvutusteks võetud köetavpind on väga erinev ning energiamärgistes esitatud köetavad pinnad väga erinevad ka samatüüpsete hoonete puhul.

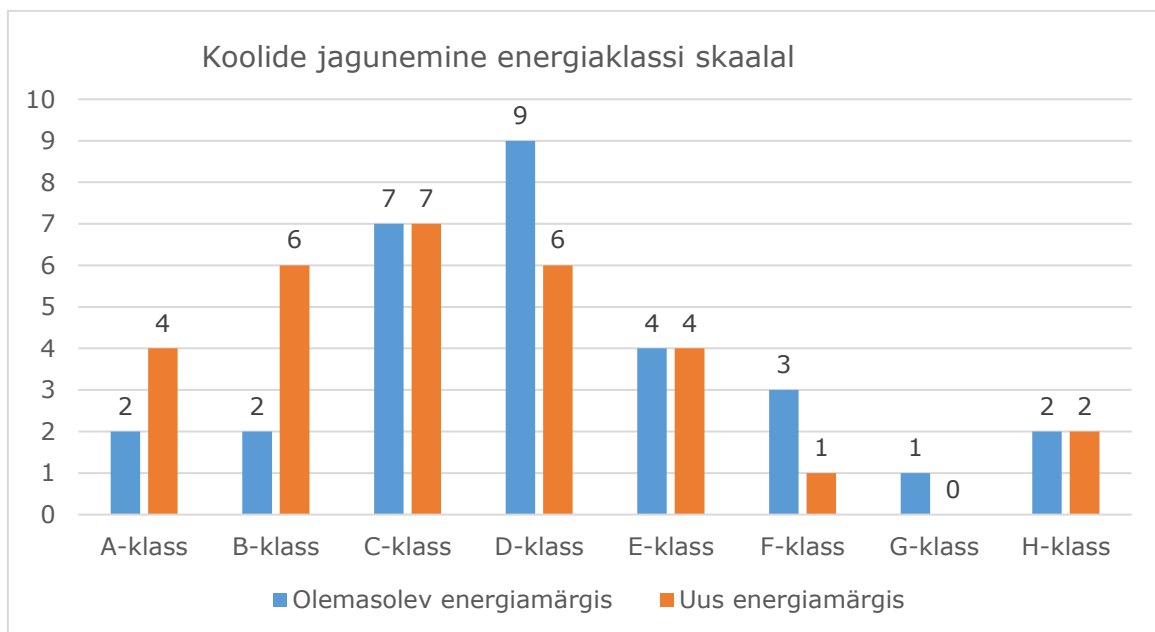
Tabel 13 Koolimajade valimite andmed, olemasolevad ja uued arvutatud KEK andmed.

Tallinna koolid				Tarnitud energia, kWh/(m ² *a)		Olemasolev energiamärgis		Uus energiamärgis	
Jrk	Ehitusaasta (EHR)	Suletud netopind, m ² (EHR)	Köetav pind, m ² (märgis)	Soojus	Elekter	KEK, kWh/(m ²)	Märgise klass	KEK, kWh/(m ²)	Märgise klass
1.	1971	7932,5	7932,5	83,77	40,52	166	D-klass	135	C-klass
2.	1970	6780,1	6780,1	89,96	22,27	125	C-klass	103	B-klass
3.	1966	4169	4169	112,19	26,95	168	D-klass	126	C-klass
4.	1965	4615,2	4586,3	126,62	39,81	194	D-klass	161	D-klass
5.	1969	6709,3	6628,3	74,29	27,97	123	C-klass	104	B-klass
6.	1963	2059,2	2059,2	145,39	25,24	181	D-klass	145	C-klass
7.	1964	5121,3	5121,3	95,46	23,31	131	C-klass	108	B-klass
8.	1976	9057,1	5660,6	119,78	18,7	145	C-klass	115	B-klass
9.	1992	8324	7116	135,09	22,01	165	D-klass	131	C-klass
10.	1982	7780,4	2500	329,23	12,44	321	G-klass	238	E-klass
11.	1981	8134,3	8134,3	86,55	23,81	121	C-klass	103	B-klass
12.	1980	8133,6	7757,8	160,03	60,18	281	F-klass	224	E-klass
13.	1988	9587,3	9587,3	79,45	34,37	215	E-klass	120	B-klass
14.	1986	7117	7117	84,2	11,82	99	A-klass	78	A-klass
15.	1983	8384,8	8384,8	76,96	16,3	102	B-klass	82	A-klass
16.	1957	5797,2	4662	115,55	27,03	158	C-klass	129	C-klass
17.	1975	8553,2	8553,2	106,52	33,47	162	D-klass	136	C-klass
18.	1963	5746,5	5746,5	118,73	33,37	200	D-klass	200	D-klass
19.	1973	7744,6	7744,6	47,95	15,12	79	A-klass	61	A-klass
20.	1928	2815	3086	192,55	28,76	249	E-klass	249	E-klass

21.	1940	5481	5481	129,97	25	167	D-klass	134	C-klass
22.	1939	4982,5	4982,5	147,4	33,55	199	D-klass	162	D-klass
23.	1917	4679	4679	164,91	153,71	455	H-klass	414	H-klass
24.	1935	3402	3402	153,68	57,35	252	F-klass	214	E-klass
25.	1933	3321	3321	158,93	41,19	225	E-klass	185	D-klass
26.	1884	4534,3	4534,3	136,29	50,67	223	E-klass	189	D-klass
27.	1933	2468	2468	266,61	89,6	443	H-klass	443	H-klass
28.	1985	10513,2	7929	96,36	11,96	110	B-klass	86	A-klass
29.	1984	5486,1	5486,1	78,77	44,73	160	C-klass	140	D-klass
30.	1932	999,1	999	176,19	39,68	254	F-klass	254	F-klass

Olemasolevate energiamärgiste klassides on KEK märgised jaotunud peamiselt C-, D-, E-klassi vahel, illustreeritud Joonisel nr 9. Väljastatud on ka 1 A-klassi energiamärgis koolile nr 19, kuid kasutatud tarbimisandmete puhul oli 1,5 a võetud arvesse, siis kui toimusid ehitustööd. Olemasolevate koolimajade energiamärgiste kohaselt on 37%, mis vastavad tolle aja vähemalt C-klassi nõuetele. 2013 aastal ja tänapäeval haridusasutustele kehtivad samad KEK/ETA väärtused, toodud Tabelis 6.

2013 aastal kasutati arvutustest kaugküte puhul kaalumistegurid 0,9. Seoses sellega, et tänapäeval Tallinna linn on tõhusa kaugküte piirkond, siis arvutustes kasutatakse kaugküte kaalumisteguri 0,65. Tõhusa kaugküte kaalumistegurid ei olnud kasutatud koolidel 18, 20, 27, 30, kuna kasutatakse kütteks, kas maagaasi või kerget kütteõli. Uue kaalumisteguriga arvatuna selgub asjaolu, et tarnitud kaugküte suurus väheneb valimites umbes 35%, mis on piisavalt, et hüpata paremale energiaklassile skaalal. Uute energiaklasside jagunemine on illustreeritud Joonisel nr 9. Olemasolevatest koolimajadest 57% vastavad kehtivale C-klassi nõudele.



Joonis nr 9 Koolide jagunemine skaalal energiaklasside vahel

3.2 Lasteaedade valimite analüüs

Sarnaselt koolimajadele ka lasteaedade puhul lähtuti 30 hoone andmetest, millel on väljastatud energiamärgised KEK-i andmetega. Valimid koosnevad lasteaia tüüphoonetest. Lasteaia hooned jagunevad tüüp 1, tüüp 2 ja tüüp 3 vahel ehk üldiselt H-kujulised, Z-kujulised (sarnaselt H-kujuga, kuid korpused on nihkes) ja U-kujulised. Valdavalt on ehitatud H-kujulise lasteaia hooned. Lasteaia tüüphooned on ehitatud Nõukogude ajal vahemikus 1960-1990 aastal. Nõukogudeaegsete lasteaia tüüphoonete suletud netopind on umbes 2200 m², kuid selgus ka asjaolu, et leidub lasteaedu suletud netopinnaga umbes 2700 m². Kuigi tüüpprojektiga oli määratud ca 2200 m², realselt olid paljudes lasteaedades ehitatud välja keldrid ühe või kahe korpuse mahus. Palju selliseid lasteaedu on ja palju neid esineb valimis ei ole teada. Seega arvutusteks kasutatud köetav pind varieerub.

Olemasolevate lasteaedade keskmine tarnitud soojusenergia erikasutus on 185 kWh/(m²*a) ja elektrienergia omakorda 18 kWh/(m²*a). Paikvaatluse tulemusel võib öelda, et C klassiga hooned on saavutatud eelsuste kohaselt energia vähese kasutamise abil ning sisekliima arvelt. Lasteaedade energiatarbimine on toodud Tabelis nr 14.

Tabel 14 Lasteaedade valimite andmed, olemasolevad ja uued arvatud KEK andmed.

Tallinna lasteaiaid				Tarnitud energia, kWh/(m ² *a)		Olemasolev energiamärgis		Uus energiamärgis	
Jrk	Ehitus aasta (EHR)	Suletud netopind, m ² (EHR)	Köetav pind, m ² (märgis)	Soojus	Elekter	KEK, kWh/(m ²)	Märgise klass	KEK, kWh/(m ²)	Märgise klass
1.	1974	2768,4	1888,98	177,55	16,04	191	D-klass	147	C-klass
2.	1975	2320,1	2320	137,74	15,17	154	C-klass	120	B-klass
3.	1973	2076,2	2076	172,75	25,04	206	D-klass	162	C-klass
4.	1973	2075,1	2075	174,18	17,22	197	D-klass	148	C-klass
5.	1963	2076,5	2076,5	176,68	17,12	193	D-klass	149	C-klass
6.	1969	2766	1927,8	221,27	16,44	231	D-klass	177	D-klass
7.	1967	2093,8	2120,9	190,87	18,42	207	D-klass	161	C-klass
8.	1971	2099,1	1802	246,36	18,81	259	E-klass	198	D-klass
9.	1963	2089,9	2089,9	182,67	16,09	196	D-klass	151	C-klass
10.	1968	2787,2	2787	140,28	13,45	153	C-klass	118	B-klass
11.	1968	2099,2	2099	174,45	16,42	189	C-klass	146	C-klass
12.	1970	2780,4	1983,8	164,93	18,77	185	C-klass	145	C-klass
13.	1963	2082,2	2082,2	202,02	18,16	218	D-klass	168	D-klass
14.	1967	2150,1	2400	194,91	12,47	201	D-klass	152	C-klass
15.	1969	2114,1	2114,1	177,84	19,01	198	D-klass	154	C-klass
16.	1973	1860	1860	174,42	16,98	191	D-klass	147	C-klass
17.	1970	1996	1996	173,95	23,68	203	D-klass	160	C-klass
18.	1965	2095,3	2095,3	199,34	23,21	225	D-klass	176	D-klass
19.	1976	2653,1	1863,4	197,02	25,74	228	D-klass	180	D-klass
20.	1967	2509,4	2509,4	120,97	15,91	141	C-klass	110	B-klass
21.	1984	2151	2151	209,45	16,68	220	D-klass	170	D-klass
22.	1965	2012,8	1687,5	240,71	20,7	258	E-klass	198	D-klass
23.	1968	2073	2073	172,78	21,15	197	D-klass	155	C-klass
24.	1986	2151	2151	187,9	19,28	207	D-klass	161	C-klass
25.	1978	2151	2303	191,52	21,42	214	D-klass	167	D-klass
26.	1964	1639	1639	200,54	15,41	211	D-klass	161	C-klass
27.	1984	2151	2491	183,21	13,68	192	D-klass	146	C-klass
28.	1990	2150	2150	199,76	11,77	203	D-klass	153	C-klass
29.	1986	3024,5	2303	164,54	16,41	181	C-klass	140	C-klass
30.	1979	2151	2150	200,74	12,02	208	D-klass	155	C-klass

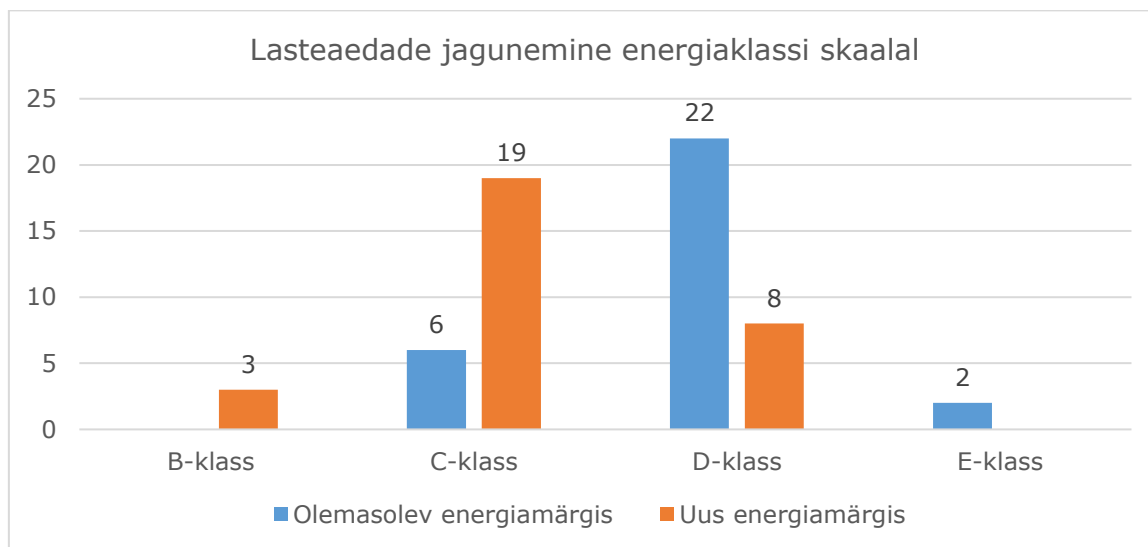
Olemasolevate lasteaedade energiamärgiste kohaselt ainult 20%, mis vastavad tolle aja vähemalt C-klassi nõuetele. 2013 aastal koolieelse lasteasutustele kehtinud KEK/ETA väärtused, toodud Tabelis 15. Hetkel kehtiva koolieelse lasteasutuste KEK/ETA väärtused on toodud Tabelis nr 7. Olemasolevate lasteaedade energiamärgiste klassides on KEK märgised jaotunud peamiselt C-, D-klassi vahel, illustreeritud Joonisel nr 10.

Tabel 15 Koolieelse lasteasutuste 2013 a kehtinud KEK/ETA väärtused

$141 \leq ET \text{ või } KEK \leq 190$	C
$191 \leq ET \text{ või } KEK \leq 240$	D

Sarnaselt koolimajadega, kui arvutada olemasolevad andmed tõhusa kaugkütte kaalumisteguriga 0.65, siis soojusenergia tarbimine väheneb umbes 35%. Uue kaalumisteguriga lasteaedade keskmine tarnitud soojusenergia erikasutus jääb 120 kWh/(m²*a) juurde (65 kWh/(m²*a) võrra vähem).

Uued energiaklassid on jagunenud nüüd B-, C-, ja D-klassi vahel. Olemasolevatest lasteaedadest uued energiaklassid vastavad 73% kehtivale vähemalt C-klassi nõudele, kuid hoonetes ei ole sisekliima tagatud, mis on potentsiaalne terviseoht lastele, kui ka töötajatele.



Joonis 10 Lasteaedade jagunemine energiaklasside vahel

3.3 Hoonete ülevaatused

Koolimajade paikvaatlust õnnestus teostada viies koolis. Vaatluse ajal olid märgitud energiatõhusust mõjutavad lahendused ning oli vesteldud kooli personaliga. Koolimajade paikvaatlusel selgus ka üks tõsine asjaolu, et osades koolides säästmise nimel on teatud perioodiks ventilatsiooniagregaadid väljalülitatud ning mehaanilist

õhuvahetust hoones ei toimunud üldse. Osa ventilatsiooniagregaate jällegi tolle ehitusajast tingituna või (vähese) puuduliku järelevalve tõttu valesti ehitatud või seadistatud. On ka eeskujulike lahendusi, mis töötavad erinevates režiimides ja eriaegadel ning personal oskab kasutada.

Ühtlasi tuleb mainida, et tänapäeval paljud koolid ei tööta standardsel kellaajal, vaid õhtuti kasutatakse/renditakse erinevaid koolisaale, suviti toimuvad ringid, laagrid ja muu tegevus, mis mõjutab tarbimist.

Lasteaedade paikvaatlust õnnestus teostada viies lasteaias. Vaatluse ajal olid märgitud energiatõhusust mõjutavad lahendused ning oli vesteldud lasteaia personaliga. Käesoleval ajal on üks lasteaed rekonstrueeritud ning on töös tervikliku rekonstrueerimise projekteerimised 16 lasteaia puhul ning pikemas perspektiivis rekonstrueerida ja/või lammutada ning asemel uus püstitada kõik Tallinna lasteaiad vastavalt linnastumise ja rahvastiku arengusuundadele. Hoonete ülevaatuste lehed on toodud Lisas 1.

3.3.1 Lasteaed nr 2

Kinnistul asub lasteaia tüüphoone nr 2. Hoone võeti kasutusele 1975. aastal (EHR andmetel). Hoone on H-kujuline ning kahekordne. Hoone keskosa ühendab kahte tiiba, esimesel korrusel asuvad köök ja erinevad kabinetid ning teisel korrusel ametiruumid ja saal. Mõlemas tiivas asuvad rühmaruumid, esimesel korrusel 6 ja teisel 6 rühma. Hoonel on kelder, kus asuvad soojussõlm, abiruumid ja elektrikilbiruum. Lasteaed ehitatud 12-ks rühmaks ning realselt on 12 rühmaruumi kasutuses. Lasteaias on köök laste toitlustamiseks. Hoones üldiselt on arvutid, kuvarid, nõudepesumasinad, 1 kuivatuskapp.

Ehitise andmed:

Suletud netopind: 2 320,1 m²

Köetav pind: 1863,4 m²

Energiamärgis (2013 a): C-klass

KEK: 154 kWh/(m²*a)

Arvutused tehtud 2010-2012 aasta tarbimisandmete põhjal.

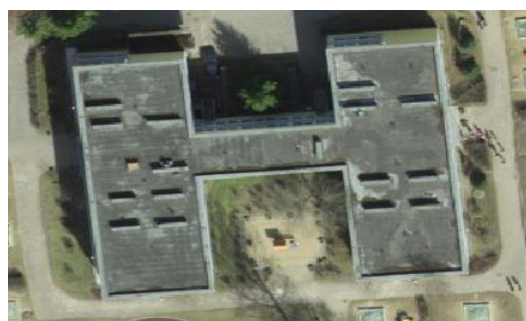


Foto 3 Lasteaia 2 aerofoto [27]

Tabel 16 Lasteaia nr 2 tehnilised lahendused

Piirdekonstruktsioonid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Katus	Lamekatus, mineraalvill 110 mm, bituumen rullmaterjal
Välissein	Gaasbetoonplokk, soojustamata
Sokkel	Monteeritav r/b plokk, soojustamata
Põrand pinnasel	R/b plaat

Aknad	2x plastraamiga klaaspakett
-------	-----------------------------

Tehnosüsteemid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Küttesüsteem	Kaugküttele põhinev radiaatoritega süsteem, plekkradiaatorid ilma termostaatventiilideta 2001 a, automatiseeritud soojussõlm asendatud 2017 a
Soojaveesüsteem	Tsentraalne kaugküttele põhinev süsteem
Ventilatsioonisüsteem	Loomulik
Valgustus	Vanad luminofoorlambid

3.3.2 Lasteaed nr 11

Kinnistul asub lasteaia tüüphoone nr 3. Hoone võeti kasutusele 1968. aastal (EHR andmetel). Hoone jaguneb kaheks: A ja B korpus. Hoone on oma põhiosas kahe korruline, mille ühe osa all paikneb keldrikorrus ja teise osa all madal pinnasega tehniline keldriosa, mis ei ole kasutuses ja ei ole köetav. A ja B korpust ühendab esimesel korrusel koridor, mille all on tehnosüsteemide kanal. Lasteaed ehitatud 12-ks rühmaks (iga korpus mahutab kuus rühma), kuid realselt tegutseb ainult 11 rühma, kuna ühe rühma ruumid on antud rendile ja ei ole kasutuses (elektri ja vee tarbimist pole). Lasteaias on köök laste toitlustamiseks ja kolm kuivatuskapi.

Ehitise andmed:

Suletud netopind: 2 099,2 m²

Energiamärgis (2013 a): C-klass

KEK: 189 kWh/(m²*a)

Arvutused tehtud 2010-2012 aasta
tarbimisandmete põhjal.



Foto 4 Lasteaia nr 11 aerofoto [27]

Tabel 17 Lasteaia nr 11 tehnilised lahendused

Piirdekonstruktsioonid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Katus	Lamekatus, mineraalvill 100 mm, bituumen rullmaterjal
Välissein	Silikaattellisest, soojustamata
Sokkel	Monteeritav r/b plokk, soojustamata
Põrand pinnasel	R/b plaat
Aknad	2x plastraamiga klaaspakett
Tehnosüsteemid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Küttesüsteem	Kaugküttele põhinev radiaatoritega süsteem, plekkradiaatorid termostaatventiilidega 2007 a, automatiseeritud soojussõlm asendatud
Soojaveesüsteem	Tsentraalne kaugküttele põhinev süsteem
Ventilatsioonisüsteem	Loomulik
Valgustus	Paneelvalgusti 600x600 F18W/840, luminofoor asendatud 2012 a

3.3.3 Lasteaed nr 17

Kinnistul asub lasteaia tüüphoone nr 3. Hoone võeti kasutusele 1970. aastal (EHR andmetel). Hoone jaguneb kaheks: A ja B korpus. Hoone on oma põhiosas kahe korruseline, mille ühe osa all paikneb keldrikorrus ja teise osa all madal pinnasega tehniline keldriosa, mis ei ole kasutuses ja ei ole köetav. A ja B korpust ühendab esimesel korrusel koridor, mille all on tehnosüsteemide kanal. Lasteaed ehitatud 12-ks rühmaks (iga korpus mahutab kuus rühma) ning realselt on 12 rühmaruumi kasutuses. Lasteaias on köök laste toitlustamiseks ja igas rühmas on kuivatuskapp, nõudepesumasin.

Ehitise andmed:

Suletud netopind: 1996 m²

Energiamärgis (2013 a): D-klass

KEK: 203 kWh/(m²*a)

Arvutused tehtud 2010-2012 aasta
tarbimisandmete alusel.



Foto 5 Lasteaia nr 17 aerofoto [27]

Tabel 18 Lasteaia nr 17 tehnilised lahendused

Piirdekonstruktsioonid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Katus	Lamekatus, mineraalvill 100 mm, bituumen rullmaterjal
Välissein	Silikaattellisest, soojustamata
Sokkel	Monteeritav r/b plokk, soojustamata
Põrand pinnasel	R/b plaat
Aknad	2x plastraamiga klaaspakett 2003-2005 a
Tehnosüsteemid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Küttesüsteem	Kaugküttele põhinev radiaatoritega süsteem, eritüüpi radiaatorid ja valdav osa ilma termostaatventiilideta - lisaks köetakse elektriradiaatoriga, automatiseeritud soojussõlm
Soojaveesüsteem	Tsentraalne kaugküttele põhinev süsteem
Ventilatsioonisüsteem	Loomulik
Valgustus	Vanad eritüüpi ja mõõtu valgustid

3.3.4 Lasteaed nr 19

Kinnistul asub lasteaia tüüphoone nr 2. Hoone võeti kasutusele 1976. aastal (EHR andmetel). Hoone on H-kujuline ning kahekordne. Hoone keskosa, mis ühendab kahte tiiba, esimesel korrusel asuvad köök ja erinevad kabinetid ning teisel korrusel ametiruumid ja saal. Mõlemas tiivas asuvad rühmaruumid, esimesel korrusel 6 ja teisel 6 rühma. Hoonel on kelder, kus asuvad soojussõlm, abiruumid ja elektrikilbiruum. Lasteaed ehitatud 12-ks rühmaks (iga korpus mahutab kuus rühma) ning realselt on 12 rühmaruumi kasutuses. Lasteaias on köök laste toitlustamiseks ja igas rühmas on kuivatuskapp. Hoones üldiselt on arvutid, kuvarid, nõudepesumasinad jms.

Ehitise andmed:

Suletud netopind: 2 653,1 m²

Köetav pind: 1863,4 m²

Energiamärgis (2013 a): D-klass

KEK: 228 kWh/(m²*a)

Arvutused tehtud 2010-2012 aasta
tarbimisandmete alusel.



Foto 6 Lasteaia nr 19 aerofoto [27]

Tabel 19 Lasteaia nr 19 tehnilised lahendused

Piirdekonstruktsioonid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Katus	Lamekatus, mineraalvill 110 mm, bituumen rullmaterjal
Välissein	Gaasbetoonplokk, EPS 100 mm 2006-2007 a
Sokkel	Monteeritav r/b plokk, soojustamata
Põrand pinnasel	R/b plaat
Aknad	2x plastraamiga klaaspakett 2000 a
Tehnosüsteemid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Küttesüsteem	Kaugküttele põhinev radiaatoritega süsteem, malmradiaatorid ilma termostaatventiilideta, automatiseeritud soojussõlm
Soojaveesüsteem	Tsentraalne kaugküttele põhinev süsteem
Ventilatsioonisüsteem	Loomulik
Valgustus	Vanad luminofoorlambid 2x36W

3.3.5 Lasteaed nr 20

Kinnistul asub lasteaia tüüphoone nr 3. Hoone võeti kasutusele 1967 aastal (EHR andmetel). Hoone jaguneb kaheks: A ja B korpus. Hoone on oma põhiosas kahe korruseline, mille ühe osa all paikneb keldrikorrus ja teise osa all madal pinnasega keldriosa, mis ei ole kasutuses ja ei ole köetav. A ja B korpust ühendab esimesel korrusel koridor, mille all on tehnosüsteemide kanal. Lasteaed ehitatud 12-ks rühmaks (iga korpus mahutab kuus rühma) ning realselt on 12 rühmaruumi kasutuses. Lasteaias on köök laste toitlustamiseks ja igas rühmas on kuivatuskapp. Lasteaias on üks tööstuslik pesumasin, mis teenindab kõik rühmad. Rühmades pole televiisorid, arvutid ega muid seadmeid.

Ehitise andmed:

Suletud netopind: 2 509,4 m²

Energiamärgis (2013 a): C-klass

KEK: 141 kWh/(m²*a)

Arvutused tehtud 2010-2012 aasta
tarbimisandmete alusel



Foto 7 Lasteaia nr 20 aerofoto [27]

Tabel 20 Lasteaia nr 20 tehnilised lahendused

Piirdekonstruktsioonid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Katus	Lamekatus, mineraalvill 250 mm, bituumen rullmaterjal
Välissein	Silikaattellisest, EPS 100 mm, 2007-2008 a
Sokkel	Monteeritav r/b plokk, EPS 50 mm
Põrand pinnasel	R/b plaat
Aknad	2x plastraamiga klaaspakett 2001 a
Tehnosüsteemid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Küttesüsteem	Kaugküttele põhinev radiaatoritega süsteem, malmradiaatorid ilma termostaatventiilideta, automatiseeritud soojussõlm
Soojaveesüsteem	Tsentraalne kaugküttele põhinev süsteem
Ventilatsioonisüsteem	Loomulik
Valgustus	Vanad luminofoorlambid 2x36W

3.3.6 Kool nr 1

Kinnistul asub H-kujuline kooli tüüppoone. Hoone võeti kasutusele 1971. aastal (EHR andmetel). Hoone jaguneb kolmeks nn korpusteks: A, B ja C korpus. A-korpus on 2-korruseline, kus asub lisaks klassiruumidele koolivõimla. B-korpus on 4-korruseline, kus asuvad klassiruumid ning C-korpus 2-korruseline, kus asuvad töötajate ruumid ning mis ühendab A ja B korpust. Samuti hoones on keldrikorrus. Hoonele teostati terviklik rekonstrueerimine 2008 aastal. Hoones on lift, köök toitlustamiseks ja muud kontori/kooli elektriseadmed, nn tööõpetuse pingid, arvutid, projektorid jms.

Ehitise andmed:

Suletud netopind: 7 932,5 m²

Energiamärgis (2013 a): D-klass

KEK: 166 kWh/(m²*a)

Arvutused tehtud 2014-2016 aasta
tarbimisandmete alusel.



Foto 8 Kooli nr 1 aerofoto [27]

Tabel 21 Kooli nr 1 tehnilised lahendused

Piirdekonstruktsioonid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Katus	Lamekatus, mineraalvill 210 mm, bituumen rullmaterjal
Välissein	Karkasspostid - gaasbetoonplokk, pikisein EPS 250 mm, otsasein EPS 50 mm
Sokkel	Gaasbetoonplokk, EPS 100 mm
Põrand pinnasel	R/b plaat
Aknad	2x plastraamiga klaaspakett
Tehnosüsteemid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Küttesüsteem	Kaugküttele põhinev radiaatoritega süsteem, plekkradiaatorid termostaatventiilidega, automatiseeritud soojussõlm
Soojaveesüsteem	Tsentraalne kaugküttele põhinev süsteem
Ventilatsioonisüsteem	Soojustagastusega SP/VT ventilatsiooniagregaati 7 tk, erinevad töörežiimid - öösel ökorežiimis
Valgustus	Luminofoorlambid

3.3.7 Kool nr 2

Kinnistul asub H-kujuline kooli tüüphoone. Hoone võeti kasutusele 1970. aastal (EHR andmetel). Hoone jaguneb kolmeks nn korpusteks: A, B ja C korpus. A-korpus on 2-korruseline, kus asub lisaks klassruumidele ka 2 erisuurust koolivõimlat. B-korpus on 4-korruseline, kus asuvad klassiruumid ning C-korpus 2-korruseline, kus asuvad töötajate ruumid ning mis ühendab A ja B korpust. Samuti hoones on keldrikorrus. Hoonele teostati terviklik rekonstrueerimine koos laiendusega 2009 aastal. Hoones on lift, köök tootlustamiseks ja muud kontori/kooli elektriseadmed, nn tööõpetuse pingid, arvutid, projektorid.

Ehitise andmed (EHR):

Suletud netopind: 6 780,1 m²

Energiamärgis (2013 a): C-klass

KEK: 125 kWh/(m²*a)

Arvutused tehtud 2010-2012 a
tarbimisandmete alusel.



Foto 9 Kooli nr 2 aerofoto [27]

Tabel 22 Kooli nr 2 tehnilised lahendused

Piirdekonstruktsioonid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Katus	Lamekatus, ol.ol TEP-plaat 150 mm, minvill 100 mm, bituumen rullmaterjal; C-korpus TEP-plaat 150 mm, EPS 70 mm ja mineraalvill 30 mm; Võimla EPS 70 mm, 100 mm mineraalvill.
Välissein	Karkasspostid - silikaattellis/gaasbetoonplokk; pikisein EPS 250 mm ja aknavahelised postid 125 mm minvill, otsasein EPS 100 mm; võimla SW-paneelid 100 mm.
Sokkel	Gaasbetoonplokk, EPS 100 mm
Põrand pinnasel	R/b plaat, saali põrand EPS 50 mm.
Aknad	2x plastraamiga klaaspakett
Tehnosüsteemid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Küttesüsteem	Kaugküttele põhinev radiaatoritega süsteem, plekkradiaatorid termostaatventiilidega, automatiseeritud soojussõlm
Soojaveesüsteem	Tsentraalne kaugküttele põhinev süsteem
Ventilatsioonisüsteem	Soojustagastusega SP/VT ventilatsioonigregaaati 6 tk + lisatud 4 konditsioneerimisseadet.
Valgustus	Luminofoorvalgustid

Kuigi ventilatsioonisüsteemi tööaega ja režiimi on võimalik reguleerida, tegelikkuses tööpäeva lõpus lülitatakse agregaadid üldse välja. Samuti külmade ilmadega ja kooli vaheajal ventilatsioon ei tööta üldse.

3.3.8 Kool nr 3

Kinnistul asub H-kujuline kooli tüüphoone. Hoone võeti kasutusele 1966. aastal (EHR andmetel). Hoone jaguneb kolmeks nn korpusteks: A, B ja C korpus. A-korpus on 1-korruseline, kus asub võimla ja söökla. B-korpus on 4-korruseline, kus asuvad klassiruumid ja kabinetid. C-korpus on 1-korruseline, kus asuvad töötajate ruumid,

muud õpperuumid ning mis ühendab A ja B korpust omavahel. Samuti hoones on keldrikorru. Hoonele teostati terviklik rekonstrueerimine 2013 aastal. Hoones on lift, 2 kööki toitlustamiseks, soolakamber, laadimisboks, UPS ja muud kontori/kooli elektriseadmed, nn tööõpetuse pingid, ahjud, arvutid, projektorid jms.

Ehitise andmed (EHR):

Suletud netopind: 4 169 m²

Energiamärgis (2016 a): D-klass

KEK: 168 kWh/(m²*a)

Arvutused tehtud 2013-2015 aasta tarbimisandmete alusel.



Foto 10 Kooli nr 3 aerofoto [27]

Tabel 23 Kooli nr 4 tehnilised lahendused

Piirdekonstruktsioonid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Katus	Lamekatus, mineraalvill 200 mm, bituumen rullmaterjal
Välissein	Karkasspostid - silikaattellis/gaasbetoonplokki; pikisein EPS 150 mm ja aknavahelised postid 150 mm minvill, otsasein EPS 100 mm;
Sokkel	Gaasbetoonplokki, EPS 100 mm
Põrand pinnasel	R/b plaat
Aknad	3x plastraamiga klaaspakett
Tehnosüsteemid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Küttesüsteem	Kaugküttele põhinev radiaatoritega süsteem, plekkradiaatorid termostaatventiilidega, automatiseeritud soojussõlm
Soojaveesüsteem	Tsentraalne kaugküttele põhinev süsteem
Ventilatsioonisüsteem	Soojustagastusega SP/VT ventilatsiooniagregaati 4 tk + lisatud 3 konditsioneerimiseadet.
Valgustus	Luminifooralgustid T5 torud

3.3.9 Kool nr 5

Kinnistul asub H-kujuline kooli tüüphoone. Hoone võeti kasutusele 1969. aastal (EHR andmetel). Hoone jaguneb kolmeks nn korpusteks: A, B ja C korpus. A-korpus on kahe korruseline, kus asub lisaks klassruumidele ka koolivõimla. B-korpus on 4-korruseline, kus asuvad klassiruumid ning C-korpus 2-korruseline, kus asuvad töötajate ruumid ning mis ühendab A ja B korpust. Samuti hoones on keldrikorru. Hoonele teostati terviklik rekonstrueerimine 2007 aastal. Hoones on lift, köök toitlustamiseks ja muud kontori/kooli elektriseadmed, nn tööõpetuse pingid, arvutid, projektorid jms.

Ehitise andmed (EHR):

Suletud netopind: 6 709,3 m²

Energiamärgis (2013 a): C-klass

KEK: 123 kWh/(m²*a)

Arvutused tehtud 2010-2012 aasta tarbimisandmete alusel.



Foto 11 Kooli nr 5 aerofoto [27]

Tabel 24 Kooli nr 5 tehnilised lahendused

Piirdekonstruktsioonid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Katus	Lamekatus, EPS 200 mm + minvill 30 mm, bituumen rullmaterjal
Välissein	Karkasspostid - silikaattellis/gaasbetoonplokk; pikisein minvill 150 mm + EPS 110 mm ja aknavahelised postid 125 mm minvill, otsasein EPS 300 mm
Sokkel	Gaasbetoonplokk, EPS 300 mm
Põrand pinnasel	R/b plaat
Aknad	2x plastraamiga klaaspakett
Tehnosüsteemid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Küttesüsteem	Kaugküttel põhinev radiaatoritega süsteem, plekkradiaatorid termostaatventiilidega, automatiseeritud soojussõlm
Soojaveesüsteem	Tsentraalne kaugküttele põhinev süsteem
Ventilatsioonisüsteem	Soojustagastusega SP/VT ventilatsioonigregaaati 5 tk + hiljem lisatud 3 konditsioneerimisseadet.
Valgustus	Luminofoorvalgustid (üldkasut ruumides ajalise režiimiga)

Ventilatsioonisüsteemi tööaeg on ajaliselt määratud ehk öösel, nädalavahetusel ja vaheajal töötab ökorežiimis. Hoones on luminofoorvalgustid ning üldkasutatavates ruumides töötab valgustus ajalise režiimi alusel.

3.3.10 Kool nr 12

Kinnistul asub H-kujuline kooli tüüppoone. Hoone võeti kasutusele 1980 aastal (EHR andmetel). Hoone jaguneb kolmeks nn korpusteks: A, B ja C korpus. A-korpus on 2-korruseline, kus asub lisaks klassruumidele koolivõimla ja bassein. B-korpus on 4-korruseline, kus asuvad klassiruumid ning C-korpus 2-korruseline, kus asuvad töötajate ruumid ning mis ühendab A ja B korpust. Samuti hoones on keldrikorrus. Hoonele teostati terviklik rekonstrueerimine 2008 aastal. Hoones on lift, köök toitlustamiseks ja muud kontori/kooli elektriseadmed, nn tööõpetuse pingid, arvutid, projektorid.

Ehitise andmed (EHR):

Suletud netopind: 8 133,6 m²

Energiamärgis (2013 a): F-klass

KEK: 281 kWh/(m²*a)

Arvutused tehtud 2014-2016 a tarbimisandmete alusel.



Foto 12 Kooli nr 12 aerofoto [27]

Tabel 25 Kooli nr 12 tehniline lahendused

Piirdekonstruktsioonid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Katus	Lamekatus, mineraalvill 210 mm, bituumen rullmaterjal
Välissein	Karkasspostid - silikaattellis/gaasbetoonplokk; pikisein minvill 200 mm ja aknavahelised postid EPS 150 mm, otsasein EPS 300 mm
Sokkel	Gaasbetoonplokk, EPS 150 mm
Põrand pinnasel	R/b plaat
Aknad	2x plastraamiga klaaspakett

Tehnosüsteemid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Küttesüsteem	Kaugküttel põhinev radiaatoritega süsteem, plekkradiaatorid termostaatventiilidega, automatiseeritud soojussõlm
Soojavesüsteem	Tsentraalne kaugküttel põhinev süsteem
Ventilatsioonisüsteem	Soojustagastusega SP/VT ventilatsiooniagregaati 7 tk + basseini konditsioneerimiseseade ja veepuhastusseade
Valgustus	Luminofoorvalgustid

4. SISEKLIIMA MÕÕTMISED

Neljandas peatükis toob autor välja rekonstrueeritud lasteaia ja rekonstrueeritud kooli kirjelduse ning sisekliima mõõtmistulemused. Eesmärgiks välja selgitada, kas rekonstrueeritud hoonetes tehtud lahendused tagavad nõuetele vastava sisekliima. Projektdokumentatsioon on leitav lõputöö lisades, milles on täpsed konstruktsioonide ja tehnosüsteemide andmed ning lahendused.

Lasteaias sisekliima mõõtmised toimusid erikorpustes kahes rühmaruumis alates 14.11.2019 kuni 03.12.2019 a ning õhuvooluhulgad olid mõõdetud 03.12.2019 a. Koolis sisekliima oli mõõdetud kahes erinevas klassis alates 19.11.2019 kuni 10.12.2019 ning õhuvooluhulgad olid mõõdetud 12.12.2019 a. Mõõteperioodi väliskliima andmed on esitatud lisades.

4.1 Rekonstrueeritud lasteaed

Kinnistul paikneb lasteaia hoone, mis on ehitatud tüüpprojekti järgi 1975. aastal. Hoone on U-kujulise põhiplaaniga kolmest korpusest koosnev ehitus. Hoone koosneb kahest 2-kordsest korpusest (A ja B) ja neid ühendavast 1-kordsest osast (C-korpus). Hoones on tehniline kelder. Hoone on lääne-ida suunalise asetusega. Hoone A ja B korpustes asuvad rühmaruumid ja muud abiruumid, C korpuses kabinetid, abiruumid, võimla, köök jms. Lasteaias on 12 rühma ja rühmas keskmiselt 20 last. Hoone on terviklikult rekonstrueeritud 2012 aastal, asendati tehnosüsteemid, uus siseviimistlus (suletud netopind: 2709,3 m²). Fotod lasteaiaist asuvad lisades.

Tabel 26 Rekonstrueeritud lasteaia tehniline lahendus

Piirdekonstruktsioonid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Katus	Lamekatus, EPS 250 mm, SBS - $U=0,132 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Välissein	Gaasbetoonplokk, EPS 150 mm - $U=0,238 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Sokkel	Gaasbetoonplokk, XPS 90 mm - $U=0,322 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Põrand pinnasel	R/b plaat, EPS 100 mm - $U=0,326 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Aknad	2x plastraamiga klaaspakett - $U=1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Tehnosüsteemid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Küttesüsteem	Kaugküttele põhinev radiaatoritega süsteem, plekkradiaatorid termostaatventiilidega, automatiseeritud soojussõlm
Soojaveesüsteem	Tsentraalne kaugküttele põhinev süsteem
Ventilatsioonisüsteem	Mehaaniline väljatõmbesüsteem SFP 1.2 kW/(m ³ /s), värskõhk läbi freshklapide
Valgustus	Luminifoovalgustid

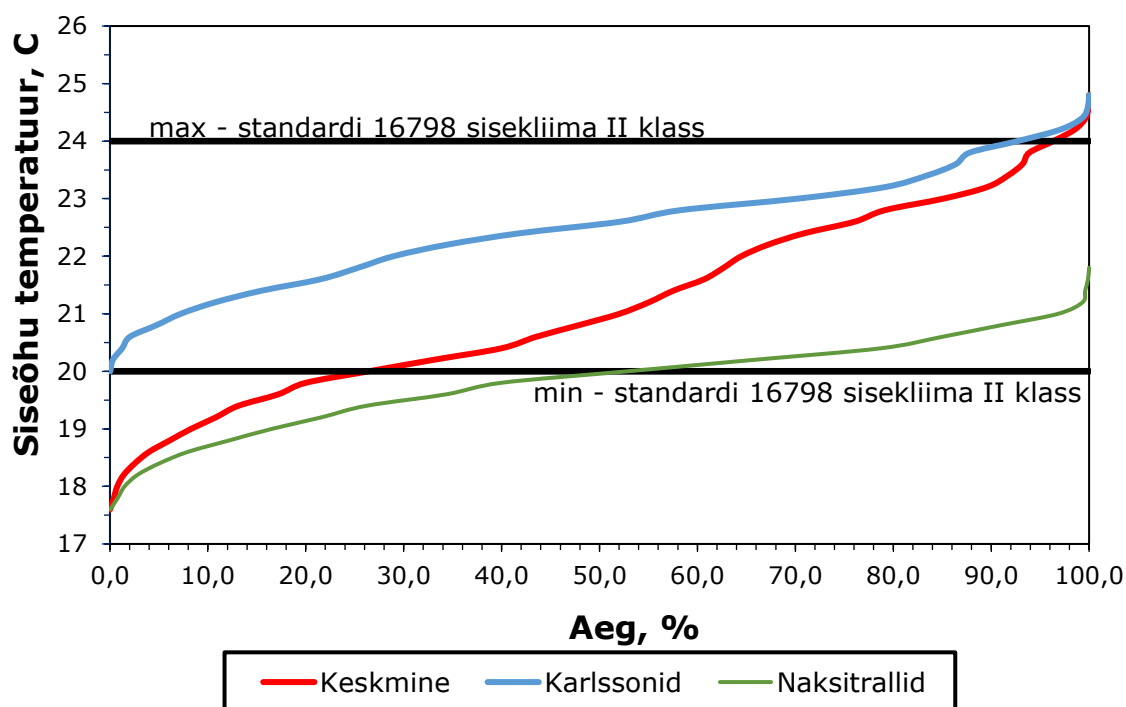
Lasteaia päevakorra kohaselt lapsed saavad 07:30-08:00 paiku, 08:30 hommikusöök ja üldiselt minnakse jalutama 09:00-st kuni 11:30-12:00, söövad samas ruumis ja umbes kell 13:00 lähevad magama eraldi magamisruumi ning umbes 15:00 kuni 15:30

söövad ja seejärel minnakse jalutama. Üldiselt lasteaia tööpäev vastab määruuses toodud koolieelse lasteasutuse kasutusprofiilile.

4.1.1 Siseõhutemperatuur

Karlssonite rühmas oli logger paigaldatud mänguruumi kapi peale umbes 1,8 m kõrgusele ja umbes 0,4 m kaugusel siseseinast ning mõõtmisintervall oli seadistatud 10 minutile, ruumi pindala on 47,6 m². Samas ruumis asub ka miniköök. Mänguruumi aknad asetsevad lõuna poole.

Temperatuur püsis suurema osa mõõdetud ajast 21-24 °C vahel. Mõõdetud 10% ajast püsis temperatuur 24-25 °C vahel ning 90% ajast püsis temperatuur 20 ja 24 °C vahel. Madalaim temperatuur oli 20,1 °C ja kõrgeim temperatuur oli 24,6 °C. Karlssoni mänguruumis oli mõõdetud ajavahemikul keskmine siseõhutemperatuur 22,5 °C. Siseõhutemperatuuri kumulatiivne jaotus on illustreeritud Joonisel 11.



Joonis nr 11 Karlssoni mänguruumi ja Naksitrallide magamisruumi siseõhutemperatuuri kumulatiivne jaotus

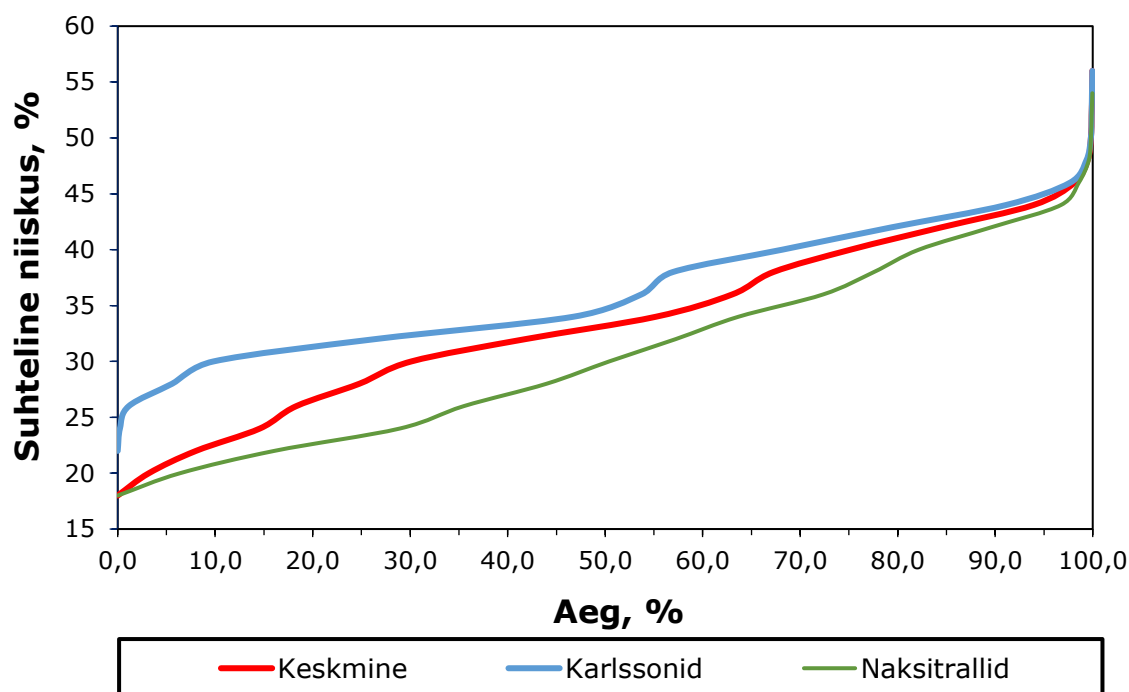
Naksitrallide rühmas oli logger paigaldatud magamisruumi riuli peale umbes 1,55 m kõrgusele ja umbes 0,3 m kaugusel siseseinast ning mõõtmisintervall oli seadistatud 10 minutile, ruumi pindala on 49,5 m². Magamisruumi aknad asetsevad põhja poole. Siseõhutemperatuuri kumulatiivne jaotus on illustreeritud Joonisel 11.

Temperatuur püsis kogu mõõdetud ajal suuremalt jaolt 18 °C ja 21 °C vahel. Umbes 50% ajast püsis temperatuur kuni 20 °C-ni ning 50% ajast püsis temperatuur 20-21 °C

vahel. Madalaim temperatuur oli 17,6 °C ja kõrgeim temperatuur oli 21,6 °C. Naksitrallide magamisruumis oli mõõdetud ajavahemikul keskmine siseõhutemperatuur 19,8 °C.

4.1.2 Suhteline niiskus

Karlssonite rühmas suhteline niiskus püsis mõõdetud ajal 22% ja 55% vahel. Minimaalne mõõdetud suhteline niiskus oli 22,8% ja kõrgeim oli 54,1%. Minimaalne ja maksimaalne mõõdetud suhtelise niiskuse väärtus oli fikseeritud üksikul päeval ja hetkeline. Umbes 45% ajast oli suhtelise niiskuse tase 38-48% vahel, 45% ajast oli suhteline niiskus 30-35 vahel ning umbes 10% ajast oli suhtelise niiskuse tase alla 30%. Keskmine mõõdetud suhteline niiskus on 36,1%. Joonisel 12 on näidatud suhtelise niiskuse kumulatiivne jaotus.

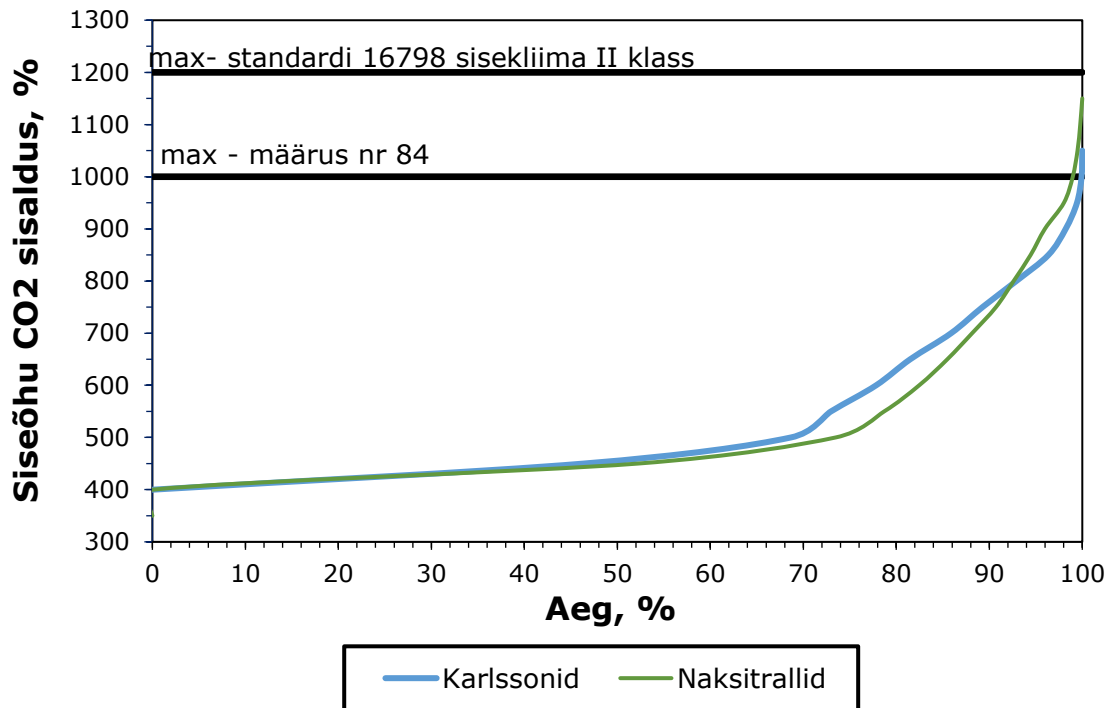


Joonis nr 12 Karlssoni mänguruumi ja Naksitrallide magamisruumi suhtelise niiskuse kumulatiivne jaotus

Naksitrallide rühmas suhteline niiskus püsis mõõdetud ajal 18% ja 55% vahel. Umbes 50% ajast oli suhtelise niiskuse tase alla 30% ning 50% ajast oli suhtelise niiskuse tase üle 30%, sh umbes 18% oli tase 40-50% vahel. Minimaalne mõõdetud suhteline niiskus oli 18,5% ja kõrgeim oli 53,8%. Minimaalne ja maksimaalne mõõdetud suhtelise niiskuse väärtus oli fikseeritud üksikul päeval ja hetkeline. Keskmine mõõdetud suhteline niiskus oli 30,6%.

4.1.3 CO2 ja õhuvahetus

Karlssonite rühmas mõõdetud CO2 kontsentratsiooni tase püsis 78% ajast kuni 600-ni ppm, 15% ajast 600 kuni 800 ppm vahel ning 7% ajast 800 kuni 1000 ppm vahel. Minimaalne mõõdetud CO2 kontsentratsiooni väärtus oli 400 ppm ja maksimaalne kontsentratsioon oli 1050 ppm ning keskmine 521 ppm. Joonisel 13 on kujutatud mõõdetud CO2 tase kumulatiivne jaotus.



Joonis nr 13 Karlssoni mänguruumi ja Naksitrallide magamisruumi CO2 kumulatiivne jaotus

Õhuvahetus oli mõõdetud samas mängutoas ühes väljatõmbe plafoonist lehtri abil ning voolukiiruseks on 1,41 m/s ja õhuvooluhulgaks on mõõdetud 30,9 m³/h ehk 8,58 l/s (kokku kaks VT plafooni). Kokku on mängutoas VT vooluhulgaks 17,6 l/s, mis teeb 0,36 l/(s*m²).

Naksitrallide rühmas mõõdetud CO2 kontsentratsiooni tase püsis 82% ajast kuni 600-ni ppm, 11% ajast 600 kuni 800 ppm vahel ning 7% ajast 800 kuni 1100 ppm vahel. Minimaalne mõõdetud CO2 kontsentratsiooni väärtus oli 410 ppm ja maksimaalne kontsentratsioon oli 1145 ppm ning keskmine 511 ppm. Joonisel 13 on kujutatud mõõdetud CO2 tase kumulatiivne jaotus.

Naksitrallide magamistoas õhuvahetus oli samuti mõõdetud ühes väljatõmbe plafoonist lehtri abil ning voolukiiruseks on mõõdetud 1,89 m/s ja õhuvooluhulgaks on mõõdetud 41,4 m³/h ehk 11,5 l/s. Kokku on magamistoas VT vooluhulgaks 34,5 l/s, mis teeb 0,69 l/(s*m²).

Võrdluseks toon välja lühiajalise sisekliima mõõdistuse, mis on teostatud 2018 aastal H-kujulises rekonstrueerimata lasteaiahoones Evikon logeriga. Mõõdetud oli CO₂, siseõhutemperatuur ja suhteline niiskus. CO₂ sisalduse tase kasutuseaegse perioodil oli 20% ajast kuni 1200 ppm, mis on normi piires ning 80% ajast ületas CO₂ sisaldus märgatavalt, maksimum väärtus oli 3582 ppm-i. Suhtelise niiskuse näitajad olid 80% ajast normis ning üle 60% ületas ainult 20% kogu kasutuse ajast. Ruumi õhutemperatuur oli kogu kasutuse ajast 21-23 kraadi, mis on normi piires. Lisas 9 on leitav lühikokkuvõte.

4.1.4 Analüüs

Karlssonite rühma siseõhutemperatuur oli lubatud vahemikus ning määrusega „Tervisekaitseenõuded koolieelses lasteasutuses tervise edendamise ja päevakavale“ nõutud piirtemperatuure ei ületa, samuti ka standardi 16798 sisekliima II klassi lubatud vahemikus. Karlssonite rühma suhteline niiskus oli määrusega etteantud vahemikus 30-60 ning väikest osa ajast oli alla 30% suhtelist niiskust, mis on autori arvates veidi kuiv, kuid üldiste tulemsute oas ei ole määrav. Ühtlasi väga palju oleneb ka inimese tunnetusest. Süsihappegaasi kontsentratsioon oli määrusega lubatud piirides ja ei ole ületanud 1000 ppm-i ning võib väita, et tuulutav aken, freshklapid ja VT süsteem saavad hakkama CO₂ taseme normi piires hoidmisega.

Naksitrallide rühma siseõhutemperatuur eelpool mainitud määruses toodud piirtemperatuuri ei ületa, kuid 50% ajast on standardi 16798 sisekliima II klassi kohaselt alla 20 kraadise temperatuuri piirväärtuse. Võrreldes teise korpuse rühmaruumi andmetega, siis Naksitrallid on veidi jahedam. Kahe korpuse erinevad siseõhutemperatuuri kõikumiste põhjuseks võib viidata ühele võimalikust asjaolust, et küttesüsteem ei ole tasakaalustatud, samuti mõõtmised olid teostatud erinevates ruumides – Karlssonite rühmas mängutoas, kus asub ka minkkook ning Naksitrallide rühmas magamistoas eraldatud mängutoast ning Karlsoni aknad asetsevad lõuna poole. Sarnaselt Karlssonitega oli Naksitrallide aknad koguaeg tuulutuse asendis. Suhteline niiskus oli mõõdetud ajast pool alla 30%, mis viitab õhu kuivusele ja ebamugavusele ning on määruse miinimumist allpool. Süsihappegaasi kontsentratsioon oli üldiselt normi piires, kuid mitmel päeval ületas 1000 ppm-i piiri.

4.2 Rekonstrueeritud kool

Kinnistul paikneb koolihoone, mis on ehitatud tüüpprojekti järgi 1972. aastal. Hoone on H-kujulise põhiplaaniga. Tegemist on olemasoleva rekonstrueeritud koolihoonega, mille õppekorpus on neljakorruseline ning teenindav korpus on kahekorruseline. Kogu hoone

ulatuses on olemas keldrikorrus. Olemasoleva spordisaali osa lammutati ning püstitati uus spordisaalikompleks, aatrium ja söögisaali laiendus ning lift. Klassiruumid paiknevad koolihoone lõunapoolse plokki kagupoolsel küljel, auditoorium paikneb ida-lõuna nurgas. Hoonele teostati terviklik rekonstrueerimine koos laiendusega 2016 aastal (suletud netopind on 9884,9 m², köetav on 7914,4 m²). Fotod koolist asuvad lisades.

Tabel 27 Rekonstrueeritud kooli tehniline lahendus

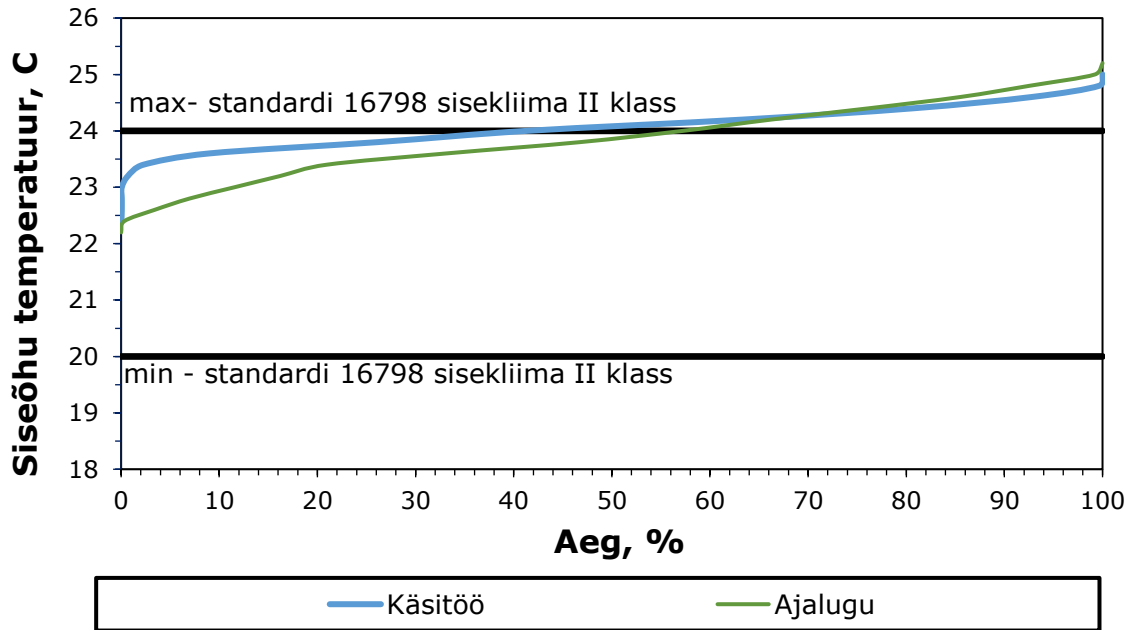
Piirdekonstruktsioonid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Katus	Lamekatus, kivivill 350 mm, SBS - U=0,14 W/(m ² *K)
Välissein	Mineraalvill 150 mm, tuuletõkkeplaat 25 mm - U=0,16...19 W/(m ² *K), E-korpus SW paneel U=0,25 W/(m ² *K)
Sokkel	Gaasbetoonplokk, XPS 150 mm - U=0,22 W/(m ² *K)
Põrand pinnasel	R/b plaat, EPS 200 mm - U=0,17 W/(m ² *K)
Aknad	3x plastraamiga klaaspakett - U=0,86 W/(m ² *K), lõuna akendel päikesevarjestus
Tehnosüsteemid	Tehnilise lahenduse kirjeldus
Küttesüsteem	Kaugküttele põhinev radiaatoritega süsteem, plekkradiaatorid termostaatventiilidega, automatiseeritud soojussõlm
Soojaveesüsteem	Tsentraalne kaugküttele põhinev süsteem
Ventilatsioonisüsteem	Soojustagastusega mehaaniline SP/VT süsteem SFP 1.3-1.7 kW/(m ³ /s), temp.suhe 82-88%, ventilatsiooniagregaat 13 tk
Valgustus	Luminofoorvalgustid T5

Hoone energiaarvutuste põhjal energiatõhususarv on 120 kWh/(m²*a), mis teeb kehtiva skaala järgi B energiaklassi. ETA arvutamisel oli arvestatud kaugküttele kaalumisteguriga 0,9. Tõhusa kaugküttele kaalumisteguriga arvutatuna oleks ETA 83 kWh/(m²*a), mis kehtiva skaala järgi oleks liginullenergiahoone.

4.2.1 Siseõhutemperatuur

Käsitööklassis (1. korrus) oli loger paigaldatud kapi peale umbes 1,9 m kõrgusele ja umbes 0,3 m kaugusel siseseinast ning mõõtmisintervall oli seadistatud 10 minutile, ruumi pindala on 54,2 m². Aknad asetsevad hoovi poole ida suunas.

Käsitööklassis mõõdetud siseõhutemperatuuri keskmine näit oli 24 °C, minimaalne temperatuur 19,9 °C ja maksimaalne temperatuur 24,9 °C. Joonisel 14 on näha siseõhutemperatuuri kumulatiivset jaotust ning jooniselt võib lugeda, et kogu mõõdetud ajast oli temperatuur klassis vahemikus 22-25 °C.



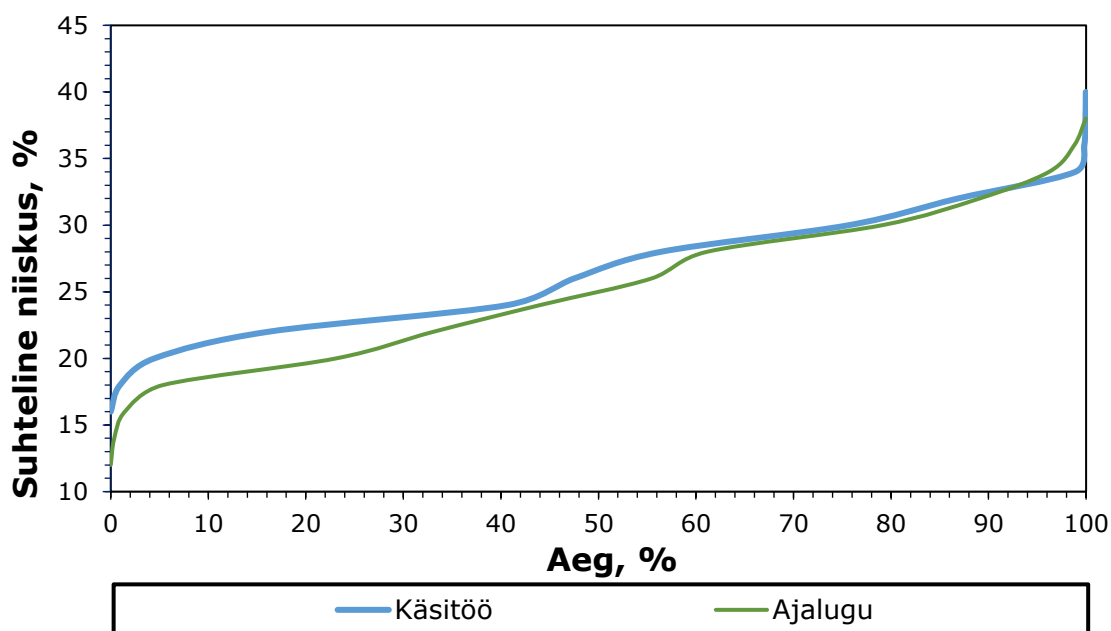
Joonis nr 14 Käsitöö-ja ajalooklassi siseõhutemperatuuri kumulatiivne jaotus

Mõõdetud ajast oli temperatuur umbes 55% ajast vahemikus 24-25 °C ning 45% ajast 23-34 °C vahel.

Ajalooklass asub II korrusel lõunapoolses korpuses ning aknad on lõuna poole. Loger oli paigaldatud sissepääsu juures olevale kapile umbes 1,8 m kõrgusele ja umbes 0,2 m siseseinast ning mõõtmisintervall oli seadistatud 10 minutile, ruumi pindala on 47,5 m². Klassis mõõdetud siseõhutemperatuuri keskmine näit oli 23,8 °C, minimaalne temperatuur 20,7 °C ja maksimaalne temperatuur 25,0 °C. Joonisel 14 on näha temperatuuri kumulatiivset jaotust ning jooniselt võib lugeda, et kogu mõõdetud ajast oli temperatuur klassis vahemikus 22-25 °C. 43% mõõdetud ajast oli temperatuur vahemikus 24-25 °C ning 57% ajast 22-24 °C vahel.

4.2.2 Suhteline niiskus

Käsitööklassis jagunes mõõdetud suhteline niiskus 16-40% vahel. Umbes 75% ajast oli suhtelise niiskuse tase alla 30% ja 25% ajast oli suhtelise niiskuse tase üle vahemikus 30-40%. Minimaalne mõõdetud näit oli 16,6% ja maksimaalne näit oli 40% ning keskmine suhteline niiskus mõõdetud ajal oli 26,5%. Maksimaalne näit oli ühe päeva hetkeline mõõdetud väärtus.

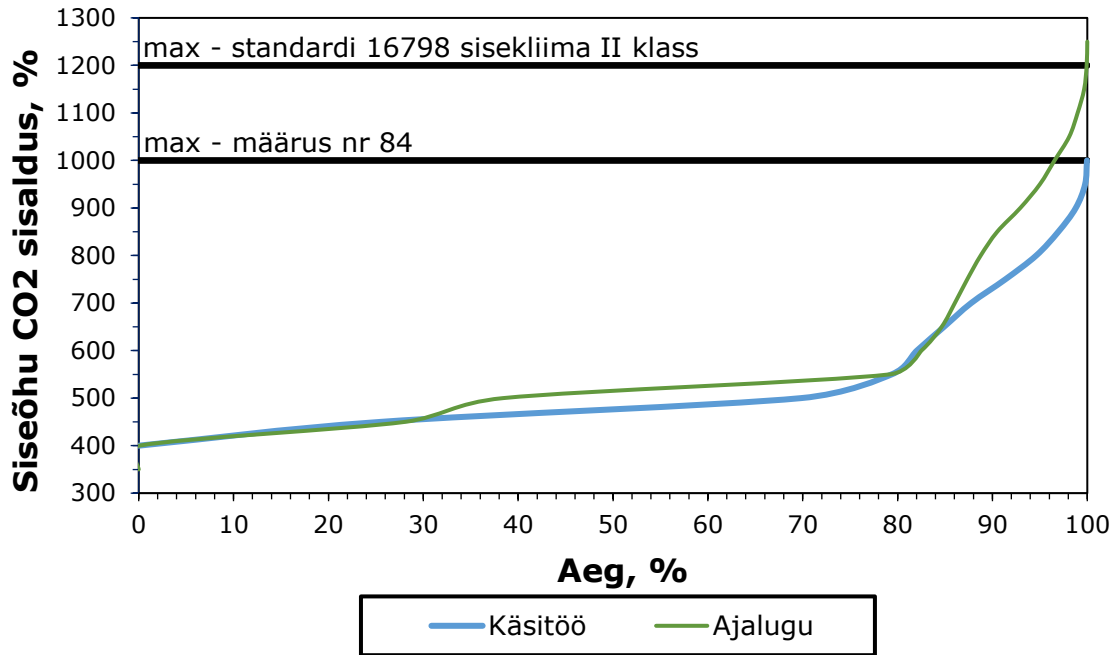


Joonis 15 Käsitöö-ja ajalooklassi mõõdetud suhtelise niiskuse kumulatiivne jaotus

Ajaloo klassis püsis suhtelise niiskuse näit vahemikus 12-38%. Umbes 79% mõõdetud ajast oli suhtelise niiskuse tase alla 30% ja umbes 21% ajast oli suhtelise niiskuse tase 30-38% vahel. Minimaalse suhtelise niiskuse näit oli 13,7% ja maksimaalse suhtelise niiskuse näit oli 42,6% ning keskmise suhtelise niiskuse väärtus oli 25,2%. Joonisel 15 on illustreeritud suhtelise niiskuse kumulatiivne jaotus.

4.2.3 CO₂ ja õhuvahetus

Käsitöö klassis mõõdetud CO₂ kontsentratsioon püsis vahemikus 400-1000 ppm-i. Umbes 82% ajast oli CO₂ tase alla 600 ppm-i ja 18% ajast oli CO₂ tase vahemikus 600-1000 ppm-i. Minimaalne CO₂ kontsentratsioon oli 410 ppm ja maksimaalne 1042 ppm-i ning keskmine CO₂ kontsentratsioon oli 521 ppm-i. Joonisel 16 on illustreeritud mõõdetud CO₂ kontsentratsiooni kumulatiivne jaotus.



Joonis 16 Käsitöö-ja ajalooklassi mõõdetud CO2 kontsentratsiooni kumulatiivne jaotus

Õhuvahetus oli mõõdetud klassiruumides väljatõmbe ja sissepuhke plafoonidest lehtri abil. Käsitööklassi ühes sissepuhke plafoonis õhuvoolukiiruseks oli mõõdetud 7,18 m/s ja õhuvooluhulgaks oli mõõdetud 157,2 m³/h ehk 43,6 l/s (kokku on neli SP plafooni) ning ühes väljatõmbe plafoonis voolukiiruseks oli mõõdetud 3,34 m/s ja õhuvooluhulgaks oli mõõdetud 73,1 m³/h ehk 20,3 l/s (kokku on neli VT plafooni). Kokku on klassis SP vooluhulgaks 174,4 l/s, mis teeb 3,21 l/(s*m²) ning VT vooluhulgaks on 81,2 l/s, mis teeb 1,49 l/(s*m²).

Ajaloo klassis mõõdetud CO2 kontsentratsioon püsis vahemikus 400-1100 ppm-i. Umbes 82% ajast oli CO2 tase alla 600 ppm-i ja 14% ajast oli CO2 tase vahemikus 600-1000 ppm-i ning 4% ajast oli CO2 tase vahemikus 1000-1100 ppm-i. Minimaalne CO2 kontsentratsioon oli 400 ppm ja maksimaalne 1230 ppm-i ning keskmine CO2 kontsentratsioon oli 551 ppm-i.

Ajaloo klassi ühes sissepuhke plafoonis õhuvoolukiiruseks oli mõõdetud 5,04 m/s ja õhuvooluhulgaks oli mõõdetud 110,4 m³/h ehk 30,6 l/s. Väljatõmbe ühes plafoonis mõõdetud õhuvoolukiiruseks oli mõõdetud 3,53 m/s ja õhuvooluhulgaks oli mõõdetud 77,3 m³/h ehk 21,4 l/s. Kokku on klassis SP vooluhulgaks 122,4 l/s, mis teeb 2,57 l/(s*m²) ning VT vooluhulgaks on 85,6 l/s, mis teeb 1,80 l/(s*m²).

4.2.4 Analüüs

Kooli klassiruumide sisekliima näitajad suuresti olenevad ruumide kasutusest. Kuigi oli soovitud intensiivse kasutusega klassiruumide, siis selgub, et klassiruumide kasutamine ei olnud igapäevane. Aga vastavalt mõõdetud andmete kohaselt võib öelda klasside siseõhutemperatuurid on „Tervisekaitsenõuded koolidele“ määrusega kehtestatud piirväärtuse lähedal ning autori arvates on väga soe, mis tekitab ebamugavustunde, kuigi normi vahemikus.

Suhteline niiskus on madal ja ei ole määrusega lubatud vahemikus, kuigi määrus lubab talve perioodil langeda 25%-ni, kuid ebamugavust see tekitab igal juhul. Põhjuseks võib ka tuua, et klassiruumide kasutus jäi väikseks oodatust ning kuna inimesi sees polnud suurema osa ajast, siis ka suhteline niiskus oli madal. CO₂ tase oli mõõdetud väärtuste kohaselt normi piires ja ei ületanud 1000 ppm. Ainukesena oli ajaloo klassis 10% ajast normaaltase ületatud.

Õhuvahetus klassiruumides ei ole balansis ja erineb ehitusjärgsest mõõdetud vooluhulgast. Olemasolevad mõõdetud väljatõmbe vooluhulgad on umbes kuni kaks korda väiksemad sissepuhke vooluhulkadest. EKVÜ lehel leitavast ventilatsiooni normatiivide kohaselt peab SP ja VT klassiruumis olema $3 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$.

5. SIMULATSIOONIMUDELI KOOSTAMINE

5.1 Tarkvara

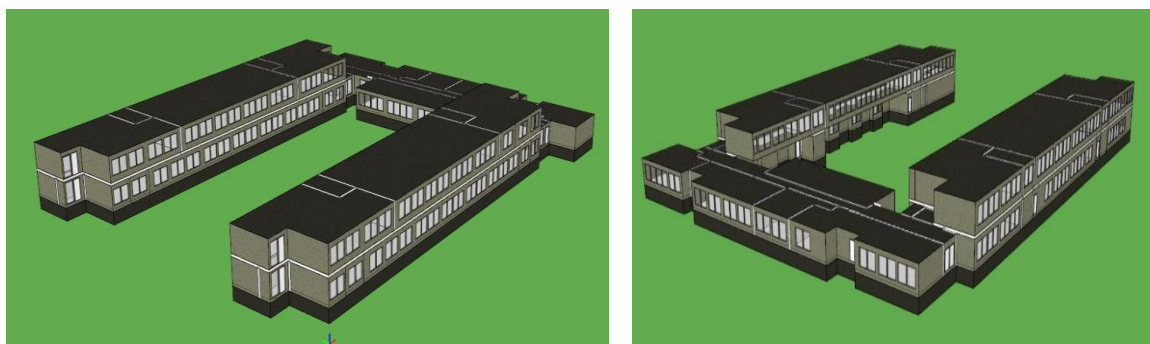
Hoone energiasimulatsioon on vahend projekteeritava hoone energiatarbimise hindamiseks või juba olemasoleva hoone energiasäästumeetmete väljatöötamiseks. Antud lõputöös on kasutatud programmi IDA Indoor Climate and Energy (IDA ICE) versiooni 4.8. Tegu on dünaamilise simulatsioonitarkvaraga, milles on võimalik jagada hoone soovitud hulga tsoonideks uurimaks nii soojuslikku sisekliimat kui ka kogu vaadeldava hoone energiatarvet. See võimaldab analüüsida iga tsooni sisekliimat, nende omavahelist mõju ning kogu hoone energiatarbimist. IDA ICE on kättesaadav üle maailma ja kohandatud ka vastavalt keelele ja kohalikele vajadustele (kliimaandmed, standardid, spetsiaalsed süsteemid, spetsiaalsed raportid, seadmete ja materjalide info) [30].

5.2 Kliimaandmed

Simulatsioonid on tehtud kasutades Eesti energiaarvutuste testaasta Estonian TRY (Estonian Test Reference Year for energy calculation), mis koosneb kaheteistkümnest nõ tüüpilisest kalendrikuust, mis koosneb õhutemperatuurist, õhu suhtelisest niiskusest, päikesekiirgusest ja tuule suunast ning kiirusest erinevatel aastatel. Kliimafail on koostatud aastate 1997-2000 kuue linna – Tallinna, Tartu, Pärnu, Kuressaare, Väike-Maarja ja Võru – kliimaandmetest [31]. Simulatsioonide koostamisel on kasutatud testaasta. KEK mudeli koostamisel kalibreeriti vastavalt tarbimisandmetele.

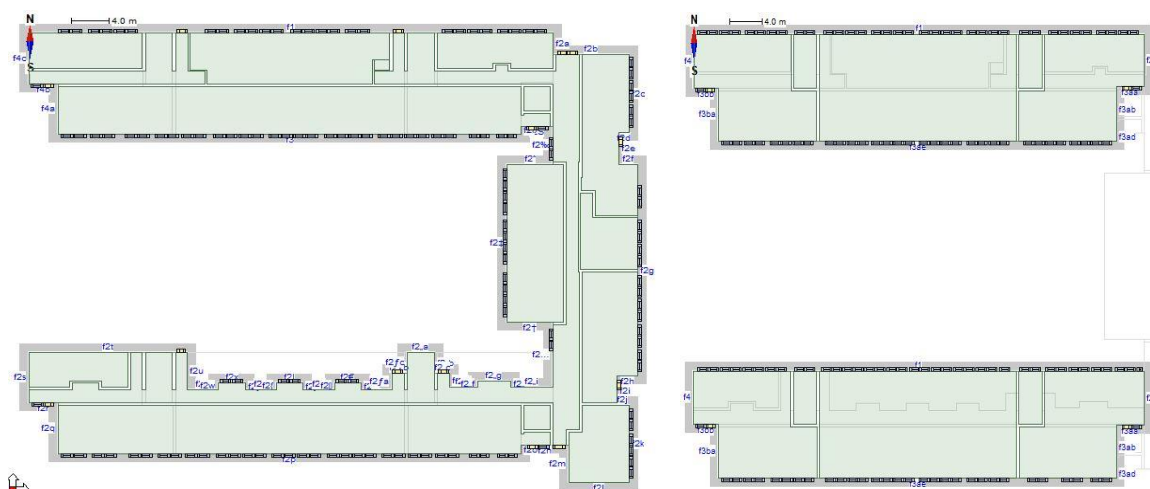
5.3 Rekonstrueeritud lasteaia mudel

Simulatsioonimudeli koostamise aluseks on võetud OÜ Esplan 2012 aastal koostatud eelprojekt. IDA ICE programmis võeti igale korrusele vastav fail aluseks ja antud jooniste põhjal koostati programmis vajalikud tsoonid.



Kuvatõmmis 1 ja 2 Rekonstrueeritud lasteaia IDA ICA mudeli 3D vaated

Hoone mudeli piiretele määrati nende konstruktsioonide tüübid ja avatäited ning külmasildade joonsoojusläbivuste väärtused on tüüpsed, kuna puuduvad andmed. Arvutati infiltratsioon arvu, mis on 0,0462 l/sm². Hoone seadistati õige orientatsiooniga ilmakaarete suhtes. Ventilatsioonisüsteemi tööaega on võetud vastavalt hoone personali öeldule ehk töötab ainult tööpäeval vastavalt lasteaia töötundidele. Hoone jagati 27 erinevaks tsooniks, millest 8 on rühmaruumid, 7 tegevusruumid, klassid, kabinetid, abiruumid, saalid ja ülejäänud 12 üldkasutatavad ruumid, wc, tehnoruumid, kelder. Hoone sai jaotatud kolmeks korpuseks ja iga korrus eraldi. Plaanidel 1 ja 2 on näidatud IDA ICE mudelis koostatud korruste tsoonid.



Plaan 1 ja 2 Rekonstrueeritud lasteaia mudeli I ja II korruse tsoonid

5.4 Mudeli analüüs

Hoone kaalutud energiakasutus on 160 kWh/(m²*a), mis teeb kehtiva skaala järgi C energiaklassi. KEK-i arvutamisel oli arvestatud tõhusa kaugkütte kaalumisteguriga 0,65. KEK arvutused tehtud 2017-2019 a tarbimisandmete alusel (arvutuskäik leitav lisades). Klassikalist energiatarbe analüüsi mudeli põhjal ei ole teostatud, kuna antud töö raames ei ole see eesmärk.

Tabel 28 Rekonstrueeritud lasteaia tarbimisandmed

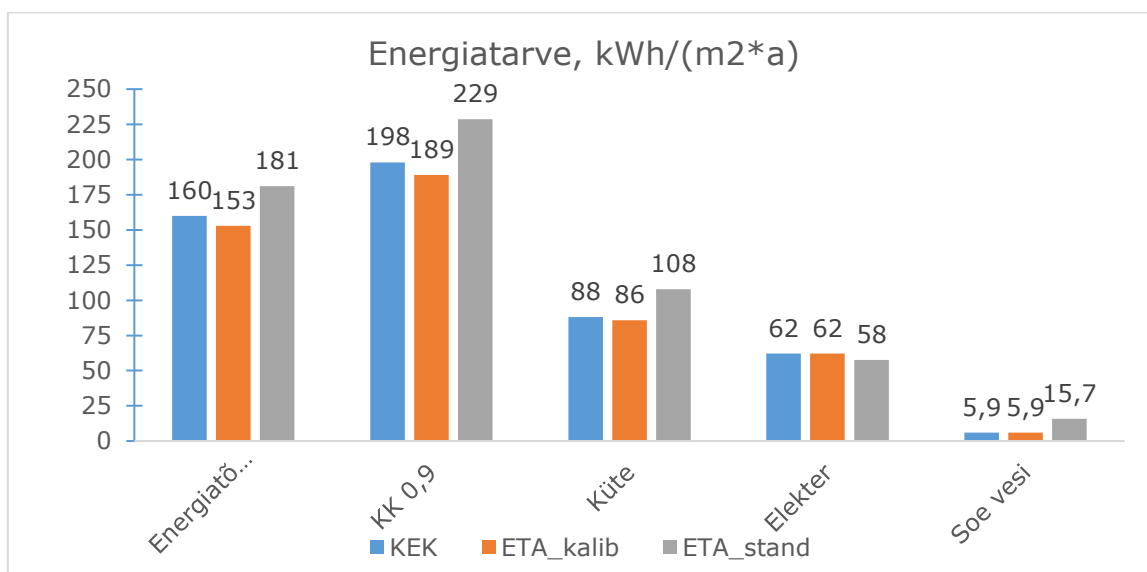
2017			2018			2019		
Küte, MWh	Elekter, MWh	Vesi, m ³	Küte, MWh	Elekter, MWh	Vesi, m ³	Küte, MWh	Elekter, MWh	Vesi, m ³
342	80,03	1252	362	82,40	1228	357	82,36	1136

Soojuse kulu vee soojendamiseks on arvatud kasutades väärtust 0,058 MWh/m³ tõstmaks vee temperatuuri 55°C-ni.

Tabel 29 Rekonstrueeritud lasteaia tarbevee kulu

Köetav pind	2709,3				
Tarbevee kulu	2017 a	2018 a	2019 a	Keskmine	Ühik
Tarbevesi	1252	1228	1136	1205,33	m ³ /a
Tarbevee eritarbimine köetava pinna kohta	0,46	0,45	0,42	0,44	m ³ /m ² a
Soojuse kulu vee soojendamiseks	25,42	24,93	23,06	24,47	MWh/a
Soe tarbevesi	438,2	429,8	397,6	421,87	m ³ /a
Sooja tarbevee erikulu köetava pinna kohta	0,16	0,16	0,15	0,16	m ³ /m ² a

Olemasoleva mõõdetud sisekliima ja tarbimisandmete abil oli esialgne mudel kalibreeritud ja arvutatud ETA väärtus on 153 kWh/(m²*a), kaugkütte kaalumisteguriga 0,9 arvutatuna oleks ETA 189 kWh/(m²*a) (vahe on 35 kWh/(m²*a)). Seejärel viidud mudel standartkasutusele (sisetemperatuur, ventilatsiooni õhuvooluhulgad, sooja vee kasutus, seadmed ja valgustus) ja saadud ETA väärtuseks 181 kWh/(m²*a) ning katsetatud erinevaid lahendusi C-energiaklassi saavutamiseks. Arvutusliku ja tarbimise alusel energia tarve on illustreeritud Joonisel 17.



Joonis 17 Rekonstrueeritud lasteaia arvutusliku (ETA) ja mõõdetud tarbimisel (KEK) põhineva energiakasutuse võrdlus

Olemasoleva lasteaia hoone analüüsimisel selgus, et KEK soojusenergia tarbimine on umbes 18% madalam võrreldes ETA arvutusliku soojuseenergiaga. Põhjusena võib tuua seda, et hoone tegelik kasutusprofiil erineb määrusepõhisest. Samuti tarbimisandmetest on näha, et elektritarve on suurem määrusepõhist 7,5%, seda on põhiliselt valgustuse ja seadmete erinevusest.

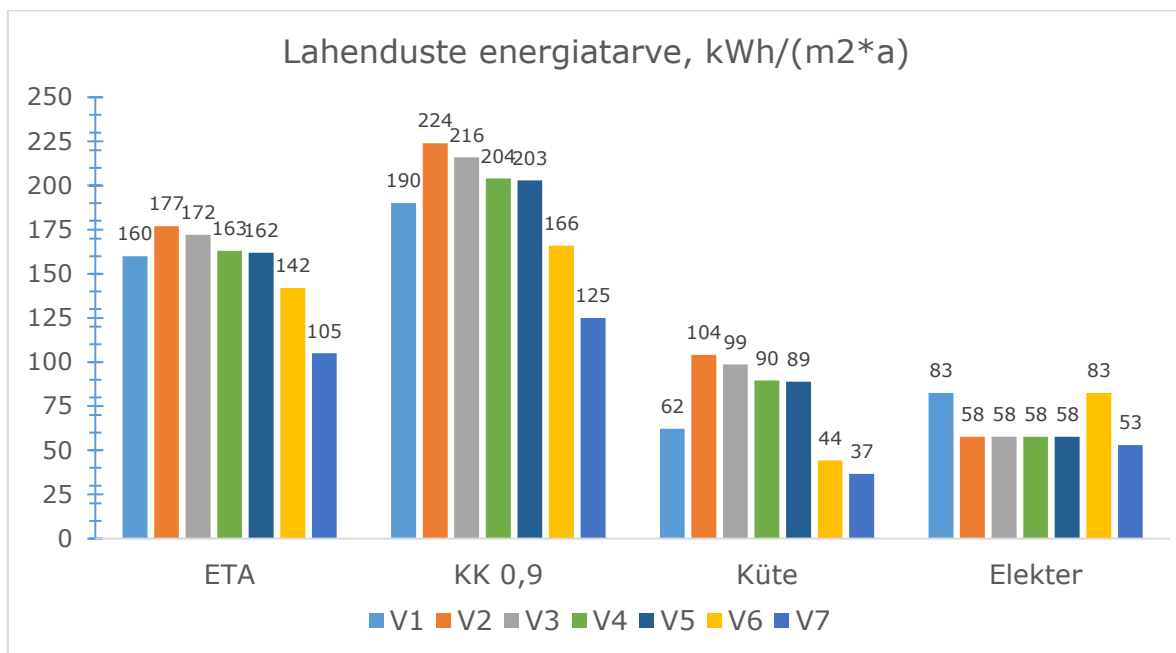
On katsetatud erinevaid lahendusi/mudeleid, et tuvastada võimalikud minimaalsed ja optimaalsed lahendused C-energiaklassi saavutamiseks. Kuigi sisekliima on üldises mõttes tagatud aga see on pideva avatud akna tulemusel, siis esimese variandina oli õige asendada VT ventilatsioonisüsteem mehaanilise soojustagastuse SP/VT süsteemiga, mille SFP on 1.5 kW/(m³/s) ja soojustagastuse kasutegur vähemalt 80% ning töögraafik on sama ehk töötab pidevalt tööpävasel ajal. Antud lahendusega ETA väärtus automaatselt osutus C energiaklassi. Katsetatud ka parema soojustusega, akendega ja ventilatsiooni töörežiimidega.

Tabel 30 Rekonstrueeritud lasteaia mudeli erilahendused ja energiaklassi jaotumine

	Lahendus	ETA, kWh/(m ² *a)	Energia klass	KK 0,9 kWh/(m ² *a)	Vahe kWh/(m ² *a)	Energia klass
Variant 1 (üksikmeede)	Soojustagastus SP/VT - SFP 1,5 kW/(m ³ /s), 80%; töötab ainult päeval	160	C	190	30	D
Variant 2 (üksikmeede)	Lisasoojustus: sein +100 mm (250mm) (U=0,148 W/(m ² *K)), sokkel + 60 mm (150 mm) (U=0,205 W/(m ² *K))	177	D	224	47	D
Variant 3 (üksikmeede)	Lisasoojustus: sein 250 mm, sokkel 150 mm, aknad U=0,8 W/(m ² *K), g=0,4	176	D	222	46	D
Variant 4 (üksikmeede)	Soojustus: Sein 250mm (U=0,140 W/(m ² *K)), sokkel 200mm (U=0,158 W/(m ² *K)), katus 300mm (U=0,113 W/(m ² *K)), põrand pinnasel 300mm (U=0,118 W/(m ² *K))	163	C	204	41	D
Variant 5 (üksikmeede)	Soojustus: Sein 250mm, sokkel 200mm, katus 300mm, põrand pinnasel 300mm (var5) + aknad 0,8 U=0,8 W/(m ² *K), g=0,4	162	C	203	41	D
Variant 6 (rekonstrueeri mise pakett)	Soojustagastus SP/VT - SFP 1,5 kW/(m ³ /s), 80%; töötab pidevalt ainult tööpäevadel (var1) + Soojustus: Sein 250mm, sokkel 200mm, katus 300mm, põrand pinnasel 300mm (var7) ja aknad 0,8 W/(m ² *K), g=0,4	142	C	166	24	D
Variant 7 (rekonstrueeri mise pakett)	Soojustagastus SP/VT - SFP 1,5 kW/(m ³ /s), 80% (var1 erinevus, et vent töötab lasteaia kasutusaja järgi) + Soojustus: Sein 250mm, sokkel 200mm, katus 300mm, põrand pinnasel 300mm + aknad 0,8 U=0,8 W/(m ² *K), g=0,4 (var 6)	105	B	125	20	C

Mudelite variantides on kasutatud tänapäeva lahendusi nii soojustuse osas, kui ka ventilatsiooni lahendustes. Parema soojustamise puhul on jäetud osa variantides sama ventilatsioonisüsteem ning variantides 4-7 on külmasillad võetud Liginullenergia eluhooned, piirdetarindite liitekohtade joonsoojuslähivuste kataloogist. Tabelist 33 on

näha, et seitsmest viis on vähemalt C energiaklassi hooned. Võrreldes jällegi kaugkütte kaalumisteguriga 0.9, siis ainult üks küündib C klassi. Kuigi soojustagastusega ventilatsioon kasutab rohkem elektrienergiat, siis soojustagastus on märkimisväärne, tänu millele energiatõhususarv langeb, illustreeritud Joonisel 18.



Joonis 18 Lahenduste erikasutuse energiatarve

6. MAKSUMUSED

Antud peatükis toob autor välja tervikrekonstrueerimise maksumused kokku ja eraldi energiat mõjutavate lahenduste maksumused m² kohta. Andmed on võetud reaalistest koolide ja lasteaedade tervikrekonstrueerimise projektidest. Lisades on toodud koolide ja lasteaedade tervikrekonstrueerimise eelarved tööliikide kaupa.

6.1 Tervikrekonstrueerimise maksumused

Näide 1: Koolimaja tervikrekonstrueerimine koos laiendusega 2438,5 m² on suletud netopind kokku 10 500 m². Kogumaksumus ilma sisustusega on 820,38 eurot/m² km-ta ja 984,46 eurot/m² km-ga, andmed on 2019 aasta I kvartali seisuga.

Näide 2: Koolimaja tervikrekonstrueerimine koos laiendusega 2798,3 m² on suletud netopind kokku 11 203 m². Kogumaksumus ilma sisustusega on 705,17 €/m² km-ta ja 846,21 eurot/m² km-ga, andmed on 2018 aasta I kvartali seisuga.

Näide 3: Lasteaia tervikrekonstrueerimine suletud netopinnaga 3242 m² kogumaksumus ilma sisustusega on 987,25 eurot/m² km-ta ja 1184,7 eurot/m² km-ga, andmed on 2020 aasta I kvartali (jaanuari) seisuga [36].

Näide 4: Lasteaia tervikrekonstrueerimine suletud netopinnaga 2010 m² kogumaksumus ilma sisustusega ja välisrajatisteta on 1232,03 eurot/m² km-ta ja 1478,43 eurot/m² km-ga, andmed on 2020 aasta I kvartali (jaanuar) seisuga [36].

Tabel 31 Koondtabel kooli ja lasteaia tervikrekonstrueerimise maksumused

	Suletud netopind, m ²	Maksumus eurodes, km-ta	Maksumus eurodes, km-ga	€/m ² , km-ta	€/m ² , km-ga
Kool, näide 1	10500	9 645 400,00	11 574 480,00	918,61	1 102,33
Kool, näide 2	11203	9 767 349,39	11 720 819,27	871,85	1 046,22
Koolide keskmine		9 706 374,70	11 647 649,64	895,23	1 074,275
Lasteaed, näide 3	3242	3 200 655,00	3 840 786,00	1 034,25	1 241,10
Lasteaed, näide 4	2010	2 476 378,00	2 971 653,60	1 279,03	1 534,83
Lasteaia keskmine		2 838 516,50	3 406 219,80	1 156,64	1 387,97

Maksumused on toodud koos hoonete sisustamisega.

Lasteaedade suuremad m² maksumused on tingitud sellest, et ehitusmaht on vähem ning ettevõtte tasuvus väiksema objektiga tegelemisel väheneb võrreldes suurema mahuga.

Võrdluseks toob autor välja olemasoleva netopinnaga 3242 m² tüüpse arhitektuuriga lasteaiahoone rekonstrueerimist Tabel 32 ja uue samasuure hoone ehitusmaksumusi Tabel 33.

Tabel 32 Olemasoleva lasteaiahoone rekonstrueerimise maksumus [36]

Jrk.nr	Nimetus	Maksumus
1	Ehitustööd	€ 3 200 655,00
2	Projekteerimine	€ 150 000,00
3	KOKKU	€ 3 350 655,00
4	Käibemaks 20%	€ 670 131,00
5	SUMMA	€ 4 020 786,00

Suletud netopinna m² maksumus ilm km-ta on 1033,51 eurot ja 1240,22 eurot km-ga.

Tabel 33 Samasuure lasteaia uue hoone püstitamise maksumus [36]

Jrk.nr	Nimetus	Maksumus
1	Ehitustööd	€ 3 953 566,00
2	Projekteerimine	€ 180 000,00
3	KOKKU	€ 4 133 566,00
4	Käibemaks 20%	€ 826 713,20
5	SUMMA	€ 4 960 279,20

Uusehitise puhul sama suletud netopinnaga m² maksumus ilma käibemaksuta on 1275 eurot ja käibemaksuga on 1530,01 eurot. Uue hoone püstitamise maksumus koos projekteerimisega keskmiseks ehitusmaksumuseks on 1200-1300 €/m² km-ta.

Tabel 34 Analoogete hoonete võrdlemisel saadud keskmised maksumused m² kohta

Jrk.nr	Nimetus	EUR/m ²
1	Lasteaia olemasoleva hoone rekonstrueerimine	800-1200,00
2	Lasteaia uue hoone püstitamine	1000-1400,00

Näiteks Riigi Kinnisvara AS arvestab riigigümnaasiumite püstitamise maksumuse hinnaks umbes 1350 eurot/m² kohta, koos kohtkindla sisustusega [36]. Antud summas ei ole arvestatud projekteerimistöid. Võrreldes koolihoone rekonstrueerimisega, mille m² maksumus oli 895,23 eurot km-ta, siis vahe on juba arvestatav. Muidugi tuleks kindlasti lähtuda konkreetsest hoonest ja selle tehnilisest seisukorrast, kas rekonstrueerimine on võimalik.

Uue ehitise kasuks võib tuua välja parema ruumiprogrammi, arhitektuurse väljanägemise, pikema kasutusea, tänapäevaseid ja kvaliteetsemaid ehituslahendusi. Vana hoone rekonstrueerimisel on piiratud võimalused eelkõige ruumiprogrammi muutmisel, tehnosüsteemide ehitamisel, vana arhitektuurne kuju.

6.2 Energiat mõjutavate lahenduste maksumused m2 kohta

Antud peatükis toob autor välja koolide ja lasteaedade maksumuse eelarvest ainult energiast mõjutavate lahenduste maksumused ruutmeetri kohta. Energiast mõjutavad lahendused on piirdetarindite soojustamine (katus, sein, sokkel, vundament), avatäited (uksed, aknad, klaasfassaad, sh varjestus), tehnosüsteemid (küte, ventilatsioon, jahutus) ning hoone automaatika, mis on samuti tähtis. Allpool olevates tabelites on komponendid eraldi väljatoodud.

Tabel 35 Näide 1 kooli energiast mõjutavate lahenduste maksumused m2 kohta

Kool, näide 1	Suurus, m ²	Maksumus, km-ta	€/m ² , km-ta
Alustarindite ja põrandate soojus- ja hüdrolatsioon	10895	201 400,00 €	18,49 €
Kandvate seinte soojus- ja hüdrolatsioon	5080	460 000,00 €	90,55 €
Katuse soojus- ja hüdrolatsioon	3290	230 000,00 €	69,91 €
Aknad, tk	164	153 000,00 €	932,93 €
Varjestus, tk	94	46 000,00 €	489,36 €
Klaasfassaad, komplekt	15	95 000,00 €	6 333,33 €
Välisuksed, tk	21	27 300,00 €	1 300,00 €
Soojussõlm, komplekt	1	12 000,00 €	12 000,00 €
Küttetorustikud- ja kehad	10500	380 000,00 €	36,19 €
Ventilatsiooniseadmed ja torustikud	10500	580 000,00 €	55,24 €
Jahutusseadmed ja torustikud, komplekt	1	15 000,00 €	15 000,00 €
Hoone automaatika	10500	15 000,00 €	1,43 €
Kokku, km-ta		2 214 700,00 €	
Kokku, km-ga		2 657 640,00 €	

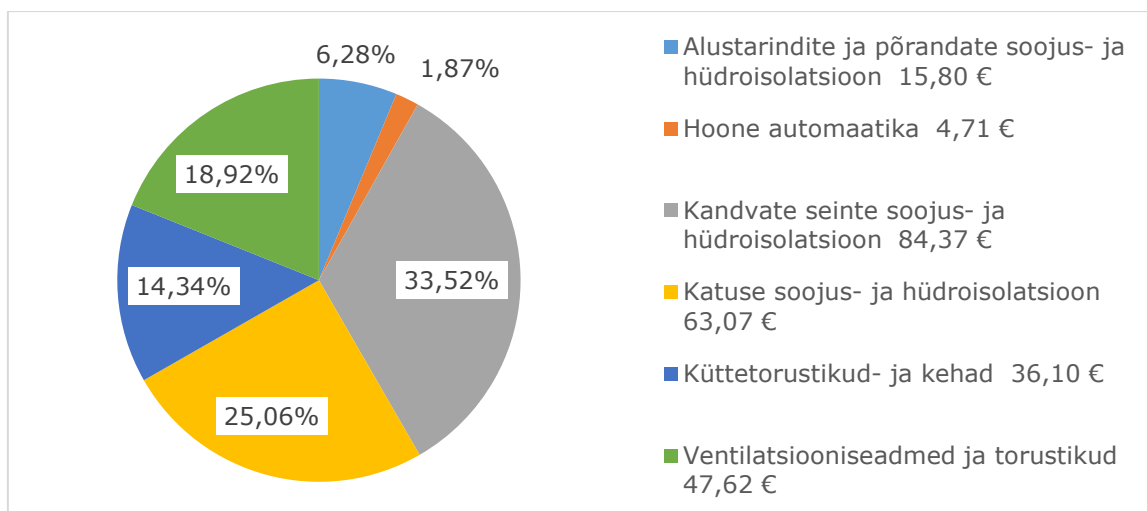
Näide 1 puhul energiast mõjutavate lahenduste kogumaksumus koosneb tervikrekonstrueerimise maksumusest 23%. Osad read ei olnud võimalik välja tuua ruutmeetri kaupa ning on esitatud kas tükkidena või komplektina.

Tabel 36 Näide 2 kooli energiast mõjutavate lahenduste maksumused m2 kohta

Kool, näide 2	Suurus, m ²	Maksumus, km-ta	€/m ² , km-ta
Alustarindite ja põrandate soojus- ja hüdrolatsioon	3909,4	51 306,86 €	13,12 €
Kandvate seinte soojus- ja hüdrolatsioon	4333,3	338 781,70 €	78,18 €
Katuse soojus- ja hüdrolatsioon	2909	163 583,50 €	56,23 €
Aknad	1430,5	299 624,70 €	209,46 €
Varjestus, jm	1664,8	69 546,00 €	41,77 €
Klaasfassaad	628,63	163 967,50 €	260,83 €
Välisuksed, tk	8	15 089,25 €	1 886,16 €
Soojussõlm, komplekt	1	42 496,00 €	42 496,00 €
Küttetorustikud- ja kehad	11203	403 308,00 €	36,00 €
Ventilatsiooniseadmed ja torustikud	11203	448 120,00 €	40,00 €
Jahutusseadmed ja torustikud, komplekt	1	8 000,00 €	8 000,00 €
Hoone automaatika	11203	89 624,00 €	8,00 €
Kokku, km-ta		2 093 447,51 €	
Kokku, km-ga		2 512 137,01 €	

Näide 2 puhul energiat mõjutavate lahenduste kogumaksumus koosneb tervikrekonstrueerimise maksumusest 21,4%.

Kahe kooli näitel on suurem erinevus soojussõlme ja hoone automatika maksumuses. Joonisel 19 on toodud kahe kooli keskmised summad m2 kohta, tabelist jäid välja akende, varjestuse, klaasfassaadi, välisuste, soojussõlme ja jahutussüsteemi read, kuna arvestus on erinev kahe objekti põhjal.



Joonis 19 Kahe kooli energiat mõjutavate lahenduste keskmised maksumused m2 kohta ja protsentuaalselt kogu summast

Tabel 37 Näide 3 lasteaia energiat mõjutavate lahenduste maksumused m2 kohta

Lasteaed, näide 3	Suurus, m2	Maksumus, km-ta	€/m2, km-ta
Alustarindite ja põrandate soojus- ja hüdroisolatsioon	3242	41 262,30 €	12,73 €
Kandvate seinte soojus- ja hüdroisolatsioon	3242	200 181,00 €	61,75 €
Katuse soojus- ja hüdroisolatsioon	3242	103 497,10 €	31,92 €
Aknad	3242	171 000,00 €	52,75 €
Klaasfassaad	3242	43 934,00 €	13,55 €
Välisüksed	3242	42 285,00 €	13,04 €
Soojussõlm, komplekt	1	17 000,00 €	17 000,00 €
Küttetorustikud- ja kehad	3242	115 000,00 €	35,47 €
Ventilatsiooniseadmed ja torustikud	3242	200 000,00 €	61,69 €
Hoone automaatika	3242	14 800,00 €	4,57 €
Kokku, km-ta		948 959,40 €	
Kokku, km-ga		1 138 751,28 €	

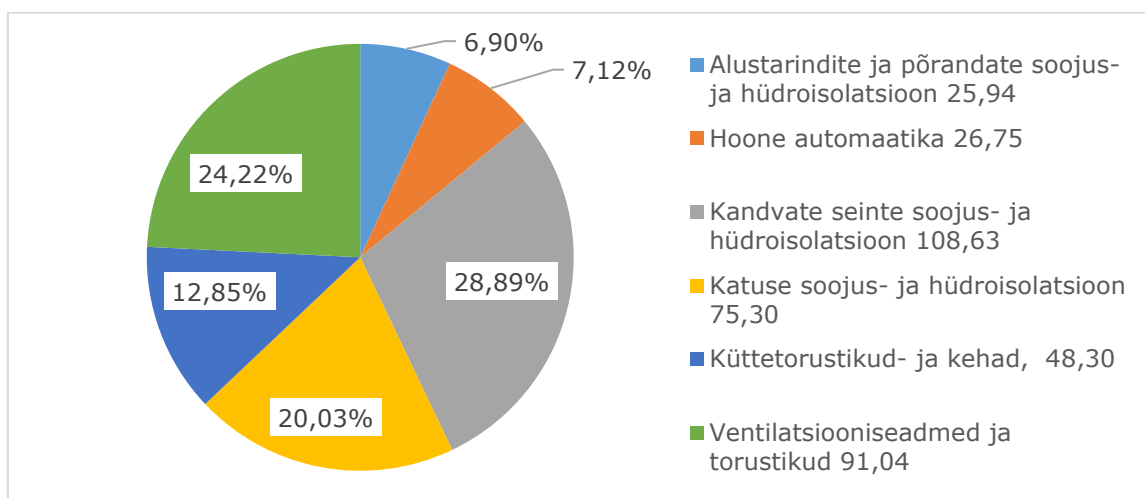
Näide 3 puhul energiat mõjutavate lahenduste kogumaksumus koosneb tervikrekonstrueerimise maksumusest 29,6%. Näide 3 eelarvestuses ei olnud komponentide osas eraldi mahud välja toodud, ainult hoone suletud netopind.

Tabel 38 Näide 4 lasteaia energiat mõjutavate lahenduste maksumused m2 kohta

Lasteaed, näide 4	Suurus, m2	Maksumus, km-ta	€/m2, km-ta
Alustarindite ja põrandate soojus- ja hüdroisolatsioon	1419,4	43 298,80 €	30,51 €
Kandvate seinte soojus- ja hüdroisolatsioon	1221,19	145 687,97 €	119,30 €
Katuse soojus- ja hüdroisolatsioon	796,4	74 523,20 €	93,58 €
Aknad, tk	256	44 100,00 €	172,27 €
Välisüksed, tk	13	7 920,00 €	609,23 €
Soojussõlm, komplekt	1	15 000,00 €	15 000,00 €
Küttetorustikud- ja kehad	2010	90 495,00 €	45,02 €
Ventilatsiooniseadmed ja torustikud	2010	180 990,00 €	90,04 €
Jahutusseadmed ja torustikud	2010	120 660,00 €	60,03 €
Hoone automaatika	2010	80 440,00 €	40,02 €
Kokku, km-ta		803 114,97 €	
Kokku, km-ga		963 737,96 €	

Näide 4 puhul energiat mõjutavate lahenduste kogumaksumus koosneb tervikrekonstrueerimise maksumusest 32,4%.

Joonisel 20 on toodud kahe lasteaia keskmised summad m2 kohta, tabelist jäid välja akende, välisuste ja soojussõlme read, kuna arvestus on erinev kahe objekti põhjal.



Joonis 20 Kahe lasteaia energiat mõjutavate lahenduste keskmised maksumused m2 kohta ja protsentuaalselt kogu summast

Koolide tervikrekonstrueerimise energiat mõjutavate lahenduste maksumused ulatuvad kogu eelarvest keskmiselt 22%-ni ning lasteaedade osas ulatuvad keskmiselt 31%-ni. Siit tekib kindlasti küsimus, kas tänapäeval ainult energiatõhususe parendustööde tegemine on otstarbekas võttes arvesse, et ühe või teise positsiooni tegemisel kaasnevad ka kõrvaltööd, mis tõstavad maksumust veelgi.

7. JÄRELDUSED

Antud lõputöö käigus teostatud hoonete valimite analüüsil, olemasolevate hoonete ülevaatuste, uuritud sisekliima komponentide ja teostatud tarbimisandmetel ning teoreetilistel simulatsioonimudelite põhineval analüüsil võib tõdeda, et mitteelamute ja nimelt tüüpsete koolimajade ja lasteaedade rekonstrueerimisel on tänapäeval energiaskaalal C-klassi jõudmine kergesti saavutatav, mida saab järelda valimite analüüsist (peatükk 3) ja erinevate simulatsioonimudelite katsetamisel (peatükk 5). Olemasolevate C-energiaklassiga koolihoonete piirdekonstruktsioonide tehnilised lahendused (alapeatükk 3.3) on üsna sarnased ja tänapäeval on siiani kasutuses ja tendents näitab, et muutub üldiselt ainult soojustuse paksus ja kasutatava soojustuse veidi parema soojusjuhtivuse näitajad. Muutuvad ainult tehnosüsteemid, mis tänapäeval on efektiivsemad ja on turule jõudnud erinevaid soojustagastuse süsteeme, nagu näiteks aina rohkem kasutatakse hallvee soojustagastuse süsteeme.

Olemasolevate lasteaia hoonete puhul on näha, et valimite kontrollimisel ja analüüsil on hooned suures plaanis jäetud tähelepanuta. On läbi aja tehtud erinevaid töid, kuid nende kasu on kaheldav ja parendustööde planeerimisel ei lähenetud terviklikult ning näitena (alapeatükk 3.3) on lasteaiahoone C energiaklassis, kuid vaatlusel on tuvastatud, et hoone on rekonstrueerimata, puudub seega sisekliima ning antud energiaklass on saavutatud säästmisega.

7.1 Sisekliima järeldused

Lasteaia siseõhutemperatuuri mõõtmiste põhjal võib väita, et hoone on osaliselt üleköetud, mis võib üheks põhjuseks olla ka küttesüsteem on tasakaalustamata, kuid samas on temperatuurid normide piires. Ühe põhjusena võib olla, et ühe ruumi puhul on tegemist mängutoaga, kus pidevalt viibivad inimesed ning samas ruumis on ka miniköök. Vaatamata suhtelise niiskuse taseme väikese kõikumisele mõõtmisandmete põhjal ei saa pidada väga kuivaks või liigniiskeks keskkonnaks, kuid suhtelise niiskuse tase on miinimum taseme piires. CO₂ tase lasteaias oli normi piires ja võib järelda, et antud süsteem toimib.

Kooli klassiruumide kasutamine ei olnud igapäevane ja sisekliima näitajad suuresti olenevad ruumide kasutusest, seda on näha ka graafikutest. Klassiruumide siseõhutemperatuurid olid normi kohased, kuid tase oli maksimaalse lubatud piiril. Annab märku, et tegemist üleköetud ruumidega. Samuti tuleb mainida, et klassiruumide sissepuhke mõõdetud temperatuur oli vahemikus 22-24 °C. Üldiselt olid klassiruumide sisekliima komponendid normi piires. CO₂ tase oli normi piires, kuid üksikul hetkel oli

tõusnud 1100 ppm-le, mis ei ole üldiselt määrav. Ventilatsioonisüsteemi võib pidada toimivaks, kuid ei ole bilansis ja erineb projekteeritust.

Kokkuvõttes võib uuritud hoonete sisekliima näitajatega rahul olla väikeste mööndustega. Komponendid, mis on pidevalt normi piiri lähedal tuleks esialgu kontrollida süsteemide hooldustegureid ja seadeväärtusi.

7.2 Rekonstrueerimise vajaduse järelendus

Kooli või lasteaia terviklik rekonstrueerimine kui investeeringuna on odavam võttes arvesse objektide ruutmeetri maksumused, kuid rekonstrueerimisel on rida miinuseid, mille tõttu uue hoone püstitamine on perspektiivis parem. Samas energiatõhususe miinimumnõuete täitmine ehk C-klassi saavutamine olemasoleva hoone rekonstrueerimise puhul ei ole keeruline tänapäevaste lahendustega ning piiratud eelarvevahenditega kohaliku omavalitsuse jaoks on olemasoleva kooli või lasteaia terviklik rekonstrueerimine tihtipeale ainuke valik.

Teostada ainult energiatõhususe parendustöid ei ole otstarbekas, kuna nende tööde maksumused ulatuvad olenevalt objektist umbes 30% kogumaksumusest arvestamata kõrvaltöid. Kõrvaltöödega maksumused kasvavad veelgi ning tänapäeval ei ole kohaliku omavalitsuse eesmärk ainult energiatõhusust parandada, vaid saavutada ka teisi väärtusi.

7.3 Magistritöö edasiarendamise ettepanekud

Põhiline edasiarendamise suund võiks olla seotud haridusasutuste ja koolieelse lasteasutuse energiatõhususe skaala muutmine ja/või täiendamine seoses tõhusa kaugkütte väiksema kaalumisteguriga sisetoomisega arvutustesse. On ilmne, et skaalad tuleb täiendada, kuna energiatõhususe miinimumnõuete saavutamine on üsna kerge. Mudeli katsetamisel oli lahenduste ETA väärtus väiksem umbes 40 kWh/(m²*a) kui tava kaugkütte kaalumisteguriga arvatuna keskmiselt.

Samuti tuleks koostada rekonstrueeritud koolihoone simulatsioonimudeli ja katsetada erinevaid lahendusi, et kontrollida kas miinimumnõuete täitmine lahendustega on kergesti saavutatav. Üks ettepanekutest ka uurida määruses nr 58 toodud haridusasutuse kasutusajaprofiilide täiendamise vajadust seoses sellega, et koolides toimuvad õhtuti erinevad tegevused ning suviti ka erinevad laagrid, mida kehtiv määrus ei arvesta kasutusprofiilis. Koolihoone puhul võiks uurida hallvee soojustagastuse erilahenduste kasutamise otstarbekust ja efektiivsust.

Sarnaselt büroohoonetega või hooldekodudega oleks omaette väljakutse uurida eesti koolides ja lasteasutustes inimkeskse valgustuse efektiivsust ja mõju lastele.

Üheks ettepanekuks oleks ka koostada programm haridusasutustele ja koolieelse lasteasutustele, kus käsitletakse arusaadavalt mis on sisekliima, selle mõju inimtervisele ja millele tuleks tähelepanu pöörata, et tõsta kogu kooli- ja lasteaiapere teadlikkust.

KOKKUVÕTE

Käesolevas magistritöös uuriti koolimajade ja lasteaedade tüüphoonete olemasoleva olukorda, nende jagunemist energiaskaalal ja vaatluste põhjal kaardistati energiat mõjutavat tehnilised lahendused. Tüüphooned on Nõukogude ajal ehitatud konkreetsete arhitektuurse lahendusega hooned nagu näiteks H-, U-, või Z-kujuga hooned. Töö käigus teostati ka rekonstrueeritud hoonete ülevaatused ja sisekliima mõõtmisi, mille põhjal koostati energiaarvutuste simulatsioonimudel ühe rekonstrueeritud lasteaia hoone osas tuvastamaks minimaalseid lahendusi C-energiaklassi saavutamiseks. Samuti esitati tervikrekonstrueerimise maksumused ruutmeetri kohta ja eraldi toodi välja energiat mõjutavate lahenduste maksumused ning võrdluseks uue hoone ehitamise ja tervikrekonstrueerimise maksumuste võrdlus.

Olemasolevate hoonete uurimisel selgus asjaolu, et suur osa koolimajadest olid rekonstrueeritud, kuid lasteaiaid jäid tähelepanuta. Nimelt uuritud 30 lasteaia valimite põhjal selgus, et renoveeritud on umbes 3% hoonetest, 63% rekonstrueerimata ja 33% on teostatud ainult fassaadi soojustamine. Ühtlasi valimite analüüsimisel ja kehtivate energiamärgiste kontrollimisel vastasid koolimajad vähemalt C-klassi nõuetele tolle aja (2013 a) kohta 37% osas. Tõhusa kaugkütte piirkonna erisused tingituna olid KEK andmed ümberarvutatud kaalumisteguriga 0,65 ning nüüd olemasolevatest koolimajadest vastasid vähemalt kehtivale C-klassi nõudele 57% hooneid.

Sarnaselt koolidele ka lasteaedade osas tolle aja vähemalt C-klassi nõuetele vastas ainult 20% hoonetest ning ümberarvutatuna tõhusa kaugkütte kaalumisteguriga 0,65 vastasid vähemalt C-klassi nõuetele juba 73% hoonetest, kuid milles pole sisekliima tagatud.

Lasteaedade valimite paikvaatluse teostamisel olid hoonetele teostatud üksikute piirdekonstruktsioonide soojustamised ja kõikidel hoonetel olid asendatud aknad 2x plastraamil klaaspaketiga ning oli asendatud soojussõlm. Küttesüsteem tervikuna ei olnud asendatud, radiaatorid olid ilma termostaatventiilideta, loomulik ventilatsioon ning vananenud elektripaigaldis.

Olemasolevate C-energiaklassiga koolihoonete piirdekonstruktsioonide tehnilised lahendused on üsna sarnased ja tänapäeval on siiani kasutuses ja tendents näitab, et muutub üldiselt ainult soojustuse paksuse kiht ja kasutatava soojustuse veidi parema soojusjuhtivuse näitajad. Tehnosüsteemidest muutusid ainult ventilatsioonisüsteemid. Selgus ka asjaolu, et süsteemide automaatika (põhiliselt tehaseautomaatika, kesksed automaatikat pole) ei toimi korrektselt või ei osata kasutada ning ventilatsioonigregaadid lülitatakse üleüldse välja. Samuti ei selgu, kas eraldi hooldatakse hoone automaatikad või mitte.

Rekonstrueeritud koolihoone ja lasteaia sisekliima mõõtmiste põhjal võib järeldada, et sisekliima vastab tervisekaitsenõuete määruse nõuetele ja standardile, kuigi on näha väiksemaid kõikumisi, siis põhjuse tuvastamiseks tuleks kontrollida hooldustegureid ja süsteemide seadeväärtusi. Ühtlasi uuritava rekonstrueeritud lasteaias on ehitatud ainult mehaaniline väljatõmbesüsteem ja värskeõhuklappidega, mida tänapäeval ei leia laialdast kasutust mitteelamute rekonstrueerimisel. Samuti oli tuvastatud, et lasteaia rühmaruumide aknad on koguaeg tuulutavas asendis.

Rekonstrueeritud lasteaia kaalutud energiakasutuse arvutuste kohaselt kuulub C-energiaklassi ($160 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$). Mudeli standartkasutusele viimisega oli saadud D-klassi. Ning piisas tänapäeva nõuetele vastava mehaanilise soojustagastusega ventilatsiooni kasutamise lahenduste otsimisel, siis automaatselt oli ETA väärtus C-klassis. Kuigi soojustagastusega ventilatsioon kasutab rohkem elektrienergiat, siis soojustagastus on märkimisväärne, tänu millele energiatõhususarv langeb. Seega antud lahendusega kaob ka koguaeg avatud akna hoidmine. Oli katsetatud ka tänapäeva soojutamise lahendustega ja ventilatsiooni töörežiimidega ning kokkuvõttes seitsmest variandist oli 5 lahendust vähemalt C-klassis.

Koolihoone, lasteaiahoone terviklik rekonstrueerimine või uue ehitamine on seotud mitme faktoriga - piirkonna üldisest arengust ehk lasteaia/kooli koha vajadusest, hoone tehnilisest seisukorrast, asenduspinna olemasolust, piirkonnast, kui miljööväärtuslikkuse aspektist jms. Kui vaadata ainult investeeingu seisukohast, mis on tihti määrav kohaliku omavalitsuse jaoks, siis terviklikku rekonstrueerimise maksumus on soodsaim ja ainuke valik. Uue ehitise püstitamine on küll kallim, kuid sellel puuduvad olemasoleva hoone piiratud võimalused, nagu ruumiprogrammi muutmine, tehnosüsteemide paigutamine jms. Tänapäeval kohalik omavalitsus ei teosta ainult energiatõhususe parendustöid, vaid pigem kohe tervikrekonstrueerimist. Arvestades ka seda, et energiatõhususe parendustööd on kuni 30% kogu rekonstrueerimise maksumusest.

Magistritöö käigus tehtud analüüsi ja põhjenduste abil võib väita, et tänapäeval olemasolevate tüüpsete kooli- ja lasteaiahoonete tervikrekonstrueerimise teostamine vähemalt C-klassi tasemeni on kergesti saavutatav ja eriti tänapäevaste süsteemide ehitamisega. Kergesti on saavutatav eelkõige seetõttu, et ETA/KEK väärtused energiaskaalal on tänapäeva arvutuste kohaselt leebed, eriti tõhusa kaugkütte piirkonnas. Koolide ja lasteaedade rekonstrueerimisele tuleb pöörata rohkem tähelepanu, kuna antud hoonefond üks suuremaid kohaliku omavalitsuse bilansis ja seeläbi ka määrav CO₂ emissioonide vähendamise osas ning sisekliimata hoonetes on potentsiaalne oht laste tervisele.

SUMMARY

In this Master's thesis, the existing status of standard buildings of school buildings and kindergartens and their distribution on the energy scale were studied; based on these observations, technical solutions impacting energy were mapped. Standard buildings are buildings with a specific architectural solution built in the Soviet era, such as H-, U-, or Z-shaped buildings. In the course of the work, inspections of reconstructed buildings and indoor climate measurements were also performed, based on which a simulation model of energy calculations was compiled for one reconstructed kindergarten building in order to identify minimal solutions for obtaining energy class C. The costs of the comprehensive reconstruction per square meter were also presented, with the costs of energy-related solutions presented separately; the comparison of the costs of a new building construction and the comprehensive reconstruction was presented for comparison.

When examining the existing buildings, it became evident that a large part of the school buildings had been reconstructed, but the kindergartens were disregarded. Namely, based on the examined samples of 30 kindergartens, it became evident that approx. 3% of the buildings had been renovated, 63% had not been reconstructed and 33% had their facade insulated only. At the same time, when analysing the samples and checking the valid energy labels, 37% of the school buildings met at least the requirements of Class C for that time (2013). Due to the differences in the efficient district heating area, the weighted energy consumption data were recalculated with a weighting factor of 0.65, and 57% of the existing school buildings met at least the valid Class C requirement.

Similar to schools, as for kindergartens, only 20% of buildings at that time met the requirements of at least Class C, and recalculated with an efficient district heating weighting factor of 0.65, 73% of buildings already met at least Class C requirements, with indoor climate still not guaranteed.

An on-the-spot visit of inspection of the kindergarten samples revealed that the buildings had some of their peripheral structures insulated, and all the buildings had windows replaced with 2x double-glazed windows and the heating unit had been replaced. The heating system was not replaced in its entirety, the radiators were without thermostatic valves, natural ventilation and an outdated electrical installation.

The technical solutions for the peripheral structures of existing school buildings with energy class C are quite similar and are still in use today, and the trend shows that only the insulation thickness layer and the slightly better thermal conductivity indicators of insulation used tend to change in general. As for technical systems, only ventilation systems have changed. Moreover, it became evident that the automation of the systems

(mainly factory automation, no central automation) does not work properly or cannot be used, and the ventilation units are switched off on the whole. It is also unclear whether the building automation systems are maintained separately or not.

Measurements of the indoor climate of the reconstructed school building and kindergarten indicate that the indoor climate meets the requirements and standard of the Health Protection Requirements Regulation, although minor fluctuations are visible, then maintenance factors and system setpoints should be checked to determine the cause. At the same time, only a mechanical exhaust system and fresh air valves have been built in the reconstructed kindergarten surveyed, which is not widely used in the reconstruction of non-residential buildings at present. It was also established that the windows of the group rooms of the kindergarten are always in a ventilation position.

According to the weighted energy use calculations of the reconstructed kindergarten, it belongs to energy class C ($160 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$). With the introduction of the model into standard use, Class D was obtained. And it was enough to use modern mechanical heat recovery ventilation to find solutions, then the energy performance indicator value was automatically in the Class C. Although heat recovery ventilation uses more electricity, then heat recovery is significant, leading to a decrease in energy performance indicator. So, this solution also eliminates the need to keep the window open all the time. Modern insulation solutions and ventilation operating modes were also tested, and in total 5 out of seven options had at least Class C solutions.

The comprehensive reconstruction of a school building, kindergarten building or new construction is related to several factors - the general development of the area, i.e. the need for a kindergarten/school place, technical condition of the building, existence of replacement premises, whether the area is of cultural and environmental value, etc. If you look only from the point of view of investment, which is often decisive for a local government, then the cost of comprehensive reconstruction is the most affordable and the only option. The erection of a new building is more expensive indeed, but it has no limited possibilities of the existing building, such as alteration of the room programme, location of technical systems, etc. At present, the local government does not perform energy performance improvements only, but is after an immediate comprehensive reconstruction. Also considering that energy performance improvement works account for up to 30% of the total reconstruction cost.

With the help of the analysis and substantiation performed in the Master's thesis, it can be stated that the comprehensive reconstruction of today's standard school and kindergarten buildings to at least the Class C level is easily achievable, especially with the construction of modern systems. Particularly, this is easily achieved, as energy performance indicator / weighted energy consumption values on the energy scale are currently calculated to be mild, especially in the area of efficient district heating. More

attention should be paid to the reconstruction of schools and kindergartens, as this building stock is one of the largest in a local government balance sheet and thus decisive in reducing CO2 emissions, and buildings without indoor climate are potentially hazardous to children's health.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. **Ats Allikmaa, Targo Kalamees, Jarek Kurnitski, Kalle Kuusk, Ergo Pikas, Teet Tark, Aivar Uutar.** *Hoonefondi energiatõhususe parandamine – energiasääst, ühikmaksumused ja mahud.* Tallinna Tehnikaülikool, Hevac OÜ, AU Energiateenus OÜ, 2013.
2. **Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna keskus, Riigikantselei.** *Eesti kliimaambitsiooni tõstmise võimaluste analüüs.* Tallinn, 2019.
3. **Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium.** *Riiklik hoonete rekonstrueerimise strateegia energiatõhususe parandamiseks.* 2017.
4. **Euroopa Parlament ja Nõukogu.** *Direktiiv nr 2018/844, 30.05.2018, hoonete energiatõhususe kohta ja energiatõhususe kohta muudatused.* Euroopa Liidu Teataja, 2018.
5. **Energiatalgud.** [Võrgumaterjal] 14.12.2019 a.
https://energiatalgud.ee/index.php/Hoonete_energiat%C3%B5husus
6. **Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium.** *ENMAK 2030 elamumajanduse valdkonna arengukava stsenaariumide aruanne.* Tallinn, 2017.
7. **Priit Võhandu.** *Väljavõte ehitisregistrist.* Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Ehitus- ja elamuosakond, Ehitisregistralitus, 2020.
8. **Jarek Kurnitski.** *Avalik ettekanne: Hoonete energiatõhususe võimalustest ja väljakutsetest.* Tallinn, 2019.
9. **Eea grants, KIK, Keskkonnaministeerium.** *„Eesti taristu ja energiasektori kliimamuutustega kohanemise strateegia“ lõpparuanne.* Tallinn, 2015.
10. **Tallinna Tehnikaülikool, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium.** *„Eesti eluasemefondi suurpaneel-korterelamute ehitustehniline seisukord ning prognoositav eluiga“ uuringu lõppraport.* Tallinn, 2009.
11. **Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna keskus, Riigikantselei.** *Eesti kliimaambitsiooni tõstmise võimaluste analüüs.* Tallinn, 2019.
12. **Euroopa Parlament ja Nõukogu.** *Direktiiv nr 2010/31/EL, 19.05.2010, hoonete energiatõhususe kohta.* Euroopa Liidu Teataja, 2010.
13. **Ettevõtlus- ja infotehnoloogiainister.** *Hoone energiatõhususe miinimumnõuded.* Määrus nr 63. Riigi Teataja, 2018.
14. **Riigikogu.** *Ehitusseadustik.* Riigi Teataja, 2015.
15. **Majandus- ja taristuminister.** *Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika.* Määrus nr 58. Riigi Teataja, 2015.
16. **Jarek Kurnitski, Targo Kalamees, Hendrik Voll, Martin Thalfeldt, Aivar Uutar, Argo Rosin.** *Madal- ja liginullenergiahooned. Büroohonete*

- põhilahendused eskiis- ja eelprojektis. Riigi Kinnisvara AS ja Tallinna Tehnikaülikool, 2012.*
17. **Majandus- ja taristuminister.** *Nõuded energiamärgise andmisele ja energiamärgisele¹. Määrus nr 36. Riigi Teataja, 2015.*
 18. **Targo Kalamees.** *Madalenergia- ja liginullenergiahoonete kavandamine. Juhend büroo ja avalike hoonete tellijale. KredEx SA, 2012.*
 19. **Vabariigi Valitsus.** *Energiamajanduse arengukava aastani 2030. VV korraldus nr 285, 2017.*
 20. **EVS-EN 16798:2019 Hoonete ventilatsioon. Osa 1: Sisekeskkonna lähteandmed hoonete energiatõhususe projekteerimiseks ja hindamiseks, lähtudes siseõhu kvaliteedist, soojuslikust keskkonnast, valgustusest ja akustikast. Moodul M1-6. Eesti rahvuslik lisa NA:2019. Eesti Standardikeskus, 2019.**
 21. **Teet-Andrus Kõiv, Anti Hamburg, Alo Mikola, Martin Kiil, Andres Tukia, Tõnis Rohula, Gert Silm, Ülar Palmiste.** *Rekonstrueeritud korterelamute sisekliima ja energiatarbe seire ja analüüs ning nende vastavus standarditele ja energiaaudititele. Lõpparuanne. Tallinna Tehnikaülikool, 2014.*
 22. **Leena Albrecht.** *Ruumiõhu sündroom, kursusetöö. Tartu Ülikooli arstiteaduskond.*
 23. **Enno Abel, Hendrik Voll, Teet Tark.** *Hoonete energiatarve ja sisekliima. Tallinn*
 24. **Jarek Kurnitski, Mart Murdvee, Teet-Andrus Kõiv, Mare Teichmann.** *Sisekliima, õpitulemus, tööviljakus. Tallinna Tehnikaülikool, 2015.*
 25. **Sotsiaalministeerium.** *Tervisekaitsenõuded koolidele. Määrus nr 84. Riigi Teataja, 2013.*
 26. **Sotsiaalministeerium.** *Tervisekaitsenõuded koolieelse lasteasutuse maa-alale, hoonetele, ruumidele, sisustusele, sisekliimale ja korrashoiule. Määrus nr 131. Riigi Teataja, 2011.*
 27. **Maa-amet.** Geoportaal [Võrgumaterjal] 12.04.2020 a
<https://geoportaal.maaamet.ee/est/>
 28. **Hens Hugo S.L.C., De Meulenaer.** "Schools: All problem buildings?" Proceedings of Clima 2007 WellBeing Indoors, 2007.
 29. **Wim Zeiler, Gert Boxem.** "Ventilation of Dutch schools; an integral approach to improve design," Proceedings of Clima 2007 WellBeing Indoors, 2007
 30. **EQUA Simulation AB.** EQUA kodulehekülg. IDA ICE, 05.10.2020.
http://www.equaonline.com/iceuser/new_documentation.html.
 31. **Targo Kalamees ja Jarek Kurnitski.** *Estonian test reference year fo energy calculation. s.1. :Proceedingd of the Estonian Academy of Sciences, 2006.*

32. **U.S. Energy Information Administration.** „*International Energy Outlook 2016 With Projections to 2040,*“ U.S. Energy Information Administration, Washington, DC, 2016.
33. **Euroopa Komisjon.** *Saavutagem kliimaneutraalsus aastaks 2050,* Luxembourg: Euroopa Liidu Väljaannete Talitus, 2019.
34. **Karl Sachris.** *Hallvee soojustagastuse kohtseadmete tehnoloogiate ülevaade horisontaalpaigaldusega duši soojustagasti uuringuga,* magistritöö, Tallinna Tehnikaülikool 2020.
35. **Riigikontroll.** „*Ülevaade omavalitsuste hoonestatud kinnisvarast ja selle haldamisest*“, Riigikontrolli aruanne Riigikogule, Tallinn, 26. oktoober 2016.
36. **E-Eelarvestus OÜ.** „*Tüüplasteaia rekonstrueerimise põhiprojekti alusel koostatud taotluseelarve*“, Tallinna, 2020.
37. **Allan Hani.** *Hoonete ja nende tehnosüsteemide energeetilise efektiivsuse uurimine,* doktoritöö, Tallinna Tehnikaülikool, 2012.

LISAD

Lisa 1 Koolide ja lasteaedade valimite koond

Tallinna koolid						Erikasutus, kWh/(m2*a)			Tarnitud energia, kWh/a	
Jrk	Ehitusaasta (EHR)	Suletud netopind, m2 (EHR)	Köetav pind, m2 (en.määrigisel)	Energiamärgis	KEK, kWh/(m2*a)	Soojus, kWh/(m2*a)	Elekter, kWh/(m2*a)	Erikasutus kokku, kWh/(m2*a)	Kaugküte, kWh/a	Elekter, kWh/a
1.	1971	7932,5	7932,5	D-klass	166	83,77	40,52	124,3	664543	321452
2.	1970	6780,1	6780,1	C-klass	125	89,96	22,27	112,23	609937	250970
3.	1966	4169	4169	D-klass	168	112,19	26,95	139,14	467730	112355
4.	1965	4615,2	4586,3	D-klass	194	126,62	39,81	166,43	580700	182600
5.	1969	6709,3	6628,3	C-klass	123	74,29	27,97	102,26	492400	185400
6.	1963	2059,2	2059,2	D-klass	181	145,39	25,24	170,63	299385	51982
7.	1964	5121,3	5121,3	C-klass	131	95,46	23,31	118,77	488861	119402
8.	1976	9057,1	5660,6	C-klass	145	119,78	18,7	138,48	678000	105833
9.	1992	8324	7116	D-klass	165	135,09	22,01	157,1	961313	156620
10.	1982	7780,4	2500	G-klass	321	329,23	12,44	341,67	823076	31105
11.	1981	8134,3	8134,3	C-klass	121	86,55	23,81	110,36	704000	193700
12.	1980	8133,6	7757,8	F-klass	281	160,03	60,18	220,2	1241467	466826
13.	1988	9587,3	9587,3	E-klass	215	79,45	34,37	113,82	761700	329500
14.	1986	7117	7117	B-klass	99	84,2	11,82	96,02	599267	84127
15.	1983	8384,8	8384,8	B-klass	102	76,96	16,3	93,26	645277	136634
16.	1957	5797,2	4662	C-klass	158	115,55	27,03	142,58	538700	126000
17.	1975	8553,2	8553,2	D-klass	162	106,52	33,47	139,99	911093	286257
18.	1963	5746,5	5746,5	D-klass	200	118,73	33,37	152,1	73364 m3	191740
19.	1973	7744,6	7744,6	A-klass	79	47,95	15,12	63,08	371355	117136
20.	1928	2815	3086	E-klass	249	192,55	28,76	221,31	63893 m3	88740
21.	1940	5481	5481	D-klass	167	129,97	25	154,97	712357	137051
22.	1939	4982,5	4982,5	D-klass	199	147,4	33,55	180,95	734333	167153
23.	1917	4679	4679	H-klass	455	164,91	153,71	318,62	771620	719194
24.	1935	3402	3402	F-klass	252	153,68	57,35	211,03	522833	195109
25.	1933	3321	3321	E-klass	225	158,93	41,19	200,12	527820	136788
26.	1884	4534,3	4534,3	E-klass	223	136,29	50,67	186,96	617980	229733
27.	1933	2468	2468	H-klass	443	266,61	89,6	356,21	kütteõli 65799 L	221125
28.	1985	10513,2	7929	B-klass	110	96,36	11,96	108,32	764060	94853
29.	1984	5486,1	5486,1	C-klass	160	78,77	44,73	123,5	430600	244500
30.	1932	999,1	999	F-klass	254	176,19	39,68	215,87	kütteõli 15044kg	39640

Tallinna lasteaiad						Erikasutus, kWh/(m2*a)			Tarnitud energia, kWh/a	
Jrk	Ehitusaasta (EHR)	Suletud m2 (EHR)	Kõetav pind, m2 (en.märgisel)	Energiamärgis (2013 a)	KEK, kWh/(m2*a)	Soojus, kWh/(m2*a)	Elekter, kWh/(m2*a)	Erikasutus kokku, kWh/(m2*a)	Kaugkütee	Elekter
1.	1974	2768,4	1888,98	D-klass	191	177,55	16,04	193,59	335387	30308
2.	1975	2320,1	2320	C-klass	154	137,74	15,17	152,91	319563	35202
3.	1973	2076,2	2076	D-klass	206	172,75	25,04	197,79	358633	51988
4.	1973	2075,1	2075	D-klass	197	174,18	17,22	191,4	361417	35723
5.	1963	2076,5	2076,5	D-klass	193	176,68	17,12	193,8	366870	35558
6.	1969	2766	1927,8	D-klass	231	221,27	16,44	237,71	426573	31688
7.	1967	2093,8	2120,9	D-klass	207	190,87	18,42	209,29	404807	39066
8.	1971	2099,1	1802	E-klass	259	246,36	18,81	265,17	443933	33903
9.	1963	2089,9	2089,9	D-klass	196	182,67	16,09	198,76	381757	33631
10.	1968	2787,2	2787	C-klass	153	140,28	13,45	153,73	390947	37481
11.	1968	2099,2	2099	C-klass	189	174,45	16,42	190,87	366173	34458
12.	1970	2780,4	1983,8	C-klass	185	164,93	18,77	183,7	327197	37235
13.	1963	2082,2	2082,2	D-klass	218	202,02	18,16	220,18	420653	37816
14.	1967	2150,1	2400	D-klass	201	194,91	12,47	207,38	467777	29931
15.	1969	2114,1	2114,1	D-klass	198	177,84	19,01	196,85	375977	40195
16.	1973	1860	1860	D-klass	191	174,42	16,98	191,4	324417	31590
17.	1970	1996	1996	D-klass	203	173,95	23,68	197,63	347197	47260
18.	1965	2095,3	2095,3	D-klass	225	199,34	23,21	222,55	417627	48628
19.	1976	2653,1	1863,4	D-klass	228	197,02	25,74	222,76	367130	47966
20.	1967	2509,4	2509,4	C-klass	141	120,97	15,91	136,88	303570	39930
21.	1984	2151	2151	D-klass	220	209,45	16,68	226,13	450517	35868
22.	1965	2012,8	1687,5	E-klass	258	240,71	20,7	261,41	406203	34930
23.	1968	2073	2073	D-klass	197	172,78	21,15	193,93	358183	43842
24.	1986	2151	2151	D-klass	207	187,9	19,28	207,18	404163	41478
25.	1978	2151	2303	D-klass	214	191,52	21,42	212,94	441077	49339
26.	1964	1639	1639	D-klass	211	200,54	15,41	215,95	328680	25260
27.	1984	2151	2491	D-klass	192	183,21	13,68	196,89	456383	34085
28.	1990	2150	2150	D-klass	203	199,76	11,77	211,53	429480	25295
29.	1986	3024,5	2303	C-klass	181	164,54	16,41	180,95	378930	37790
30.	1979	2151	2150	D-klass	208	200,74	12,02	212,76	431597	25846

Lisa 2 Hoonete ülevaatuslehed

Lasteaed nr 2

Kinnistul asub lasteaia tüüphoones nr 2 lasteaed. Hoone võeti kasutusele 1975. aastal (EHR andmetel). Hoone on H-tähe kujuline ning kahekordne. Hoone keskosa, mis ühendab kahte tiiba, esimesel korrusel asuvad köök ja erinevad kabinetid ning teisel korrusel ametiruumid ja saal. Mõlemas tiivas asuvad rühmaruumid, esimesel korrusel 6 ja teisel 6 rühma. Hoonel on kelder, kus asuvad soojussõlm, abiruumid ja elektrikilbiruum.

Ehitise andmed:

Ehitisealune pind: 1 110 m²
Suletud netopind: 2 320,1 m²
Köetav pind: 1863,4 m²
Maht: 10 158 m³
Maapealsete korruste arv: 2
Maa-aluste korruste arv: 1
Energiamärgis (2013 a): C-klass
KEK: 154 kWh/(m²*a)
Erikasutus kokku: 152,91 kWh/(m²*a)
Soojus: 137,74 kWh/(m²*a)
Elekter: 15,17 kWh/(m²*a)
Kaugküte: 319563 kWh/a
Elekter: 35202 kWh/a



Olemasoleva hoonele energiamärgise koostas Soojusaudit OÜ. Arvutused tehtud 2010-2012 a tarbimisandmete alusel.

Tehniline osa:

Hoonel on lamekatus, mis on soojustatud villaga 110 mm paksuse kihiga (maj.juhataja sõnul) ning on paigaldatud bituumen rullmaterjalist katusekate. Hoone fassaadi kandevosa on gaasbetoonplokkidest. Hoone sokkel ja vundamendisein on monteeritavatest raudbetoon plokkidest. Hoone fassaad, sokkel, vundament soojustamata. Hoone kõik aknad on asendatud 1998-1999 aastal 2x plastraamiga klaaspaketiks.

Hoones on plekkradiaatorid ilma termostaatventiilideta, vahetati 2001 aastal. Enne 2017 a polnud soojussõlm reguleeritav ja polnud automaatikat. Ventilatsioonisüsteem on loomulik.

Lasteaed ehitatud 12-ks rühmaks ning realselt on 12 rühmaruumi kasutuses. Lasteaias on köök laste toidlustamiseks. Hoones üldiselt on arvutid, kuvarid, nõudepesumasinaid, 1 kuivatuskapp. Hoones on vanad luminofoorlambid.

Tol ajal C-klass sai saavutatud säästmiselt ehk köeti vähe (hoiti minimaalset temperatuuri) ja võimalikult hilja küte anti järgi. Säästmist üldiselt kinnitas ka personal.



Lasteaed nr 11

Kinnistul asub lasteaia tüüphoones nr 3 lasteaed. Hoone võeti kasutusele 1968. aastal (EHR andmetel). Hoone jaguneb kaheks: A ja B korpus. Hoone on oma põhiosas kahe korruseline, mille ühe osa all paikneb keldrikorrus ja teise osa all madal pinnasega tehniline keldriosa, mis ei ole kasutuses ja ei ole köetav. A ja B korpust ühendab esimesel korrusel koridor, mille all on tehnosüsteemide kanal.

Ehitise andmed:

Ehitisealune pind: 1 081 m²
Suletud netopind: 2 099,2 m²
Maht: 9 379 m³
Maapealsete korruste arv: 2
Maa-aluste korruste arv: 1

Energiamärgis (2013 a): C-klass
KEK: 189 kWh/(m²*a)
Erikasutus kokku: 190,87 kWh/(m²*a)
Soojus: 174,45 kWh/(m²*a)
Elekter: 16,42 kWh/(m²*a)
Kaugküte: 366173 kWh/a
Elekter: 34458 kWh/a



Olemasoleva hoonele energiamärgise koostas Soojusaudit OÜ. Arvutused tehtud 2010-2012 a tarbimisandmete alusel.

Tehniline osa (visuaalne ülevaatus):

Hoonele on paigaldatud bituumen rullmaterjalist katusekate. Hoone fassaad on tellistest ning hoonele on paigaldatud 2x plastraamil pakettaknad. Kuni 2016 aastani oli hoone fassaad soojustamata, katus oli soojustatud villaga (juhataja ütluste kohaselt) umbes 100 mm paksuse kihiga.

Hoones asendati 2007 aastal kõik vanad malmradiaatorid uute plekkradiaatorite vastu ning varustati termostaatventiilidega. Keldrikorrusel asub automaatne ja reguleerimisvõimalusega soojussõlm. Ventilatsioonisüsteem kuni 2016 aastani oli loomulik ehk värske õhk tuleb sisse avatud akna kaudu ja välja läheb vent.šahtide lõõridest.

Lasteaed ehitatud 12-ks rühmaks (iga korpus mahutab kuus rühma), kuid realselt tegutseb ainult 11 rühma, kuna ühe rühma ruumid on antud rendile ja ei ole kasutuses (elektri ja vee tarbimist pole). 2012 aastaks vahetati viies rühmas kõik vanad pikad ca 1-1,5 m luminofooritorud (~36-58W) uute 600x600 paneellaevalgustite F18W/840 luminofoorlampide vastu. Lasteaias on köök laste toitlustamiseks ja kolm kuivatuskapi.

Linnupesa (12 rühma) ja Lehola (11 rühma) on ühte tüüpi hooned. Kui vaadata KEK-i numbreid, siis Lehola tegelikult kuuluks D klassi, kui lisanduks elektri- ja veetarbimisele üks rühm juurde. Kahe lasteaia elektritarbimise erinevuse vahe on 5472 kWh/a. Lehola oli soojustamata, siis küttele kulus rohkem, kui Linnupesas. Kui Lehola või üldiselt tüüp 3 hooned soojustada vähemalt sarnaselt Linnupesaga, siis C-klassi saavutamine teoreetiliselt ei ole probleem.



Lasteaed nr 17

Kinnistul asub lasteaia tüüphoones nr 3 lasteaed. Hoone võeti kasutusele 1970. aastal (EHR andmetel). Hoone jaguneb kaheks: A ja B korpus. Hoone on oma põhiosas kahe korruseline, mille ühe osa all paikneb keldrikorrus ja teise osa all madal pinnasega tehniline keldriosa, mis ei ole kasutuses ja ei ole köetav. A ja B korpust ühendab esimesel korrusel koridor, mille all on tehnosüsteemide kanal.

Ehitise andmed:

Ehitisealune pind: 1 078 m²

Suletud netopind: 1996 m²

Maht: 8 826 m³

Maapealsete korruste arv: 2

Maa-aluste korruste arv: 1

Energiamärgis (2013 a): D-klass

KEK: 203 kWh/(m²*a)

Erikasutus kokku: 197,63

kWh/(m²*a)

Soojus: 173,95 kWh/(m²*a)



Elekter: 23,68 kWh/(m²*a)
Kaugküte: 347197 kWh/a
Elekter: 47260 kWh/a

Olemasoleva hoonele energiamärgise koostas Soojusaudit OÜ. Arvutused tehtud 2010-2012 a tarbimisandmete alusel.

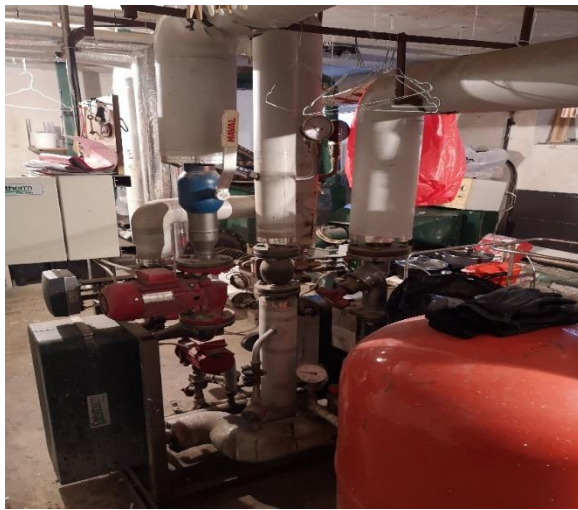
Tehniline osa (visuaalne ülevaatus):

Hoonekatus on soojustatud villaga umbes 100 mm paksuse kihiga ning on paigaldatud bituumen rullmaterjalist katusekate. Hoone fassaadi kandevesein on silikaattellistest. Hoone fassaad, sokkel ega vundamendisein ei ole soojustatud. Hoonele on paigaldatud 2003-2005 aastal 2x plastraamiga pakettaknad.

Hoones on paigaldatud aegade jooksul eritüüpi radiaatoreid (terasplekk, malm jne) ja osadele radiaatoritele on paigaldatud termostaatventiilid, kuid valdav osa on ilma. Keldrikorral asub automaatne ja reguleerimisvõimalusega soojussõlm. Kütessesüsteem on maj.juhataja sõnul tasakaalustamata. Ventilatsioonisüsteem on loomulik.

Lasteaed ehitatud 12-ks rühmaks (iga korpus mahutab kuus rühma) ning realselt on 12 rühmaruumi kasutuses. Hoones on vanad erimõõtu ja -tüüpi valgusteid. Lasteaias on köök laste toitlustamiseks ja igas rühmas on kuivatuskapp, nõudepesumasin. Mitmed rühmaruumid köetakse täiendavate elektriradiaatoritega.





Lasteaed nr 19

Kinnistul asub lasteaia tüüphoones nr 2 lasteaed. Hoone võeti kasutusele 1976. aastal (EHR andmetel). Hoone on H-tähe kujuline ning kahekordne. Hoone keskosa, mis ühendab kahte tiiba, esimesel korrusel asuvad köök ja erinevad kabinetid ning teisel korrusel ametiruumid ja saal. Mõlemas tiivas asuvad rühmaruumid, esimesel korrusel 6 ja teisel 6 rühma. Hoonel on kelder, kus asuvad soojussõlm, abiruumid ja elektrikilbiruum.

Ehitise andmed:

Ehitisealune pind: 1 106 m²
Suletud netopind: 2 653,1 m²
Köetav pind: 1863,4 m²
Maht: 10 076 m³
Maapealsete korruste arv: 2
Maa-aluste korruste arv: 1

Energiamärgis (2013 a): D-klass
KEK: 228 kWh/(m²*a)
Erikasutus kokku: 222,76 kWh/(m²*a)
Soojus: 197,02 kWh/(m²*a)
Elekter: 25,74 kWh/(m²*a)
Kaugküte: 367130 kWh/a
Elekter: 47966 kWh/a

Olemasoleva hoonele energiamärgise koostas Soojusaudit OÜ. Arvutused tehtud 2010-2012 a tarbimisandmete alusel.

Tehniline osa:

Hoonel on lamekatus, mis on soojustatud villaga 110 mm paksuse kihiga ning on paigaldatud bituumen rullmaterjalist katusekate. Hoone fassaadi kandevosa on gaasbetoonplokkidest ja soojustatud 100 mm EPS-ga. Hoone sokkel ja vundamendisein on monteeritavatest raudbetoon plokkidest, mis ei ole soojustatud. Katus soojustati 2000 aastal ning fassaad soojustati 2006-2007 aastatel. Hoone kõik aknad on asendatud 1999 aastal 2x plastraamiga klaaspaketiks.

Hoones on vanad terasplekk radiaatorid ilma termostaatventiilideta. Keldrikorrusel asub automaatne ja reguleerimisvõimalusega soojussõlm. Ventilatsioonisüsteem on loomulik. Lasteaed ehitatud 12-ks rühmaks (iga korpus mahutab kuus rühma) ning realselt on 12 rühmaruumi kasutuses. Lasteaias on köök laste toitlustamiseks ja igas rühmas on kuivatuskapp. Hoones üldiselt on arvutid, kuvarid, nõudepesumasinaid jms. Hoones on vanemad luminofoorlambid, milles on kaks 36W valgustoru.



Lasteaed nr 20

Kinnistul asub lasteaia tüüphoones nr 3 lasteaed 20. Hoone võeti kasutusele 1967. aastal (EHR andmetel). Hoone jaguneb kaheks: A ja B korpus. Hoone on oma põhiosas kahe korruseline, mille ühe osa all paikneb keldrikorrus ja teise osa all madal pinnasega keldriosa, mis ei ole kasutuses ja ei ole köetav. A ja B korpust ühendab esimesel korrusel koridor, mille all on tehnosüsteemide kanal.

Ehitise andmed:

Ehitisealune pind: 1 092 m²
Suletud netopind: 2 509,4 m²
Maht: 9 587 m³
Maapealsete korruste arv: 2
Maa-aluste korruste arv: 1
Energiamärgis (2013 a): C-klass
KEK: 141 kWh/(m²*a)
Erikasutus kokku: 136,88 kWh/(m²*a)
Soojus: 120,97 kWh/(m²*a)
Elekter: 15,91 kWh/(m²*a)
Kaugküte: 303570 kWh/a
Elekter: 39930 kWh/a



Olemasoleva hoonele energiamärgise koostas Soojusaudit OÜ. Arvutused tehtud 2010-2012 a tarbimisandmete alusel.

Tehniline osa:

Hoone katus on soojustatud villaga vähemalt 200 (võib-olla kuni 300) mm paksuse kihiga ning on paigaldatud bituumen rullmaterjalist katusekate. Hoone fassaadi kandevosa on silikaattellistest ja soojustatud 100 mm EPS-ga ning sokkel on monteeritavatest raudbetoon plokkides ja soojustatud 50 mm EPS-ga. Vundamendisein on soojustamata. Piirdetarindid soojustati 2007-2008 aastatel. Hoone kõik aknad on asendatud 2001 aastal 2x plastraamiga klaaspaketiks. Fassaadi soojustamisel ei ole aknad soojustuse tasapinda tõstetud.

Hoones on siiani vanad malmradiaatorid ilma termostaatventiilideta. Keldrikorrusel asub automaatne ja reguleerimisvõimalusega soojussõlm. Ventilatsioonisüsteem on loomulik ehk värske õhk tuleb sisse avatud akna kaudu ja välja läheb vent.šahtide lõõridest.

Lasteaed ehitatud 12-ks rühmaks (iga korpus mahutab kuus rühma) ning realselt on 12 rühmaruumi kasutuses. Lasteaias on köök laste toitlustamiseks ja igas rühmas on kuivatuskapp. Lasteaias on üks tööstuslik pesumasin, mis teenindab kõik rühmad. Rühmades pole televiisorid, arvutid ega muid seadmeid. Valgustid on vanad.



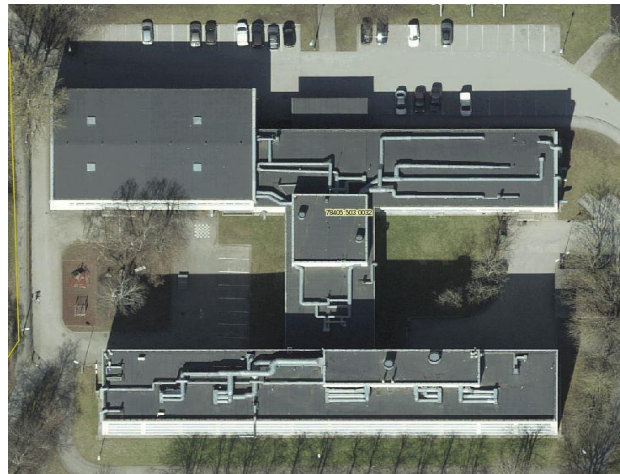
Kool nr 1

Kinnistul asub kooli tüüphoones 32. keskkool, hoone on H-kujuline. Hoone võeti kasutusele 1971. aastal (EHR andmetel). Hoone jaguneb kolmeks nn korpusteks: A, B ja C korpus. A-korpus on 2-korruseline, kus asub lisaks klassruumidele koolivõimla. B-korpus on 4-korruseline, kus asuvad klassiruumid ning C-korpus 2-korruseline, kus asuvad töötajate ruumid ning mis ühendab A ja B korpust. Samuti hoones on keldrikorrus. Hoonele teostati terviklik rekonstrueerimine 2008 aastal. Kõik tehnosüsteemid ja avatäited asendatud, uus siseviimistlus.

Ehitise andmed:

Ehitisealune pind: 2 837 m²
Suletud netopind: 7 932,5 m²
Maht: 32 477,5 m³
Maapealsete korruste arv: 4
Maa-aluste korruste arv: 1

Energiamärgis (2013 a): D-klass
KEK: 166 kWh/(m²*a)
Erikasutus kokku: 124,3 kWh/(m²*a)
Soojus: 83,77 kWh/(m²*a)
Elekter: 40,52 kWh/(m²*a)
Kaugküte: 664 543 kWh/a
Elekter: 321 452 kWh/a



Olemasoleva hoonele energiamärgise koostas Soojusaudit OÜ. Arvutused tehtud 2014-2016 a tarbimisandmete alusel.

Tehniline osa:

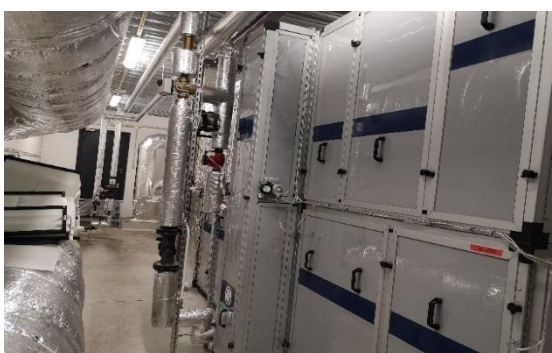
Hoone karkasspostid toetuvad vundamendikannudele, keldri välisseinad on gaasbetoonplokkidest, siseseinad silikaattelistest ning akende vahel betoonpostid. Hoone katus on soojustatud 210 mm paksuse villa kihiga ning on paigaldatud bituumen rullmaterjalist katusekate. Pikiseina fassaad on soojustatud 250 mm paksuse EPS-i kihiga. Otsaseinad on soojustatud 50 mm EPS-ga. Sokkel soojustatud 100 mm paksuse EPS-i kihiga. Hoone kõik aknad on asendatud rekonstrueerimise käigus 2x plastraamiga klaaspaketiks.

Hoones on asendatud kõik vanad malmradiaatorid uute plekkraadiaatoritega ning radiaatoritele paigaldatud termostaatpead. Keldrikorruusel asub automaatne ja reguleerimisvõimalusega soojussõlm.

Hoones on mehaaniline soojustagastusega ventilatsioonisüsteem (SP/VT). Ehitist teenindab 7 ventilatsiooniagregaati. Ventilatsioon töötab ökorežiimis ainult öisel ajal.



Hoones on lift, köök toitlustamiseks ja muud kontori/kooli elektriseadmed, nn tööõpetuse pingid, arvutid, projektorid jms. Hoones on luminofoorvalgustid.



Kool nr 2

Kinnistul asub kool tüüphoones, hoone on H-kujuline. Hoone võeti kasutusele 1970. aastal (EHR andmetel). Hoone jaguneb kolmeks nn korpusteks: A, B ja C korpus. A-korpus on 2-korruseline, kus asub lisaks klassruumidele ka 2 erisuurust koolivõimlat. B-korpus on 4-korruseline, kus asuvad klassiruumid ning C-korpus 2-korruseline, kus asuvad töötajate ruumid ning mis ühendab A ja B korpust. Samuti hoones on keldrikorrus. Hoonele teostati terviklik rekonstrueerimine koos laiendusega 2009 aastal. Rekonstrueerimisega jäeti alles ainult kandeskelett. Kõik tehnosüsteemid ja avatäited asendatud. Laiendusega püstitati uus võimla.

Ehitise andmed:

Ehitisealune pind: 2 700 m²

Suletud netopind: 6 780,1 m²

Maht: 31 204 m³

Maapealsete korruste arv: 4

Maa-aluste korruste arv: 1

Energiamärgis (2013 a): C-klass

KEK: 125 kWh/(m²*a)

Erikasutus kokku: 112,23 kWh/(m²*a)

Soojus: 89,96 kWh/(m²*a)

Elekter: 22,27 kWh/(m²*a)

Kaugküte: 609 937 kWh/a

Elekter: 250 970 kWh/a



Olemasoleva hoonele energiamärgise koostas Soojusaudit OÜ. Arvutused tehtud 2010-2012 a tarbimisandmete alusel.

Tehniline osa:

Hoone karkasspostid toetuvad vundamendikannudele, keldri välisseinad on gaasbetoonplokkidest, siseseinad silikaattelistest ning akende vahel betoonpostid. Hoone katus on soojustatud olemasoleva TEP-plaadi 150 mm ja villa 100 mm paksuse kihiga ning on paigaldatud bituumen rullmaterjalist katusekate. C-korpuse katus on soojustatud olemasoleva TEP-plaadiga 150 mm, EPS 70 mm ja villaga 30 mm paksuse kihiga. Pikiseina fassaad on soojustatud 250 mm EPS-ga ja akende vahelised postid 125 mm villaga. Otsaseinad on soojustatud 100 mm EPS-ga. Võimla välisseinad on SW-paneelidest ca 100 mm. Sokkel soojustatud EPS-i 100 mm paksuse kihiga, olenevalt asukohast. Saali põrand 50 mm EPS-ga. Võimla katused soojustatud 70 mm EPS-ga ja 100 mm villaga.

Hoone kõik aknad on asendatud rekonstrueerimise käigus 2x plastraamiga klaaspaketiks. Hoones on asendatud kõik vanad malmradiaatorid uute plekkradiaatoritega ning radiaatoritele paigaldatud termostaatpead. Keldrikorrusel asub automaatne ja reguleerimisvõimalusega soojussõlm.

Hoones on mehaaniline soojustagastusega ventilatsioonisüsteem (SP/VT). Ehitist teenindab 6 ventilatsiooniagregaati, lisaks on hiljem paigaldatud 4

konditsioneerimiseseadmed. Kuigi ventilatsioonisüsteemi tööaega ja režiimi on võimalik reguleerida, tegelikkuses tööpäeva lõpus lülitatakse agregaadid üldse välja. Samuti külmade ilmadega ja vaheajal ventilatsioon ei tööta üldse.

Hoones on lift, köök toitlustamiseks ja muud kontori/kooli elektriseadmed, nn tööõpetuse pingid, arvutid, projektorid jms. Hoones on luminofoorvalgustid.





Kool nr 3

Kinnistul asub kooli tüüphoone, hoone on H-kujuline. Hoone võeti kasutusele 1966 aastal (EHR andmetel). Hoone jaguneb kolmeks nn korpusteks: A, B ja C korpus. A-korpus on ühekorruseline, kus asub koolivõimla ja söökla. B-korpus on 4-korruseline, kus asuvad klassiruumid ja kabinetid. C-korpus 1-korruseline, kus asuvad töötajate kabinetid, kui ka muud õpperuumid ning mis ühendab A ja B korpust. Samuti hoones on keldrikorrus. Hoonele teostati terviklik rekonstrueerimine 2013 aastal. Kõik tehnosüsteemid ja avatäited asendatud, uus siseviimistlus.

Ehitise andmed:

Ehitisealune pind: 2 873,3 m²

Suletud netopind: 4 169 m²

Maht: 18 033,8 m³

Maapealsete korruste arv: 3

Maa-aluste korruste arv: 1

Energiamärgis (2016 a): D-klass

KEK: 168 kWh/(m²*a)

Erikasutus kokku: 139,14 kWh/(m²*a)

Soojus: 112,19 kWh/(m²*a)

Elekter: 26,95 kWh/(m²*a)



Kaugküte: 467 730 kWh/a

Elekter: 112 355 kWh/a

Olemasoleva hoonele energiamärgise koostas Soojusaudit OÜ. Arvutused tehtud 2013-2015 a tarbimisandmete alusel.

Tehniline osa:

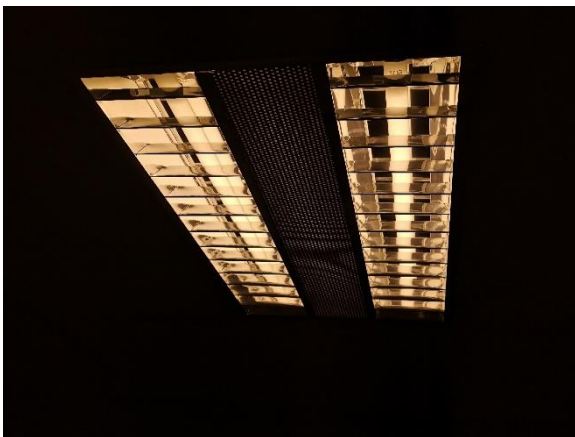
Hoone katus on soojustatud 200 mm paksuse villa kihiga ning on paigaldatud bituumen rullmaterjalist katusekate. Pikiseina fassaad on soojustatud 150 mm EPS-ga ja akende vahelised postid 150 mm villaga. Sokkel soojustatud 100 mm paksuse EPS-i kihiga.

Hoone kõik aknad on asendatud rekonstrueerimise käigus 3x plastraamiga klaaspaketiks. Hoones on asendatud kõik vanad malmradiaatorid uute plekkradiaatoritega ning radiaatoritele paigaldatud termostaatpead. Keldrikorrusel asub automaatne ja reguleerimisvõimalusega soojussõlm.

Hoones on mehaaniline soojustagastusega ventilatsioonisüsteem (SP/VT). Ehitist teenindab 4 ventilatsiooniagregaati. Kuidas töötab ventilatsioonisüsteem ei ole teada. Samuti on 3 konditsioneerimiseaded.

Hoones on lift, 2 kööki tootlustamiseks, soolakamber, laadimisboks, UPS ja muud kontori/kooli elektriseadmed, nn tööõpetuse pingid, ahjud, arvutid, projektorid jms. Hoones on luminofoorvalgustid T5.





Kool nr 5

Kinnistul asub kooli tüüppoone, hoone on H-kujuline. Hoone võeti kasutusele 1969. aastal (EHR andmetel). Hoone jaguneb kolmeks nn korpusteks: A, B ja C korpus. A-korpus on kahe korruseline, kus asub lisaks klassruumidele ka koolivõimla. B-korpus on nelja korruseline, kus asuvad klassiruumid ning C-korpus kahe korruseline, kus asuvad töötajate ruumid ning mis ühendab A ja B korpust. Samuti hoones on keldrikorrus. Hoonele teostati terviklik rekonstrueerimine 2007 aastal. Rekonstrueerimisega jäeti alles ainult kandeskelett. Kõik avatäited asendatud, tehnosüsteemid asendatud.

Ehitise andmed:

Ehitisealune pind: 3 287 m²
Suletud netopind: 6709,3 m²
Maht: 25 552 m³
Maapealsete korruste arv: 4
Maa-aluste korruste arv: 1

Energiamärgis (2013 a): C-klass
KEK: 123 kWh/(m²*a)
Erikasutus kokku: 102,26 kWh/(m²*a)
Soojus: 74,29 kWh/(m²*a)
Elekter: 27,97 kWh/(m²*a)
Kaugküte: 492 400 kWh/a
Elekter: 185 400 kWh/a



Olemasoleva hoonele energiamärgise koostas Soojusaudit OÜ. Arvutused tehtud 2010-2012 a tarbimisandmete alusel.

Tehniline osa:

Hoone karkasspostid toetuvad vundamendikannudele, keldri välisseinad on gaasbetoonplokkidest, siseseinad silikaattellistest ning akende vahel betoonpostid. Hoone katus on soojustatud 200 mm EPS-i ja 30 mm paksuse villa kihiga ning on paigaldatud bituumen rullmaterjalist katusekate. Fassaadid on soojustatud 150 mm villaga ja akende vahelised postid 125 mm villaga, kokku 275 mm soojustust, sokkel soojustatud EPS-i 300 mm paksuse kihiga. Fassaadi soojustamisel aknad on tõstetud soojustuse tasapinda.

Hoone kõik aknad on asendatud rekonstrueerimise käigus 2x plastraamiga klaaspaketiks.

Hoones on asendatud kõik vanad malmradiaatorid uute plekkadiaatoritega ning radiaatoritele paigaldatud termostaatpead. Keldrikorrusel asub automaatne ja reguleerimisvõimalusega soojussõlm. Hoones on mehaaniline soojustagastusega ventilatsioonisüsteem (SP/VT). Ehitist teenindab 5 ventilatsiooniagregaati, lisaks on hiljem paigaldatud 3 konditsioneerimiseseaded, mis jahutavad arhiivi, serveriruumi ja direktori kabinetit. Ventilatsioonisüsteemi tööaeg on ajaliselt määratud ehk öösel, nädalavahetusel ja vaheajal töötab ökorežiimis.

Hoones on lift, köök toitlustamiseks ja muud kontori/kooli elektriseadmed, nn tööõpetuse pingid, arvutid, projektorid jms. Hoones on luminofoorvalgustid ning üldkasutatavates ruumides töötab valgustus ajalise graafiku alusel.



Kool nr 12

Kinnistul asub kooli tüüphoone, hoone on H-kujuline. Hoone võeti kasutusele 1980 aastal (EHR andmetel). Hoone jaguneb kolmeks nn korpusteks: A, B ja C korpus. A-korpus on 2-korruseline, kus asub lisaks klassruumidele koolivõimla ja bassein. B-korpus on 4-korruseline, kus asuvad klassiruumid ning C-korpus 2-korruseline, kus asuvad töötajate ruumid ning mis ühendab A ja B korpust. Samuti hoones on keldrikorrus. Hoonele teostati terviklik rekonstrueerimine 2008 aastal. Kõik tehnosüsteemid ja avatäited asendatud, uus siseviimistlus.

Ehitise andmed:

Ehitisealune pind: 2 640 m²
Suletud netopind: 8 133,6 m²
Maht: 35 987 m³
Maapealsete korruste arv: 4
Maa-aluste korruste arv: 1

Energiamärgis (2013 a): F-klass
KEK: 281 kWh/(m²*a)
Erikasutus kokku: 220,2 kWh/(m²*a)
Soojus: 160,03 kWh/(m²*a)
Elekter: 60,18 kWh/(m²*a)
Kaugküte: 1 241 467 kWh/a
Elekter: 466 826 kWh/a



Olemasoleva hoonele energiamärgise koostas Soojusaudit OÜ. Arvutused tehtud 2014-2016 a tarbimisandmete alusel.

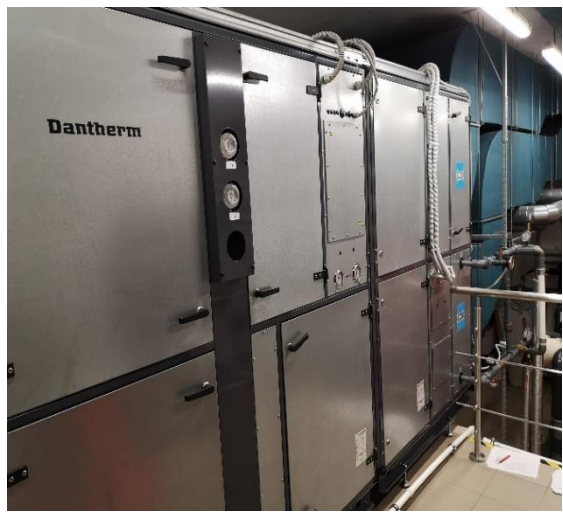
Tehniline osa:

Hoone karkasspostid toetuvad vundamendikannudele, keldri välisseinad on gaasbetoonplokkidest, siseseinad silikaattelistest ning akende vahel betoonpostid. Hoone katus on soojustatud 210 mm paksuse villa kihiga ning on paigaldatud bituumen rullmaterjalist katusekate. Pikiseina fassaad on soojustatud 200 mm villaga ja aknavahelised postid 150 mm EPS. Sokkel soojustatud 150 mm paksuse EPS-i kihiga. Hoone kõik aknad on asendatud rekonstrueerimise käigus 2x plastraamiga klaaspaketiks. Hoones on asendatud kõik vanad malmradiaatorid uute plekkradiaatoritega ning radiaatoritele paigaldatud termostaatpead. Keldrikorrusel asub automaatne ja reguleerimisvõimalusega soojussõlm.

Hoones on mehaaniline soojustagastusega ventilatsioonisüsteem (SP/VT). Ehitist teenindab 7 ventilatsiooniagregaati. Lisaks basseini teenindab konditsioneerimisseadmed ja veepuhastamise seadmed.

Hoones on lift, köök tootlustamiseks ja muud kontori/kooli elektriseadmed, nn tööõpetuse pingid, arvutid, projektorid jms. Hoones on luminofoorvalgustid.





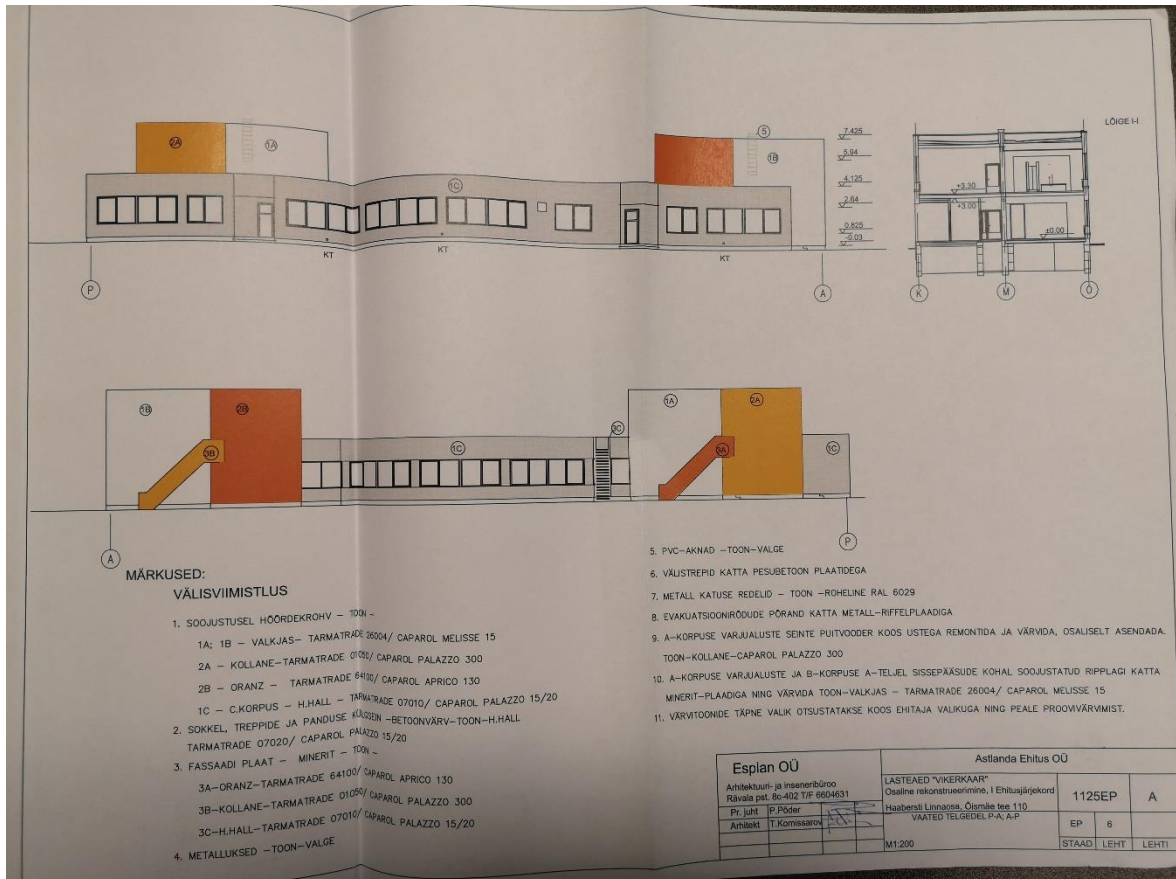
Lisa 3 Rekonstrueeritud lasteaia fotod

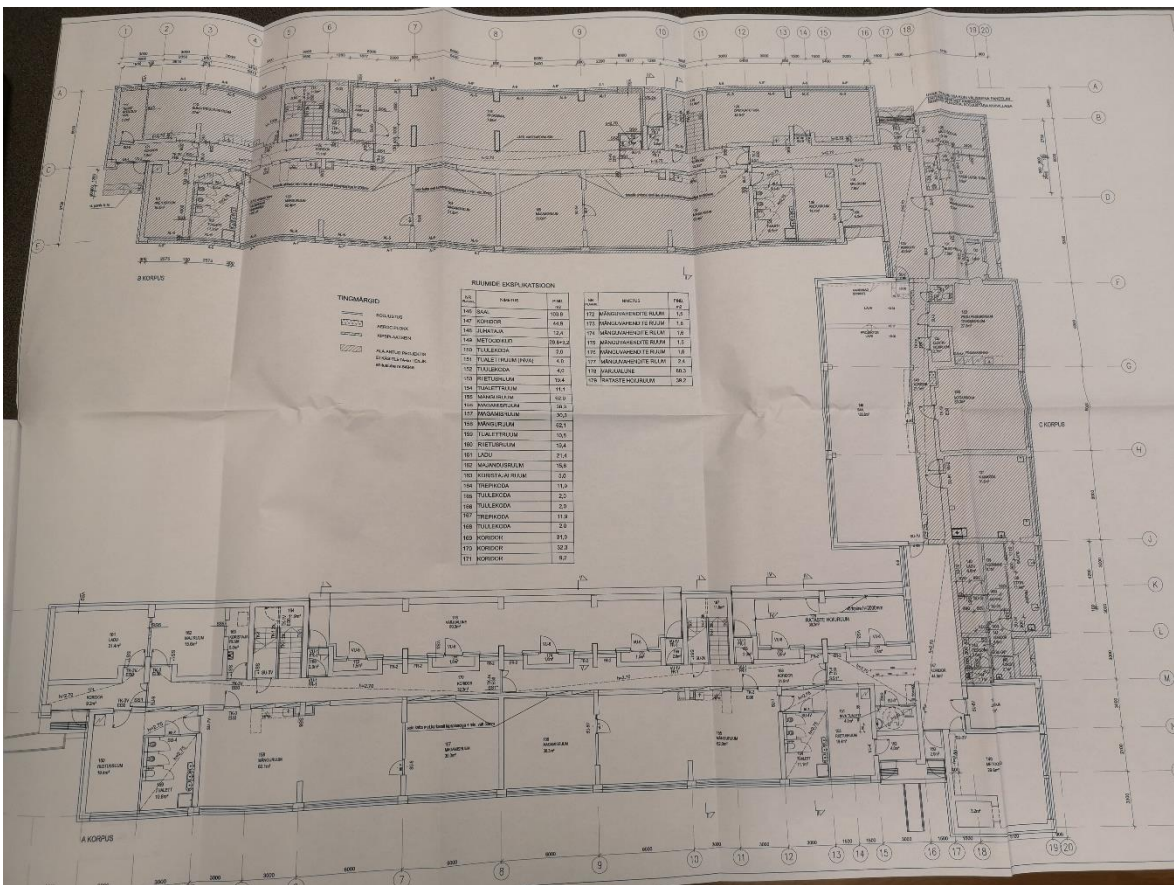
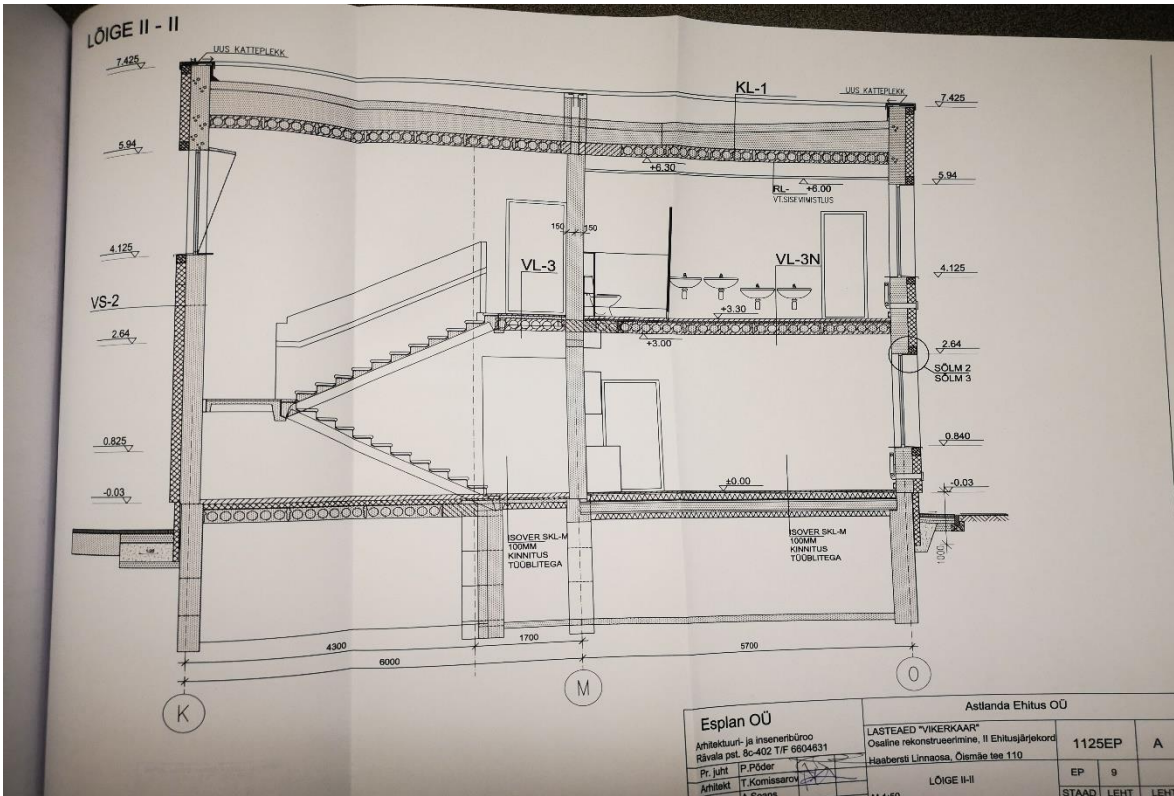






Lisa 4 Rekonstrueeritud lasteaia projekt





Töö nr 1125EP
Töö nimetus:
Hoone aadress:
Tellija:
Projekteerija:

Eelprojekt
„Vikerkaare Lasteaia rekonstrueerimine“
Õismäe tee 110, 13513 Tallinn, Harjumaa
Astlanda Ehitus OÜ
OÜ Esplan

43 / 72

06.01.2012

200 mm gaasbetoonplokid mahukaaluga 500 kg/m³, soojaerijuhtivusega $\lambda=0,22$ W/mK),
koos täiendava soojustusega (EPS –plaat 150 mm + min.vill 30 mm) $u=0,12$ W/m²K
I korruse põrand tehnilise keldri kohal rühmaruumides $u=0,29$ W/m²K.

6.1.7 Heliisolatsioon

Piirdekonstruktsioonide nõutavad õhumüra isolatsiooniindeksid R' W:

grupi- ja magamisruumi vahel – 48 dB (soovitus 52 dB)

grupi- ja magamisruumi ning koridori vahel – 48 dB

grupi- ja magamisruumi ning üldkasutatavate ruumide vahel, kui grupi- ja magamisruumi
seinas on uks – 34 dB

grupi-, magamisruumi ning võimla vahel – 55dB.

Nõutav taandatud löögimürataseme indeks L'n,w

grupiruumist, magamisruumist teise grupi- ja magamisruumi L'hw ≤ 63 (soovit.58)dB

üldkasutatavast ruumist grupi- ja magamisruumi L'nw ≤ 58dB

6.2 Hoone konstruktsioonid

6.2.1 Lammutatavad konstruktsioonid:

- ümberehitusega kinniehitatud B-korpuse terrasside välisseinad;
- gaasbetoonplokkidest mittekanvad siseseinad B-korpuse I korrusel;
- B-korpuse kinniehitatud terrasside pinnasele toetuvad põrandad koos betoonalusega;
- välised evakuatsioonitrepid koos platvormidega;
- kipsplaatidest vaheseinad B- ja C- korpuses;
- põrandad pinnasel ja vahelagedel;
- katuse bituumenrullmaterjalist kate;
- parapettide katteplekk;
- tellistest ventilatsioonikorstnad katusel

Lammutustööde läbiviimist käesolev projekt ei käsitle. Lammutustööde kohta on koostatud omaette lammutustööde projekt.

6.2.2 Kandekonstruktsioonid

Hoone olemasolevad kandekonstruktsioonid (seinad, postid, trepid, vahelaed) säilitatakse ,
kinniehitatavad avad paneelseintes suletakse kergbetoonplokkidest müüritisega.

6.2.3 Välisseinad

Olemasolevad põlevkivituhk-gaasbetoonist seinapaneelid säilitatakse.

Kinniehitatavate terrasside uued välisseinad I korrusel on kergbetoonplokkidest (FIBO või AEROC) paksusega 300 ja 200 mm, mis soojustatakse väljastpoolt EPS-plaatidega (150 mm), aknaavade ümber 100 mm laiuselt krohvialuste kivivillplaatidega. Välisvalgustuse kaablid kaetakse krohvialuste kivivillplaatidega.

Välisviimistluseks on mineraalne õhekrohv.

Täiendavalt on ette nähtud soojustada analoogselt ka olemasolevad gaasbetoonpaneelidest välisseinad ja sokliosia.

6.2.4 Katuselagi

Olemasolev õõnespaneelidest katuslae kandekonstruktsioon säilib, samuti gaasbetoonplokkidest soojustus (200 mm). Olemasolev bituumenrullmaterjalist katusekate eemaldatakse koos ülespörete ja parapeti katteplekkidega. Paigaldatakse täiendav soojustus – 150 mm EPS-plaadid + 30 mm tuulutussoontega kõva mineraalvilla plaadid. Vajalik kalle antakse kaldu lõigatud EPS-plaatidega. Katusekatteks on 2-kihiline SBS-rullmaterjalist kate. Kate ja täiendav soojustus kinnitatakse teleskooptüüblitega.

Katuslae tuulutus toimub läbi parapeti ja tuulutite.

6.2.5 Evakuatsioonitrepid ja rõdud

Väliste amortiseerunud treppide asemele on ette nähtud uued trepid koos rõduga. Treppide kandetalad on terasprofiilidest U-200, millele kinnitatakse standardsed restastmed ja platvormid. Sissepääsude kohal kaetakse platvormid rihvelplekiga.

Astmed, platvormi restid ja katteplekk on tsiingitud, muud teraskonstruktsioonid krunditakse ja värvitakse ilmastikukindla korrosioonitõkke värviga.

6.2.6 Vaheseinad

Mittekandvad uued ehitatavad vaheseinad on kipskartongplaatidest metallkarkassil, osaliselt ka columbiaplokkidest. Columbiaplokkidest vaheseinad armeeritakse iga 3-plokirea järgi sarrusvõrkudega.

Lisa 5 Rekonstrueeritud kooli fotod







Lisa 6 Hoonete maksumuste eelarved

TAOTLUSEELARVE KOOL, NÄIDE 1

Pos	Teostatavad tööd	hind
1	VÄLISRAJATISED	
11	Ettevalmistus ja lammutus	287 000,00
12	Hoonevälised ehitised	231 000,00
13	Välisvõrgud	193 500,00
14	Kaeved maa-alal	10 000,00
15	Maa-ala pinnakatted	176 400,00
16	Ehitised maa-alal	823 800,00
17	Hoonealune süvend	30 000,00
2	ALUSED JA VUNDAMENDID	
22	Vundamendid	83 400,00
23	Aluspõrandad	66 900,00
24	Tugevdustarindid	27 700,00
3	KANDESTARINDID	
31	Metalltarindid	57 000,00
32	Eritarindid	219 300,00
33	Kandvad seinad	740 500,00
34	Vahe- ja katuslaed	104 100,00
35	Trepielemendid	22 500,00
4	FASSAADIELEMENDID JA KATUSED	
41	Klaasfassaadid, vitriinid ja eriaknad	200 000,00
42	Aknad	166 000,00
43	Välisüksed ja väravad	29 600,00
44	Piirded ja käiguteed	34 600,00
45	Katusetarindid	271 200,00
5	RUUMITARINDID JA PINNAKATTED	
51	Vaheseinad	277 200,00
52	Siseüksed	538 400,00
53	Siseseinte pinnakatted	427 300,00
54	Lagede pinnakatted	560 500,00
55	Põrandad ja põrandakatted	974 000,00
6	SISUSTUS, INVENTAR, SEADMED	
61	Sisustus ja mööbel	979 000,00
62	Inventar	52 400,00
63	Töste- ja teisaldusseadmed	44 000,00
7	TEHNOSÜSTEEMID	
71	Veevarustus ja kanalisatsioon	409 500,00
72	Küte, ventilatsioon ja jahutus	1 001 800,00
73	Tuletõrjevareustus	9 200,00
74	Tugevoolupaigaldis	418 000,00
75	Nõrkvoolupaigaldis ja automaatika	179 600,00
90	MUUD TÖÖD	0,00
	MAKSUMUS KOKKU (km-ta)	9 645 400,00

KOOL, NÄIDE 2		Kõik kokku
Kood	Nimetus	5
0	PROJEKTEERIMINE	60 000,00 €
00	Tööprojektide koostamine	60 000,00 €
1	VÄLISRAJATISED	945 630,28 €
11	Ettevalmistus ja lammutus	60 700,00 €
12	Hoonevälised ehitised	121 563,16 €
13	Välisvõrgud	232 277,50 €
14	Kaeved maa-alal	19 250,88 €
15	Maa-ala pinnakatted	408 247,60 €
16	Väikeehitised maa-alal	58 010,00 €
17	Hoonealune süvend	45 581,14 €
2	ALUSED JA VUNDAMENDID	225 024,87 €
22	Vundamendid	77 234,77 €
23	Aluspõrandad	107 790,10 €
24	Vaiad ja tugevdustarindid	40 000,00 €
29	Muud tööd	0,00 €
3	KANDESTARINDID	1 050 580,47 €
31	Metalltarindid	108 710,72 €
32	Kandvad seinad	699 479,90 €
33	Vahe- ja katuslaed	170 396,85 €
34	Trepielemendid	71 993,00 €
4	FASSAADIELEMENDID JA KATUSED	781 502,95 €
41	Klaasfassaadid, vitriinid ja eriaknad	165 957,50 €
42	Aknad	326 927,50 €
43	Välisüksed ja väravad	16 101,25 €
47	Piirded ja käiguteed	53 865,50 €
48	Katusetarindid	218 651,20 €
5	RUUMITARINDID JA PINNAKATTED	2 095 988,82 €
51	Vaheseinad	402 882,48 €
52	Siseüksed	237 781,50 €
53	Siseseinte pinnakatted	333 007,10 €
54	Lagede pinnakatted	319 396,64 €
56	Põrandad ja põrandakatted	769 921,10 €
57	Eriruumide pinnakatted	33 000,00 €
6	SISUSTUS, INVENTAR, SEADMED	1 908 290,00 €
61	Sisustus ja mööbel	1 479 190,00 €
62	Inventar	133 400,00 €
63	Seadmed ja masinad	28 000,00 €
64	Eriseadmete komplektid	219 200,00 €
65	Jaotus- ja erivaheseinad	7 500,00 €
66	Töste- ja teisaldusseadmed	41 000,00 €
7	TEHNOSÜSTEEMID	2 420 332,00 €
71	Veevarustus ja kanalisatsioon	410 584,00 €
72	Küte, ventilatsioon ja jahutus	929 924,00 €
73	Tuletõrjevarustus	39 200,00 €
74	Tugevoolupaigaldis	615 000,00 €
75	Nõrkvoolupaigaldis ja automaatika	425 624,00 €
8	EHITUSPLATSI ÜLD- JA KORRALDUSKULUD	280 000,00 €
	EHITUSMAKSUMUS KOKKU :	9 767 349,39 €
	KÄIBEMAKS 20 % :	1 953 469,88 €
	Kokku:	11 720 819,27 €

LASTEAED, NÄIDE 3		
Pos	Teostatavad tööd	hind
00	Tööprojektide koostamine	100 000,00 €
1	VÄLISRAJATISED	634 031,34 €
11	Ettevalmistus ja lammutus	130 975,00 €
12	Hoonevälised ehitised	51 622,94 €
13	Välisvõrgud	129 752,00 €
14	Kaeved maa-alal	28 967,00 €
15	Maa-ala pinnakatted	136 544,80 €
16	Väikeehitised maa-alal	121 768,90 €
17	Hoonealune süvend	34 400,70 €
2	ALUSED JA VUNDAMENDID	146 673,00 €
21	Vaiad ja tugevdustarindid	5 000,00 €
22	Rostvärgid ja taldmikud	120 053,00 €
23	Aluspõrandad	16 620,00 €
24	Muud tööd	5 000,00 €
3	KANDESTARINDID	605 901,30 €
31	Metalltarindid	25 384,00 €
32	Kandvad seinad	387 759,20 €
33	Vahe- ja katuslaed	188 190,10 €
34	Trepielemendid	4 568,00 €
4	FASSAADIELEMENDID JA KATUSED	555 344,96 €
41	Klaasfassaadid, vitriinid ja eriaknad	43 934,00 €
42	Aknad	197 735,20 €
43	Välisüksed ja väravad	52 785,00 €
44	Rõdud ja terrassid	55 004,20 €
45	Piirded ja käiguteed	42 785,50 €
46	Katusetarindid	163 101,06 €
5	RUUMITARINDID JA PINNAKATTED	686 230,83 €
51	Vaheseinad	114 775,00 €
52	Siseüksed	175 695,63 €
53	Siseseinte pinnakatted	109 483,85 €
54	Lagede pinnakatted	139 569,26 €
55	Põrandad ja põrandakatted	140 737,10 €
56	Eiruumide pinnakatted	5 970,00 €
6	SISUSTUS, INVENTAR, SEADMED	25 998,00 €
61	Sisustus ja mööbel	6 298,00 €
62	Tõste- ja teisaldusseadmed	19 700,00 €
7	TEHNOSÜSTEEMID	815 882,92 €
71	Veevarustus ja kanalisatsioon	122 593,92 €
72	Küte, ventilatsioon ja jahutus	332 000,00 €
73	Tuletõrjevarustus	1 020,00 €
74	Tugevoolupaigaldis	199 869,00 €
75	Nõrkvoolupaigaldis ja automaatika	160 400,00 €
8	EHITUSPLATSI ÜLD- JA KORRALDUSKULUD	327 000,00 €
KOKKU		3 897 062,35

LASTEAE, NÄIDE 4		Kõik kokku
1	VÄLISRAJATISED	536 709,32 €
11	Ettevalmistus ja lammutus	139 599,00 €
12	Hoonealune süvend	31 554,15 €
14	Hoonevälised ehitised	29 376,31 €
15	Välisvõrgud	147 370,00 €
16	Kaeved maa-alal	9 600,00 €
17	Maa-ala pinnakatted	137 241,86 €
18	Väikeehitised maa-alal	41 968,00 €
2	ALUSED JA VUNDAMENDID	143 361,52 €
22	Vundamendid	84 656,32 €
23	Aluspõrandad	47 705,20 €
27	Eritarindid	11 000,00 €
3	KANDE TARINDID	438 599,87 €
31	Metalltarindid	82 642,10 €
32	Kandvad seinad	326 112,65 €
33	Vahe- ja katuslaed	21 052,72 €
34	Trepielemendid	8 792,40 €
4	FASSAADIELEMENDID JA KATUSED	222 520,87 €
41	Klaasfassaadid, vitriinid ja eriaknad	7 650,00 €
42	Aknad	48 784,32 €
43	Välisuksed ja väravad	18 138,00 €
46	Rõdud ja terrassid	18 000,00 €
47	Piirded ja käiguteed	10 595,00 €
48	Katusetarindid	119 353,55 €
5	RUUMITARINDID JA PINNAKATTED	361 218,30 €
51	Vaheseinad	72 609,40 €
52	Siseuksed	70 983,85 €
53	Siseseinte pinnakatted	68 989,50 €
54	Lagede pinnakatted	41 847,70 €
55	Treppide pinnakatted	1 344,00 €
56	Põrandad ja põrandakatted	105 443,85 €
6	SISUSTUS, INVENTAR, SEADMED	518 380,00 €
61	Sisustus ja mööbel	458 880,00 €
62	Inventar	9 000,00 €
66	Tõste- ja teisaldusseadmed	50 500,00 €
7	TEHNOSÜSTEEMID	817 298,00 €
71	Veevarustus ja kanalisatsioon	86 473,00 €
72	Küte, ventilatsioon ja jahutus	407 145,00 €
73	Tuletõrjearustus	1 700,00 €
74	Tugevoolupaigaldis	140 990,00 €
75	Nõrkvoolupaigaldis ja automaatika	180 990,00 €
8	EHITUSPLATSI ÜLD- JA KORRALDUSKULUD, ETTEVÕTTE ÜLDKULUD	300 000,00 €
	MAKSUMUS KOKKU :	3 338 087,87 €
	KÄIBEMAKS 20 % :	667 617,57 €
	EHITUSMAKSUMUS KOOS KÄIBEMAKSUGA 20% :	4 005 705,45 €

Lisa 7 Rekonstrueeritud lasteaia energiaarvutuste tulemused (KEK)

1. Normaalaastale taandatud mõõdetud soojuse kulu küttele

Aasta	Kulu (MWh/a)	Arvutus
2017	341,09	341,09
2018	443,48	443,48
2019	394,63	394,63

2. Kolme aasta keskmine hoone aastane normaalaastale taandatud energia kulud

	Kulu (MWh/a)	Arvutus
Küte	393,07	393,07
Soe tarbevesi	24,47	24,47
Elekter	81,60	81,60

3. Kaalumisteguriga läbi korrutatud soojuse kulu

	Kulu (MWh/a)	Kaalumistegur	Kulu (MWh/a)	Vana kaalumistegur		Vahe	
				353,76	0,9		
Küte	393,07	0,65	255,50				MWh/a
Soe tarbevesi	24,47	0,65	15,91				
Elekter	81,6	2	163,20	22,02		6,12	MWh/a

4. Kolme aasta keskmine hoone aastane kaalutud energiakasutus

Kulu (MWh/a)	Arvutus	Vana kaalumisteguriga	Vahe
434,61	434,61	538,99	104,38

5. Hoone aastane kaalutud energiaerikasutus

Kulu (kWh/m2a)	Arvutus	Vana kaalumisteguriga	Vahe	
160	160,41	198,94	38,53	(kWh/m2a)

6. Kaalumistegurita arvutatud hoone aastane energiaerikasutus

Kulu (kWh/m2a)	Arvutus
184	184,23

Lisa 8 Mõõteperioodi väliskliima andmed

Riigi ilmateenistus					
Ilmajaam	Õhutemperatuur, C			Suhteline niiskus, %	
	keskmine	max	min	keskmine	max
Tallinn-Harku					
14.11.2019	9,5	11,9	5,9	92	74
15.11.2019	3,1	6	-0,5	96	87
16.11.2019	3,3	4,2	1,5	96	93
17.11.2019	6,6	9,2	3,7	93	81
18.11.2019	5,5	7,3	2,7	98	92
19.11.2019	6,5	7,4	5,4	92	88
20.11.2019	5	5,7	4,1	95	91
21.11.2019	3,9	5,1	2,1	82	71
22.11.2019	0,7	4,4	-1,9	76	72
23.11.2019	-1,4	-0,5	-2,7	61	53
24.11.2019	-3,6	-1,5	-5	72	67
25.11.2019	-4	-1,6	-6,4	82	70
26.11.2019	-2,1	-1,4	-3	92	80
27.11.2019	-0,2	1	-1,6	100	99
28.11.2019	1,5	2,8	0,7	99	97
29.11.2019	3,3	4,3	0,8	99	96
30.11.2019	0	2,4	-3,3	75	64
01.12.2019	1	3,6	-2,1	65	56
02.12.2019	0,8	2,8	-1,3	77	66
03.12.2019	1,3	3,1	-1,6	69	64
04.12.2019	4,3	8	-1,9	93	81
05.12.2019	5,7	7	4,9	88	80
Keskmine	2,3			86	

Lisa 9 Mõõdetud sisekliima 2018 a H-kujulises lasteaia tüüphoones

Sisekliima mõõtmiseks oli kasutatud Evikoni loger, mis mõõdab CO₂, suhtelist niiskust ja ruumi õhutemperatuuri. Loger oli paigaldatud umbes 0,3 m kauguselt sisesienast. Logeri paigaldamisel oli CO₂ näit umbes 600 ppm, suhtelist niiskust 50% ja õhutemperatuur oli 22 °C.

Siseõhu CO₂ sisalduse kumulatiivse graafiku järgi on näha, et klassiruumi nr 214 kasutuseaegse perioodil on 20% ajast CO₂ sisaldus kuni 1200 ppm, mis on normi piires ning 80% ajast ületas CO₂ sisaldus märgatavalt. Suhtelise niiskuse näitajad olid 80% ajast normis ning üle 60% ületas ainult 20% kogu kasutuse ajast. Ruumi õhutemperatuur oli kogu kasutuse ajast 21-23 kraadi, mis on normi piires.

