TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
EHITUSE JA ARHITEKTUURI INSTITUUT

LIGINULLENERGIA ELUHOONED

SUVISE RUUMITEMPERATUURI KONTROLLARVUTUSE JUHEND

TALLINN
2018

Euroopa Liit
Ühtekuuluvusfond

Eesti
tuleviku heaks

KREDEX

EESSÕNA

Käesolev juhend käsitleb metoodikaid liginullenergia eluhoonete suvise ruumitemperatuuri kontrollarvutuste teostamiseks ja pakub lahendusi ülekuumenemise vältimiseks hoonetes. Juhendi kavandamisel on lähtutud Eesti Vabariigi Valitsuse Majandus- ja taristuministri määrustest nr 55 'Hoone energiatõhususe miinimumnõuded' ja nr 58 'Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika'.

Juhendi eesmärk on anda selgitusi ja tuua näiteid kriitiliste tüüpruumide valikuks, hoone ja selle ruumide simulatsioonimudelite koostamiseks ning oluliste parameetrite välja toomiseks , nendega arvestamiseks ja sisestamiseks IDA-ICE simulatsioonitarkvara näitel.

Juhend on koostatud SA Kredex tellimusel ja Euroopa Liidu Ühtekuuluvusfondi finantseerimisel.

Juhend on valminud ühe osana KredEx-i Liginullenergia eluhoonete projektist. Projekti töös on osalenud tellijatena Kalle Kuusk KredEx-st ja Margus Tali MKM-st. Näidisprojektid ja juhendmaterjalid on valminud TTÜ Ehituse ja arhitektuuri instituudi liginullenergiahoonete uurimisrühma ning projektis osalenud ehitusettevõtete, arendajate, majatehaste, arhitektide ja eriosade projekteerijate koostöös. Ettevõtetest osalesid projekti töös Andres Jakobi ja Roman Metsaluik, YIT Ehitus, Madis Nurm ja Tiit Kuusik, Merko Ehitus, Raivo Külaots, Matek, Ivar Mardim ja Madis Lobjakas, Timbeco Ehitus, Aivar Villemson, AAKV/LAAM, Heiki Õitspuu, Energiamaja, Velle Kadalipp, Arhitektuuribüroo JVR, Kaspar Kruuse ja Anton Andres, KAMP Arhitektid, Tõnu Laigu, QP Arhitektid ja Teet Tark, Hevac. TTÜ-st osalesid Francesco de Luca, Toivo Varjas, Jarek Kurnitski, Endrik Arumägi, Raimo Simson, Targo Kalamees, Hendrik Voll, Anti Hamburg, Paul Klõšeiko, Laur Vatsfeld, Sander Jakunin ja Henri Sarevet.

Sisukord

EESSÕNA **2**

1 MÕISTED JA MÄÄRATLUSED **4**

2 SISSEJUHATUS **5**

2.1 HOONETE ÜLEKUUMENEMINE 5
2.2 ÜLEKUUMENEMISE VÄLTIMINE 5

3 RUUMITEMPERATUURI SIMULATSIOONI JUHISED **7**

3.1 ÜLDIST 7
3.1.1 Suvise ruumitemperatuuri nõue ja erandid *7*
3.1.2 Nõuded tarkvarale *8*
3.2 KRIITILISTE RUUMIDE VALIK 9
3.3 LÄHTEANDMED 10
3.3.1 Hoone asukoht ja orientatsioon *10*
3.3.2 Väliskliima *10*
3.3.3 Hoone tüüpiline kasutus ja ruumisisesed vabasoojused *11*
3.3.4 Piirdetarindid *13*
3.3.5 Külmasillad *13*
3.3.6 Avatäited *14*
3.3.7 Varjestuselemendid *16*
3.3.8 Infiltratsioon *17*
3.3.9 Ventilatsioon ja akna kaudu tuulutus *19*
3.3.10 Lähteandmete esitamine *20*
3.4 RUUMIPÕHINE MEETOD (AKENDE AVAMISEGA) 20
3.4.1 Akna kaudu tuulutusega arvestamine *21*
3.5 KORTERIPÕHINE MEETOD (AKENDE AVAMISETA) 22
3.6 TULEMUSTE ANALÜÜS JA ESITAMINE 23
3.6.1 Kraadtundide arvutuspõhimõte *23*
3.6.2 Tulemuste esitamine *24*

4 ARVUTUSNÄITED **25**

4.1 RUUMIPÕHINE MEETOD 25
4.1.1 Tulemuste esitamine *30*
4.2 KORTERIPÕHINE MEETOD 33
4.2.1 Tulemuste esitamine *33*

1 MÕISTED JA MÄÄRATLUSED

1) **Piirtemperatuur** – ruumitemperatuuri väärtus millest kõrgemad väärtused loetakse ülekuumenemise osaks;
2) **Ülekuumenemiseks** elamutes loetakse ruumi tunnikeskmise temperatuuri ületamist piirtemperatuuri 27°C arvutusperioodi vältel 1. juuni – 31. august enam kui 150°Ch võrra;
3) **WWR** – (ingl kl. *Window-to-Wall Ratio*)akende osakaal fassaadi (sein+avatäited) pindalast;
4) **OA** – (ingl. kl. *Opeanble Area*) avatavate akende osakaal kogu akna pindalast;
5) **WFR** – (ingl kl. *Wall-to-Floor Ratio*) akende pindala suhe põranda pindalasse;
6) **Vabasoojus** – hoonesse sisenev päikesekiirgus, inimeste, valgustuse ja seadmete ning tehnosüsteemide soojuskaod;
7) **Seadmed** – tehnosüsteemide koosseisu mittekuuluvad lõppkasutaja seadmed, näiteks kodumasin, elektroonika, kontoriseadmed;
8) **Kasutusprofiil** – ruumi kasutusaste valgustuse, seadme ja inimese soojuseralduse suhtena nende maksimaalsesse soojuseraldusse;
9) **Tüüpiline kasutus** – hoone tavapärane kasutus energiatõhususe miinimumnõuetele vastavuse tõendamisel. Tüüpilise kasutuse kindlaksmääramisel võetakse arvesse hoone kasutamise otstarve, välis- ja sisekliima, hoone ja tehnosüsteemide kasutusaeg ning vabasoojus;
10) **Õhulekkearv** – hoone välispiirde õhupidavust iseloomustav näitaja, mis on määratud õhulekketestiga 50 paskali (Pa) rõhkude erinevusel. Hoone keskmine õhulekkearv [$m^3/(h \cdot m^2)$] antakse välispiirde ruutmeetri kohta. Välispiirde pindala arvutatakse piirde sisemõõtude põhjal;
11) **Energiaarvutuse baasaasta** – sisekliima- ja energiaarvutuseks koostatud väliskliima andmete kogum, mis põhineb üle-eestilistel kliimaandmetel ajavahemikus 1970–2000 ja on koostatud vastavalt Eesti standardile EVS-EN ISO 15927–4:2005 või vastab samalaadsetele nõuetele;
12) **Tuulutusasend** – osaliselt avatud tarindi fikseerimine ruumi õhutamiseks. Fikseerimine tuulutusasendis toimub selleks otstarbeks tarindi valmistaja poolt tarindi külge kinnitatud spetsiaalse furnituuri või muu tehnilise tootega.

2 SISSEJUHATUS

2.1 HOONETE ÜLEKUUMENEMINE

Liginullenergiahooned on reeglina õhutihedate ja madala soojusläbivusega välispiiretega, mistõttu on ruumide suurte klaaspindade puhul ruumide ülekuumenemine tõusnud üha sagemini esinevaks probleemiks. Liigkõrged sisetemperatuurid esinevad üldjuhul suvel, kuid paljudel juhtudel juba ka kütteperioodil. Traditsioonilised jahutussüsteemid on nii paigalduse kui ka ekspluatatsiooni osas kulukad ning raskendavad energiatõhususe nõuete täitmist, seega on tarvilik projekteerida hoone selliselt, et need üle ei kuumeneks, kasutades eelkõige passiivseid meetmeid.

Peamiseks ülekuumenemise põhjuseks on liigne päikesekiirguse sattumine hoonesse läbi klaasitud avatäidete. Arhitektuurse lahenduse kavandamisel on äärmiselt oluline leida optimaalsed parameetrid klaaspindadele, sh klaaspindade suurused, klaaspakettide omadused ja/või varjestuslahendused, et oleks tagatud piisav päevavalguse ligipääs ning välditud liigne temperatuuritõus.

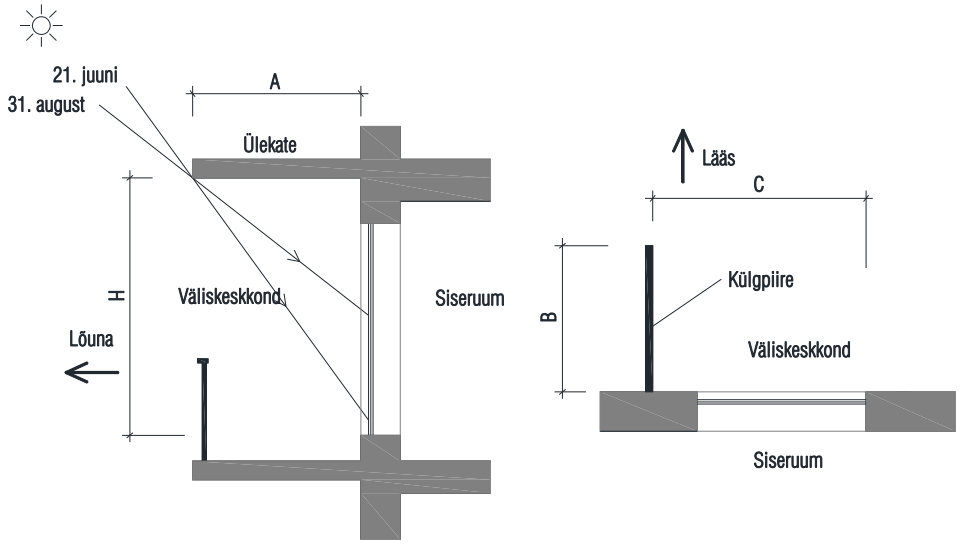
2.2 ÜLEKUUMENEMISE VÄLTIMINE

Ruumide ülekuumenemise vältimiseks tuleb aktiivsele jahutussüsteemile eelistada passiivseid, st arhitektuurseid ja ehituslike lahendusi ning öist jahutust ventilatsiooniga.

Liigset päikesekiirgust on võimalik blokeerida nt erinevate varjestuslahendustega:

- Lõuna ja lääne suunal:
  - välised ribakardinad (Joonis 2.1)
  - välised markiisid (Joonis 2.1)
- Lõuna suunal:
  - konstruktsiooniline ülekate / rõdu, (A/H > 0.7, Joonis 2.2, vasakul)
- Lääne suunal:
  - konstruktsiooniline külgnev piire / rõdu (B/C > 0.7, Joonis 2.2, paremal)

Joonis 2.1. Välise varjestuse näiteid (www.sunorek.ee, www.sundecor.ee, www.avaeksperdid.ee, www.veepisar.ee)



Joonis 2.2. Konstruktsioonilised varjestuslahendused: lõuna suunal (vasak) ja lääne suunal (parem)

Suurte klaaspindade korral võivad probleemseks osutuda ka teistesse ilmakaartesse orienteeritud ruumid, millede ülekuumienemise vältimiseks võib olla vajalik eeltoodud lahenduste rakendamine.

Väikeelamute ja oluliselt rekonstrueeritava korterelamute korral kagu (135 kraadi) ja lääne (270 kraadi) ilmakaarte vahele jäävate akende osas võib lähtuda järgmistest tingimustest:
1) elu- ja magamistubade aknad pindalaga üle 1 ruutmeetri on avatavad tuulutusasendisse või muul moel osaliselt avatavad, nii et avatava akna tuulutusasendi aktiivpindala osakaal kogu akna pindalas on vähemalt 10 protsenti;
2) akende pindala osakaal fassaadi pindalas on väiksem kui 40 protsenti;
3) akende osakaal fassaadi pindalas ja klaaspaketi päikesefaktori korrutise väärtus on väiksem kui 0,2 ja;
4) akende pindala suhe vaadeldava ruumi põranda pindalasse on väiksem kui 0,15.

Eluruumide akende klaaspakettide päikeseläbivustegurit (g) ei ole soovitatav valida alla 0,4, et kasutada vabasoojust päikesest ruumide küttevajaduse vähendamiseks ning et oleks tagatud piisav loomulik valguse juurdepääs.

Näiteks magamistuba, mille põrandapindala on 12m^2 (3 m x 4 m), tagab nii lääne kui lõuna poole suunatud aknaga suvise ruumitemperatuuri nõude, kui akna pindala on < 1.8 m^2 (välisseina mõõtmed 3m x 2,7m) ja on kasutatud varjestamata kirgaste klaasidega klaaspaketti.

3 RUUMITEMPERATUURI SIMULATSIOONI JUHISED

3.1 ÜLDIST

Käesolev peatükk annab ülevaate suvise ruumitemperatuuri kontrollarvutuse teostamiseks vajalikest lähteandmetest, nende valikust ning juhiseid arvutuse läbiviimiseks kahel meetodil: ruumipõhine ja korteripõhine meetod.

Ruumipõhise meetodi korral modelleeritakse hoone eluruumidest kriitilised tüüpruumid, sh iga ruum ühe tsoonina ja avasid (uksi) tsoonide vahel ei arvestata, kui modelleeritakse rohkem kui üks ruum korraga.

Korteripõhise meetodi korral modelleeritakse kriitilised korterid mitme tsooni mudelina, kus iga ruum on defineeritud eraldi tsoonina, kuid ühendatud avatud uste kaudu.

Lisaks tsonaalsusele eristab kahte varianti akende kaudu tuulutamisega arvestamine: ruumipõhise lähenemise korral võetakse **akende kaudu tuulutus** arvesse, korteripõhise meetodi korral akende kaudu tuulutamist ei arvestata.

Arvutusmetoodika valik on vabatahtlik ja selle otsustab üldjuhul arvutusi teostav energiatõhususe spetsialist. Valiku aluseks võivad osutuda nt kasutatava arvutustarkvara piirangud (nt ei ole võimalik arvestada akende kaudu tuulutamist), hoone asukoht (müra, vandalism), arhitektuursed iseärasused, ruumide erinõuded. Näiteks juhul, kui akende avamine mingil muul põhjusel ei ole võimalik (välisõhu saastatus, õietolmu levik), teostatakse hoonele korteripõhine arvutus.

3.1.1 Suvise ruumitemperatuuri nõue ja erandid

Eluhoonete suvise ruumitemperatuuri nõue loetakse täidetuks, kui ruumitemperatuur ei ületa piirtemperatuuri **27°C** rohkem kui **150 °Ch** (kraadtundi) ajavahemikul 1. juunist 31. augustini.
Ruumitemperatuuri tunnipõhised väärtused leitakse **hoone dünaamilise simulatsiooni teel spetsiaalse arvutustarkvara abil**.

Väikeelamu ja oluliselt rekonstrueeritava korterelamu suvist ruumitemperatuuri ei pea tõendama simulatsioonarvutusega, kui kagu (135 kraadi) ja lääne (270 kraadi) ilmakaarte vahele jäävad aknad vastavad samaaegsel järgmistele tingimustele:
1) elu- ja magamistubade aknad pindalaga üle 1 ruutmeetri on avatavad tuulutusasendisse või muul moel osaliselt avatavad, nii et avatava akna tuulutusasendi aktiivpindala osakaal kogu akna pindalas on vähemalt 10 protsenti;
2) akende pindala osakaal fassaadi pindalas on väiksem kui 40 protsenti;
3) akende osakaal fassaadi pindalas ja klaaspaketi päikesefaktori korrutise väärtus on väiksem kui 0,2 ja;
4) akende pindala suhe vaadeldava ruumi põranda pindalasse on väiksem kui 0,15.

Tõendamaks, et ülekuumenemine on projekteeritavas korterelamus välditud, on kohustuslik teha teostada suvise ruumitemperatuuri kontrollarvutus tüüpruumidele (vt pt 3.4) või -korteritele (vt pt

3.5). Selleks valitakse välja vähemalt kaks tüüpset eluruumi (ruumipõhine arvutusmeetod) – üks magamistuba ja üks elutuba – või kriitilised korterid (korteripõhine arvutusmeetod), millele teostatakse dünaamilise simulatsioonitarkvara abil suveperioodile tunnipõhine ruumitemperatuuri arvutus vastavalt EV määrusele „Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika“. Vastavalt määrusele on võimalik eluhoonete analüüsil arvestada avatavate akende kaudu tuulutusega (vt pt 3.4).

Juhul, kui selgub, et suvise ruumitemperatuuri nõuet projekteeritud lahendustega ei ole võimalik saavutada, on vaja näha ette täiendavad passiivsed meetmed või jahutussüsteemi paigaldus. Viimasel juhul ei ole vaja suvise ruumitemperatuuri nõude täitmise kontrollimiseks täiendavat arvutust teha ning hoone energiaarvutus peab hõlmama ruumide jahutuse netoenergiavajaduse ja jahutussüsteemi energiakasutuse arvutust.

3.1.2 Nõuded tarkvarale

Ruumitemperatuuri kontrollarvutus teostatakse tarkvaraga, mis võimaldab:
1) hoone soojuslevi dünaamilist arvutust;
2) kliimaprotsessori kasutust, millesse on võimalik lugeda Eesti energiaarvutuse baasaasta selle originaaldetailsusega ja mis arvutab tundide lõikes päikesekiirguse pindadele ja varju jäävad alad;
3) tõelist ruumitemperatuuri kasutamist arvutuses;
4) sisestada lähteandmeid vastavalt hoone energiatõhususe arvutamise metoodikale.

Arvutustarkvara peab olema kas valideeritud vastavalt asjakohasele standardile või metoodikale või selle valideerimiseks peab olema tehtud võrdlusarvutus vastavalt Euroopa (EVS-EN), ISO, ASHRAE ja CIBSE standardile ning kasutatud IEA BESTEST metoodikat või nendega samaväärset üldtunnustatud standardit või metoodikat.

Ruumipõhise arvutusmetoodika rakendamiseks peab tarkvaralahendus võimaldama simuleerida tunnipõhiselt sise- ja väliskeskkonna temperatuuride erinevusest tingitud õhuvahetust avatavate akende kaudu.

Määrusejärgset **ruumipõhist** arvutust on võimalik teostada näiteks järgnevate tarkvaralahendustega:

- IDA-ICE Standard või Expert versioon (Equa Solutions AB)
- IES-VE (Integrated Environmental Solutions Ltd)
- EnergyPlus (National Renewable Energy Laboratory)

Määrusejärgset **korteripõhist** arvutust on võimalik teostada näiteks järgnevate tarkvaralahendustega:

- IDA-ICE Expert (Equa Solutions AB)
- IES-VE (Integrated Environmental Solutions Ltd)
- EnergyPlus (National Renewable Energy Laboratory)
- Riuska (Granlund OY)
- DesignBuilder (DesignBuilder Software Ltd)
- eQUEST

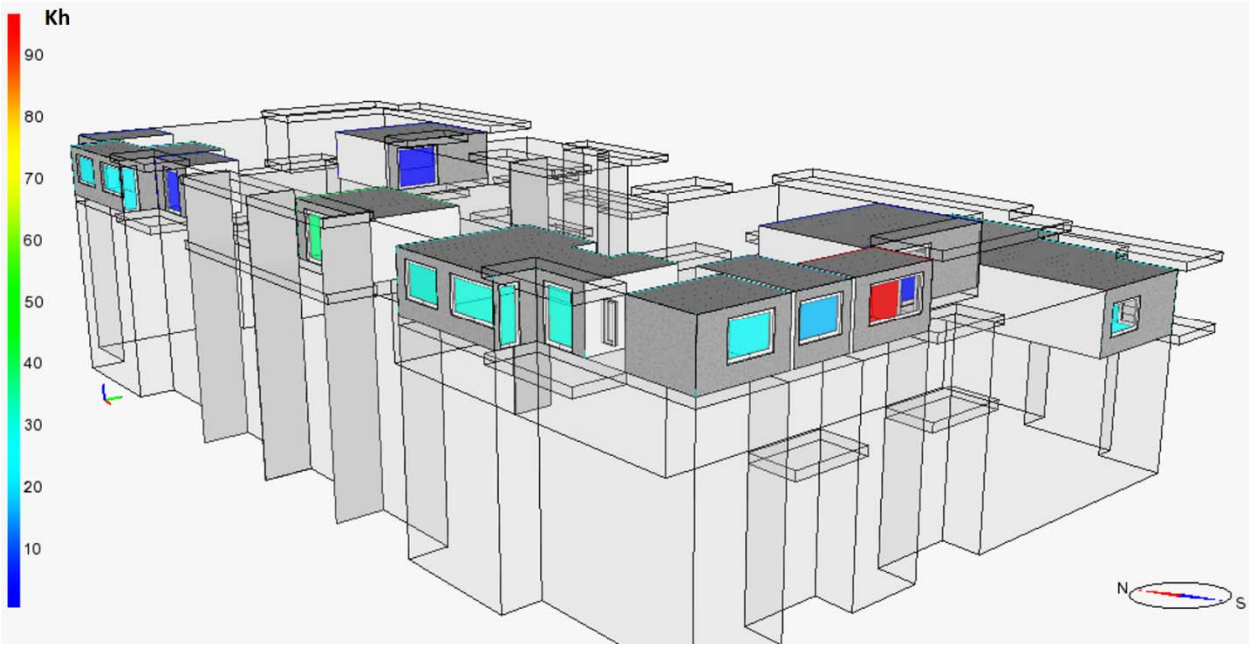
3.2 KRIITILISTE RUUMIDE VALIK

Suvise ruumitemperatuuri kontroll tehakse ruumidele, kus on kõige rohkem vabasoojust, ehk kriitilistele ruumidele, milledel on suurim risk üle kuumeneda. Valiku, milliseid ruume kontrollida, teeb üldjuhul energiatõhususe spetsialist koostöös arhitektiga, ning vajadusel teostatakse projektis muudatused ülekuumenemise vältimiseks.

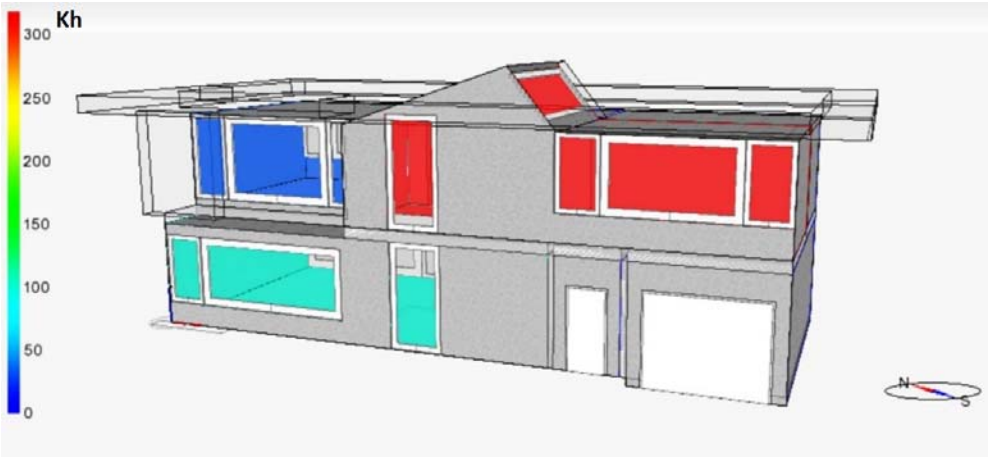
Simulatsioonarvutuseks kriitiliste ruumide valikul võib lähtuda järgnevast:

- Ruumi välisseina klaasitud avatäited:
  - suured varjestamata klaaspinnad, st aknad, rõdu uksed;
  - klaaspindadel on ebapiisav päikesekaitse või väline varjestus.
- Ruumi orientatsioon:
  - ruumi välispiirded on orienteeritud läände, lõunasse või itta (asimuudiga vahemikus 135°...270°).
- Korteri paiknemine:
  - korteri ruumid asuvad ühel fassaadil, st puudub võimalus läbi korteri tuulutamiseks;
  - korter paikneb hoone viimasel korrusel, st päiksekiirguse tõttu soojenevad katusekonstruktsioonid, mis omakorda mõjutavad katusealuseid ruume;
  - puduvad varjestavad ümberkaudsed objektid, st naaberhooned, kõrghaljastus.
- Hoone/korteri asukoht:
  - hoone/korteri asukoha tõttu ei ole võimalik teatud korterites aknaid ööpäevaringselt tuulutusasendis hoida, nt mürarikkad piirkonnad, turvakaalutlustel esimeste korruste korterid jne.

Kriitilisi kortereid ja ruume võib hoones olla mitmeid, seega on enamus juhtudel vajalik kontrollida rohkem kui ühte korterit ja rohkem kui kahte tüüpruumi (Joonis 3.1 ja Joonis 3.2).



Joonis 3.1. Kriitiliste ruumide valiku näited: korterelamu.



Joonis 3.2. Kriitiliste ruumide valiku näited: eramu.

3.3 LÄHTEANDMED

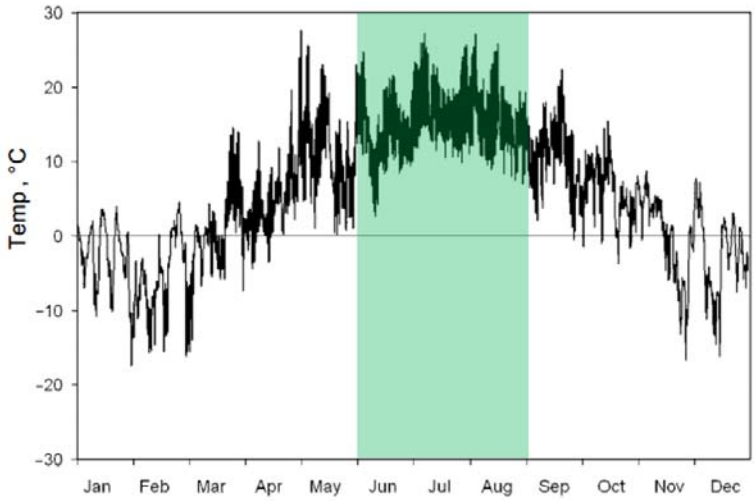
3.3.1 Hoone asukoht ja orientatsioon

Suvise ruumitemperatuuri kontrollarvutustes kasutatakse olenemata hoone asukohast samasid lähteandmeid.

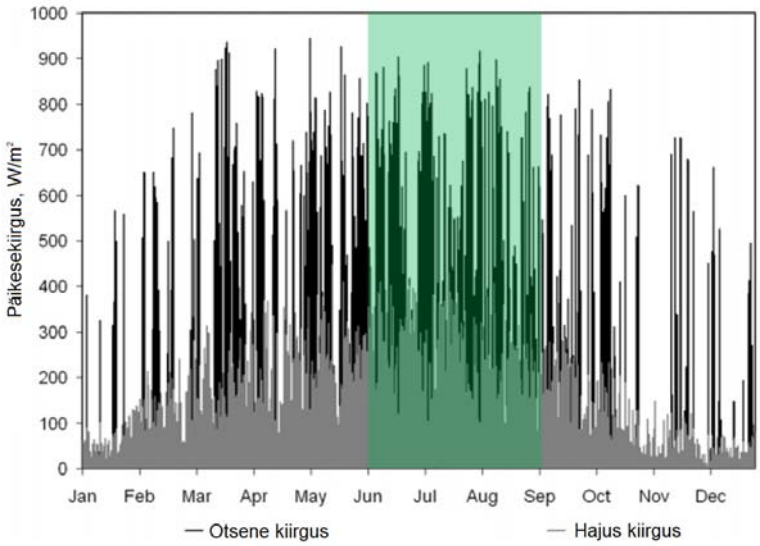
Hoone orientatsioon simulatsioonimudelis valitakse vastavalt ehitusprojekti andmetele (arhitektuur ehituslik projekt, asendiplaan). Simulatsioonimudelis arvestatakse ka ümbritsevate objektidega, mis mõjutavad oluliselt ülekuumenemist.

3.3.2 Väliskliima

Simulatsioonarvutustes kasutatakse olenemata hoone asukohast Eesti energiaarvutuste baasaastat (TRY) (Kalamees and Kurnitski, 2006). TRY sisaldab tunnikeskmisi väärtusi välisõhu temperatuuri, suhtelisele niiskuse, tuule ning päikesekiirguse kohta [Baasaastat on võimalik alla laadida http://www.ekvy.ee/attachments/article/24/EstoniaTRY-8784.xls].
Lubatud ei ole kasutada teisi kliimaandmeid, nt Ashrae IWEC, EnergyPlus Weather Data vms.



Joonis 3.3. Välisõhu temperatuur, Eesti energiaarvutuste testaasta (TRY) (Kalamees and Kurnitski, 2006). Eluhoonete suvise ruumitemperatuuri kontrollarvutustes kasutatakse vahemikku 1. juuni kuni 31. august.



Joonis 3.4. Otsene ja hajuskiirgus, Eesti energiaarvutuste baasaasta (TRY) (Kalamees and Kurnitski, 2006). Eluhoonete suvise ruumitemperatuuri kontrollarvutustes kasutatakse vahemikku 1. juuni kuni 31. august.

3.3.3 Hoone tüüpiline kasutus ja ruumisisesed vabasoojused

Arvutused teostatakse hoone tüüpilisele kasutusele, st vastavalt hoone kasutamise otstarbele hoone ja tehnosüsteemide kasutusajale, seadeväärtustele ning vabasoojuskoormustele. Elamute tüüpiline kasutus olenevalt hoone tüübist ja sellele vastav suurim soojuseraldus köetava pinna ruutmeetri kohta on esitatud Tabel 1.

Tabel 1. Eluhoonete tüüpiline kasutus ja sellele vastav suurim soojuseraldus köetava pinna ruutmeetri kohta.

Hoone kasutus-otstarve	Kasutusaeg			Kasutus-aste	Valgustus W/m²	Seadmed W/m²	Inimesed		
	kellaaeg	h/24h	p/7p				W/m²	m²/in	in/m²
Väikeelamu <120 m²	00:00–00:00	24	7	0,6	8	3	3	28,3	0,0353
Väikeelamu 120 - 220 m² ja ridaelamu	00:00–00:00	24	7	0,6	8	2,4	2	42,5	0,0235
Väikeelamu >220 m²	00:00–00:00	24	7	0,6	8	2	1,4	60,0	0,0167
Korterelamu	00:00–00:00	24	7	0,6	8	3	3	28,3	0,0353

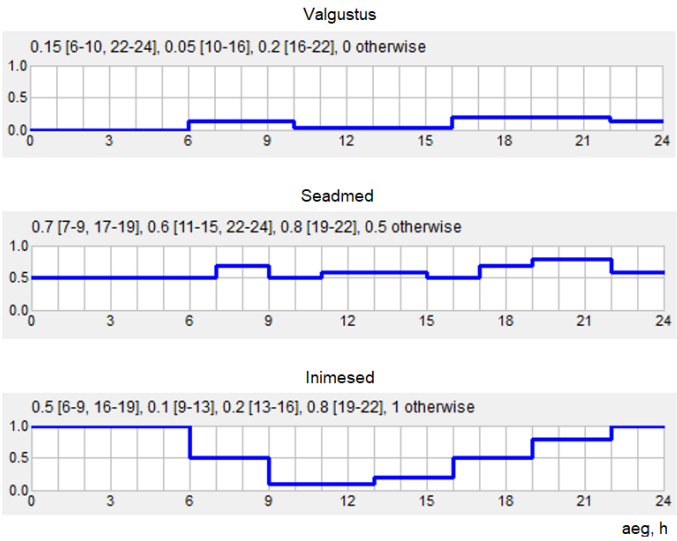
Ühe inimese kogusoojuseraldusena arvestatakse 125 W, millest ilmne soojus moodustab 85 W. See vastab 1,2 soojuseraldusühikule (met). Riietuse soojustakistusena arvestatakse suvel 0,6 clo.

Eluhoonete simulatsioonarvutustes ei ole lubatud kasutada määrusejärgsetest väärtustest väiksemaid vabasoojuse soojuseralduste väärtuseid.

Olenemata ruumi tüübist, kasutatakse tüüpilise kasutuse detailseid tunnipõhiseid valgustuse, seadmete ja elanike kasutusastmeid (Tabel 2).

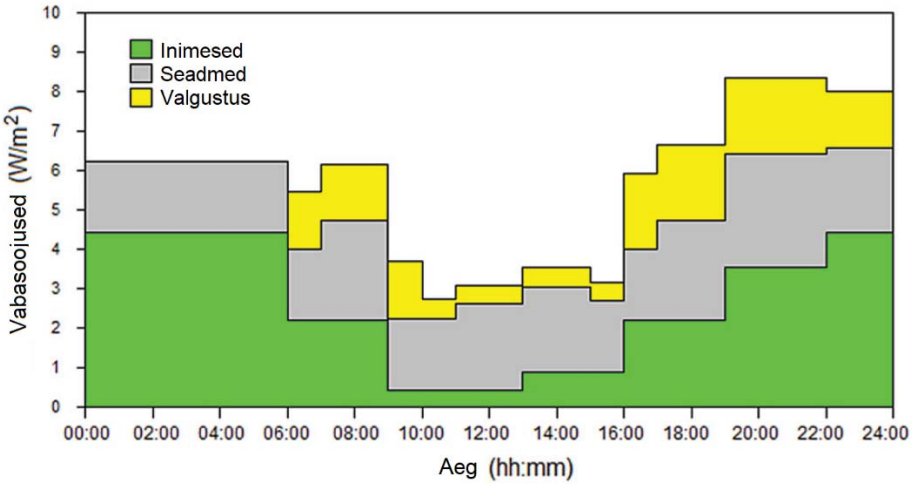
Tabel 2. Kasutusastmed ja kasutusprofiilid simulatsioonarvutuste jaoks

Kellaaeg	Elamu valgustuse kasutus-profiil	Elamu seadmete kasutus-profiil	Elanike kasutus-profiil
00:00–01:00	0	0,5	1
01:00–02:00	0	0,5	1
02:00–03:00	0	0,5	1
03:00–04:00	0	0,5	1
04:00–05:00	0	0,5	1
05:00–06:00	0	0,5	1
06:00–07:00	0,15	0,5	0,5
07:00–08:00	0,15	0,7	0,5
08:00–09:00	0,15	0,7	0,5
09:00–10:00	0,15	0,5	0,1
10:00–11:00	0,05	0,5	0,1
11:00–12:00	0,05	0,6	0,1
12:00–13:00	0,05	0,6	0,1
13:00–14:00	0,05	0,6	0,2
14:00–15:00	0,05	0,6	0,2
15:00–16:00	0,05	0,5	0,2
16:00–17:00	0,2	0,5	0,5
17:00–18:00	0,2	0,7	0,5
18:00–19:00	0,2	0,7	0,5
19:00–20:00	0,2	0,8	0,8
20:00–21:00	0,2	0,8	0,8
21:00–22:00	0,2	0,8	0,8
22:00–23:00	0,15	0,6	1
23:00–24:00	0,15	0,6	1



Joonis 3.5. Elamu valgustuse, seadmete ja inimeste kasutusprofiilid IDA-ICE tarkvaras.

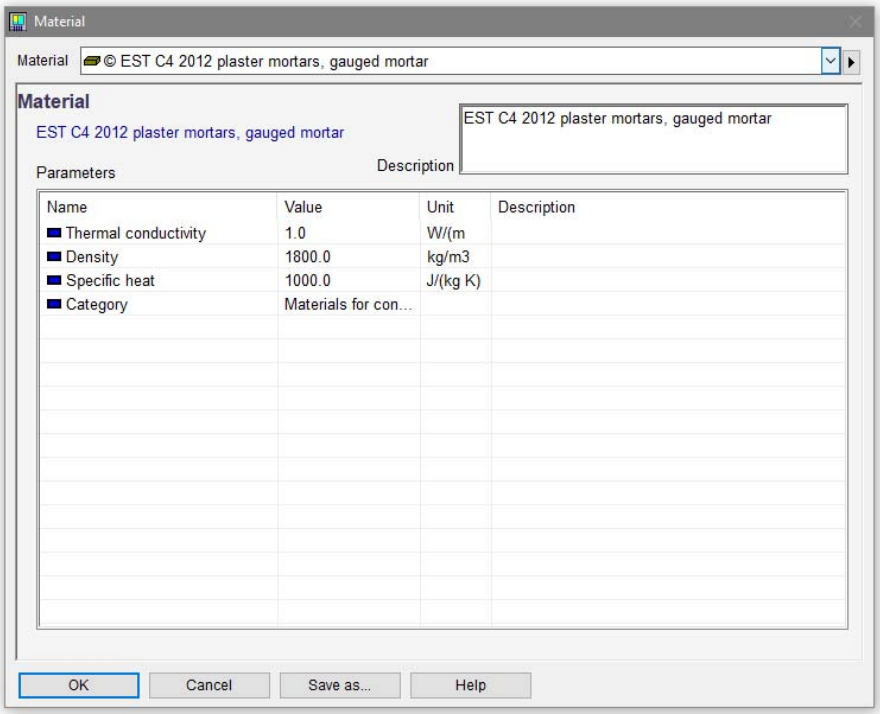
Konkreetse tunni keskmise vabasoojuskoormuse saamiseks korrutatakse suurimad soojuseraldused (inimestest, seadmetest ja valgustusest) vastava tunni kasutusastme koefitsiendiga ja summeeritakse. Korterelamu vabasoojuskoormus tunnipõhiselt on toodud järgneval graafikul (Joonis 3.6).



Joonis 3.6. Simulatsioonarvutustes kasutatavad korterelamu tüüpilise kasutuse tunnikeskmised vabasoojuskoormused.

3.3.4 Piirdetarindid

Piirdetarindid, so välissseinad, siseseinad, põrandad, katused, vahelaed jms modelleerimisel võetakse arvesse tarindi iga kihi soojusmahtuvus, tihedus ja erisoojus arvestamaks tarindi soojuslikku inertsi ja soojusläbivust (Joonis 3.7).

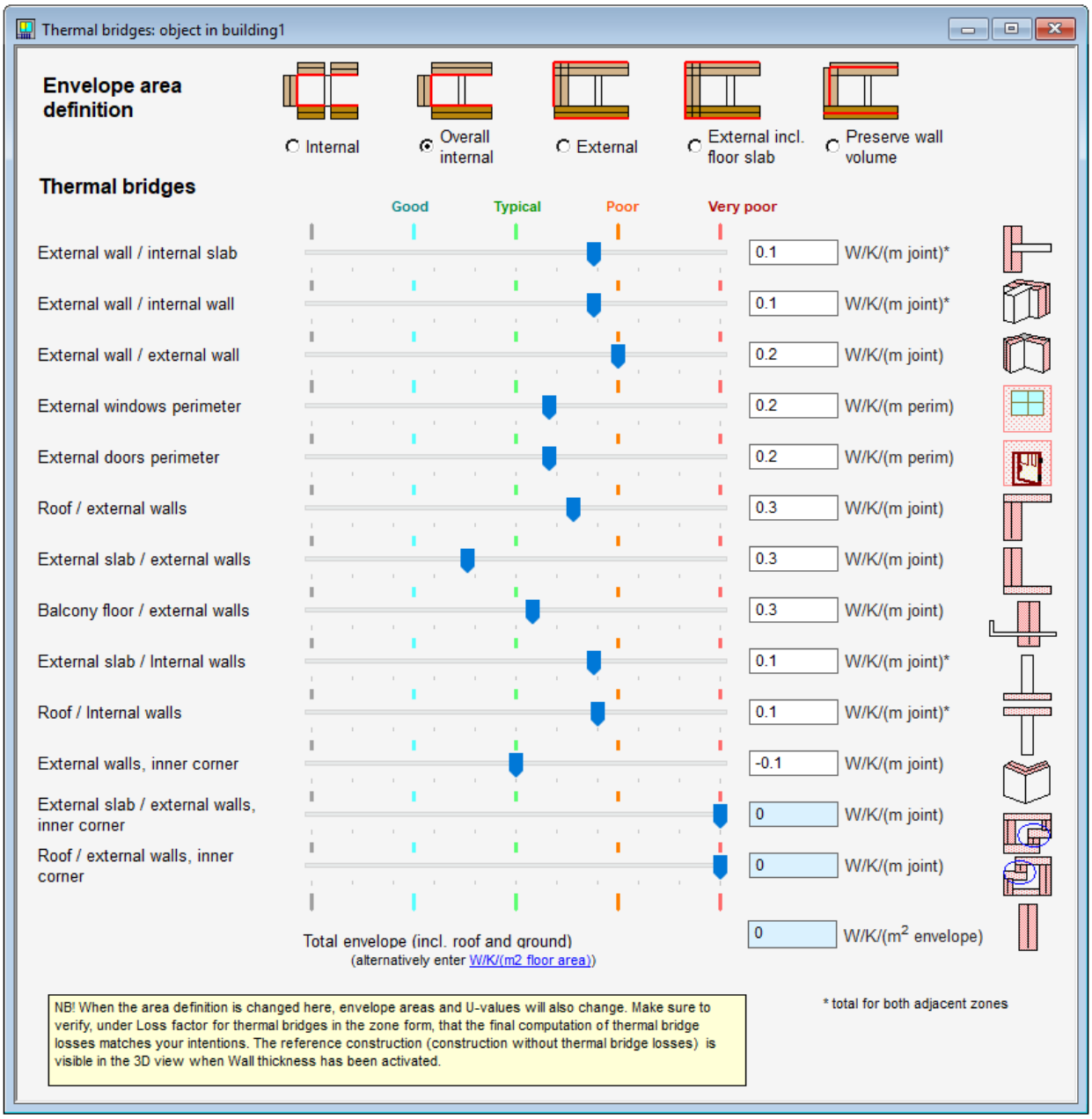


Joonis 3.7. Ehitusmaterjali defineerimine IDA-ICE tarkvaras – sisestatakse soojuserijuhtivus (Thermal conductivity), tihedus (Density) ja erisoojusmahtuvus (Specific heat).

3.3.5 Külmasillad

Külmasildade soojusläbivuse väärtustena kasutatakse üldjuhul vastavalt konstruktsiooni liitekohtadele teostatud arvutuste järgseid väärtusi. Täpsemate andmete puudumisel võib arvutamisel kasutada

määruses nr 58 toodud väärtusi. IDA-ICE tarkvaras külmasildade defineerimine on näidatud järgneval joonisel (Joonis 3.8).



Joonis 3.8. külmasildade defineerimine IDA-ICE tarkvaras – juhul kui külmasildade arvutusi ei ole teostatud võib **elamute** puhul kasutada määruses toodud väärtusi.

3.3.6 Avatäited

Avatäidetest on läbipaistvatel pindadel (eelkõige akendel) olulisim roll suvise ruumitemperatuuri arvutustes, kuna suurem osa vabasoojusest tuleneb päikesekiirgusest. Seega tuleb akende, klaasfassaadide, klaasitud uste jms klaaspakettide andmed võimalikult detailselt määratleda ning modelleerida.

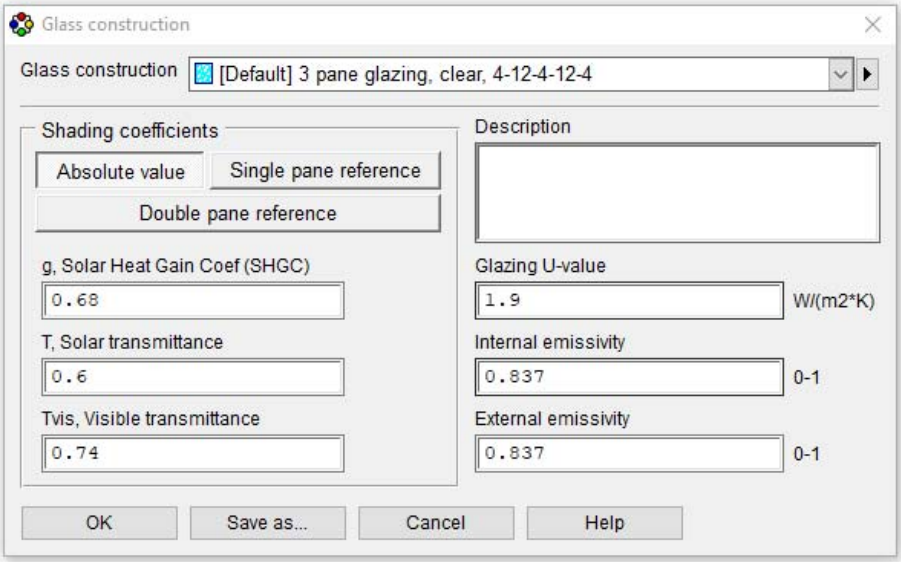
Avatäidete parameetrid, sh mõõtmed ja paiknemine, akende avatavus jms modelleeritakse vastavalt arhitektuurse osa projektile. Arhitektuurse osa projektis peavad olema määratletud olulised nõuded avatäidete päikesekiirguse- ja soojusläbivusele.

Klaaspakettide modelleerimisel, olenevalt kasutatavast arvutustarkvarast, võib olla vajalik sisestada erinevaid lähteparameetreid (Joonis 3.9).

Minimaalselt oleks adekvaatsete arvutuste teostamiseks vajalik teada klaaspaketi nõutavat **päikeseläbivustegurit** (ka **päikesefaktor**, ingl k Solar Factor, Total Solar Energy Transmittance, Total Transmission või g-value, tähistatakse kas g, SF, TET või TST, USA-s ka Solar Heat Gain Coefficient, SHGC). Sisuliselt näitab aknaklaasi päikeseläbivustegur, kui suur osa kogu päikesekiirgusest (või energiast) siseneb ruumi ja kui suur osa sellest peegeldub tagasi. Mida väiksem on aknaklaasi päikeseläbivustegur, seda vähem päikesekiirgust ruumi siseneb. Näiteks kui aknaklaasi päikeseläbivustegur on 0.2, siis 20% aknaklaasile langevast päikesekiirgusest siseneb ruumi ja 80% peegeldub aknaklaasilt tagasi.

Eristatakse veel klaaspaketi **otsese päikesekiirguse läbivustegurit** T (ingl k Solar Transmittance, Direct Solar Energy Transmittance, tähistatakse ka ET, Tsol, Ts, ST, DET), mis näitab, kui suur osa otsesest päikesekiirgusest klaaspaketti läbib. See tegur on alati väiksem päikeseläbivustegurist , sest viimane sisaldab otsese läbivuse lisaks ka soojusülekannet klaasi sisepinnalt ruumi.

Lisaks päikeseläbivustegurile on klaasi või klaaspaketti määratlemisel oluline ka teine parameeter – **valgusläbivustegur** (ka **valgustegur**, ingl k Visible [Light] Transmittance, tähistatakse ka VT, T_{vis}), mis iseloomustab seda valguse hulka, mis läbib klaaspaketi ja jõuab ruumi. Kui näiteks akna valgusläbivustegur on 0.4, siis tähendab see seda, et 40% aknale jõudnud valgusest läbib klaasi ja jõuab ruumi, 60% aga peegeldub tagasi.



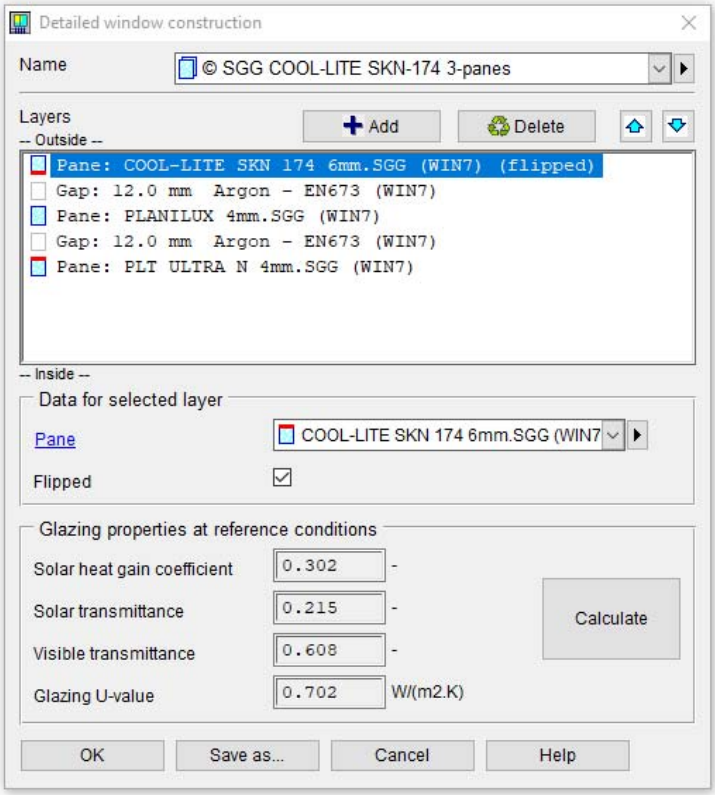
Joonis 3.9. Klaaspaketi defineerimine IDA-ICE tarkvaras – kui täpsemad andmed puuduvad, võib kasutada lihtsustatud akna mudelit: sisestatakse päikeseläbivusteguri väärtus *g*, otsese päikesekiirguse läbivustegur *T*, nähtava valguse läbivustegur T_{vis}, klaaspaketi soojusläbivus *Glazing U-value*, ning sisemine ja väline emissioonitegur.

Üldjuhul kehtib seos, et mida väiksem on klaaspaketi päikeseläbivustegur g, seda väiksem on ka valgusläbivustegur VT. Kindlasti aga olenevad konkreetse parameetri väärtused klaaside katenditest, klaaside omadustest ja klaaside vahelistest täitegaasidest, millede muutmisel on võimalik ühte või teist parameetrit mõjutada, ilma et teised parameetrid oluliselt muutuksid. Juhul kui täpseid päevavalguse arvutusi ei teostata, ei ole eluruumide akende päikeseläbivustegurit on soovitatav valida väiksemat kui 0.5.

Sobiva klaaspaketi valikuks võib kasutada spetsiaalseid (vabavaralisi) arvutustarkvara lahendusi, nt

- CalumenLive (Saint-Cobain, https://calumenlive.com/)
- WINDOW (Berkeley Lab, https://windows.lbl.gov/tools/window/software-download)
- Spectrum (Pilkington, http://spectrum.pilkington.com)

IDA-ICE tarkvara ekspertversioonis on võimalik defineerida klaaspakette ka komponendipõhiselt, st kasutades detailset akna mudelit *Window (detailed)*. See mudel on täpsem kui eelnevalt kirjeldatud lihtne akna mudel, kuid nõuab infot klaaspaketi komponentide parameetrite kohta. Antud mudel võimaldab täpselt modelleerida dünaamilise välisvarjestuse mõju.



Joonis 3.10. Klaaspaketi defineerimine IDA-ICE tarkvaras – detailne lähenemine: valitakse kihid, st klaasid, katendid, täitegaasid ning arvutatakse klaaspaketi iseloomulikud parameetrid.

3.3.7 Varjestuselemendid

Klaaspinna kaudu hoonesse tuleva päikesekiirguse arvutamisel võetakse arvesse **projekteeritud päikesekaitselahendusi** (näiteks päikesekaitseklaas, seesmine ja välimine ribikardin, rest,

markiis), st vastav lahendus peab olema kirjeldatud hoone projektis, ning ümbritseva objekti ja hoone enda osa poolt tekitatud varju klaaspinnale.

Peamised varjestuselemendid on kas arhitektuursed, spetsiaalsed välisvarjed akendele ja ümbritsevad hooned. Vastavad elemendid peavad olema kirjeldatud ka arhitektuur-ehituslikus projektis ja/või asendiplaanil, kui neid kasutatakse arvutusmudeli konstrueerimisel.

Eluhoonetes ei ole lubatud modelleerida sisemisi kardinaid akende ees, va erijuhtudel, kui need on kirjeldatud arhitektuurses projektis (nt akna klaaspaketi osana klaasidevahelised integreeritud varjed) ning esitatud on nõuded päikese- ja valgusläbivustegurile. Sel juhul peab olema tagatud piisav loomulik valgustus ruumis. Tavapäraselt kasutatavate kolmekordsete klaaspakettide puhul ei mõjuta sisemised varjed oluliselt ruumitemperatuuri, kuna selleks hetkeks on päikesekiirgus juba ruumi jõudnud ning ei peegeldu olulisel määral tagasi, vaid muutub konvektiivseks soojuskoormuseks.

Kuigi eelistatud on passiivsed lahendused, sh varjestuslahendused, võib teatud juhtudel olla otstarbekas ette näha dünaamilisi, st vastavalt vajadusele automaatselt või manuaalselt reguleeritavaid varjeid. Selliste lahenduste modelleerimisel tuleb kindlasti tähelepanu pöörata juhtimisalgoritmidele ja vajalikud lähteandmed ka projektdokumentatsioonis ära näidata, nt varjestuse juhtimisel päikesekiirguse järgi määrata ära piirsuurused kiirgusvõimsusele. Lubatud ei ole modelleerida dünaamilisi elemente konstantselt varjestavate elementidena. Vastasel juhul tuleb arvestada varjestuslahendust ka päevavalguse arvutuste teostamisel.

Varjestuselementidena võib modelleerida ka olemasolevat kõrghaljastust.

3.3.8 Infiltratsioon

Välispiirde ebatihedusest põhjustatud infiltratsioon võetakse arvutustes arvesse aasta keskmise, st konstantse õhuvooluhulgana.

Kui välispiirde õhuleket ei ole mõõdetud või muul viisil selle väärtust tõendatud, tehakse energiaarvutus määruses nr 58 toodud hoone õhulekkearvu baasväärtusega. Juhul kui projekteeritud õhulekkearv on suurem kui määrusejärgne baasväärtus, kasutatakse projekteeritud väärtust. Kui õhuleke on mõõdetud vastavalt standardile EVS-EN 13829 või on tõendatud muul nõuetekohasel viisil maja ehitaja või koostaja poolt, kasutatakse energiaarvutuses vastavalt mõõdetud või tõendatud väärtust.

Aasta keskmine infiltratsiooni õhuvooluhulk q_i (l/s) arvutatakse valemiga:

$$q_i = \frac{q_{50}}{3{,}6 \cdot x} A,$$

kus q_{50} on hoone välispiirde keskmine õhulekkearv $m^3/(h \cdot m^2)$;
A on hoone välispiirde (sealhulgas põranda) sisepindala m^2;
x on tegur, mis on ühekorruselisele hoonele 35, kahekorruselisele hoonele 24 ning kolme- ja neljakorruselisele hoonele 20, viie- ja enamakorruselisele hoonele 15, kusjuures korruse kõrgusena on arvestatud 3 meetrit; 3,6 on tegur, mis teisendab õhuvooluhulga m^3/h ühikust l/s ühikuks.

Kui ventilatsiooniõhu väljatõmme on suurem sissepuhkest, siis võib aasta keskmise infiltratsiooni õhuvooluhulga arvutada järgneva valemiga:

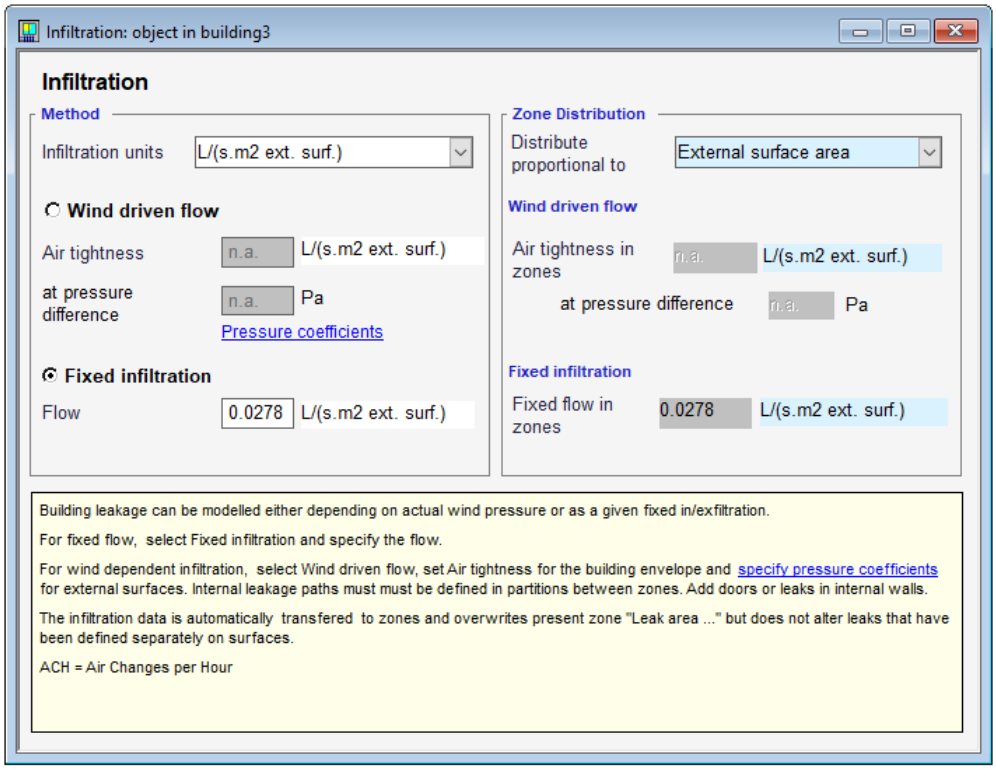
$$q_i = \frac{0{,}25 q_{50} A}{1 + 2780 \left(\frac{q_v - q_s}{q_{50} A}\right)^2},$$

kus q50 on hoone välispiirde keskmine õhulekkearv $m^3/(h \cdot m^2)$;
A on hoone välispiirde pindala m^2;
q_v on väljatõmbe õhuvooluhulk l/s;
q_s on sissepuhke õhuvooluhulk l/s.

Toodud valemite samaaegsel kasutamisel võetakse infiltratsiooni õhuvooluhulgaks tulemus sellest valemist, mis annab väiksema õhuvooluhulga.

Näide.
Modelleeritakse projekteeritavat uut viiekorruselist korterelamut, mille arhitektuur-ehituslikus projektis on õhupidavuse osas välja toodud, et sõlmede lahenduste, avatäite liitekohtade teipimise, šahtide krohvimise jms ehituslike võtetega tagatakse hoone õhulekkearv <1.5 $m^3/(h\ m^2)$. Sel juhul võime kasutada eeltoodud väärtust energiaarvutustes ning peame kasutama ka suvise ruumitemperatuuri kontrollarvutustes. Hoone õhupidavust tuleb antud juhul ka tõendada.

Vastavalt määrusele leiame keskmise infiltratsiooni õhuvooluhulga. Kuna IDA-ICE tarkvaras on võimalik jagada saadud väärtus välispiirde pindade vahel automaatselt, siis arvutame infiltratsiooni välispiirde 1m^2 kohta:
$q_i = q_{50} / (3.6 * x) = 1.5 / (3.6 * 15) = 0.0278$ l/(s m^2).
Saadud väärtuse sisestame konstantse infiltratsioonina IDA-ICE-s (Joonis 3.11).
NB! Tähelepanu pöörata ühikutele!



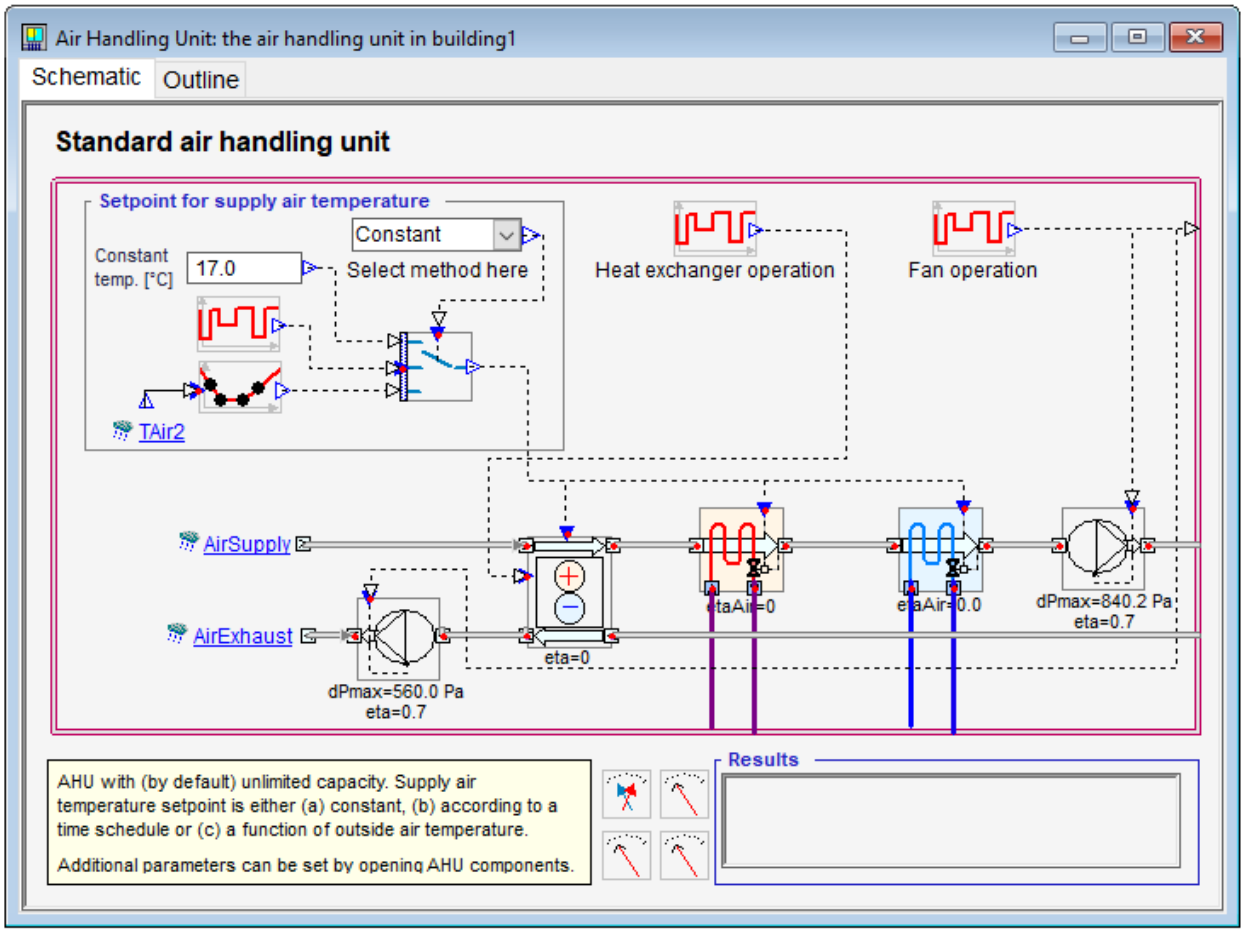
Joonis 3.11. Infiltratsiooni defineerimine IDA-ICE tarkvaras.

3.3.9 Ventilatsioon ja akna kaudu tuulutus

Elamute puhul võetakse akna kaudu tuulutamist arvesse vaid tuulutusakna avamisel tuulutusasendisse ning ruumi- ja välisõhu temperatuurivahest tekkivat õhuvahetust.

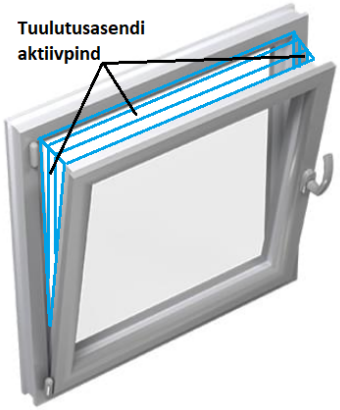
Juhul, kui täpsemad andmed puuduvad, kasutatakse mehaanilise ventilatsioonisüsteemi modelleerimisel järgnevaid parameetreid:

- ventilatsiooni õhuvooluhulk vastavalt määrusele;
- ventilatsiooniseade töötab konstantselt (24h, 7 päeva nädalas);
- temperatuuritõus sissepuhkeventilaatoris +1K;
- soojustagastus 0% (eeldab plaatsoojustagasti korral möödaviigu olemasolu);



Joonis 3.12. Ventilatsiooniseadme mudel IDA-ICE tarkvaras – soojustagasti efektiivsus 0% (*eta=0*), kütte- ja jahutuskalorifeerid välja lülitatud (*etaAir=0*).

Juhul, kui täpsemad andmed puuduvad, võetakse avatava akna modelleerimisel akna avatava osa aktiivpinnana (Joonis 3.13) arvesse **10% avatava osa pinnast**.



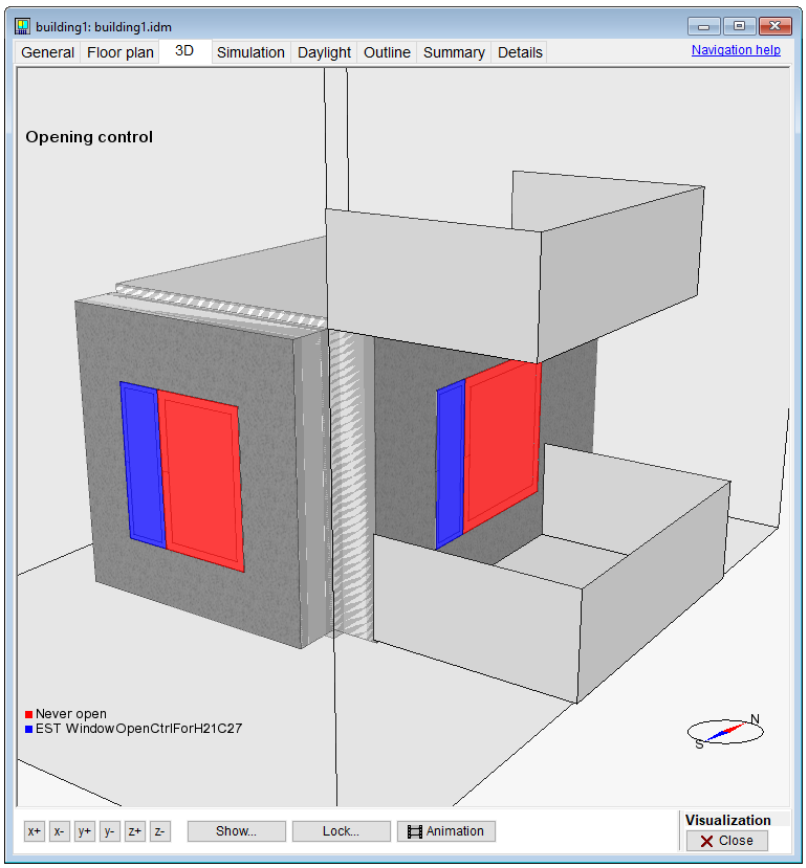
Joonis 3.13. Avatava akna tuulutusasendi aktiivpind.

3.3.10 Lähteandmete esitamine

Kuna suvise ruumitemperatuuri arvutus on osa energiatõhususe projektist, siis esitatakse vajalikus mahus vaid antud osa puudutavad olulised lähteandmed ja parameetrid, mis võimaldaks vajadusel simulatsioonarvutusi korrata.

3.4 RUUMIPÕHINE MEETOD (AKENDE AVAMISEGA)

Ruumipõhise meetodi korral modelleeritakse ja simuleeritakse hoone eluruumidest kriitilised tüüpruumid selliselt, et igat ruumi käsitletakse ühe tsoonina ja avasid (uksi) tsoonide vahel ei arvestata (Joonis 3.14).



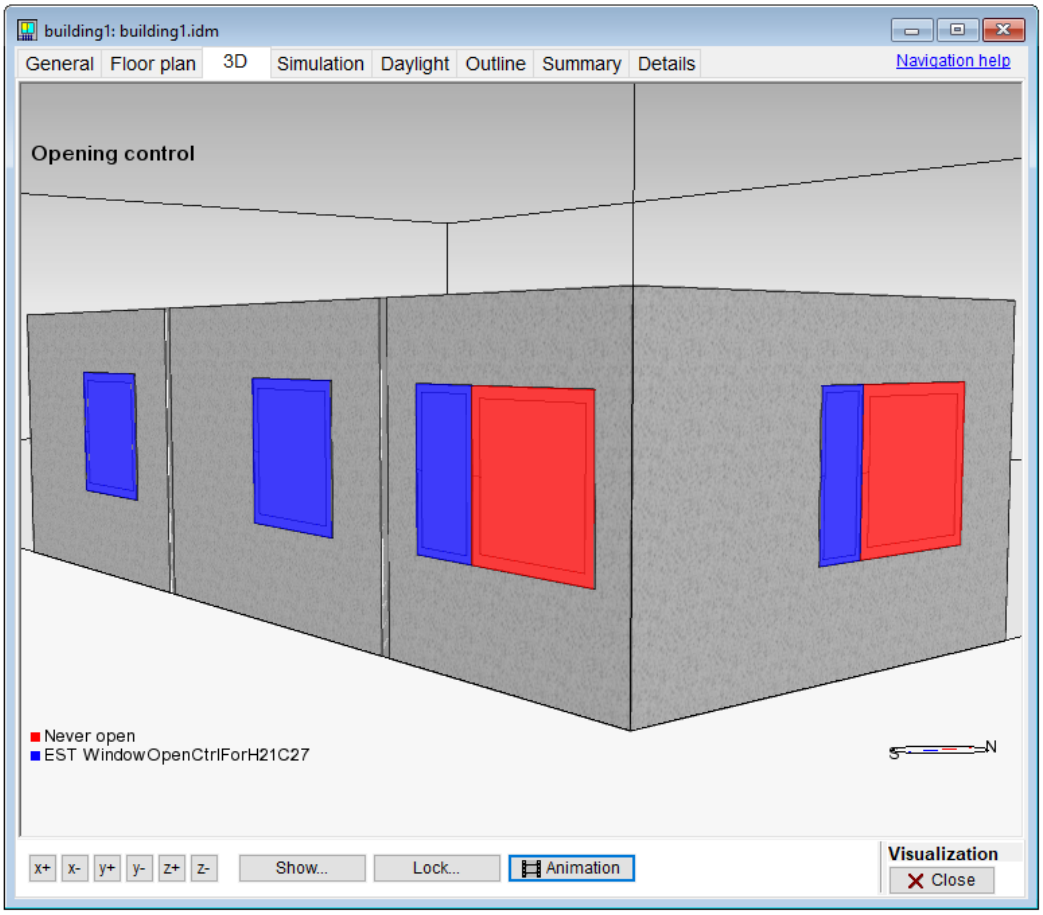
Joonis 3.14. Ruumipõhine meetod – kriitiline ruum modelleeritakse ühe tsoonina. Simulatsioonil arvestatakse akende avamisega (sinised akna osad avatavad, punased mitteavatavad).

3.4.1 Akna kaudu tuulutusega arvestamine

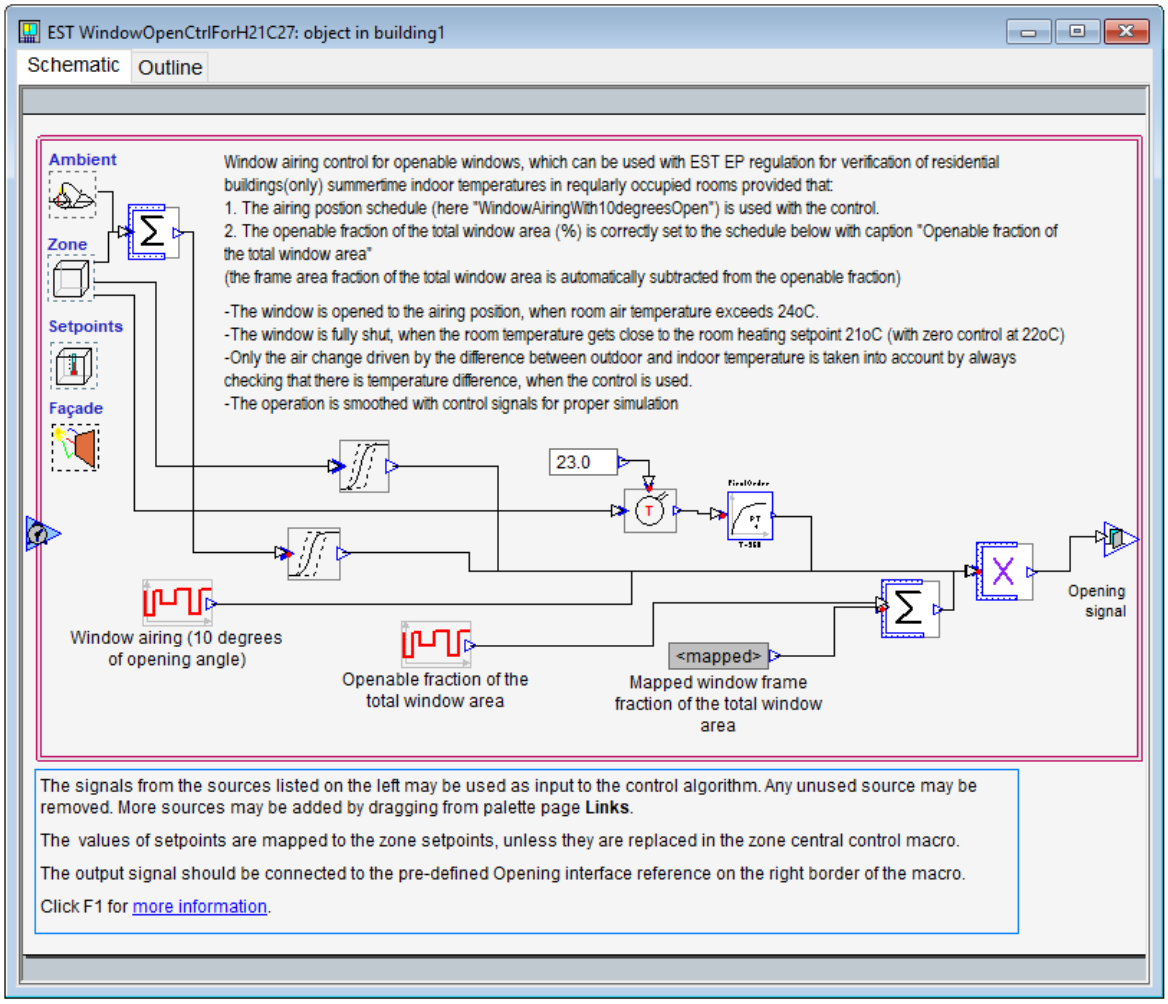
Vastavalt määrusele on võimalik eluhoonetel arvestada avatavate akende tuulutusega.

Simulatsiooni tulemuste osas on oluline järgida, et akende avamisega kaasnev soojuskadu ei alandaks ruumitemperatuuri alla kütte seadesuuruse, mis eluhoonetes on +21°C.

Näide.
Modelleeritakse kriitilise korteri magamistuba. Arhitektuur-ehituslikus projektis puuduvad detailsed nõuded/andmed akna tuulutusasendi kohta, on ära toodud vaid akna osad, mis avanevad tuulutusasendisse. Need modelleeritakse avatavate akendena (Joonis 3.15). Akende avamine ja sulgemine teostatakse juhtimisalgoritmiga, kus defineeritakse akna avamise osakaal ja temperatuuri piirid (Joonis 3.16).



Joonis 3.15. Avatavate akende määramine IDA-ICE tarkvaras – vastavalt arhitektuurse projekti andmetele defineeritakse aken või akna osa avatavaks.



Joonis 3.16. Akna tuulutusasendi modelleerimise näide IDA-ICE tarkvara baasil – antud algoritmiga tagatakse akna avamine ruumitemperatuuril >+24°C ja sulgemine <22°C korral, et tagada välisõhu kaudu jahutus ning välditakse temperatuuri langemine alla kütte seadeväärtuse +21°C.

3.5 KORTERIPÕHINE MEETOD (AKENDE AVAMISETA)

Korteripõhise arvutuse korral modelleeritakse kogu korter ruumide kaupa eraldi tsoonidena. Erinevalt ruumipõhisest meetodist, sel juhul aknaid ei avata. Korteri ruumide vahelised uksed modelleeritakse avatuna.

Korteripõhise kontrollarvutuse näites (vt pt 4.2) on tehtud suvise ruumitemperatuuri kontrollarvutus viiekorruselise korterelamu ülekuumenemise seisukohalt kriitilistele ruumidele kahe korteri näite põhjal. Lisaks eluruumide kontrollarvutusele on analüüsitud hoone trepikodasid ja liftišahte, mis läände orienteeritud klaasfassaadi tõttu on kõrge ülekuumenemise riskiga. Kontrollarvutuste aluseks on hoone arhitektuur-ehituslik eelprojekt, millele analüüsi tulemuste põhjal on tehtud muudatusettepanekud suvise ruumitemperatuuri nõude täitmiseks.

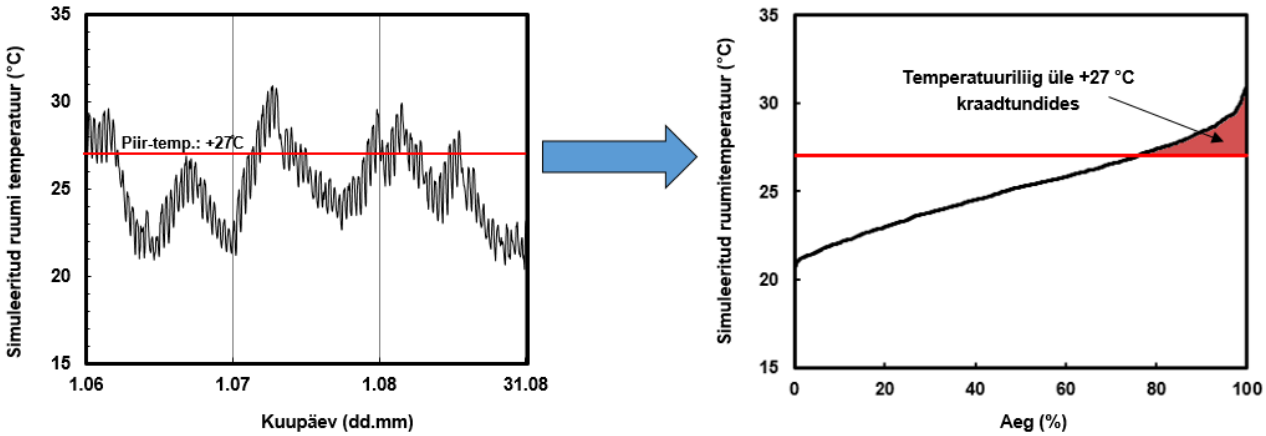
3.6 TULEMUSTE ANALÜÜS JA ESITAMINE

3.6.1 Kraadtundide arvutuspõhimõte

Simulatsioonarvutuse põhjal saadud tunnipõhised ruumitemperatuuri väärtustest kraadtundide saamise arvutuspõhimõte on näidatud järgneval joonisel (Joonis 3.17). Igast tunni keskmisest ruumitemperatuuri väärtusest, juhul kui see ületab 27°C, lahutatakse maha 27 ja ülejäägid summeeritakse. Juhul kui perioodi 01.06-30.08. modelleerimisel saadud summa ületab 150°Ch, loetakse ruum ja seega ka kogu hoone nõuetele mittevastavaks. Kestuskõvera konstrueerimiseks järjestatakse tunnikeskmised ruumitemperatuuri väärtused nt kasvavas järjekorras, kuvatakse tulemused graafiliselt, tähistatakse piirtemperatuur ning temperatuuriliig (Joonis 3.18).

Kuupäev	Kellaaeg	Temp, °C	Kraadtunnid	
...	...	...	...	
15.juuli	10:00	26.4	0	
15.juuli	11:00	26.8	0	
15.juuli	12:00	27.2	**0.2**	
15.juuli	13:00	27.6	**0.6**	
15.juuli	14:00	27.8	**0.8**	**4.9 °Ch**
15.juuli	15:00	28.5	**1.5**	
15.juuli	16:00	28.8	**1.8**	
15.juuli	17:00	27.0	0	
15.juuli	18:00	26.9	0	
15.juuli	19:00	26.2	0	
15.juuli	20:00	25.5	0	
...	...	...	...	
			Σ = 92.5	≤150°Ch

Joonis 3.17. Kraadtundide arvutuspõhimõte.



Joonis 3.18. simulatsioonitulemuste esitamine kestuskõveral.

3.6.2 Tulemuste esitamine

Suvise ruumitemperatuuri arvutuste lähteandmed ja tulemused esitatakse üldjuhul hoone energiatõhususe projekti osa koosseisus koos energiamärgisega. Lähteandmete lehel peavad olema kirjeldatud eelkõige koostatud simulatsioonimudelit iseloomustavad olulised andmed (vt näide allpool):

1) Üldandmed
    a. Hoone aadress
    b. Kasutusotstarve
    c. Arvutuste aluseks oleva(te) projekti(de) andmed
    d. Kasutatud metoodika (ruumipõhine/korteripõhine)
2) Modelleeritud ja simuleeritud ruumid (sh korteri number(id) korterelamu korral)
    a. Ruumide andmed
    b. Akende osakaal ruumi pindalast
    c. Akende tehnilised andmed (soojusläbivus, päikeseläbivustegur, valgusläbivustegur, avatavate akende tuulutuse aktiivpindala osakaal arvutustes)
    d. Varjestuselemendid
    e. sisemised vabasoojused (tabelina)
3) Graafiline osa
    a. Mudeli(te) pilt(id) (kuvatõmmis arvutustarkvarast)
    b. Ruumitemperatuuri kestuskõverad
4) Tulemused ruumide/korterite kaupa (baastemperatuuri ületanud kraadtunnid)
5) Arvutuste teostaja andmed
    a. Arvutustulemuste väljastamise kuupäev
    b. Arvutustulemuste eest vastutava isiku nimi
    c. Arvutustulemuste eest vastutava isiku kutse ja tunnistuse nr

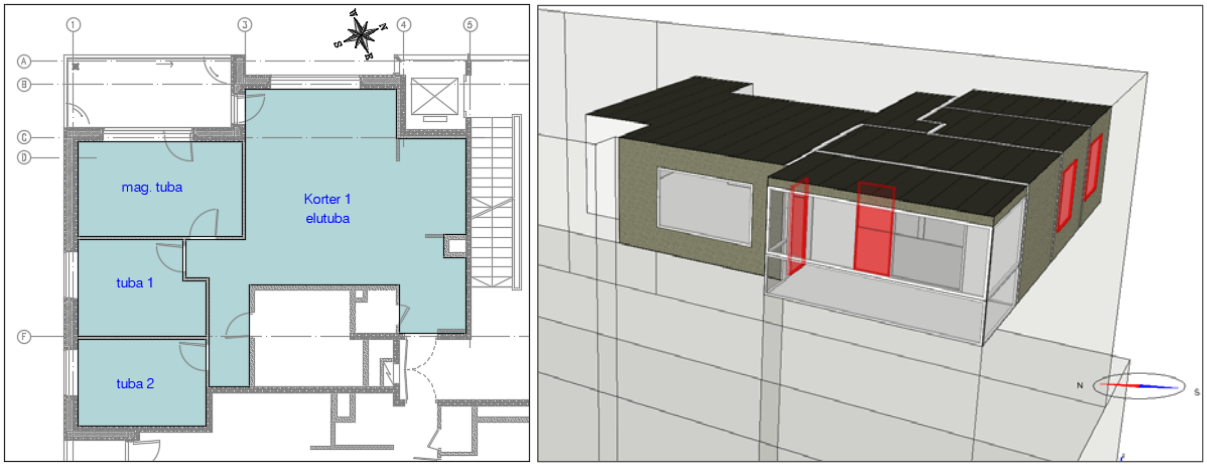
Juhul, kui suvise ruumitemperatuuri kontrollarvutus esitatakse energiaarvutuse osana, ei pea dubleerivaid andmeid eraldi esitama (hoone aadress, kasutusotstarve jms)

4 ARVUTUSNÄITED

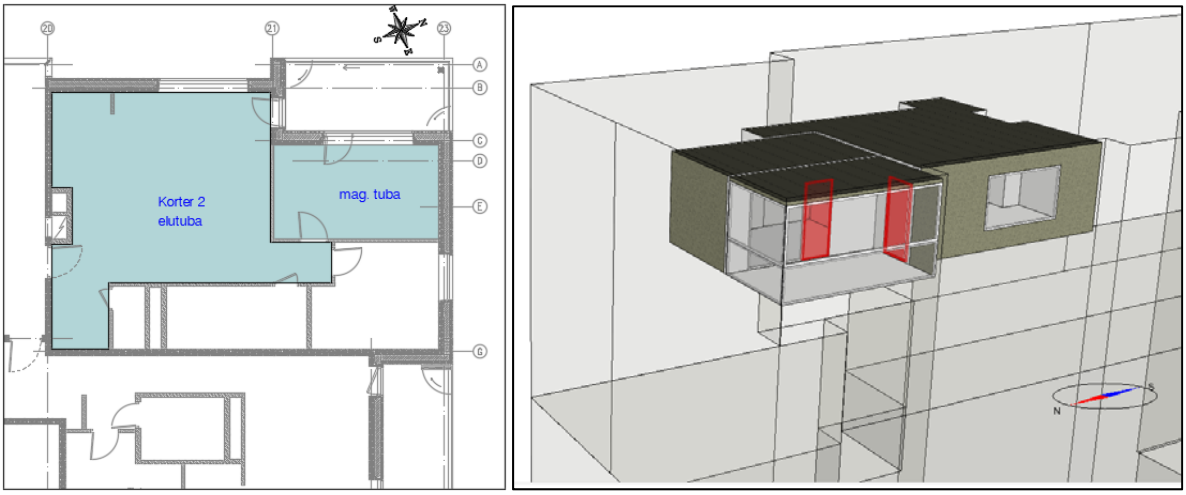
4.1 RUUMIPÕHINE MEETOD

Analüüsitud on kahte viienda korruse korterit, mida näiteks ümbritsevad hooned ega kõrghaljastus ei varjesta. Mõlemal juhul on tegemist nurgakorteritega: korteri nr 1 eluruumide aknad on suunatud lõunasse ja läände ning korteri 2 analüüsitud ruumide aknad läände, mistõttu on tegemist potentsiaalselt „kriitiliste tüüpruumidega“. Joonis 4.1 ja Joonis 4.2 kajastavad korterite mudeli tsoonide plaanilahendust ja 3D vaadet. Arhitektuuriprojekt näeb ette klaasitud rõdu, mille klaasosa on arvutustes arvestatud avatuna. Antud näites on lisaks eluruumidele analüüsitud ka trepikojad ja liftišahtid (Joonis 4.4).

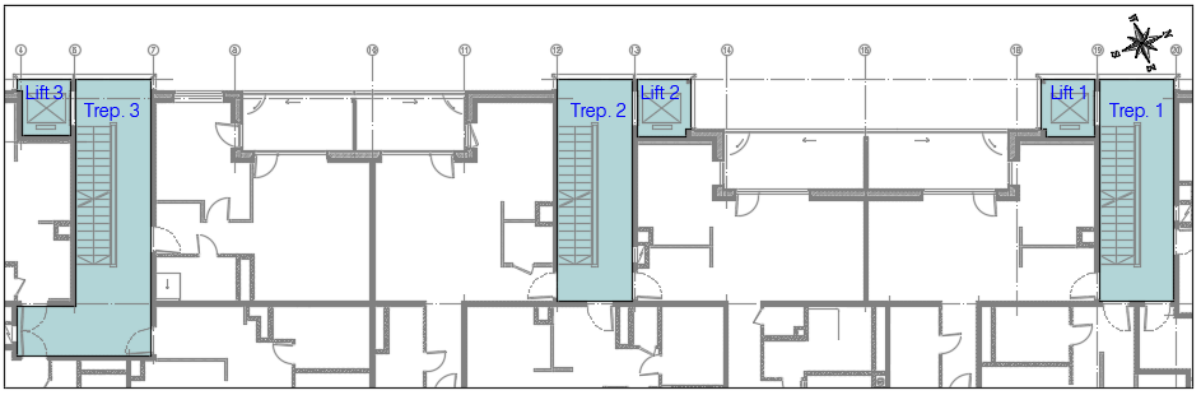
Erinevalt energiaarvutuse jaoks koostatavast mudelist on suvise ruumitemperatuuri kontrollarvutuseks modelleeritud ainult valitud ruumid. Kasutatud on määrusejärgseid infiltratsiooni ja ventilatsiooni õhuvooluhulkasid. Hoone tarindid on defineeritud arvutustarkvaras vastavalt arhitektuur-ehituslikule projektile, sh arvestades tarindite massiivsust. Avatavate akende kaudu tuulutuse arvestamisel on tehtud arvutused tuulutusava aktiivpinna määramiseks (Joonis 4.5), mis on arvestatud simulatsioonarvutuses avatava akna osakaaluna.



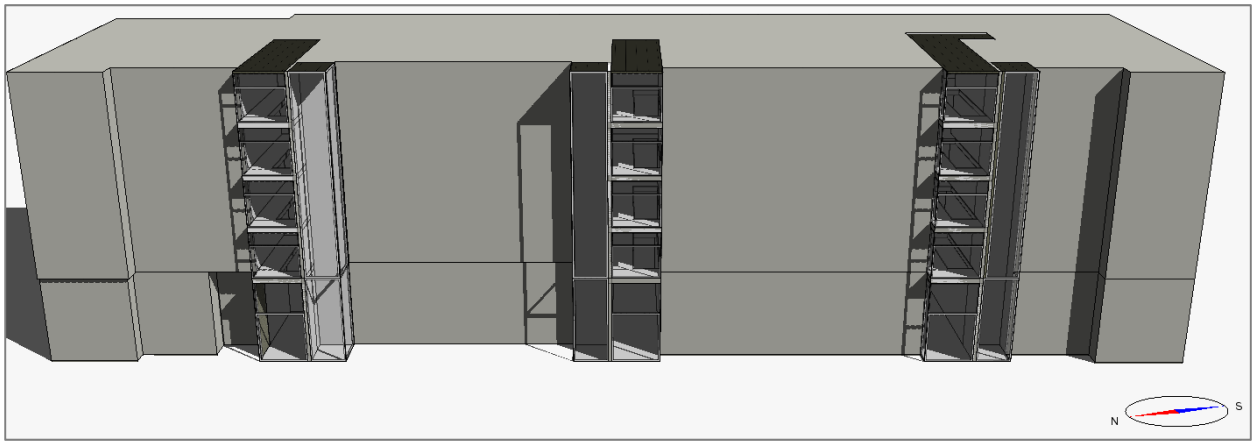
Joonis 4.1. Analüüsitud korteri nr 1 ruumide plaan (vasakul) ja simulatsioonimudel (paremal). Punase värviga on märgitud avatavad aknad/rõdu uksed.



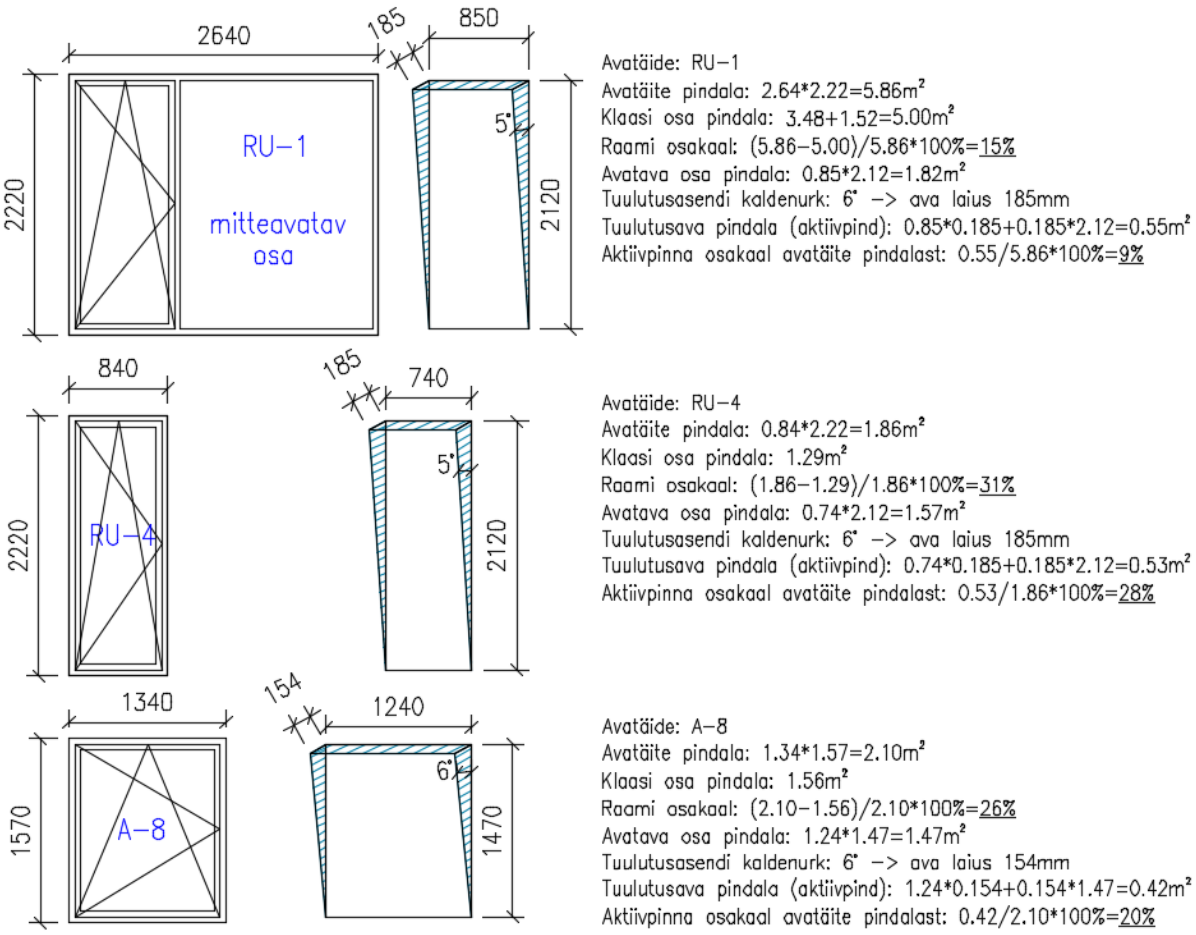
Joonis 4.2. Analüüsitud korteri nr 2 ruumide plaan (vasakul) ja simulatsioonimudel (paremal). Punase värviga on märgitud avatavad aknad/rõdu uksed.



Joonis 4.3. Analüüsitud trepikodade ja liftišahtide plaan.

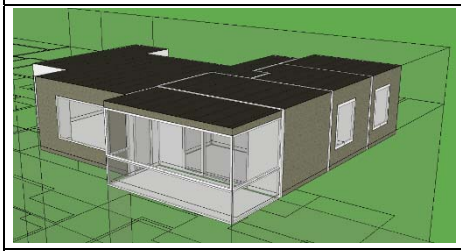
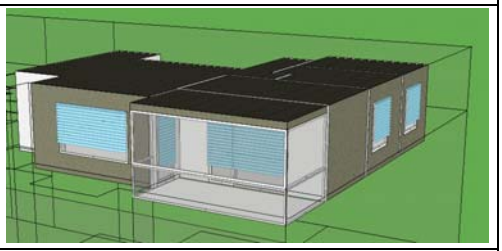
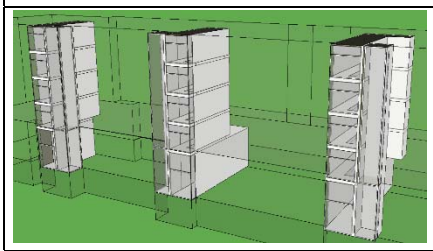
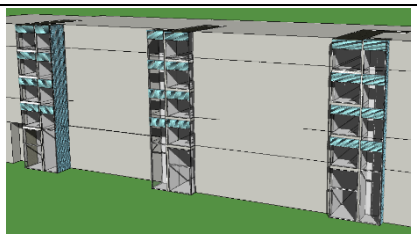


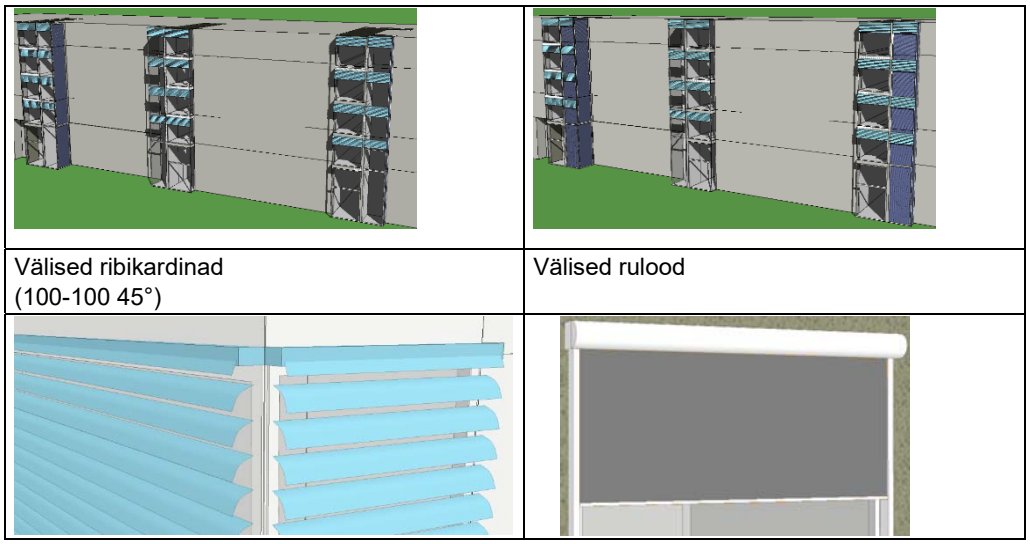
Joonis 4.4. Analüüsitud trepikodade ja liftišahtide simulatsioonimudel.



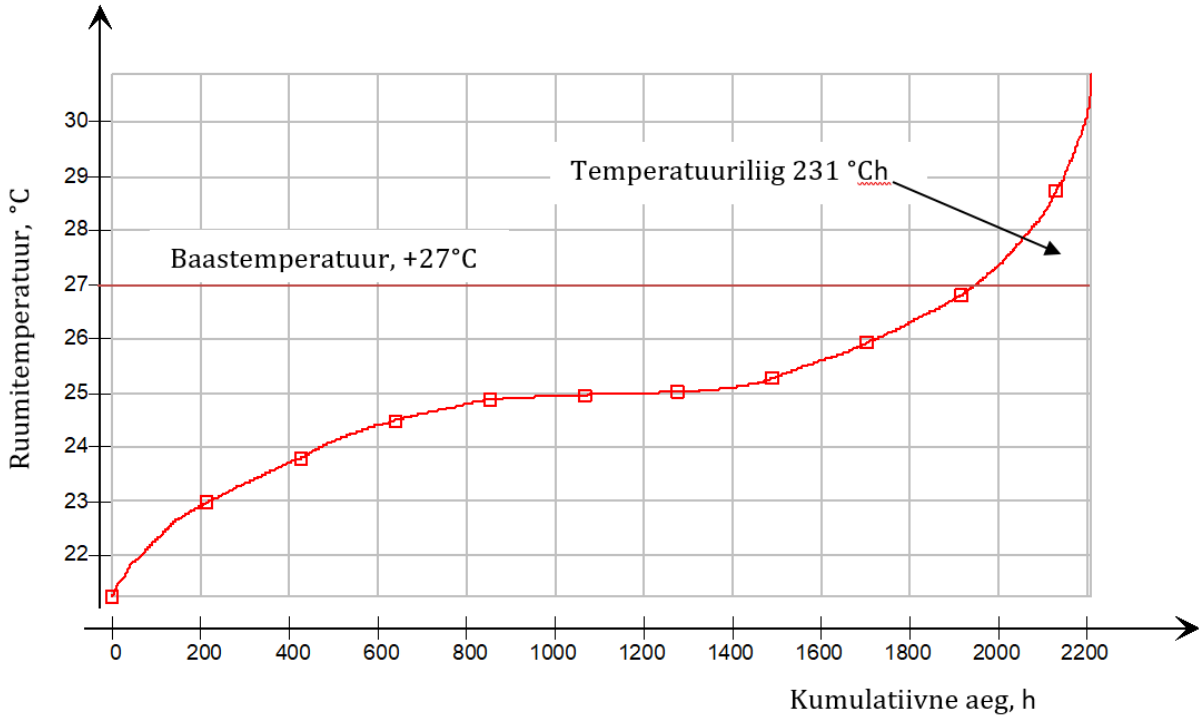
Joonis 4.5. Avatavate akende tuulutusava aktiivpinna arvutamine.

Tabel 4.1. Analüüsitud variantide ja lahenduste visualiseering.

K0 K1 K2 K3	K4
	
T0 T1 T2	T3 T4 T5
	
T7	T8



Simulatsioonarvutuse tulemuseks saadakse tunnikeskmised ruumitemperatuuri väärtused, mida esitatakse kestuskõveral. Näitena on toodud korter nr 1 elutoa ruumitemperatuuri kestuskõver analüüsitud variandile K2 (Joonis 4.6).



Joonis 4.6. Simulatsioonarvutuse tulemus korteri nr 2 magamistoa variandile K2.

Korterelamu kahe kriitilise korteri ruumide simulatsioonarvutuste tulemused on toodud Tabel 4.2. Analüüsi tulemustest järeldub, et esialgne arhitektuurne lahendus ei taga suvise ruumitemperatuuri nõude täitmist üheski uuritud korteri ruumis. Korteri nr 2 ruumides on nõude täitmine võimalik nt madalama päikeseläbivusteguriga klaaspakettide kasutamisel, teise korteri ruumides aga oleks vaja liigse päikesekiirguse blokeerimiseks ette näha sobiv varjestuslahendus.

Tabel 4.2. Korterite suvise ruumitemperatuuri kontrollarvutuse tulemused.

Nr	Kirjeldus	Temperatuuriliig üle baastemperatuuri +27 °C, °Ch					
		Korter 1				Korter 2	
		elutuba	mag.- tuba	tuba 1	tuba 2	elutuba	mag. tuba
K0	Algolukord* (päikesefaktor g=0,5)	1342	1187	2374	3050	1220	513
K1	g0,4	710	659	1335	1776	477	232
K2	AA	524	489	333	363	301	231
K3	AA +g0,4	281	322	184	202	111	90
K4	AA + VV	59	130	3	4	4	6

**algolukord – hoone mudel on simuleeritud akende avamiseta ning ilma päikesekaitse lahendusteta.*
<u>Kasutatud lühendid:</u> K0…K4 – analüüsitud lahendus; AA – akende avamine; g0.4 – klaaspaketi päikesefaktor g=0,4;VV – väline varjestus (ribikardinad).

Trepikodade ja liftišahtide arvutuste tulemused on toodud Tabel 4.3. Algne lahendus avatavaid aknaid trepikodadesse ette ei näinud. Analüüsitud variantides on avatavateks akendeks, olenevalt variandist, valitud kas 2. korrusel ja 5. korrusel [2k 5k] või 2.-5. korrusel [II k III k, IV k, V k], aknad pindalaga 1.77 m² (aktiivpinnaga 1,04 m²) ning liftišahtide korral aknad pindalaga 1.15 m² (aktiivpinnaga 0,68 m²). Avatavatele akendele on välja poole ette nähtud žalusiid.

Tabel 4.3. Trepikodade ja liftišahtide simulatsiooni tulemused.

Nr	Kirjeldus	Temperatuuriliig üle baastemperatuuri +27 °C, °Ch					
		Trep. 1	Trep. 2	Trep. 3	Lift 1	Lift 2	Lift 3
T0	Algolukord* (mitteavatavad aknad)	35900	33450	35230	31610	22760	32130
T1	AA [2k 5k]	232	192	102	929	204	554
T2	AA [2k 3k 4k 5k]	97	70	33	574	122	338
T3	VV	454	435	341	805	882	632
T4	AA [2k 5k] +VV	0	0	0	23	6	8
T5	AA [2k 3k 4k 5k], liftid 1 ja 3 +VV	2	2	0	121	65	108

**algolukord – hoone mudel on simuleeritud akende avamiseta ning ilma päikesekaitse lahendusteta.*
<u>Kasutatud lühendid:</u> T0…T5 – analüüsitud lahendus; AA – akende avamine; 2k – 2 korrus; VV – väline varjestus (ribikardinad).

Simulatsioonitulemuste põhjal tehakse järgnevad muudatused arhitektuur-ehituslikus eelprojektis:

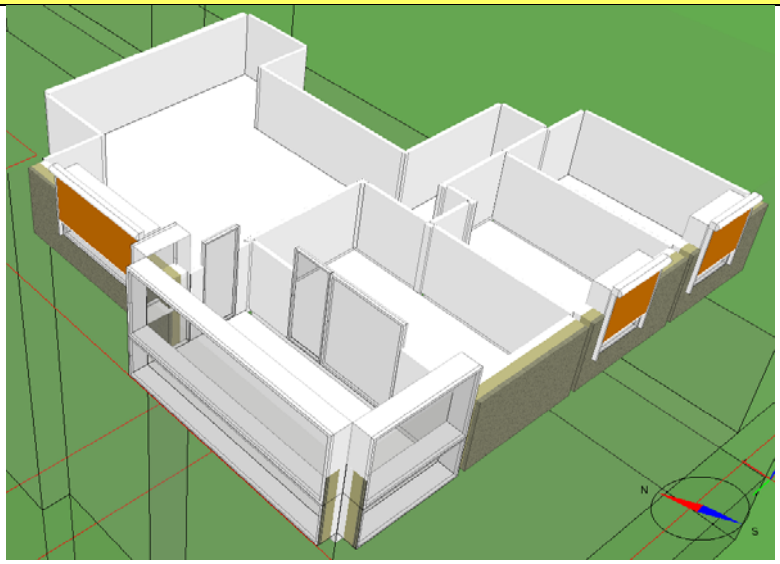
- Lõuna ja läände orienteeritud akendega korteritele paigaldatakse välised automatiseeritud rulookardinad, mida on võimalik juhtida korterist ja automaatselt sõltuvalt tuule kiirusest ja päikesekiirguse intensiivsusest (mõõdetakse hoone katusele paigaldatava ilmajaamaga) tsentraalselt.
- Hoone trepikojad varustatakse automaatselt sissepoole avatavate akendega, mille juhtimine toimub vastavalt ruumitemperatuurile automaatselt ja vajadusel manuaalselt, avatavatele akendele nähakse ette lisaks välised žalusiid.
- Hoone liftišahtidele nähakse ette väline varjestus.

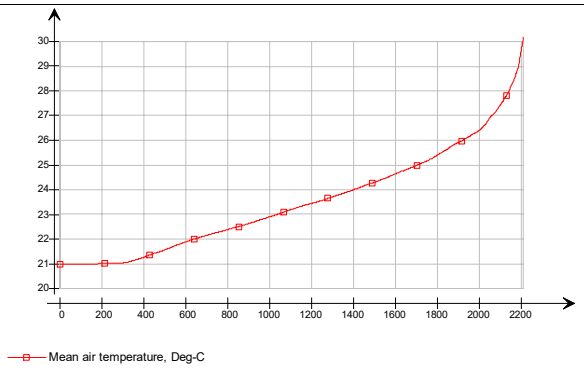
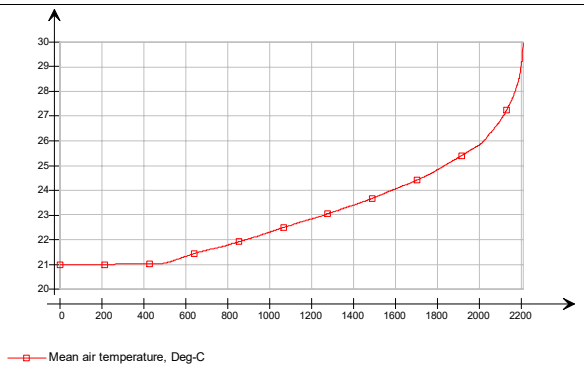
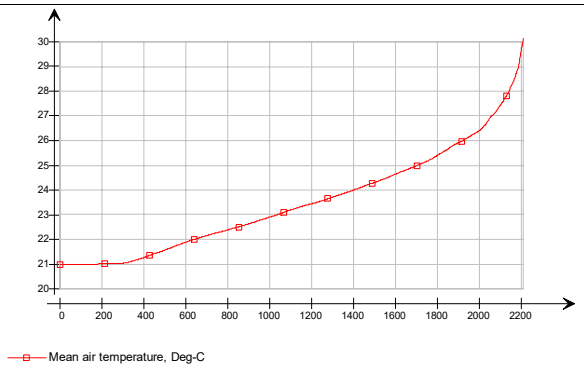
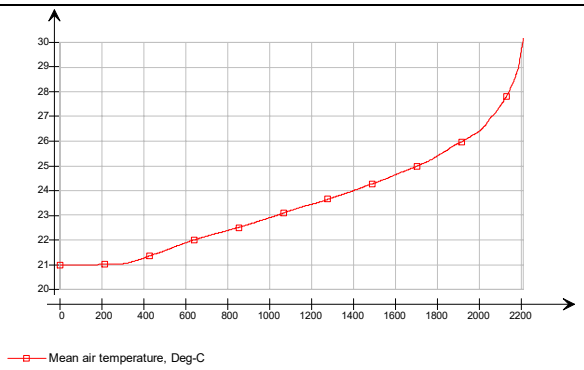
4.1.1 Tulemuste esitamine

Üldandmed	
Hoone aadress	Tänav 31, Tallinn
Kasutusotstarve	11222 Muu kolme või enama korteriga elamu
Arvutuste aluseks oleva(te) projekti(de) andmed	Ettevõte OÜ, arhitektuurne eelprojekt, töö nr ARH-120618, 12.06.18
Kasutatud metoodika (ruumipõhine/korteripõhine)	ruumipõhine meetod (avatavate akendega)
Modelleeritud ja simuleeritud ruumid	
Ruumide andmed	Elutuba 1: 33,6m², korter 43 Magamistuba 1: 14,2m², korter 43 Tuba 2: 10.6m², korter 43 Tuba 3: 10.1m², korter 43
Akende pindalad ja osakaal ruumi pindalast	Elutuba 1: 4.14 m² ; WFR=12% Magamistuba 1: 5,86m²; WFR=41% Tuba 2: 2.1 m² ;WFR=20% Tuba 3: 2.1 m² ;WFR=21%
Akende tehnilised andmed	Kõik aknad: klaaspaketi soojusläbivus U=1.1W/(m²K); päikeseläbivustegur g=0.51; otsese päikesekiirguse läbivustegur ST=0.42; nähtava valguse läbivustegur VT=0.72 avatavate akende tuulutusasendi aktiivpind 10% avatava akna pinnast
Varjestuselemendid	Elutuba 1: väline ruloo*; magamistuba 1: rõdu; tuba 1: väline ruloo*; tuba2: väline ruloo* *väline tekstiilruloo ST=0.35; VT=0.37; automaatne juhtimine päikesekiirguse järgi

Sisemised vabasoojused	tüüp	inimesed	seadmed	valgustus	kasutusaste	kasutusaeg
	korterelamu	3 W/m²	3 W/m²	8 W/m²	60%	7p 24h
	*kasutatud detailset kasutusprofiili					

Mudeli pilt

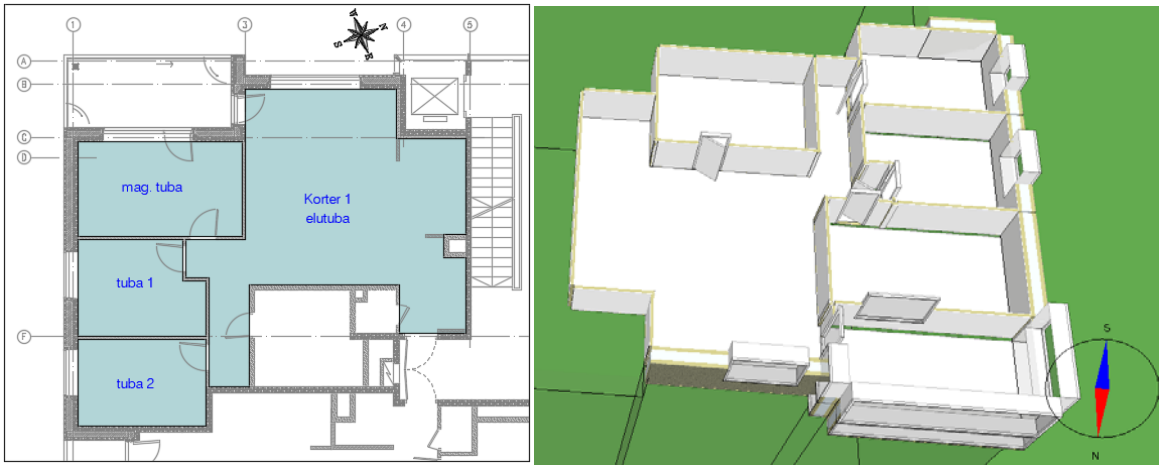


Ruumitemperatuuri kestuskõverad	 Elutuba 1
	 Magamistuba 1
	 Tuba 1
	 Tuba 2

Tulemused	Elutuba 1: 86 °Ch	≤150°Ch, nõue täidetud
	Magamistuba 1: 75 °Ch	≤150°Ch, nõue täidetud
	Tuba 1: 97 °Ch	≤150°Ch, nõue täidetud
	Tuba 2: 105 °Ch	≤150°Ch, nõue täidetud
Kuupäev	Arvutuste teostaja	Kutsetunnistus
12.07.18	Nimi Perenimi	Energiakasutuse modelleerija, tase 7, nr 111112

4.2 KORTERIPÕHINE MEETOD

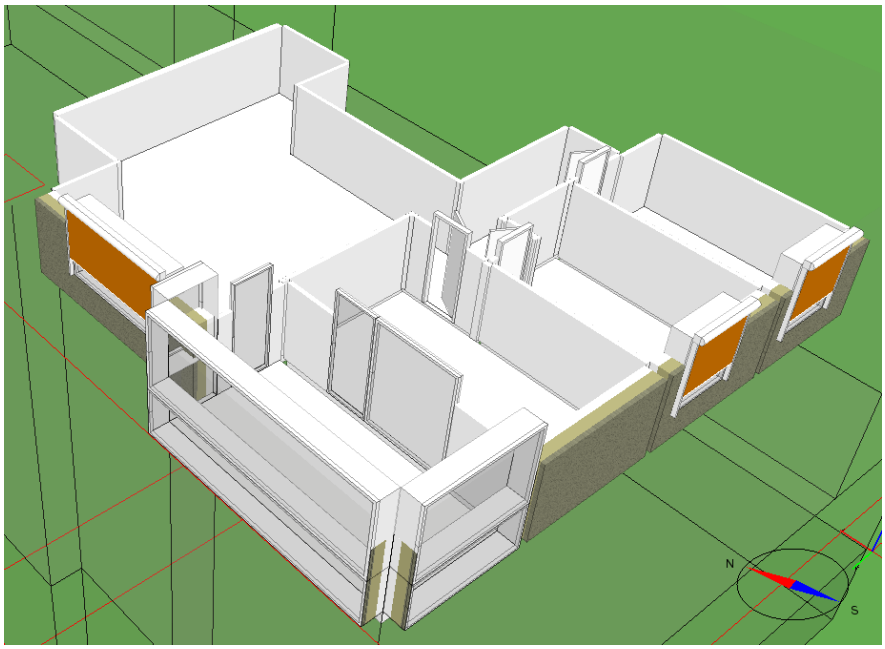
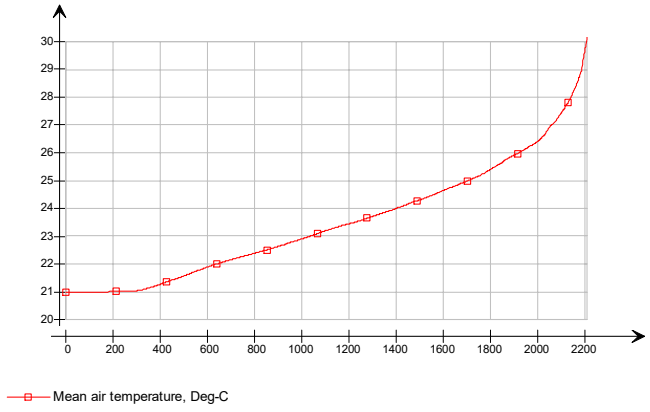
Antud juhul modelleeritakse terve korter, sh kõik ruumid eraldi tsoonidena. Ruumide vahele lisatakse uksed, mis on avatud simulatsiooni vältel (Opening: *Always open*). Erisusena ruumipõhisest meetodist, jäävad aknad suletuks (Opening: *Always closed*) (Joonis 4.7). Ülejäänud osas on arvutusmudeli koostamine analoogne.

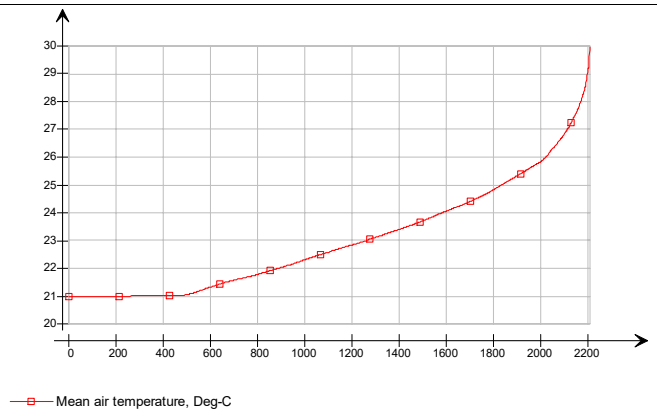


Joonis 4.7. Korteripõhine meetod – korter on modelleeritud mitme tsoonina, vaheuksed avatuna ja aknad mitteavatavatena.

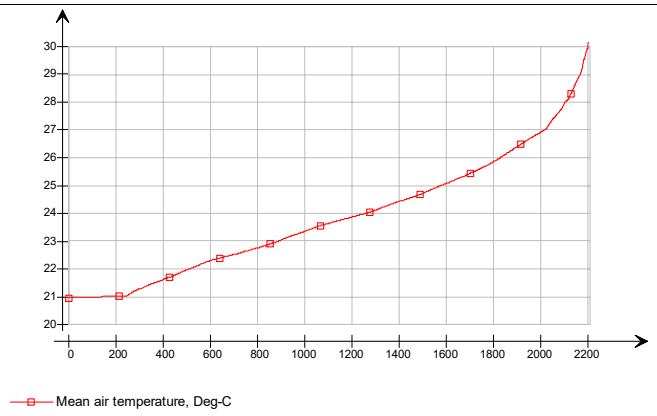
4.2.1 Tulemuste esitamine

Üldandmed	
Hoone aadress	Tänav 31, Tallinn
Kasutusotstarve	11222 Muu kolme või enama korteriga elamu
Arvutuste aluseks oleva(te) projekti(de) andmed	Ettevõte OÜ, arhitektuurne eelprojekt, töö nr ARH-120618, 12.06.18
Kasutatud metoodika (ruumipõhine/korteripõhine)	korteripõhine meetod
Modelleeritud ja simuleeritud ruumid	
Ruumide andmed	Elutuba 1: 33,6m², korter 43 Magamistuba 1: 14,2m², korter 43 Tuba 2: 10.6m², korter 43 Tuba 3: 10.1m², korter 43
Akende pindalad ja osakaal ruumi pindalast	Elutuba 1: 4.14 m² ; WFR=12% Magamistuba 1: 5,86m²; WFR=41% Tuba 2: 2.1 m² ;WFR=20% Tuba 3: 2.1 m² ;WFR=21%
Akende tehnilised andmed	Kõik aknad: klaaspaketi soojusläbivus U=1.1W/(m²K); päikeseläbivustegur g=0.51; otsese päikesekiirguse läbivustegur ST=0.42;

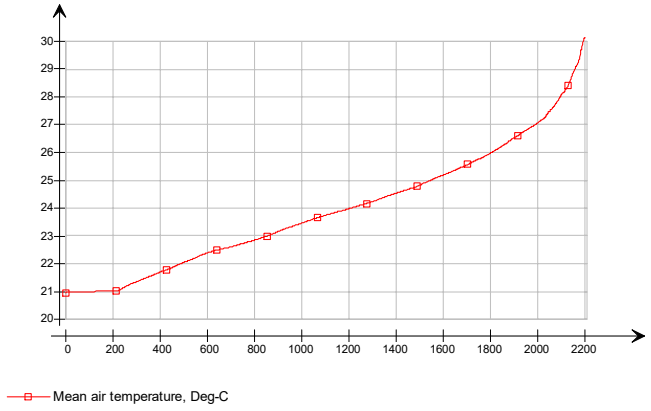
	nähtava valguse läbivustegur VT=0.72 aknad suletud					
Varjestuselemendid	Elutuba 1: väline ruloo*; magamistuba 1: rõdu; tuba 1: väline ruloo*; tuba2: väline ruloo* *väline tekstiilruloo ST=0.35; VT=0.37; automaatne juhtimine päikesekiirguse järgi					
Sisemised vabasoojused	tüüp	inimesed*	seadmed*	valgustus*	kasutusaste*	kasutusaeg
	korterelamu	3 W/m²	3 W/m²	8 W/m²	60%	7p 24h
	*kasutatud detailset kasutusprofiili					
Mudeli pilt						
Ruumitemperatuuri kestuskõverad	 Elutuba 1					



Magamistuba 1



Tuba 1



Tuba 2

Tulemused	Elutuba 1: 102 °Ch	≤150°Ch, nõue täidetud
	Magamistuba 1: 97 °Ch	≤150°Ch, nõue täidetud
	Tuba 1: 110 °Ch	≤150°Ch, nõue täidetud
	Tuba 2: 115 °Ch	≤150°Ch, nõue täidetud
Kuupäev	Arvutuste teostaja	Kutsetunnistus
12.07.18	Nimi Perenimi	Energiakasutuse modelleerija, tase 7, nr 111111