

**TAL
TECH**

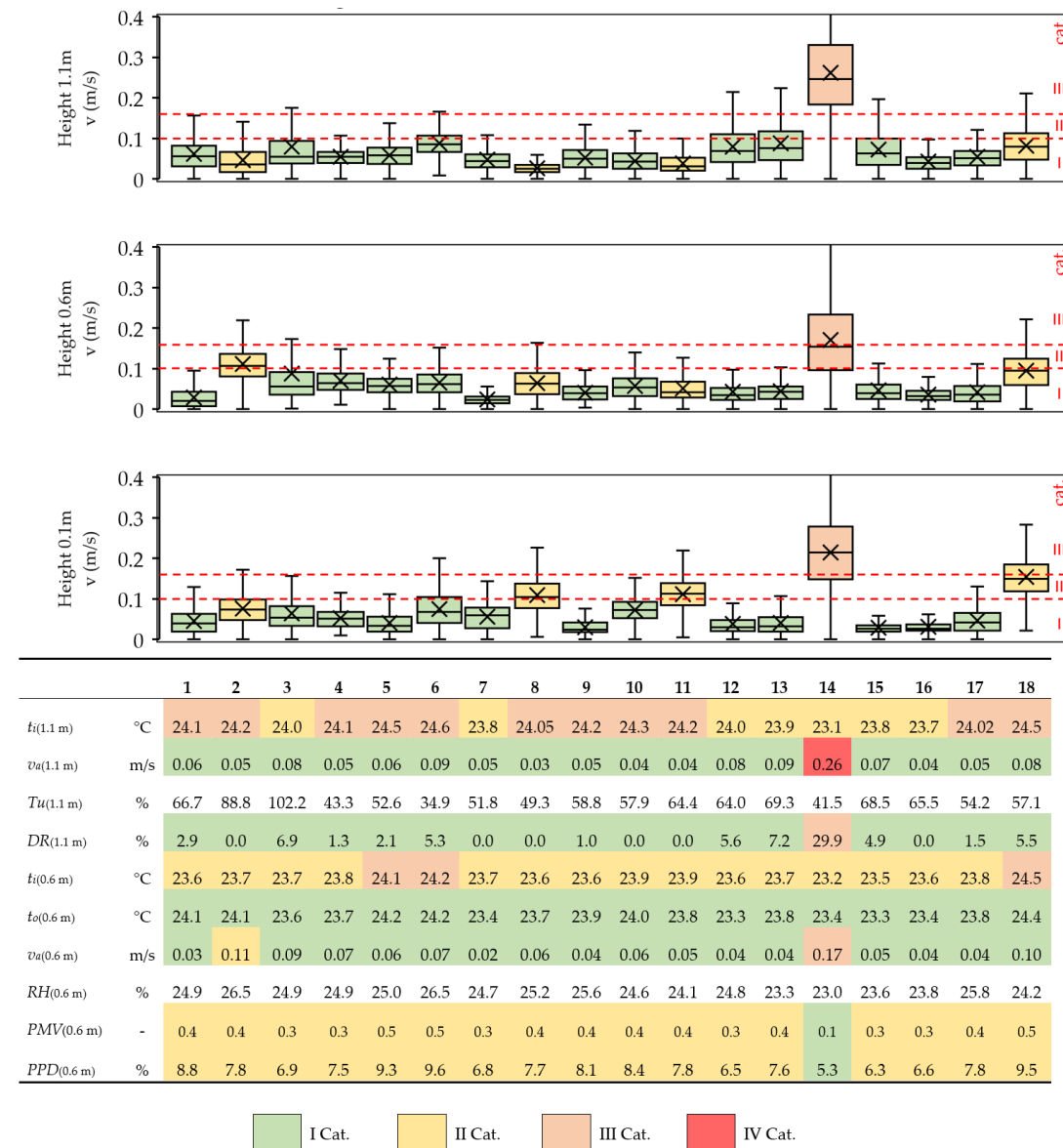
MIKS BÜROOHOONETES ON TALVEL SOOJEM KUI SUVEL?

PhD tudeng Martin Kiil
Liginullenergiahoonete uurimisrühm
Ehituse ja arhitektuuri instituut

03.11.2022

TAUST

- Soojusliku mugavuse (tõmbus ja siseõhutemperatuur) pistelised mõõtmised büroohoonetes.
- Talvel soovituslikust kõrgemad siseõhutemperatuurid ja rahulolu.
- Tõmbuse kompenseerimine sissepuhke õhutemperatuuri arvelt?
- Aastapikkune periood kahes uuritud hoones.
- Kütte-, ülemineku- ja jahutusperioodi eristamine.
- Riietuse soojustakistuse mõju kütteperioodil?
- Arvutuslikust väiksem riietuse soojustakistus.



Joonis 1. Soojusliku mugavuse pisteliste mõõtmiste tulemuste näidis.

TEOSTATUD PISTELISED MÕÕTMISED (2019)

Büroohooned:

Hoone A – aktiivjahutustalad avatud laes + radiaatorid

Hoone B – TABS (termoaktiveeritud konstruktsioonid)

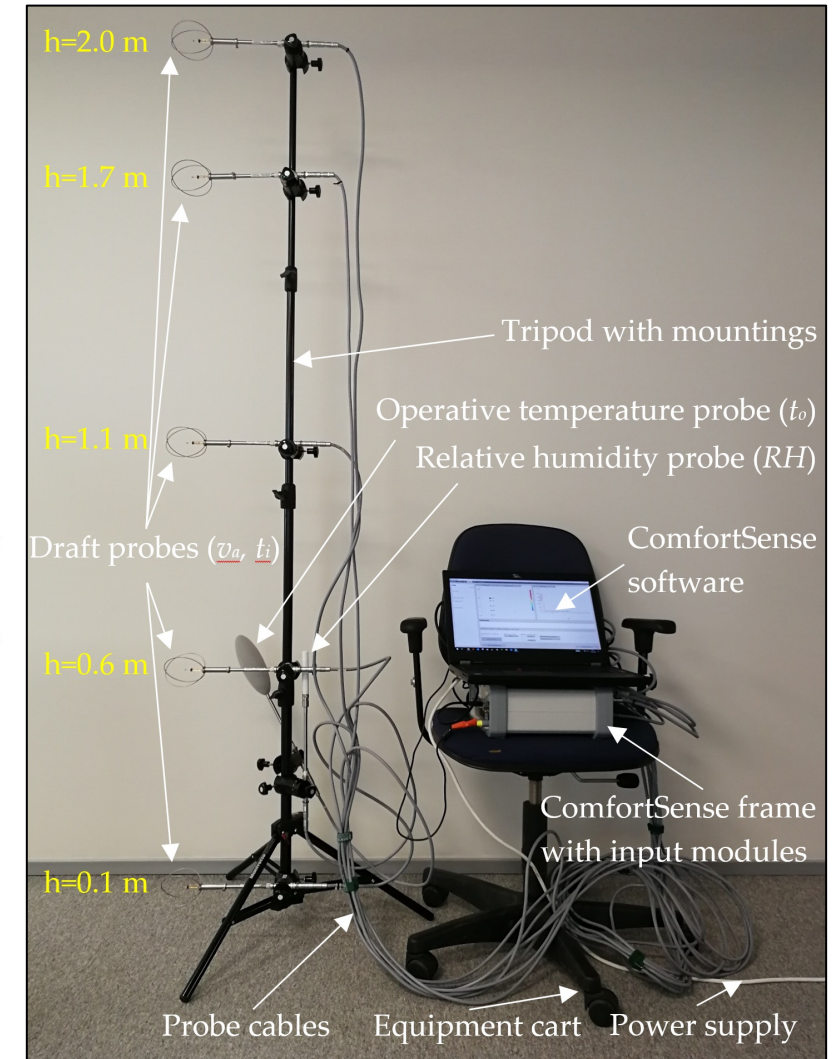
Hoone C – 4-toru aktiivtalad ripplaes

Hoone D – 4-toru kiirgupaneelid avatud laes

Hoone E – freoonipõhised ventilaatorkonvektorid ripplaes + el.radiaatorid

Mõõteseadmed:

	54T33 Draft Probe	54T37 Relative Humidity Probe	54T38 Operative Temperature Probe
Image			
Range	0.05–5 m/s –20 °C to +80 °C	0–100 %	0 to +45 °C
Accuracy	±0.02 m/s ±0.2 K	+1.5 %	±0.2 K

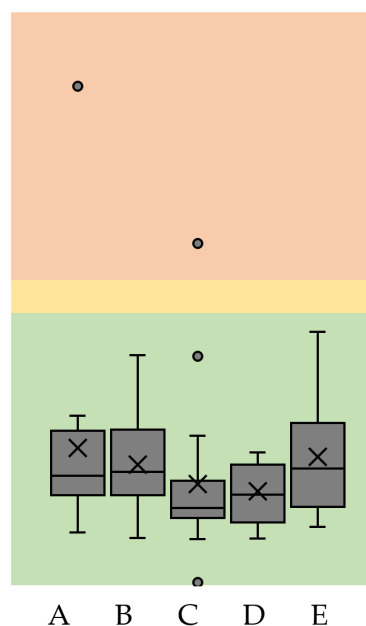
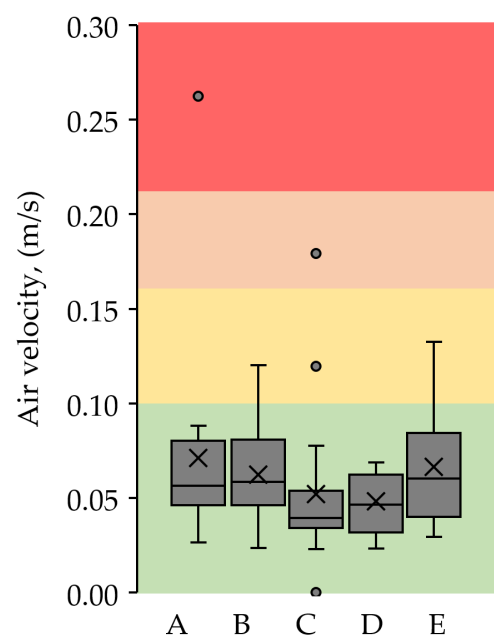


PISTELISED MÕÕTMISED – ÕHU LIIKUMISKIIRUS

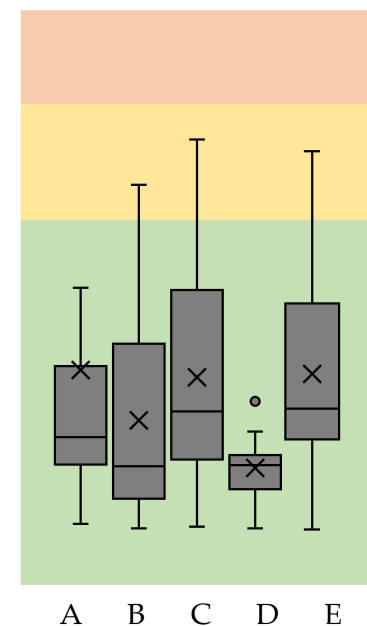
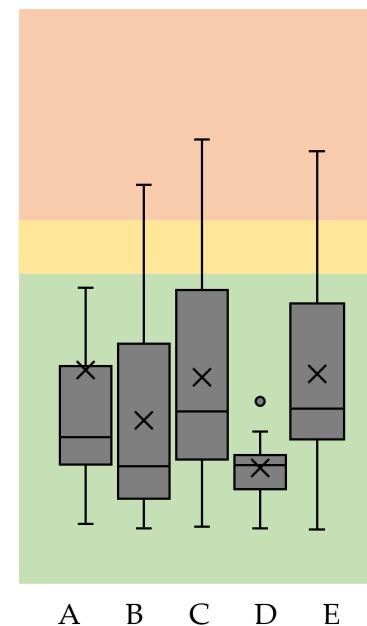
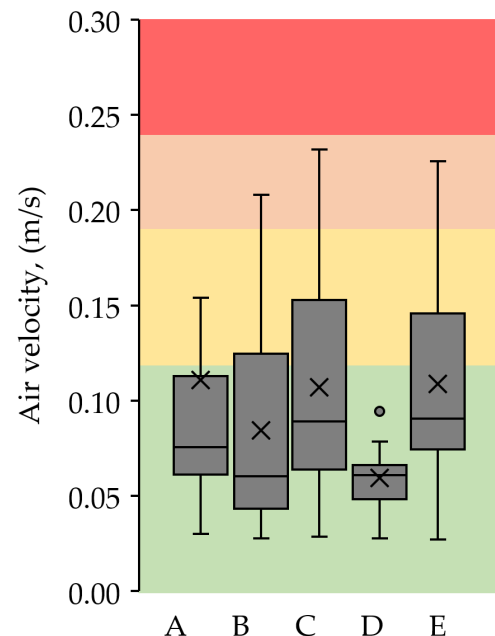
EN 16798-1:2019

	DR (Draught Rate) [%]	Maximum air velocity ^a		DR (tõmbus- indeks)	Maksimaalne õhu kiirus töö- ja õpikeskkonnas	
		Winter [m/s]	summer [m/s]		Talv [m/s]	Suvi [m/s]
Category I	10	0,10	0,12 ^c	15	0,14	0,16 ^b /0,19 ^c
Category II	20	0,16	0,19 ^c	20	0,16	0,19 ^b /0,25 ^c
Category III	30	0,21	0,24 ^c	30		

EVS-EN 16798-1:2019+NA:2019



Joonis 2. Kütteperioodi õhu liikumiskiirused vastavalt EN 16798-1 (vasakul) ja rahvuslik lisa NA (paremal).



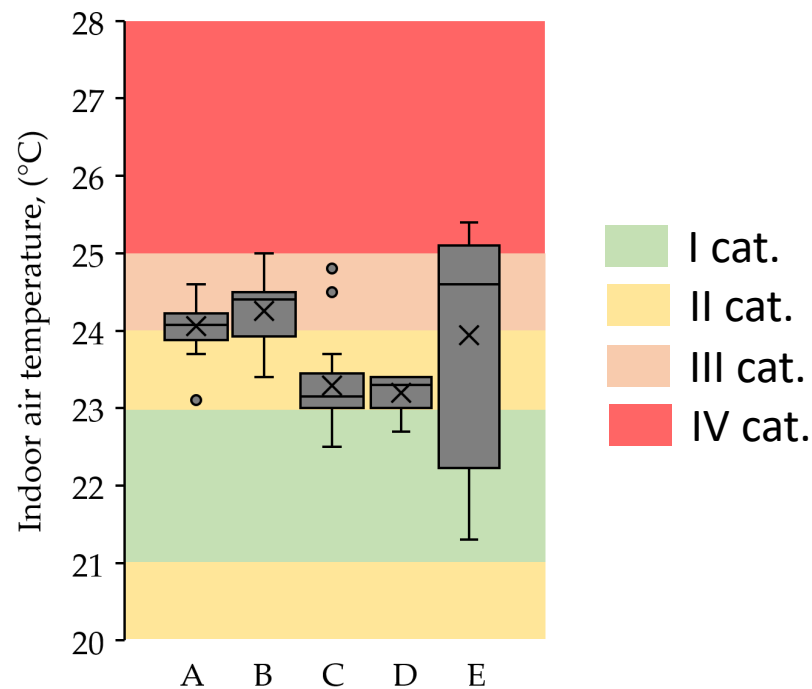
Joonis 3. Jahutusperioodi õhu liikumiskiirused vastavalt EN 16798-1 (vasakul) ja rahvuslik lisa NA (paremal). (Keskel jahutusperioodil, ilma jahutusega olukorras vastavalt NA)

SISEÕHUTEMPERATUUR

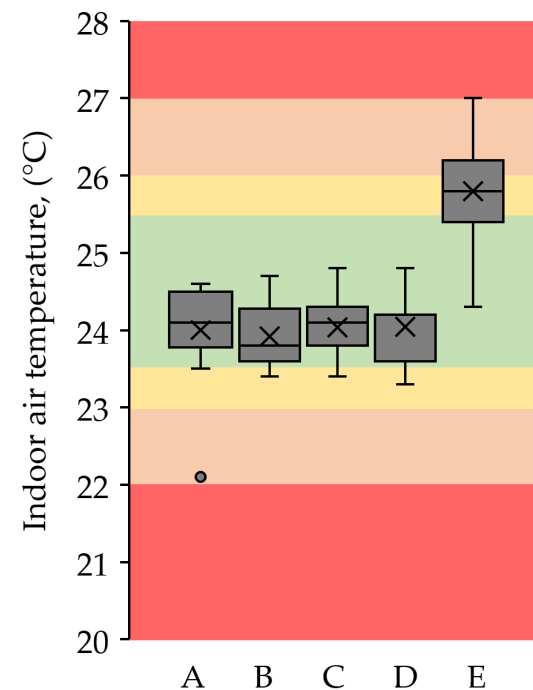
Table B.5 — Temperature ranges for hourly calculation of cooling and heating energy in three categories of indoor environment

Type of building or space	Category	Temperature range for heating seasons, °C Clothing approximately 1,0 clo	Temperature range for cooling seasons, °C Clothing approximately 0,5 clo
Residential buildings, living spaces (bed room's, kitchens, living rooms etc.) Sedentary activity ~1,2 met	I	21,0 – 25,0	23,5 – 25,5
	II	20,0–25,0	23,0 – 26,0
	III	18,0– 25,0	22,0 – 27,0
	IV	17,0–25,0	21,0 – 28,0
Residential buildings, other spaces (utility rooms, storages etc.) Standing-walking activity ~1,5 met	I	18,0–25,0	
	II	16,0–25,0	
	III	14,0–25,0	
Offices and spaces with similar activity (single offices, open plan offices, conference rooms, auditoria, cafeteria, restaurants, class rooms) Sedentary activity ~1,2 met	I	21,0 – 23,0	23,5 – 25,5
	II	20,0 – 24,0	23,0 – 26,0
	III	19,0 – 25,0	22,0 – 27,0
	IV	17,0–25,0	21,0 – 28,0
During the between heating and cooling seasons (with Θ_{rm} between 10 and 15) temperature limits that lie in between the winter and summer values may be used. Air velocity is assumed < 0,1 m/s and RH~40% for heating season and 60% for cooling season.			

PISTELISED MÕÕTMISED - SISEÕHUTEMPERATUUR



Joonis 4. Kütteperioodi pisteliste siseõhutemperatuuri mõõtmistulemuste vastavus sisekliima kategooriatele.



Joonis 5. Jahutusperioodi pisteliste siseõhutemperatuuri mõõtmistulemuste vastavus sisekliima kategooriatele.

SISSEPUHKE ÕHUTEMPERATUUR

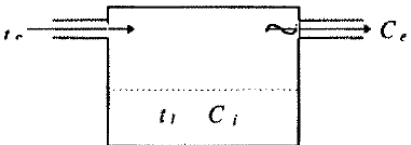
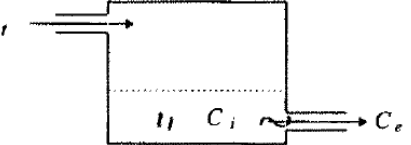
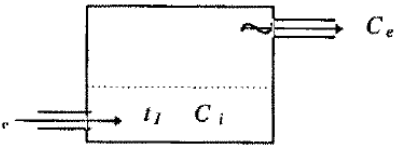
Rehva Guidebook 05 Chilled Beam

Table 4.3 Recommended design values for chilled beam system.

	Cooling	Heating
Supply air		
Specific primary air flow rate of active beam	5...15 l/s,m	5...15 l/s,m
Supply air temperature	18...20°C	19...21°C
Pressure drop of active beam	30...120 Pa	30...120 Pa
Room air		
Reference air temperature (air into the beam): active beam	Room air temp.	Room air temp. + 0...2°C
Reference air temperature (air into the beam): passive beam	Room air temp. + 0...2°C	—

CR 1752:1998

Table F.1 — Examples of ventilation effectiveness in the breathing zone of spaces ventilated in different ways

Mixing ventilation		Mixing ventilation		Displacement ventilation	
					
Temperature difference between supply air and air in breathing zone $t_s - t_i$ °C	Ventilation effectiveness	Temperature difference between supply air and air in breathing zone $t_s - t_i$ °C	Ventilation effectiveness	Temperature difference between supply air and air in breathing zone $t_s - t_i$ °C	Ventilation effectiveness
< 0	0,9 — 1,0	< -5	0,9	< 0	1,2 — 1,4
0 — 2	0,9	-5 — 0	0,9 — 1,0	0 — 2	0,7 — 0,9
2 — 5	0,8	> 0	1,0	> 2	0,2 — 0,7
> 5	0,4 - 0,7				

Rusikareegel:
 $\text{sizeõhk} \geq \text{sissepuhe}$

TEOSTATUD SISEÕHU- JA SISSEPUHKE TEMPERATUURI MÕÕTMISED (2019)

Büroohooned:

Hoone C – 4-toru aktiivtalad ripplaes

Hoone E – freoonipõhised ventilaatorkonvektorid ripplaes

Mõõteseadmed:

	HOBO Data Logger U12-013	HLS 44 Room Controller	Duct temperature sensor NTC5k
Image			
Range	-20 °C to +70 °C	0 to +50 °C	-30 to +80 °C
Accuracy	±0.35 K	±0.5 K	±0.5 K

JOOKSEV KESKMINE VÄLISÕHUTEMPERATUUR

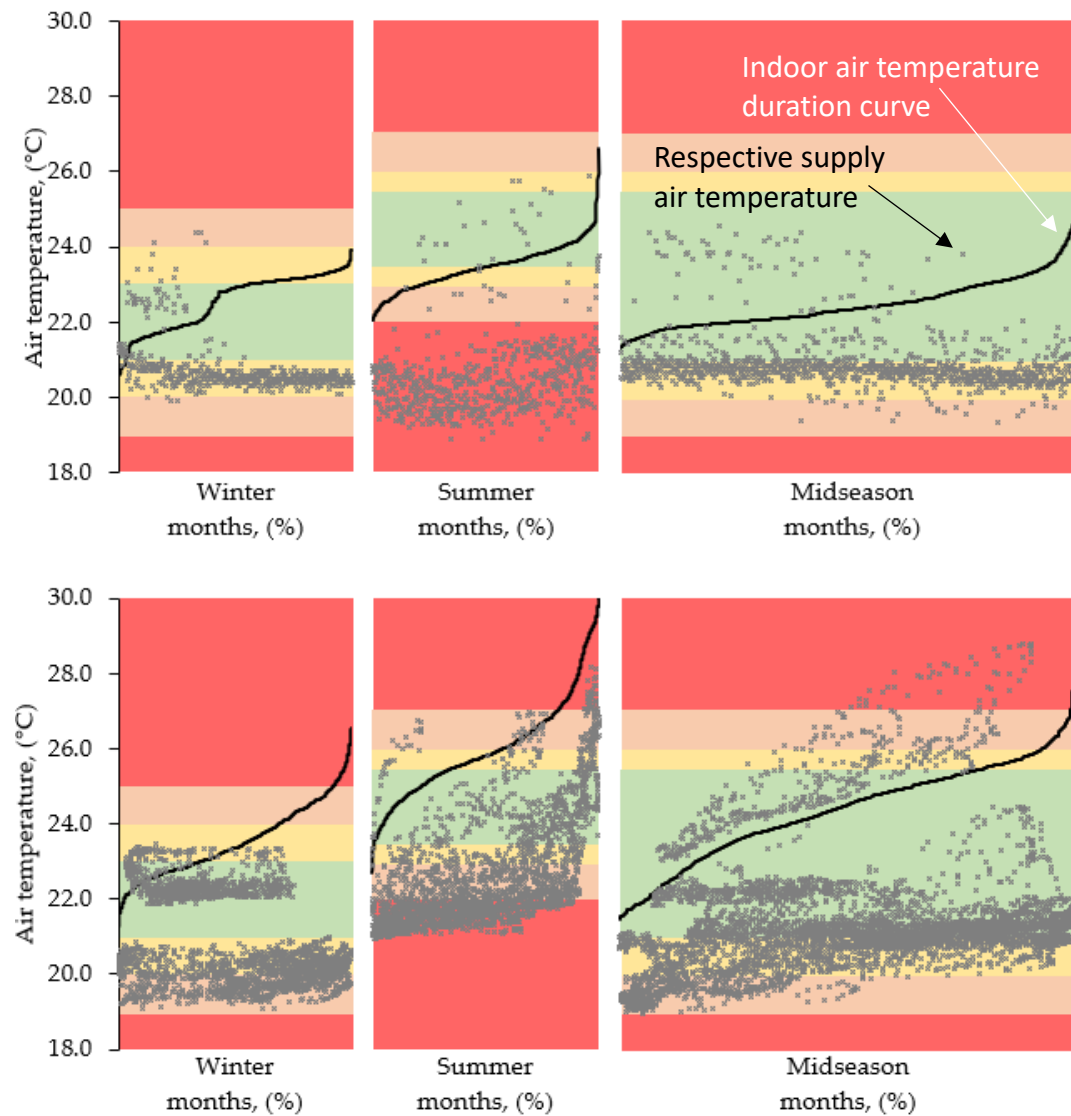
EN 16798-1:2019

During between the heating and cooling seasons (with θ_{rm} between around 10 and 15 °C), adjusted upper and lower temperature limits may be used that lie in between the winter and summer values mentioned in Table B.5.

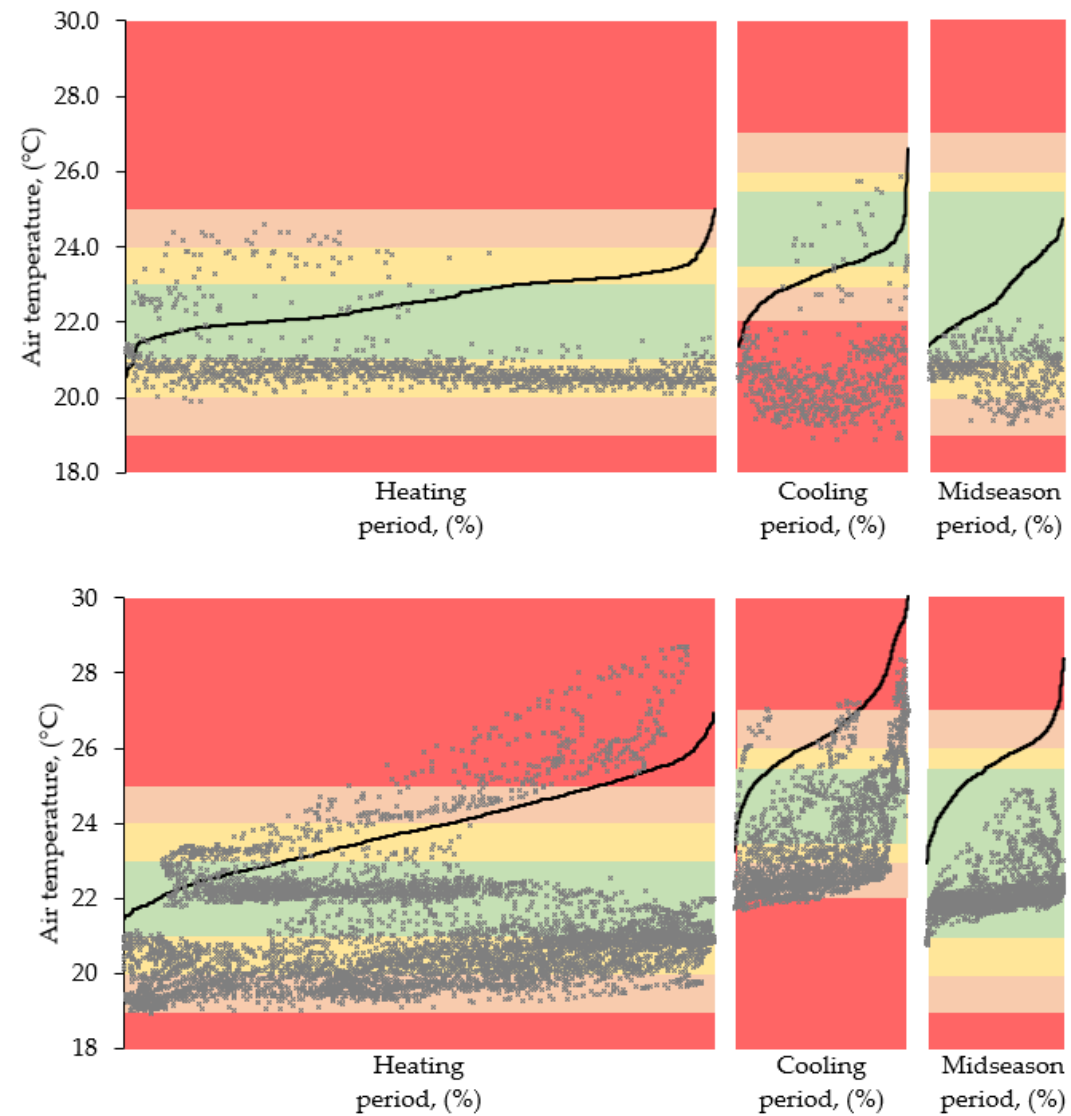
$$\theta_m = (\theta_{ed-1} + 0,8 \theta_{ed-2} + 0,6 \theta_{ed-3} + 0,5 \theta_{ed-4} + 0,4 \theta_{ed-5} + 0,3 \theta_{ed-6} + 0,2 \theta_{ed-7}) / 3,8$$

Harku	10/15 °C	12/17°C
Kütteperiood	61,1%	66,3%
Jahutusperiood	19,4%	23,1%
Üleminekuperiood	19,5%	10,6%

EVS-EN 16798-1:2019
EVS-EN 16798-1:2019+NA:2019



Joonis 6. Hoone C (üleväl) ja E (all) siseõhu- ja sissepuhke õhutemperatuur kalendrikuudel.



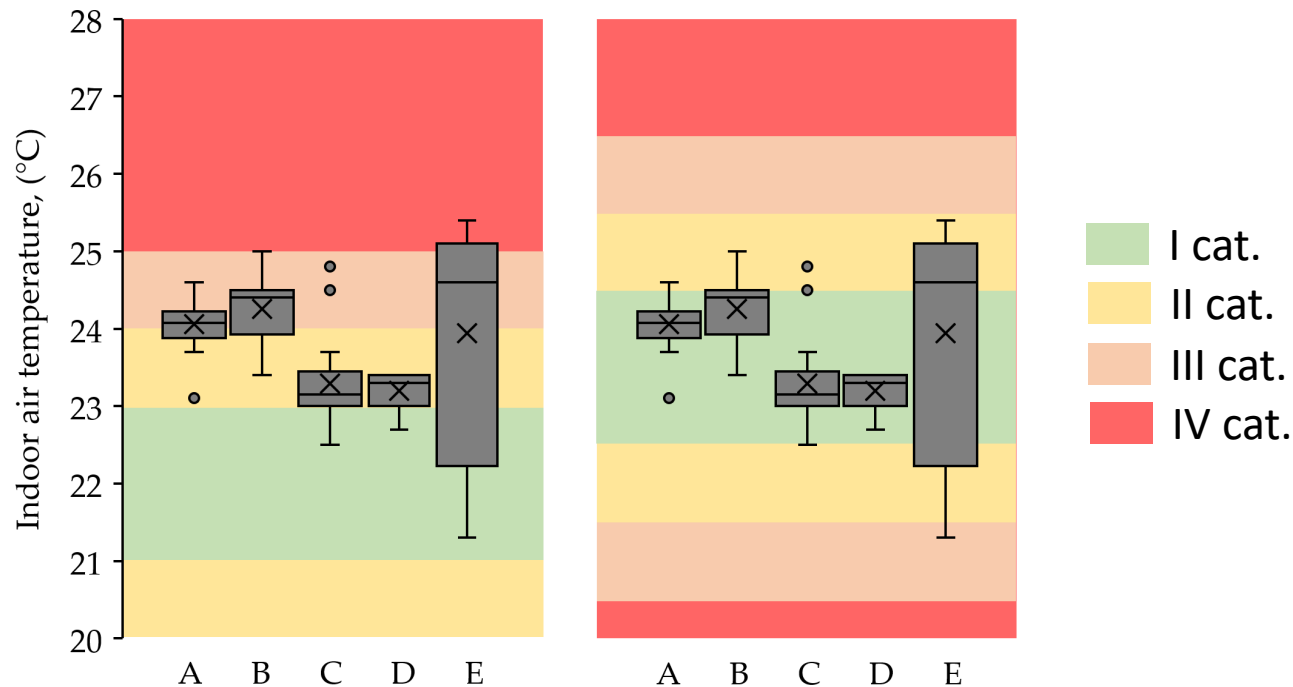
Joonis 7. Hoone C (üleväl) ja E (all) siseõhu- ja sissepuhke õhutemperatuur kütte-, jahutuse- ja ülemineku perioodil.

SISEÕHUTEMPERATUURIVAHEMIKUD SÕLTUVALT RIIETUSE SOOJUSTAKISTUSEST (CLO)

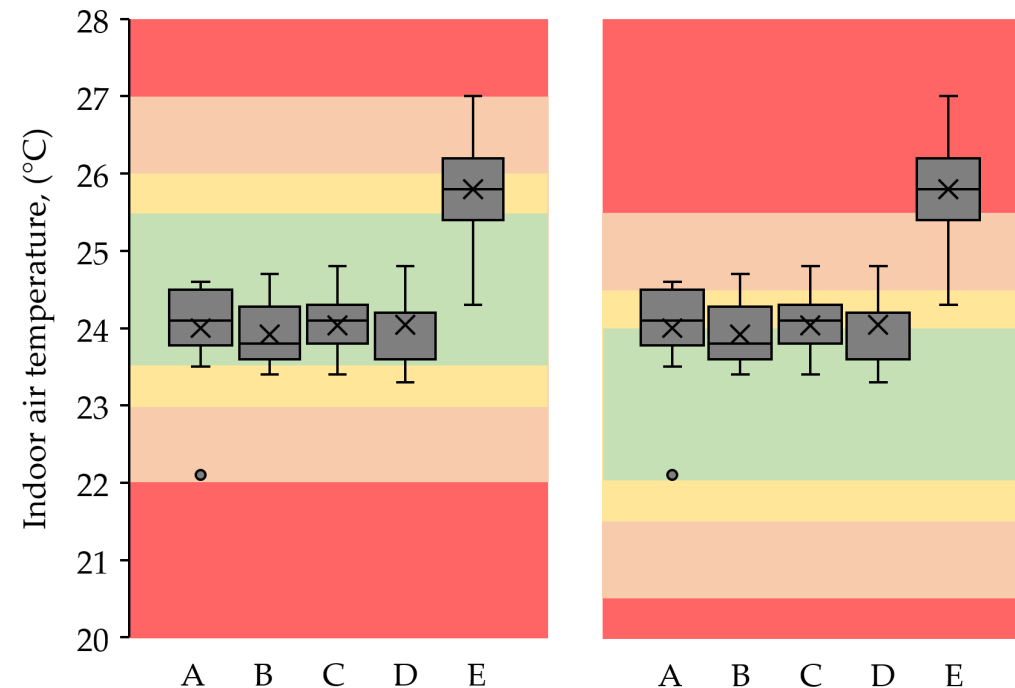
Kütteperiood			Jahutusperiood			
21.0-23.0	20.0-24.0	19.0-25.0	23.5-25.5	23.0-26.0	22.0-27.0	I cat.
22.5-24.5	21.5-25.5	20.5-26.5	22.0-24.0	21.5-24.5	20.5-25.5	II cat.
(22.9-24.5)	(21.7-25.6)	(21.1-26.4)	(22.4-23.9)	(21.3-25.1)	(20.5-25.8)	III cat.
1.0 clo -> 0.7 clo			0.5 clo -> 0.7 clo			

During the between heating and cooling seasons (with Θ_{rm} between 10 and 15) temperature limits that lie in between the winter and summer values may be used. Air velocity is assumed < 0,1 m/s and RH~40% for heating season and 60% for cooling season.

PISTELISED MÕÕTMISED - SISEÕHUTEMPERATUUR



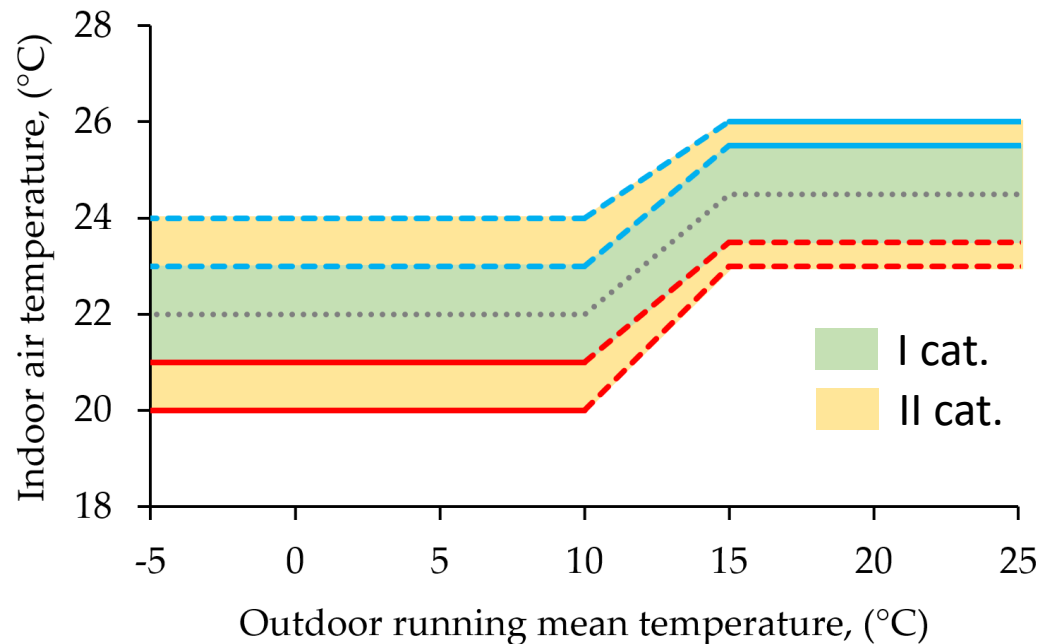
Joonis 10. Kütteperioodi pisteliste siseõhutemperatuuri mõõtmistulemuste vastavus sisekliima kategooriatele standardijärgse (EN 16798-1:2019, 1.0 clo, vasakul) ja kohandatud (0.7 clo, paremal) riietuse soojustakistusega.



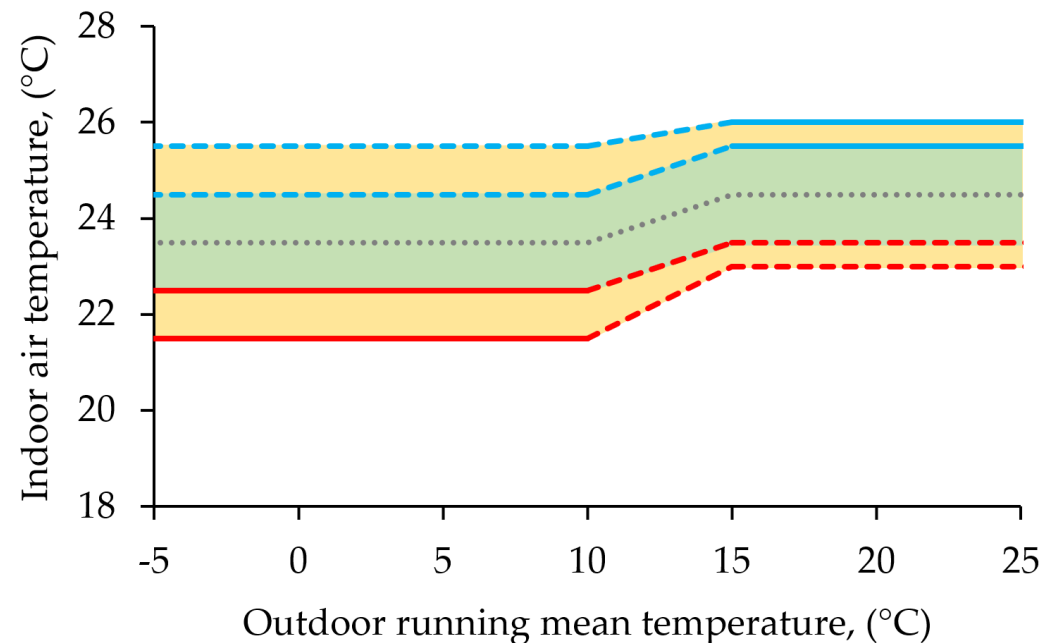
Joonis 11. Jahutusperioodi pisteliste siseõhutemperatuuri mõõtmistulemuste vastavus sisekliima kategooriatele standardijärgse (EN 16798-1:2019, 0.5 clo, vasakul) ja kohandatud (0.7 clo, paremal) riietuse soojustakistusega.

KOKKUVÕTE

- Talvised pistelised soojusliku mugavuse mõõtmised büroohoonetes näitasid soovituslikust soojemaid siseõhutemperatuure ja kasutajate rahulolu.
- Talvise arvutusliku c/o väärtuse alandamine vajab täiendavat uurimist.
- Suvised arvutusliku c/o suurendamine ei parandanud pisteliste mõõtmistulemuste sisekliima klassidele vastavust.
- Sisekliima tagamise süsteemide juhtimine büroohoones?



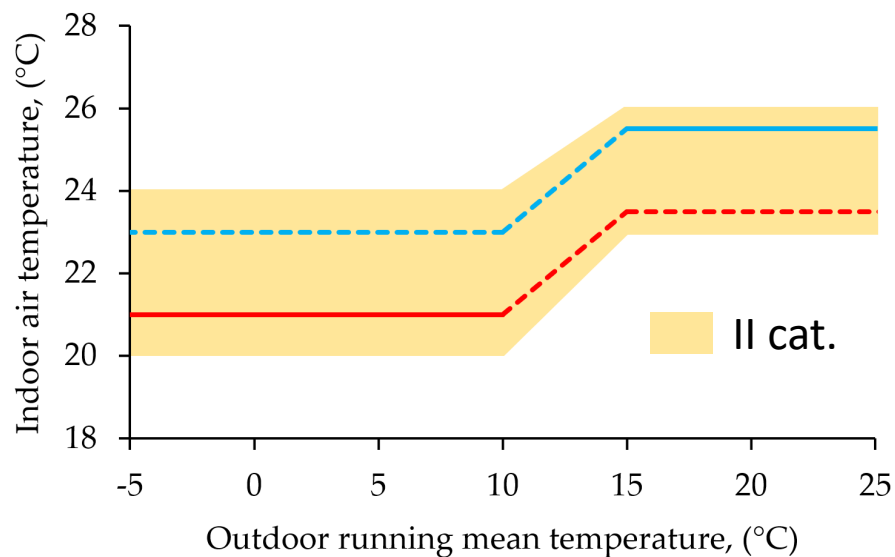
Joonis 12. Standardipõhiste c/o väärtustega siseõhu-temperatuuri seadesuurused.



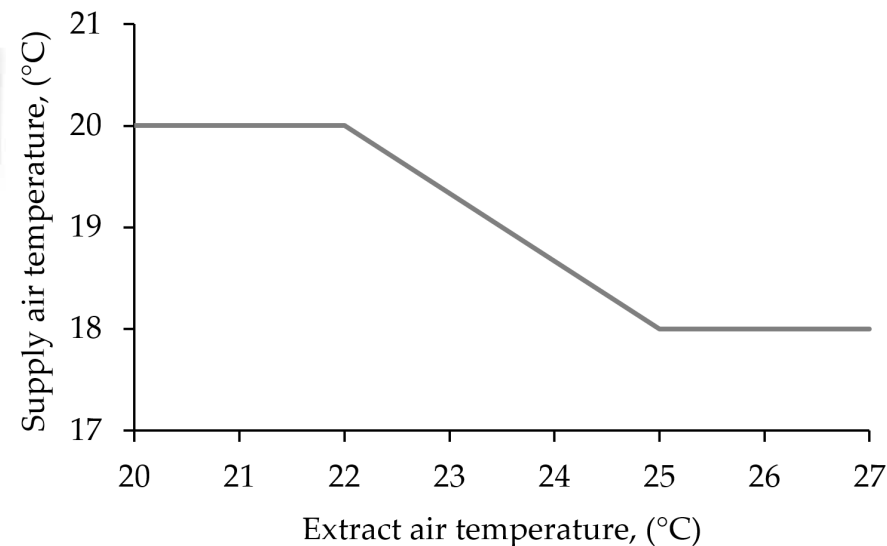
Joonis 13. Kohandatud kütteperioodi c/o väärtustega seadesuurused.

SISEKLIIMA TAGAMISE SÜSTEEMIDE JUHTIMINE BÜROOHOONES

- Eksponentsiaalselt kaalutud päevase välisõhutemperatuuri jooksev keskmine.
- Siseõhutemperatuurile 3 seadesuurust küttele- ja jahutusele.
- Sissepuhke õhutemperatuur vastavalt väljatõmbe õhutemperatuurile.



Joonis 14. Siseõhutemperatuuri juhtimine jooksva keskmise välisõhutemperatuuri järgi.



Joonis 15. Sissepuhke õhutemperatuuri juhtimine väljatõmbe õhutemperatuuri järgi.



TAL TECH

TÄNAN!