RENOVEERIMISE SUUNAMINE TOETUSE TEHNILISTE TINGIMUSTEGA

Alo Mikola

Liginullenergiahoonete uurimisrühm

alo.mikola@taltech.ee

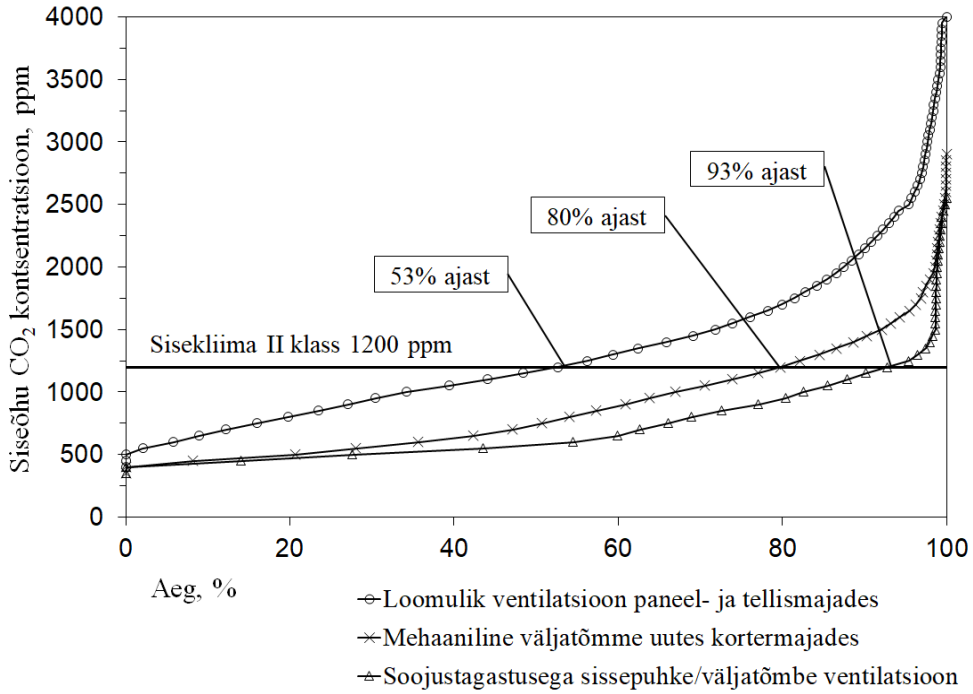
ETTEKANDE FOOKUS JA TEOSTATUD UURINGUD

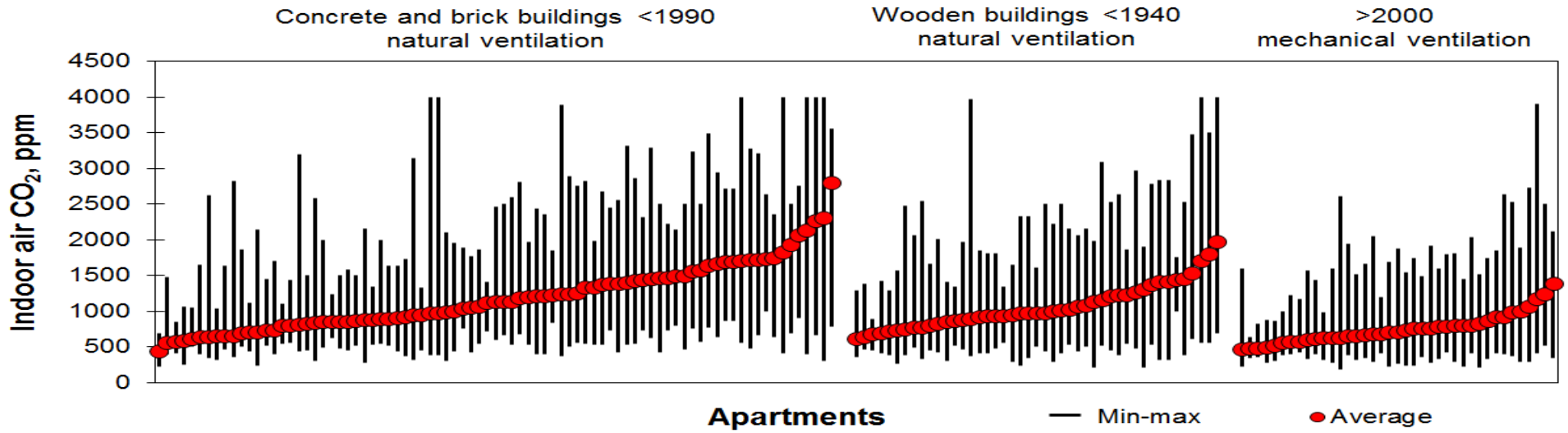
- Nõuded sisekliima parameetrite osas
  - Siseõhu temperatuur, saasteainete tase, õhuvahetus
- Nõuded tehnosüsteemide osas:
  - Nõuded kütte-ventilatsioonisüsteemidelele ja nende toimivusele
- Uue Kredex meetme nõuded (alates 12.04.2019)
  - Soojustagastite jäätumise vältimine
- Ettekandes ei käsitleta
  - Hoonete energiatõhususe nõuded
  - Üldehitustöödele ja fassaadide soojustamisele kehtestatud nõudeid
  - Muid nõudeid ja teisi hoone osasid
- Teostatud uuringud
  - Paneel-, tellis- ja puitkortermajade uuringute baasil (2008 - 2010)
  - I Renoveeritud kortermajade meetme analüüs (2013 - 2014)
  - II Renoveeritud kortermajade meetme analüüs (2016 - 2017)

TAL TECH

SISEÕHU CO_2 TASE JA ÕHUVAHETUS EESTI KORTERMAJADES

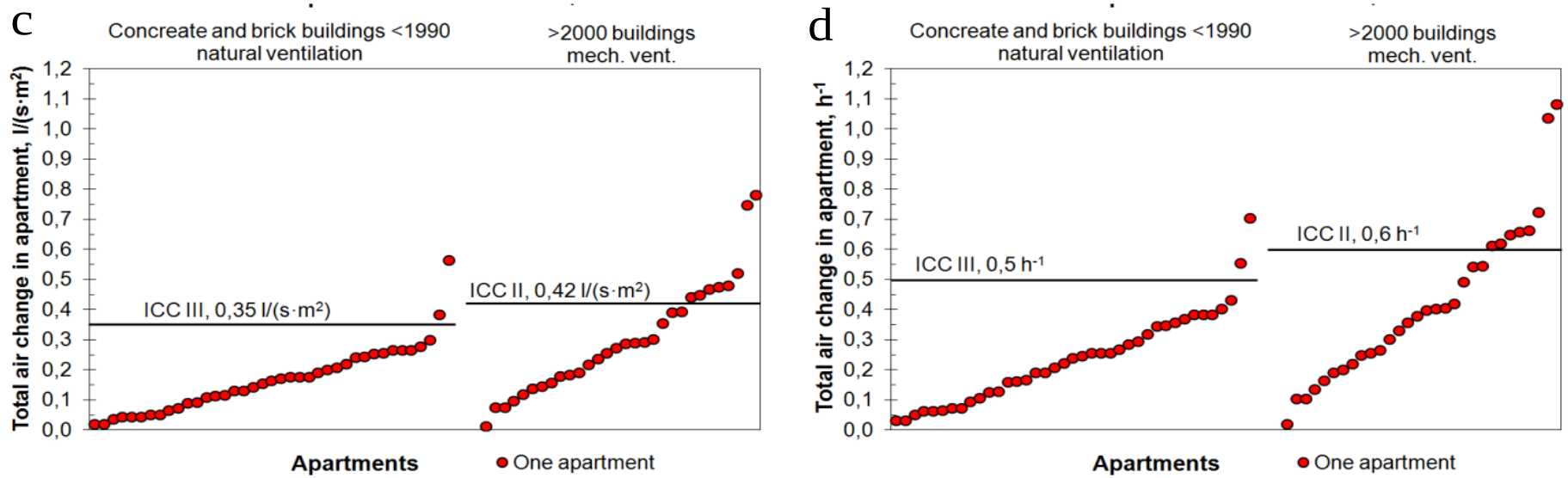
- Keskmine siseõhu CO_2 tase:
  - **1102ppm** kütteperioodil
  - **913ppm** suveperioodil
- Ventilatsiooni süsteem:
  - Loomulik ventilatsioon **1225ppm**,
  - Mehaaniline ventilatsioon (>2000) **788ppm**





OLEMASOLEV SISEKLIIMA OLUKORD

- Loomulik ventilatsioon: 0,24 h^{-1} (0.17 $l/(s \cdot m^2)$)
- Mehaaniline ventilatsioon: 0,42 h^{-1} (0.30 $l/(s \cdot m^2)$)
- Vastavus standardi EVS-EN 15251 nõuetele:
  - ICC III: 5 % vanadest korteritest
  - ICC II: 7 % uutest korteritest
- Oluline akende vahetuse mõju (võrdleme II klassi CO_2 tasemega):
  - Vanade akendega – vastab 36% korteritest; uute puhul - vastab ainult 20%



I MEETME SISEKLIIMA JA ÕHUVAHETUSE HINDAMISKRITEERIUMID

- Rekonstrueerimistööde teostamise tulemusel tuleb tagada hoones sisekliima vastavus standardi EVS-EN 15251 nõuetele
  - Siseõhu temperatuur: 18 – 25 ºC
  - Õhuvahetus elu- ja magamistubades 0,6 l/(s*m^2)
  - WC -7 l/s
  - Vannituba -10 l/s
  - Köök -14 l/s
- Rekonstrueerima korterelamu küttesüsteemi vähemalt korteripõhiselt reguleeritavana ja paigaldama radiaatoritele küttekulude **allokaatorid**. Termostaatseadmed peavad olema varustatud piirajatega, et temperatuur ei langeks alla 16 kraadi.
- 35% toetuse taseme puhul paigaldama soojatagastusega ventilatsioonisüsteemi, mis teenindab kõiki eluruume.

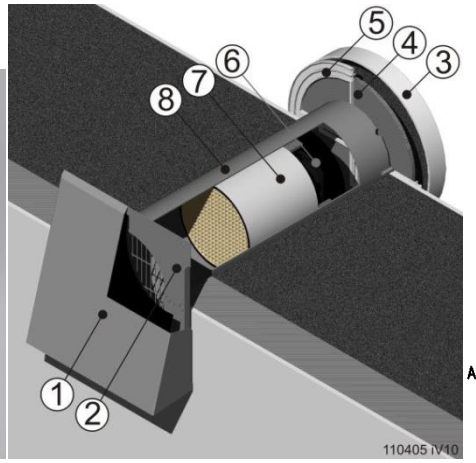
TAL TECH

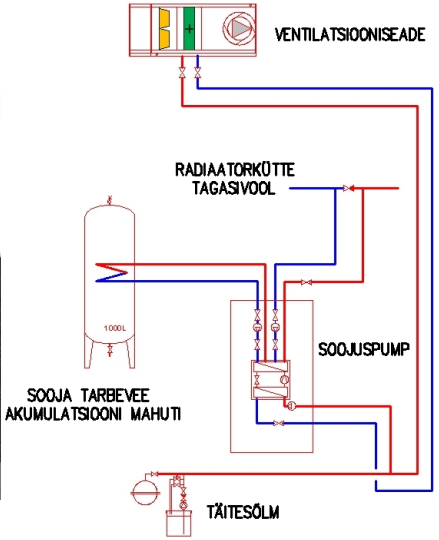
VENTILATSIOONI RENOVEERIMISLAHENDUSED

- Värskeõhuklappide paigaldamine, šahtide korrastamine
- Väljatõmbeõhu soojuspump koos värske õhu klappidega
- Ruumiagregaadid (enamasti olid WC, vannitubade, köökide väljatõmbesüsteemid lahendamata)
- Korteri või trepikoja põhine SP/VT ventilatsioon





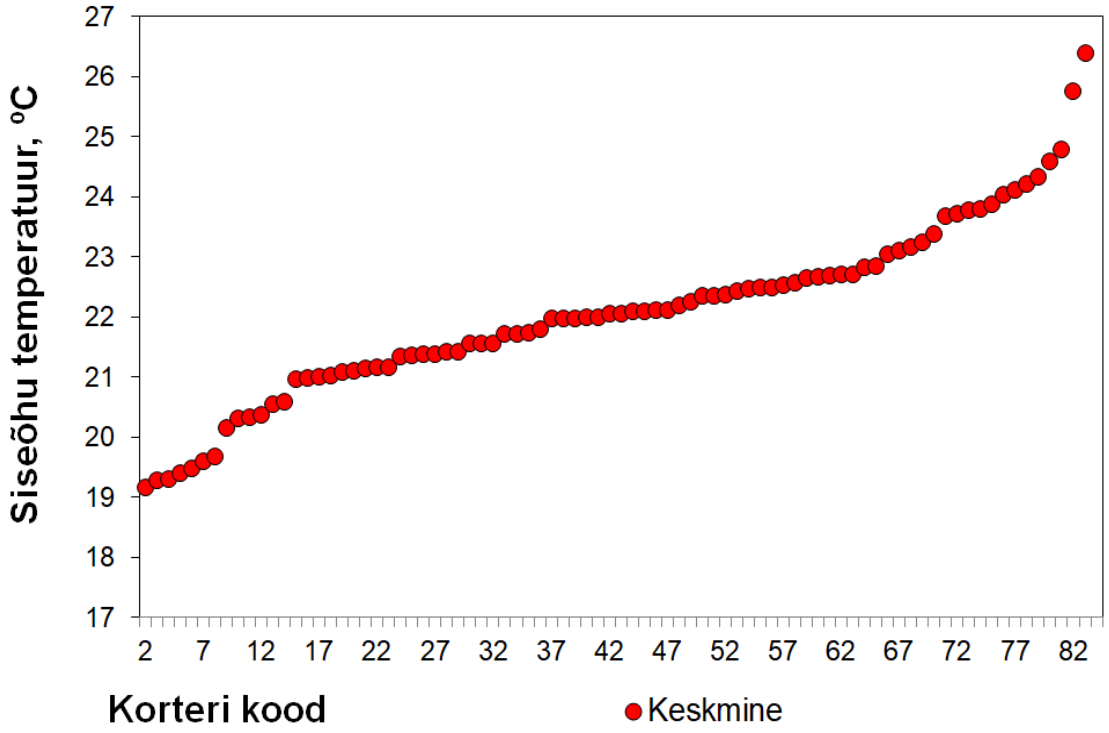




TAL TECH

SISEÕHU TEMPERATUUR

- Kõigi korterite kütteperioodi keskmine temperatuur - 22,5 °C
- Loomuliku ventilatsiooni-süsteem - 22,0 °C
- Loomuliku ventilatsioonisüsteem koos värskeõhu klappidega 23,0 °C
- Väljatõmbeõhu soojuspump-süsteem - 22,6 °C

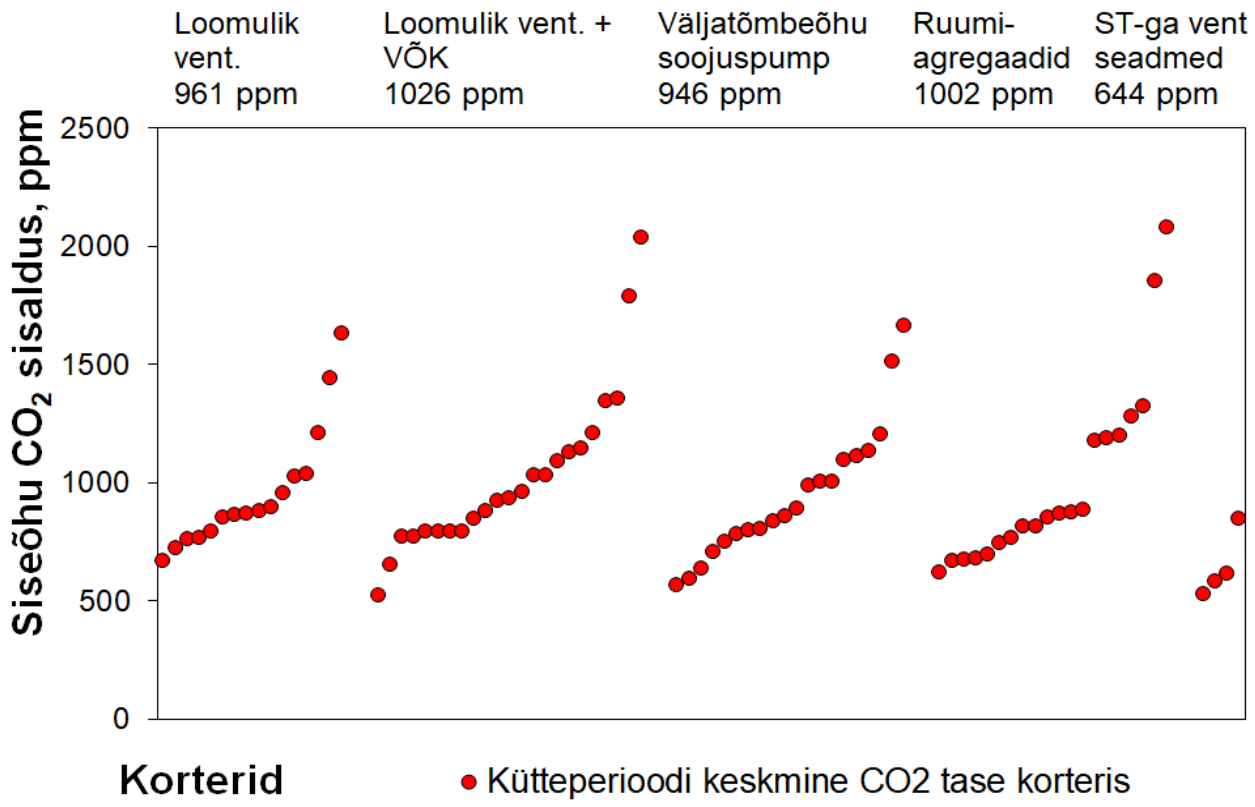


- Ruumipõhused vent. agregaadid - 22,4 °C
- Soojustagastusega SP/VT süsteem – 21,9 °C

TAL TECH

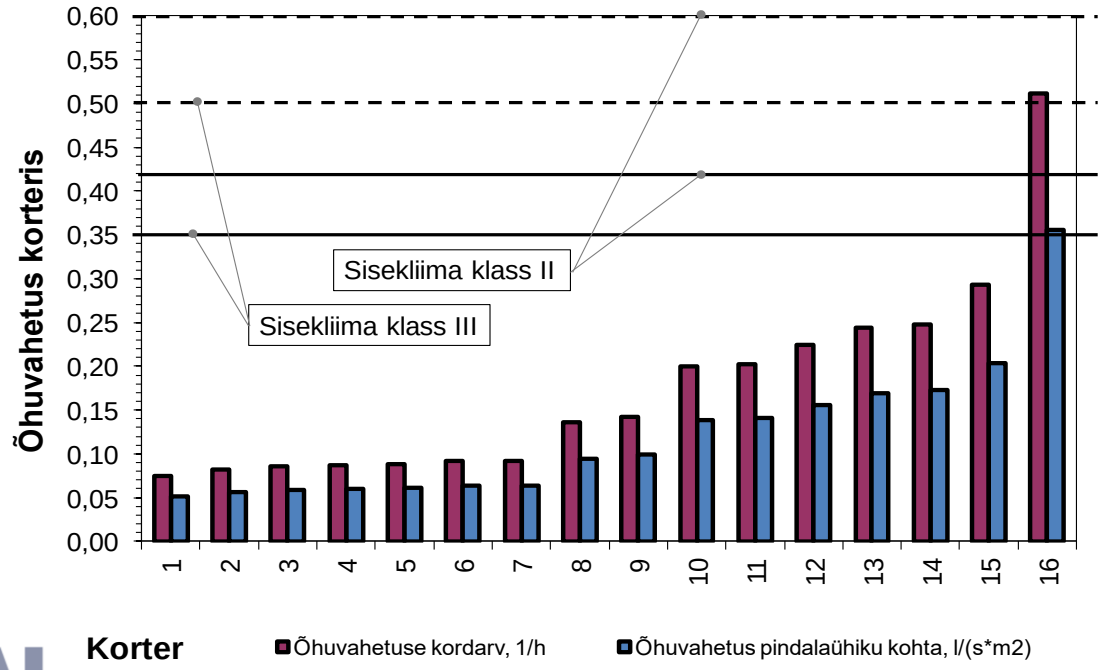
I MEETME ALUSEL RENOVEERITUD HOONETE UURINGU JÄRELDUSED

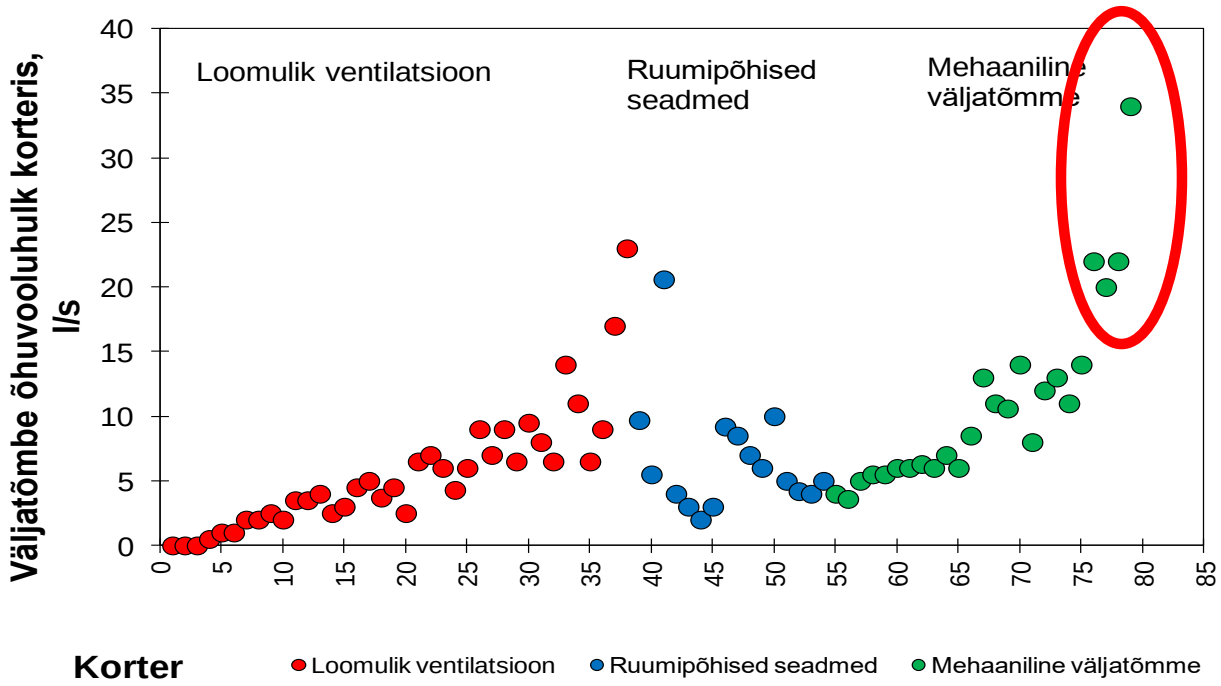
- III sisekliima klass oli uuritud hoonetes 5 % lubatud ületusega tagatud vaid 10 % uuritud hoonetest
- Ainsana oli siseõhu CO_2 tase rahuldaval tasemel tagatud trepikotta paigaldatud mehaanilise sissepuhke-väljatõmbe ventilatsiooniagregaadi korral



I MEETME ALUSEL RENOVEERITUD HOONETE UURINGU JÄRELDUSED

- Loomuliku ventilatsiooni korral on keskmine väljatõmbe õhuvooluhulk 5,6 l/s
- Ruumipõhiste seadmete korral on keskmine väljatõmbe õhuvooluhulk 6,7 l/s
- Mehaanilise ventilatsiooni korral on korterite keskmine väljatõmme 11,0 l/s





Mõõdetud õhuvahetus ruumipõhiste seadete puhul

I MEETME ALUSEL RENOVEERITUD HOONETE UURINGU JÄRELDUSED

- Õhuvooluhulgad olid tagatud vaid soojustagastusega ventilatsiooniseadme korral
- Ehituslikud väljatõmbešahtid ei ole õhutihedad
- Värskeõhu klappidega lahenduse korral (väljatõmbeõhu soojuspumpsüsteem) tekitavad need soojuslikku ebamugavustunnet ja need suletakse, mis vähendab õhuvahetust
- Kortermajade alumiste korruste puhul tuleb ruumipõhiste seadmete valikul arvestada alarõhuga, ülemistel korrustel ülerõhuga
- Alarõhu suurus oleneb hoone korruselisusest ja väljatõmbe õhuvooluhulgast ja võib ulatuda 20 – 30 Pa-ni
- Kui ruumis on alarõhk, siis ei ole sissepuhke ja väljatõmbe õhuvooluhulgad tasakaalus ja seadme kasutegur langeb
- WC, vannitoa ja köögi ventilatsioon oli lahendamata

TAL TECH

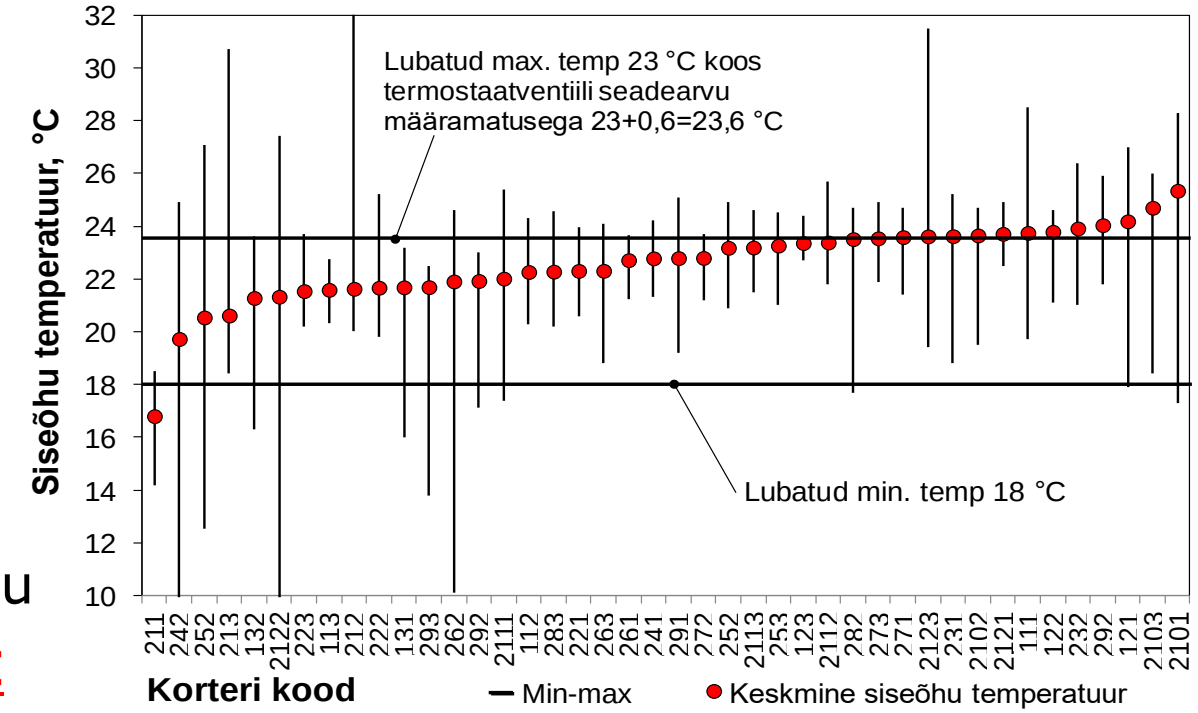
II MEETME SISEKLIIMA JA ÕHUVAHETUSE HINDAMISKRITEERIUMID

- Kütte- ja ventilatsioonisüsteemi mõõdistusprotokollide esitamise nõue
- Väljatõmbeõhu soojuspumpsüsteem peab olema koos värske õhu radiaatoritega
- Korterelamu keskküttesüsteem tuleb rekonstrueerida vähemalt korteripõhiselt reguleeritavana ja radiaatoritele tuleb paigaldada piirajatega varustatud termostaatventiilid (reguleerimisvahemik 18–23 °C)
- Korterites peab olema pidev ventilatsioon õhuvahetuskordsusega > 0,5 h^{-1}
- Sissepuhke või -võetavad välisõhu vooluhulgad peavad olema vähemalt 10 l/s magamis- ja elutubades müratasemel mitte üle 25 dB(A)
- Väljatõmbe õhuvooluhulgad:
  - ühetoaliste korterite pesuruumis peavad olema vähemalt 10 l/s ja köögis 6 l/s
  - kahetoaliste korterite pesuruumis vähemalt 15 l/s ja köögis 8 l/s
  - kolme- ja enamatoaliste korterite WC-s vähemalt 10 l/s , pesuruumis 15 l/s ja köögis 8 l/s.
- EVS-EN 15251 II sisekliima klassi piirväärtused, näiteks CO_2 tase 1200 ppm-i

TAL TECH

SISETEMPERATUUR

- Kõigi korterite mõõteperioodi keskmine temperatuur oli 22,6 °C
- Soojustagastusega SP/VT ventilatsioonisüsteemi puhul on kõikide mõõdetud korterite siseõhu temperatuuri keskväärtus 22,3 °C

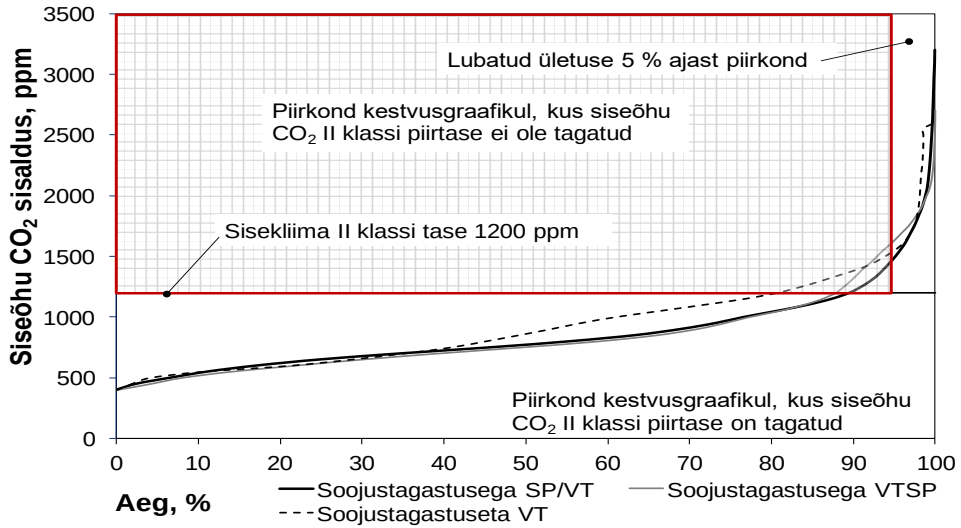


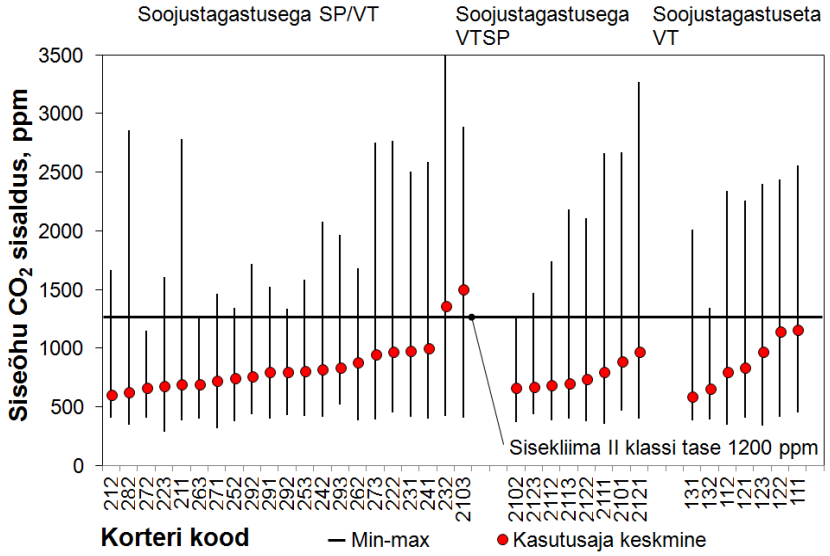
- Soojustagastusega väljatõmbeõhu soojuspumbaga hoonete keskväärtus on 23,3 °C
- Soojustagastuseta VT süsteemiga hoonete keskmine siseõhu temperatuur on 22,7 °C
- Siseõhu temperatuur oli ettenähtud vahemikus 18,0...23,6 °C kõigi korterite magamistubade keskmisena 72 % mõõteperioodi ajast
- Mõlema meetme uuringute baasil saab öelda, et sisetemperatuur > 21 °C

TAL TECH

SISEÕHU CO_2 SISALDUS

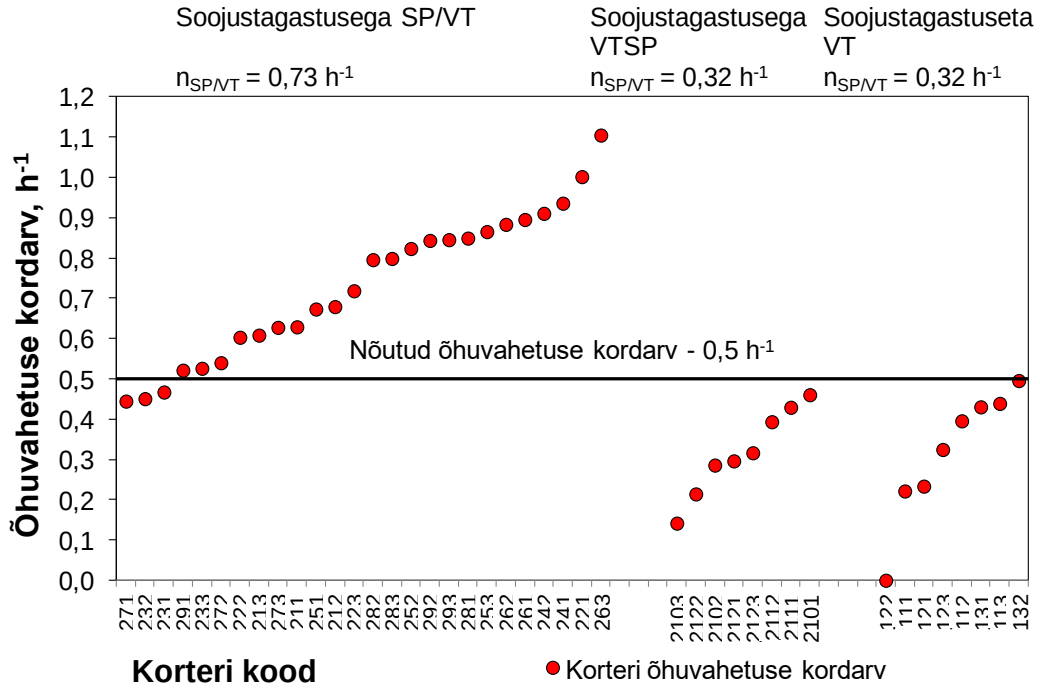
- Keskmine CO_2-sisaldus:
  - Kõigi mõõdetud korterite keskmine 837 ppm
  - mehaanilise sissepuhke-väljatõmbe ventilatsiooni korral 850 ppm
  - väljatõmbeõhu soojuspumbaga süsteemi puhul 764 ppm
  - soojustagastuseta mehaanilise väljatõmbeventilatsiooni 878 ppm.
- Magamistubade CO_2-sisaldus vasta II klassi (1200 ppm) nõuetele:
  - Kõigis mõõdetus korterites kokku 89 % kasutusajast
  - Soojustagastusega SP/VT ventilatsiooni korral 90 % ajast
  - Soojustagastusega VTSP süsteemi puhul 88 % ajast
  - soojustagastuseta mehaanilise VT puhul 86 % ajast

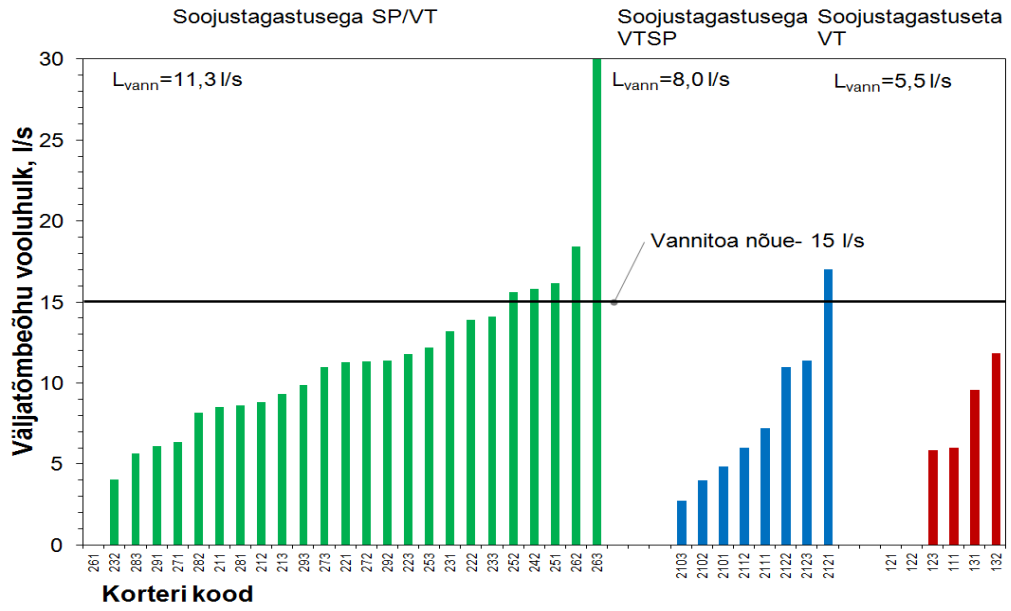




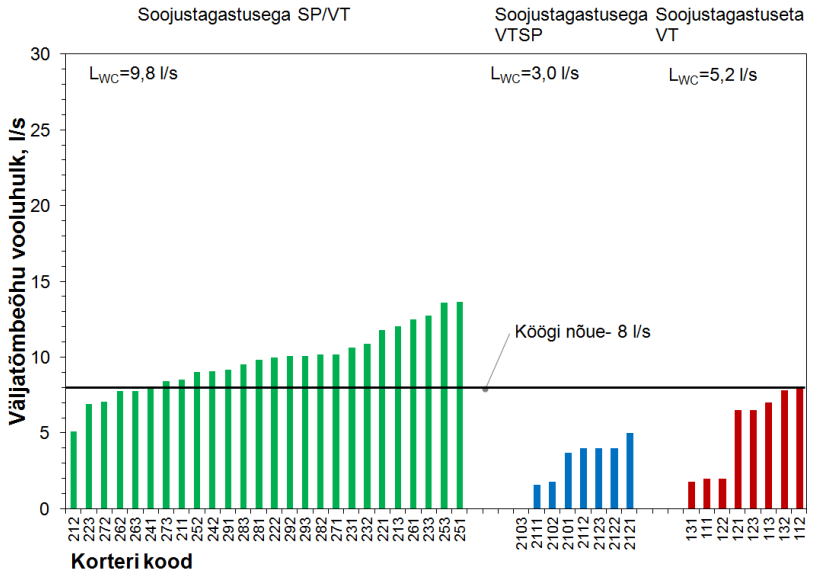
MÕÕDETUD ÕHUVAHETUS

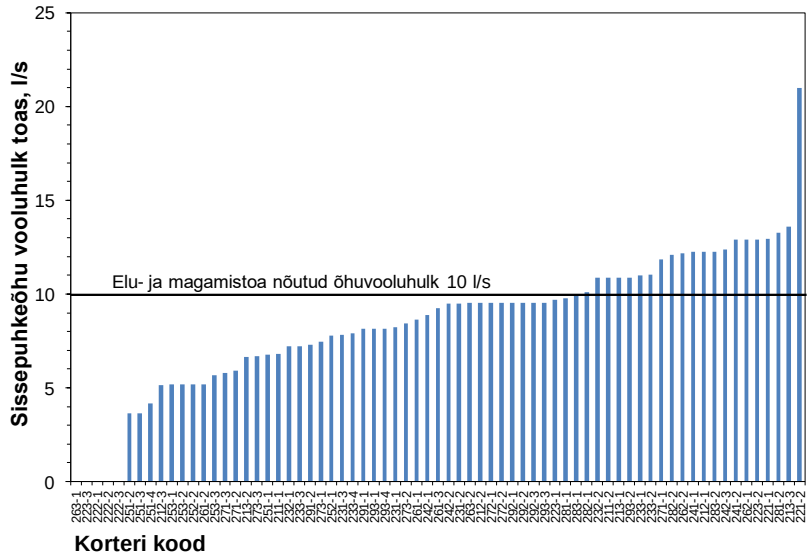
- Vastavalt mõõdistusprotokollidele on kõigis korterites projektikohane õhuvahetus tagatud
- Korterite õhuvooluhulgad on mõõdetud kasutusaegses olukorras
- Kõikide korterite keskmine õhuvahetuse kordarv on 0,57 h^{-1}
- Korteri keskmine õhuvahetuse kordarv:
  - Soojustagastusega SP/VT korral 0,73 h^{-1}
  - soojuspumpsüsteemi korral 0,32 h^{-1}
  - mehaanilise VT süsteemi puhul 0,32 h^{-1}
- SP/VT ventilatsioonisüsteemi puhul on ruumide mõõdetud õhuvahetus üle 2x suurem





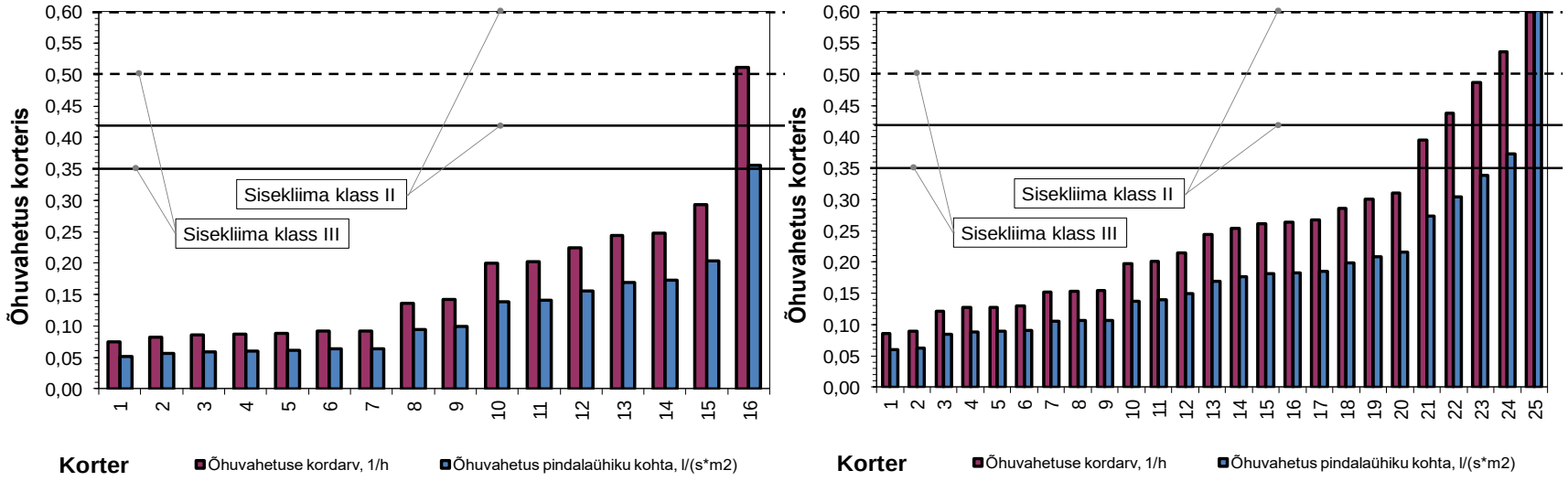
SISSEPUHKE JA VÄLJATÕMBE ÕHUVOOLUHULGAD





- Keskmised väljatõmbeõhuvooluhulgad köökidest:
  - Soojustagastusega SP/VT - 9,8 l/s
  - Soojustagastusega VTSP - 3,0 l/s
  - Soojustagastuseta VT 5,2 l/s.
- Elu- ja magamistubade keskmine sissepuhke õhuvooluhulk oli 9 l/s
- Arvestades õhuvooluhulkade mõõtemääramatust, vastas õhuvahetus toodud piirväärtusele 61% korteritest
- Keskmine õhuvahetus inimese kohta oli 6 l/(s*inimese kohta)

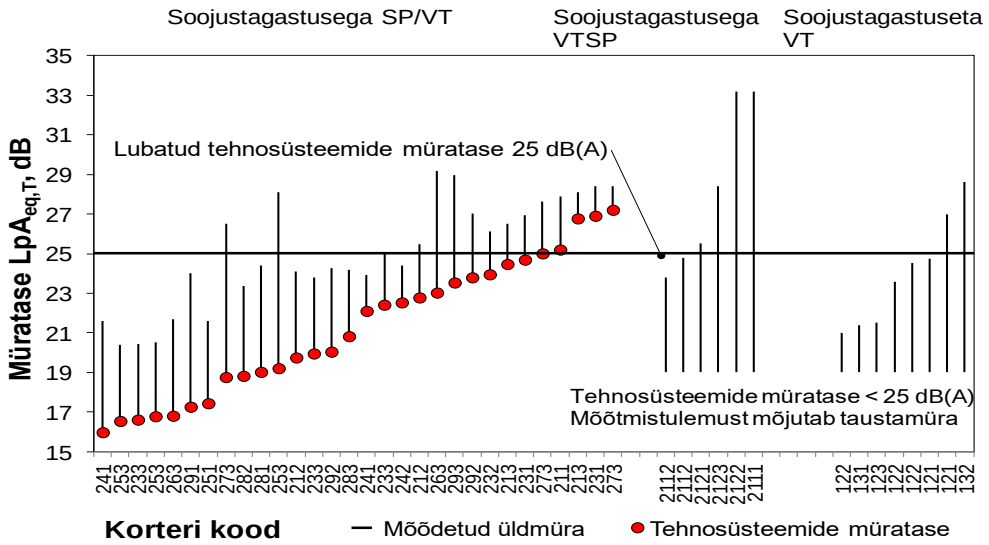
EELMISE UURINGU AEGNE TASE

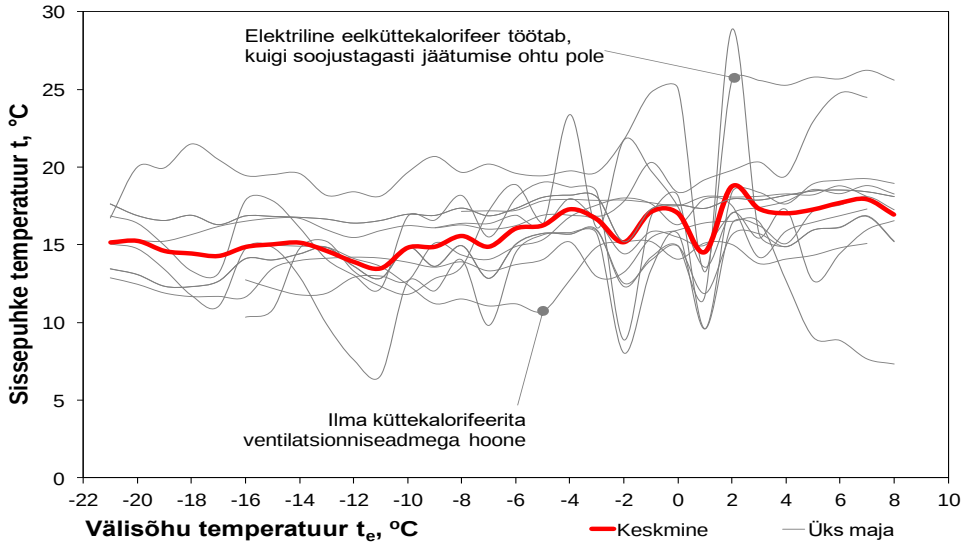


- Korteri keskmine õhuvahetuse kordarv (MEEDE II):
  - soojustagastusega SP/VT korral 0,73 h^{-1}
  - soojuspumpsüsteemi korral 0,32 h^{-1}
  - mehaanilise VT süsteemi puhul 0,32 h^{-1}
- Korteri keskmine õhuvahetuse kordarv (MEEDE I):
  - loomuliku ventilatsioonisüsteemi korral 0,08 h^{-1}
  - ruumipõhiste regeneratiivse soojustagastiga seadmete korral 0,18 h^{-1}
  - mehaanilise VT süsteemi puhul 0,27 h^{-1}

TAL TECH

TEHNOSÜSTEEMIDE MÜRATASE JA SISSEPUHKETEMPERATUUR





- Magamis- ja elutubade tehnosüsteemide ekvivalentsed müratasemed LpA,$_{eq,T}$ ei tohi ületada 25 dB(A)
- Tehnosüsteemide lubatud ekvivalentne müratase (<25 dB(A)) oli tagatud 83 % mõõdetud elu- või magamistubadest
- Sissepuhketemperatuuride analüüsimisel selgub, et temperatuurid varieeruvad vahemikus 5 °C kuni 25 °C
- Madalad temperatuurid on eelkõige põhjustatud vastuvoolu plaatsoojustagastite jäätumisest ja küttekalorifeeride puudumisest

TAL TECH

III MEETME NÕUDED

- Enamus nõudeid samad, mis II meetmes
- Tõhusa kaugküttevõrguga, mis töötab aasta läbi, ühendatud korterelamu rekonstrueerimisel on väljatõmbeõhu soojuspumba kasutamine lubatud viie või enama korrusega korterelamutes
- Kasutama ilma elektrilise eelküttekalorifeerita ventilatsiooniseadmeid
- Sissepuhke-väljatõmbe ventilatsiooniseadmetel peab olema järelküttekalorifeer, mis võimaldab tagada sissepuhketemperatuuri 18 °C
- Õhuvooluhulkade erisus kogu korteri õhuvahetuse kordarvule (>0,5 h^{-1}) kehtib kuni 20% korteritest

TAL TECH

SOOJUSTAGASTI JÄÄTUMISE VÄLTIMINE

- Plaatsoojustagasti jäätumise vältimiseks on 2 põhimõttelist lahendust:
  - Jäätumise vältimine (palju erinevaid võimalusi, mis parameetri alusel)
  - Härma läinud soojustagasti sulatamine (üldiselt täpsem, aga võib vajada suuremat kalorifeeri küttevõimsust)
  - Näited: Soojustagasti kasuteguriga 85%, VT õhk 21 °C, SP 18 °C
  - **Näide 1:** Eel- ja järelkütte kalorifeerid, soojustagasti jäätumist välditakse eelkütte kalorifeeriga soojendades välisõhu -4 °C. Lisaks on seadmel järelkütte-kalorifeer. Aastane **kasutegur 93%.**
  - Sissepuhkeõhu soojendamise kogu vajadusest eelküttekalorifeer 75% ja järelküttekalorifeer ainult 25%
  - **Näide 2:** Ainult eelkütte kalorifeer, sissepuhkeõhku soojendatakse vastavalt vajadusele eelkütte kalorifeeriga, mis väldib ka soojustagasti jäätumist. Aastane **kasutegur 84%.**
- Elektrilise eelküttekalorifeeri kasutamine võib koos vigase/lihtsustatud juhtautomaatika ning vale seadistuse korral suurendada oluliselt hoone energiatarbimist

TAL TECH

SOOJUSTAGASTI JÄÄTUMISE VÄLTIMINE

- Mida madalam on väljatõmbeõhu suhteline niiskus, seda kõrgema välisõhu temperatuuri juures algab jäätumisoht (samas minimaalne lubatud heitõhu temp. on madalama RH puhul ka madalam)
  - Näiteks vastuvoolu plaatsoojustagasti (kasutegur 84% ja arvutuslik välisõhk -21 °C) väljatõmbeõhu parameetritel 21°C ja 15 % RH jäätumisprobleemi algus välisõhu temperatuuril -11 °C ja minimaalne heitõhu temperatuur 1,6 °C
  - Kui VT RH on 30%, siis jäätub VÕ temperatuuril -4 °C, samas minimaalne heitõhu temp. 4,3 °C (kõige problemaatilisem on RH vahemik 25 – 35%)
  - Kui VT RH on 40%, siis jäätub VÕ temperatuuril -7 °C, samas minimaalne heitõhu temp. 6 °C
- Antud soojustagasti jäätumise vältimise või härmatise sulatamise aegne kasutegur ca 45% (kõigi näidete puhul)
- Igal juhul tuleb mingi jäätumise vältimise või sulatamise lahendus ette näha ja välja ehitada. Vastasel juhul külma ilmaga ventilatsioon seisab.

TAL TECH

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, Tel 620 2002 (E-R 8.30–17.00)

taltech.ee