



Elamute niiskuskoormuse mudelid niiskuslisa, niiskustoodangu ja ventilatsiooni kaudu

Simo Ilomets

Lektor, PhD

Tallinna Tehnikaülikool

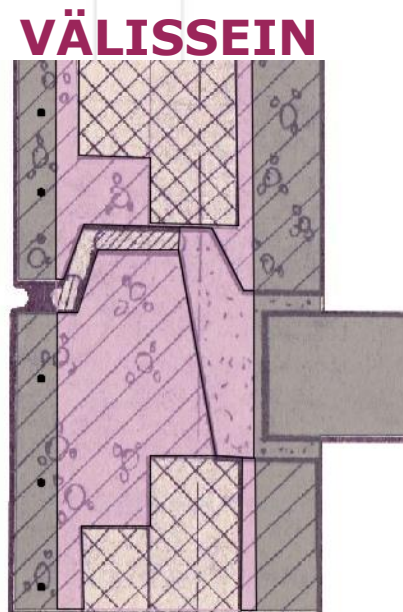
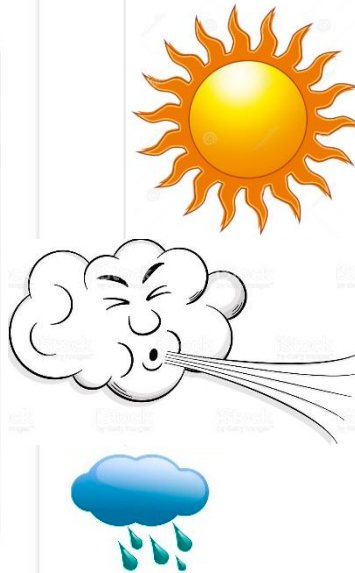
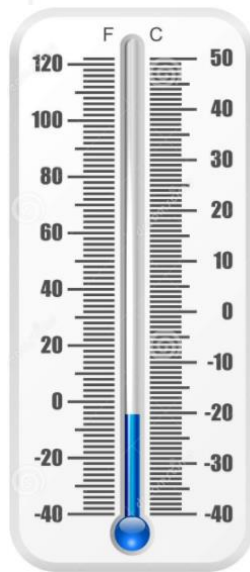
26.04.2018 Teadmistepõhine ehitus





Miks niiskuskormuste mudeleid vaja on?

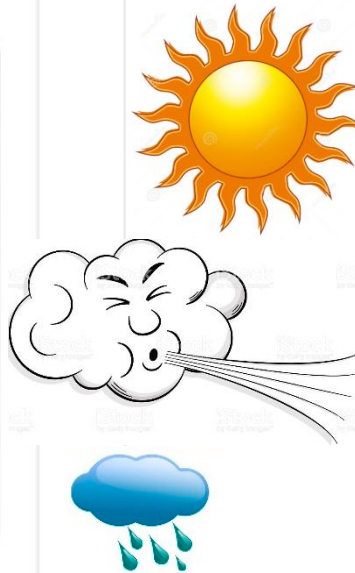
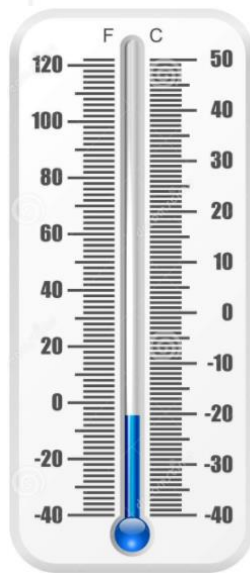
- Hoone piirdetarinditele mõjuvad (ehitusfüüsikalised) kliimakoormused:
 - **Välimised** (temperatuur, niiskus, otsene ja hajus päikesekiirgus, vihm, tuul, jms)



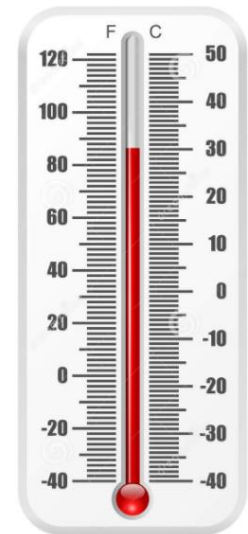
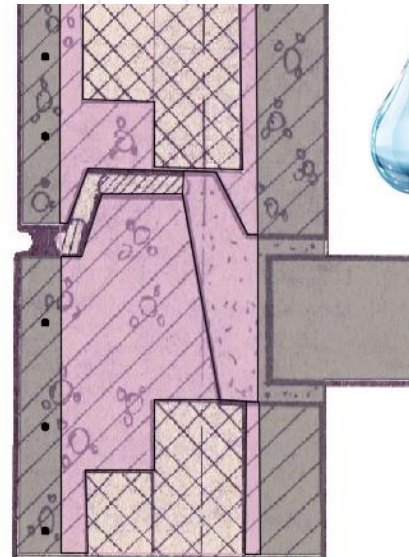


Miks niiskuskormuste mudeleid vaja on?

- Hoone piirdetarinditele mõjuvad (ehitusfüüsikalised) kliimakoormused:
 - **Sisemised** niiskust eraldavate tegevuste tagajärjel



VÄLISSEIN





Miks niiskuskoormuste mudeleid vaja on?

- Tarindid tuleb kavandada pikaajaliselt niiskustehniliselt toimivaks (EVS 932 - Ehitusprojekt)
- Niiskustehnilise toimivuse hindamiseks on tarvis teada tarindile mõjuvat ehitusfüüsikalist „koormust“ ja vastupanuvõimet (nt temperatuuriindeks f_{Rsi})
- Tarindi toimivust tuleb hinnata nii uusehitise





Miks niiskuskoormuste mudeleid vaja on?

- Tarindid tuleb kavandada pikaajaliselt niiskustehniliselt toimivaks (EVS 932 - Ehitusprojekt)
- Niiskustehnilise toimivuse hindamiseks on tarvis teada tarindile mõjuvat ehitusfüüsikalist „koormust“ ja vastupanuvõimet (nt temperatuuriindeks f_{Rsi})
- Tarindi toimivust tuleb hinnata nii uusehitise kui ka renoveerimise projekteerimisel





Miks niiskuskoormuste mudeleid vaja on?

- Tarindi toimivuse kriteeriumi (hallitus, kondensaad) suhtes määravad:
 - i) Temperatuur ja suhteline niiskus tarindi **sisepinnal** (suurem soojusläbivus=külmasild)

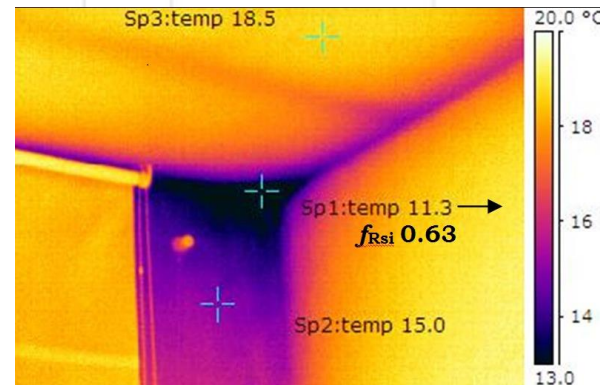


Miks niiskukoormuste mudeleid vaja on?

- Tarindi toimivuse kriteeriumi (hallitus, kondensaat) suhtes määravad:
 - i) Temperatuur ja suhteline niiskus tarindi **sisepinnal** (suurem soojuslähivus=külmasild



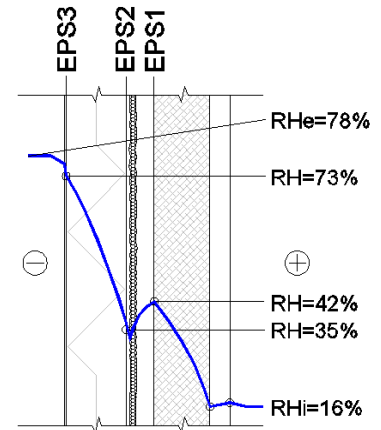
madalam pinnatemperatuur=kõrgem suhteline niiskus (pinnal), materjal, aeg





Miks niiskuskoormuste mudeleid vaja on?

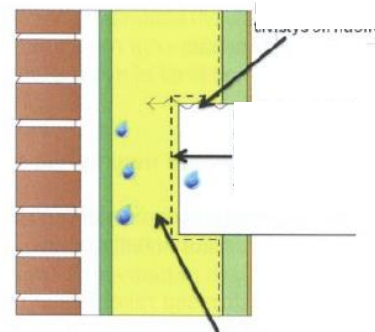
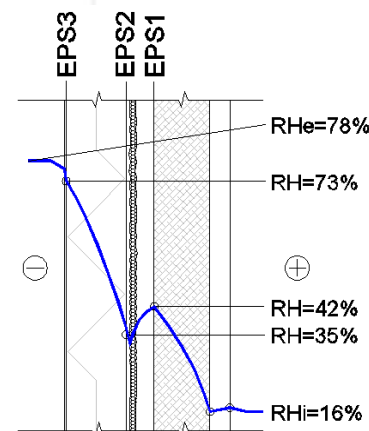
- Tarindi toimivuse määravad:
 - ii) Temperatuur ja suhteline niiskus **tarindi sees**, mis sõltub muuhulgas:
 - Päärde kihtide soojustakistusest ja veeaurutakistusest (veeauru **difusioon**, toimivus nn kastepunkti meetodil)





Miks niiskuskoormuste mudeleid vaja on?

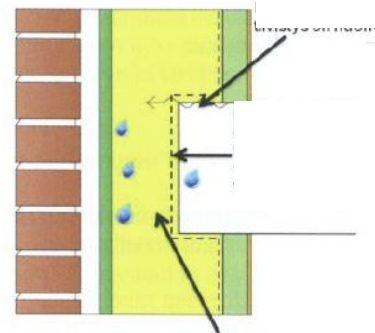
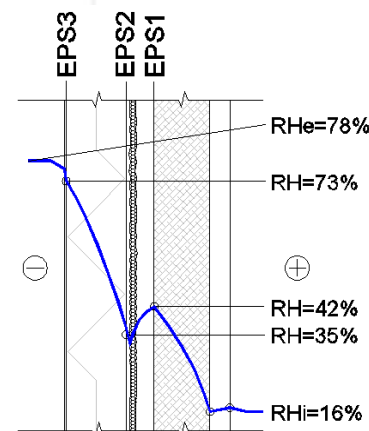
- Tarindi toimivuse määravad:
 - ii) Temperatuur ja suhteline niiskus **tarindi sees**, mis sõltub muuhulgas:
 - Päärde kihtide soojustakistusest ja veeaurutakistusest (veeauru **difusioon**, toimivus nn kastepunkti meetodil)
 - Päärde sisepinna õhutakistusest ja defektidest (veeauru **konvektsioon** koos õhuga)





Miks niiskuskoormuste mudeleid vaja on?

- Tarindi toimivuse määravad:
 - ii) Temperatuur ja suhteline niiskus **tarindi sees**, mis sõltub muuhulgas:
 - Päärde kihtide soojustakistusest ja veeaurutakistusest (veeauru **difusioon**, toimivus nn kastepunkti meetodil)
 - Päärde sisepinna õhutakistusest ja defektidest (veeauru **konvektsioon** koos õhuga)
 - **Muul viisil** tarindisse sattunud niiskusest (ehitusniiskus, veeleke kaldvihmast, veeavarii, kondensaat, kapillaartõus jne) mistahes kujul (vesi, jää, lumi, veeaur) kusjuures tarindite niiskuslikud riskid on suurenenud energiatõhususe tõusuga





Mida ja kuidas mõõdeti?

- **Temperatuur ja suhteline niiskus** magamistoa/elutoa siseõhus (237 raudbetoon/tellis/puit/muu korterit/üksikelamut) märgades ruumides ja eraldi köögis on niiskuskooormus suurem





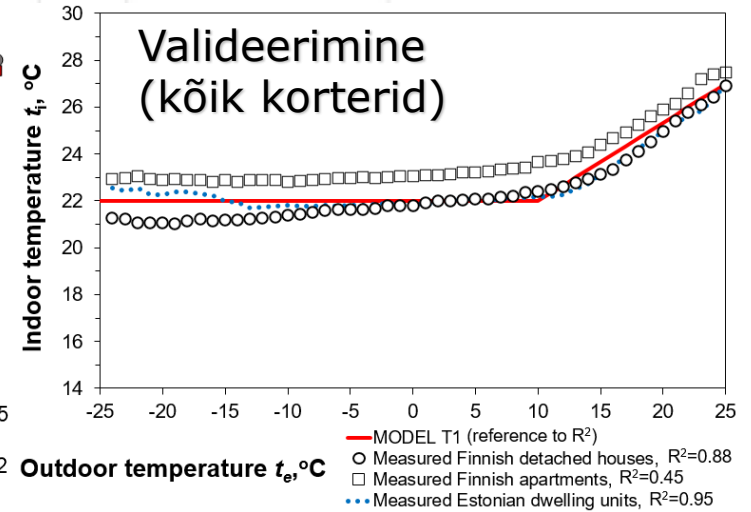
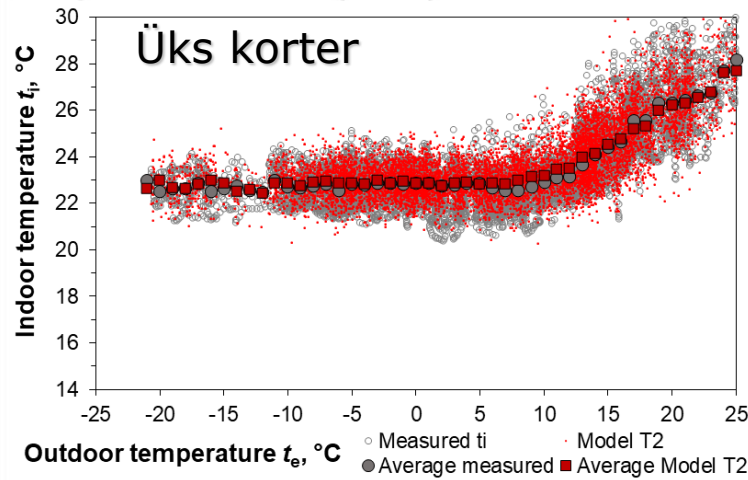
Mida ja kuidas mõõdeti?

- **Temperatuur ja suhteline niiskus** magamistoa/elutoa siseõhus (237 raudbetoon/tellis/puit/muu korterit/üksikelamut) märgades ruumides ja eraldi köögis on niiskuskooormus suurem
- Siseõhu **CO₂** ja ventilatsiooni **õhuvooluhulgad** (80 korterit/üksikelamut)



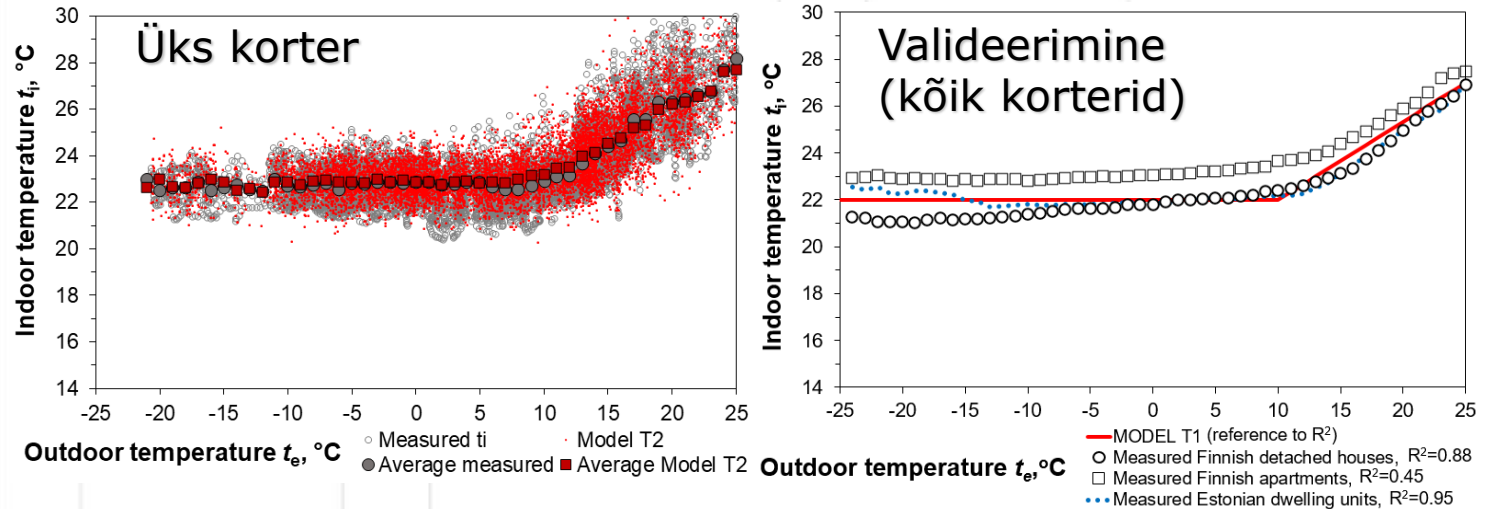


Tulemused – siseõhu temperatuuri mudelid

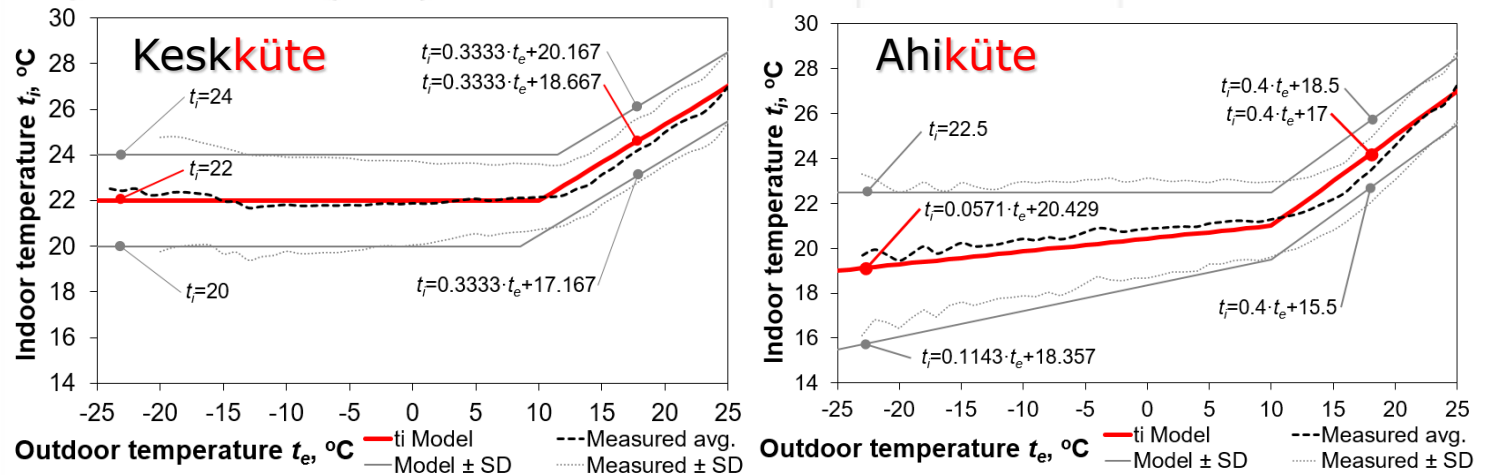




Tulemused – siseõhu temperatuuri mudelid



- Eesti elamute siseõhu temperatuur sõltub **küttesüsteemist**



- Uuemad korterid on soojemad (ca 23 °C) kui vanemad (ca 21 °C)



Tulemused – niiskuslisa mudel

- Niiskuslisa Δv ehk sise- ja välisõhu veeaurusisalduste erinevus $\Delta v = v_i - v_e$;

Suhteline niiskus ei ole sisemise niiskuskooormuse väljendamiseks sobilik!

- Peamine niiskuslisa mõjutav tegur on:
 - Asustustihedus O , inimest/ m^2 (seotud niiskustoodanguga G)



Tulemused – niiskuslisa mudel

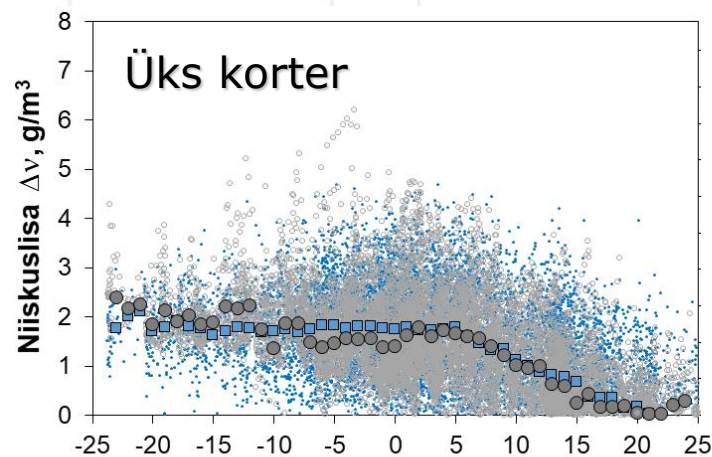
- Niiskuslisa Δv ehk sise- ja välisõhu veeaurusisalduste erinevus $\Delta v = v_i - v_e$;

Suhteline niiskus ei ole sisemise niiskuskoormuse väljendamiseks sobilik!

- Peamine niiskuslisa mõjutav tegur on:
 - Asustustihedus O , inimest/ m^2 (seotud niiskustoodanguga G)
- Teisane niiskuslisa mõjutav tegur on õhuvahetus, mis koosneb järgmistest alamfaktoritest (tähtsuse järjekorras):
 - Ventilatsiooni õhuvahetuskordsus n , h^{-1}
 - Tarindite õhulekkearv q_{50} , m^3/m^2h
 - Ventilatsioonikorstna kõrgus h , m
 - Aknad (ehitusaegne puit vs vahetatud PVC)



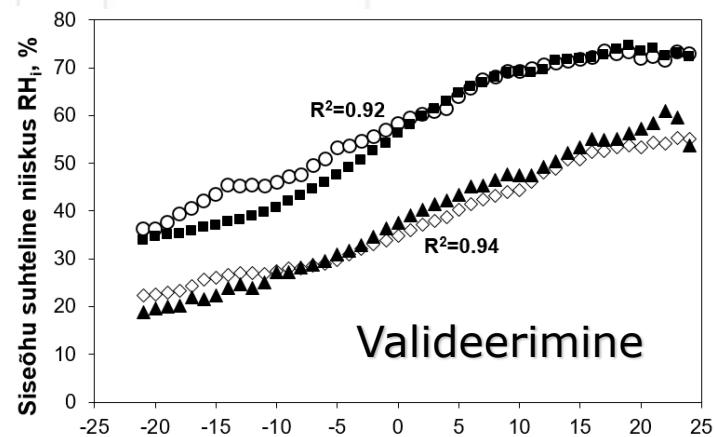
Tulemused – niiskuselisa mudel



Välisõhu temperatuur t_e , °C

Legend:

- Δv M1 MODEL
- Δv measured
- Average MODEL
- Average measured



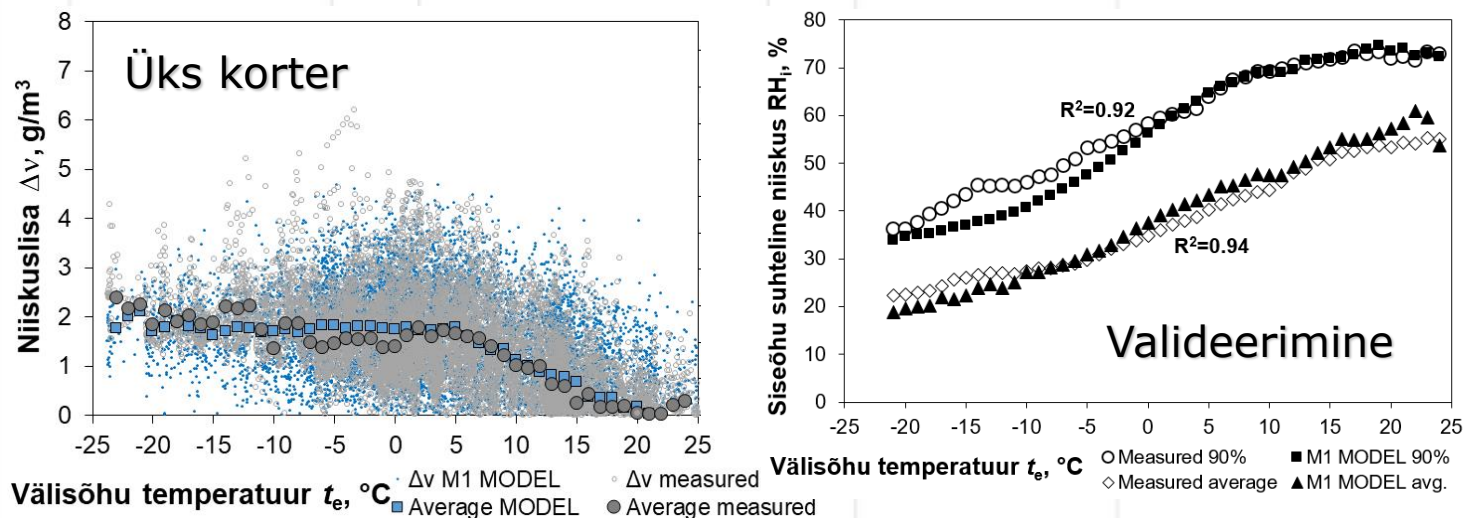
Välisõhu temperatuur t_e , °C

Legend:

- Measured 90%
- M1 MODEL 90%
- Measured average
- M1 MODEL avg.

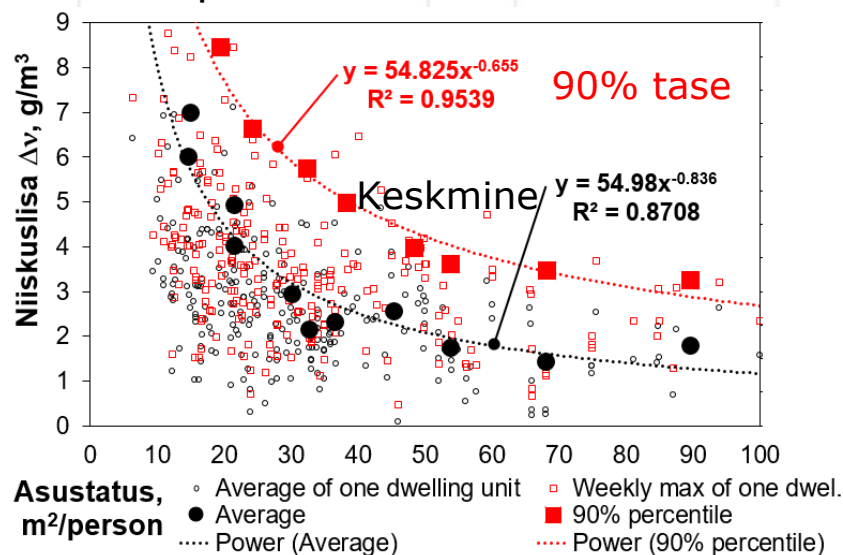


Tulemused – niiskuselisa mudel



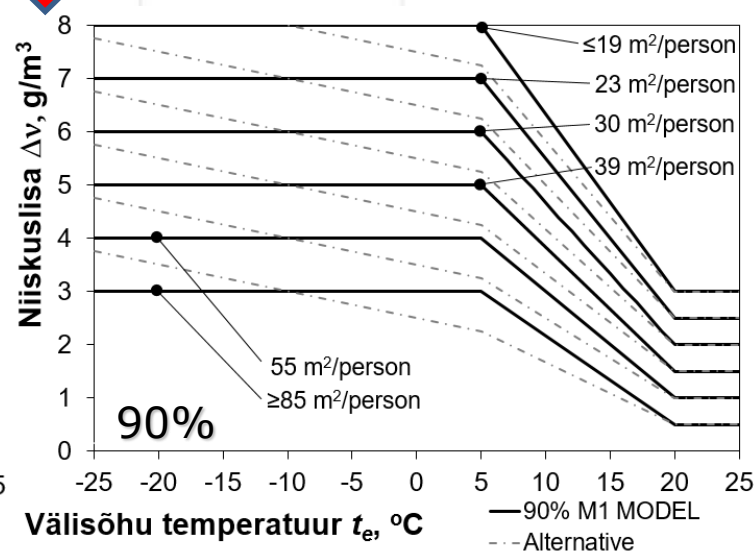
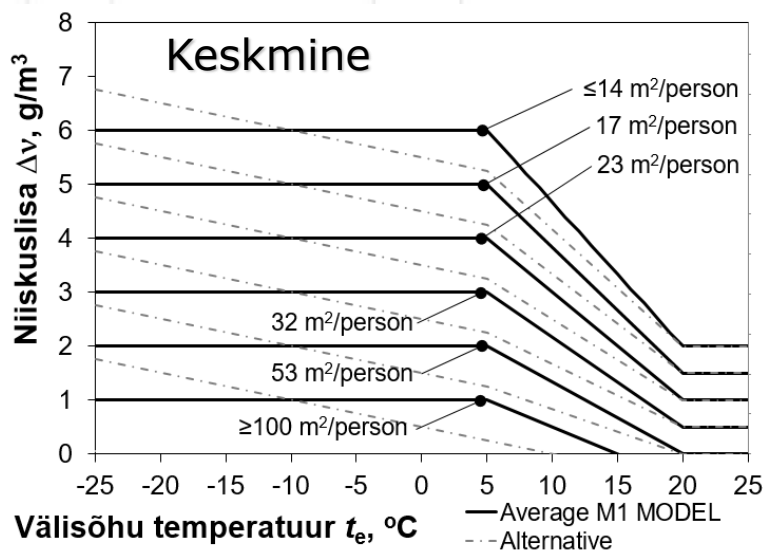
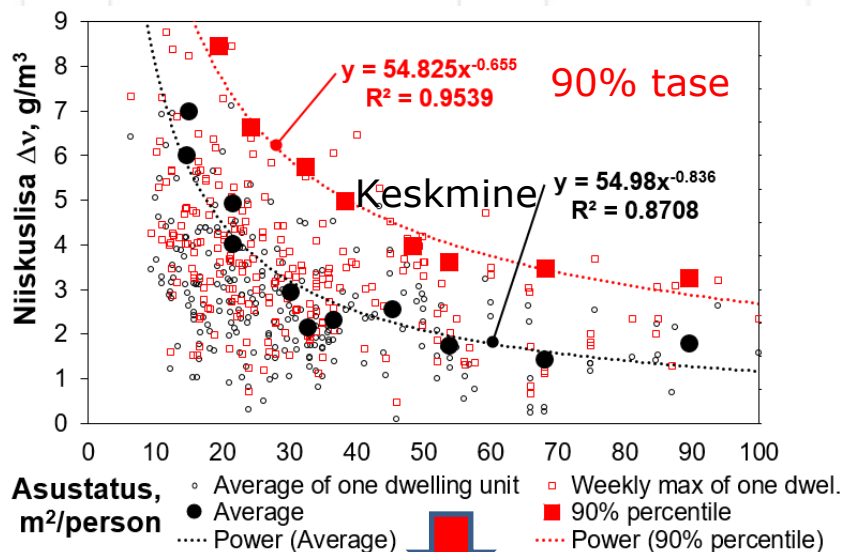
- Niiskuselisa tase sõltub peamiselt **asustustihedusest**

- Keskmise ja **kriitilise (90% tase)** niiskuselisa erinevus on ligikaudu kaks korda



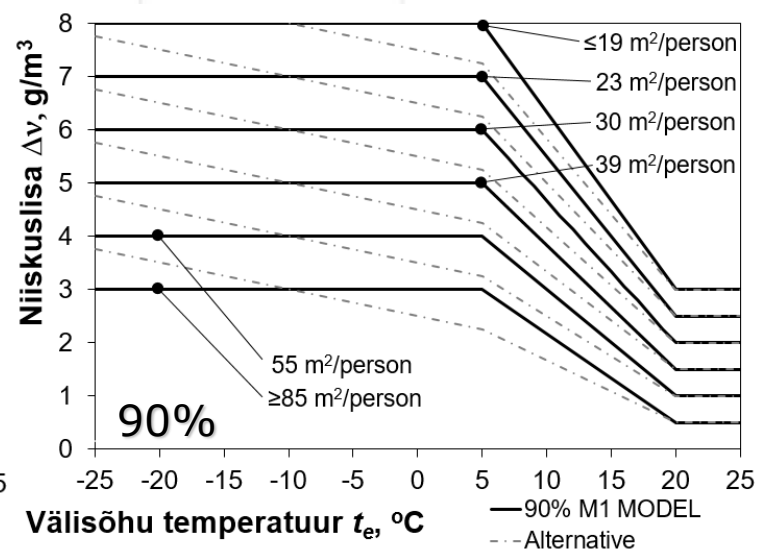
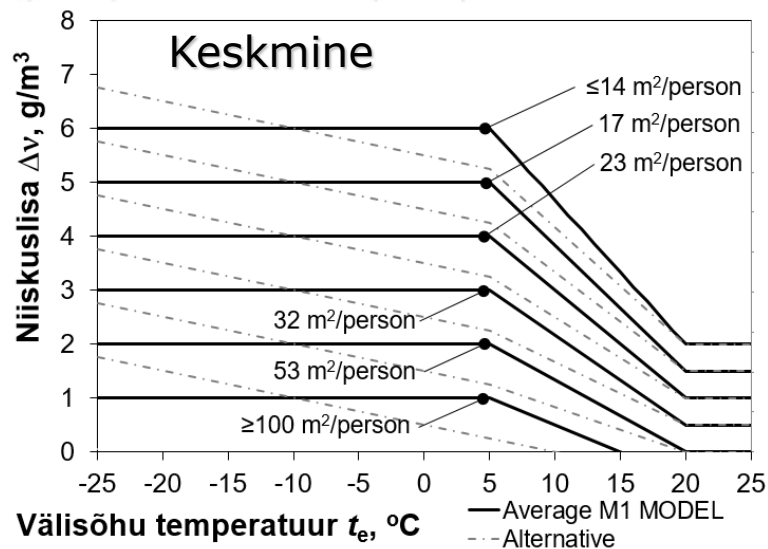


Tulemused – niiskuselisa mudel



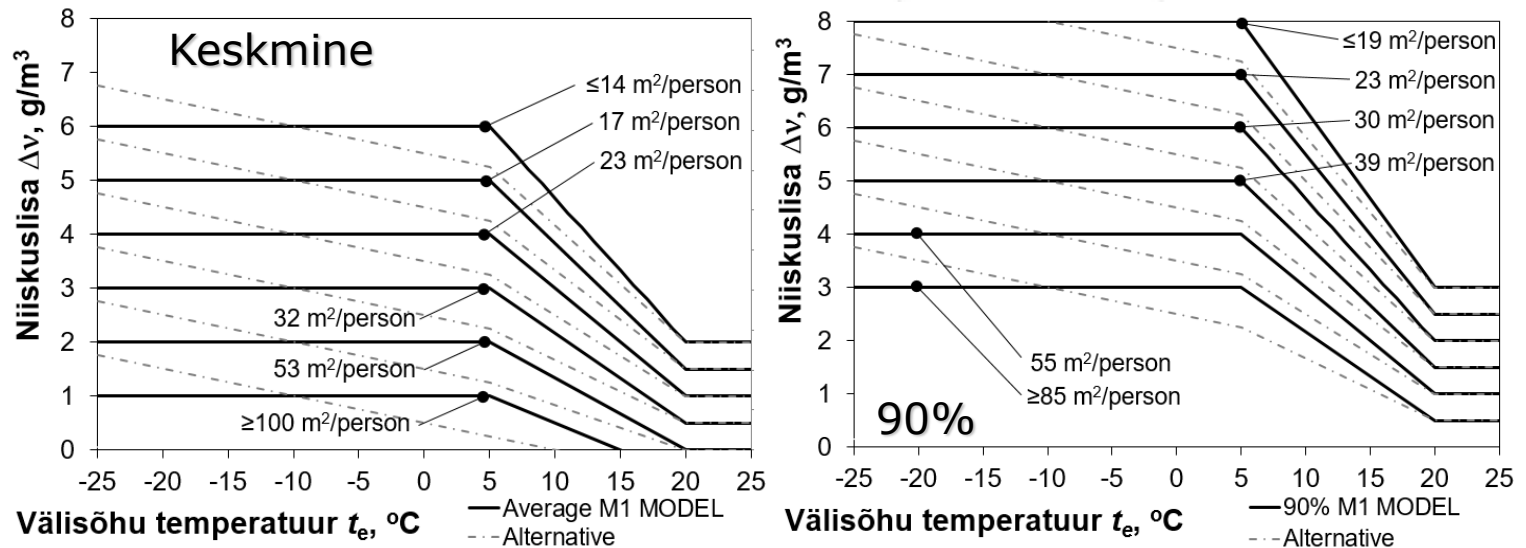


Tulemused – niiskuslisa mudel





Tulemused – niiskuslisa mudel



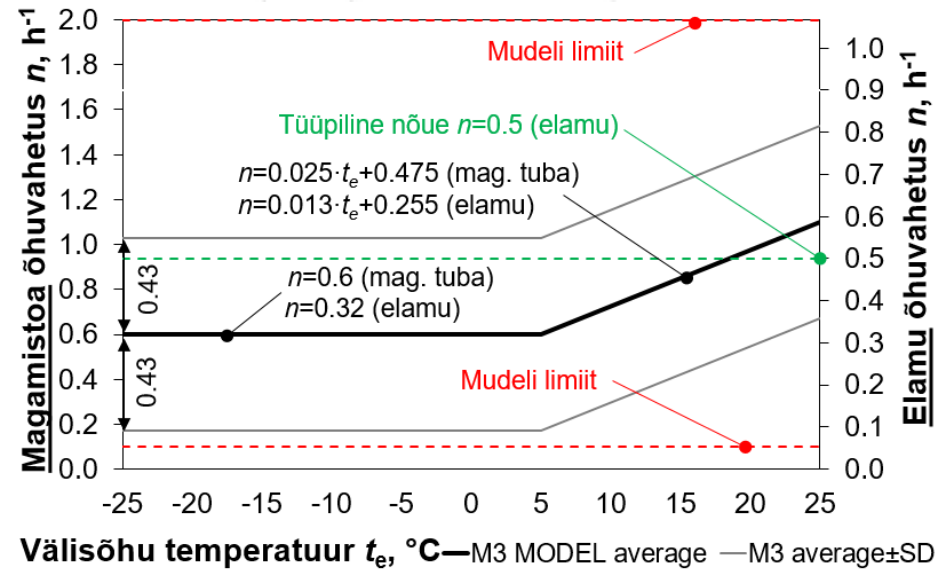
- Elamute keskmine niiskuslisa on 2,8 (standardhälve 1,6) g/m³
- Keskmisi väärtusi koos hajuvusega saab kasutada juhuslikeks (stohhastilisteks) arvusteks
- Kriitilisi (90% tase nädala maksimumidest) väärtusi kasutatakse traditsioonilise tõendusliku lähenemise korral (arvutussuurus sisaldab varutegurit, tulemus tagavara kasuks teatud usaldusnivool)
- Mudelid on suures osas kooskõlas rahvusvahelises EN-ISO 13788 standardis esitatud sisekliima koormustega elamutele (uudsus seisneb niiskuskooormust mõjutavate tegurite reastamises ning asustustihedusega numbrilise seose esitamises)



Tulemused – niiskustoodang ja ventilatsioon

Niiskuslisa $\Delta v = G/q_v$

q_v -ventilatsiooni
õhuvoolumulk, m^3/h
($q_v = n \cdot V$)



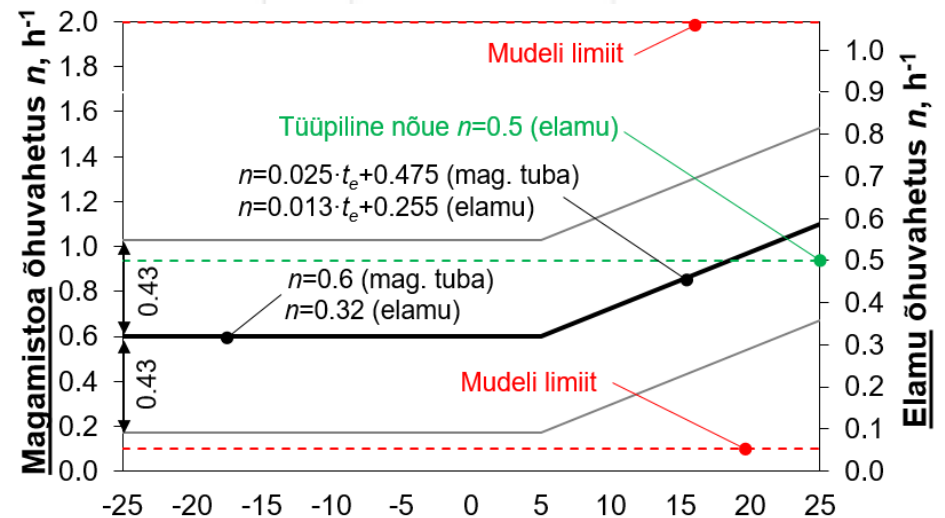


Tulemused – niiskustoodang ja ventilatsioon

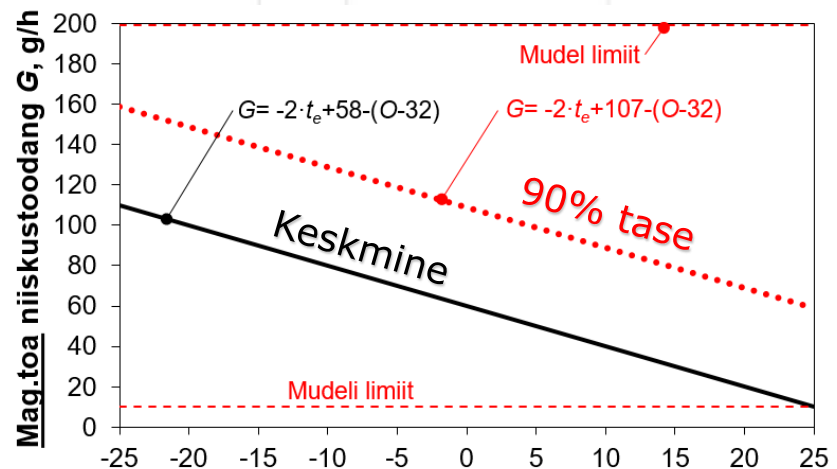
Niiskuslisa $\Delta v = G/q_v$

q_v -ventilatsiooni
õhuvoolumulk, m^3/h
($q_v = n \cdot V$)

G -niiskustoodang, g/h ;



Välisõhu temperatuur t_e , °C — M3 MODEL average — M3 average ± SD



Välisõhu temperatuur t_e , °C — M3 MODEL average: O=32 m²/person
M3 MODEL 90%: O=32 m²/person



Kokkuvõte ja järeldused

- Eesti elamute jaoks on olemas sisekeskkonna kliimakoormuse valideeritud mudelid – temperatuur ja niiskus (niiskustase; niiskustoodang ja ventilatsioon)
- Siseõhu temperatuuriprofiil (sõltuvalt välisõhu temperatuurist) on erinev keskküttega ja ahiküttega elamutes
- Peamine sisekeskkonna niiskuskooormust mõjutav tegur on asustustihedus ($\text{m}^2/\text{inimene}$)
- Mudelid on rakendatavad ehitusfüüsikalisteks arvutusteks nii juhusliku (keskmise ja hajuvus) kui ka tõendusliku (90% tase) lähenemise korral



Kokkuvõte ja järeldused

- Eesti elamute jaoks on olemas sisekeskkonna kliimakoormuse valideeritud mudelid – temperatuur ja niiskus (niiskustase; niiskustoodang ja ventilatsioon)
- Siseõhu temperatuuriprofiil (sõltuvalt välisõhu temperatuurist) on erinev keskküttega ja ahiküttega elamutes
- Peamine sisekeskkonna niiskuskooormust mõjutav tegur on asustustihedus ($\text{m}^2/\text{inimene}$)
- Mudelid on rakendatavad ehitusfüüsikalisteks arvutusteks nii juhusliku (keskmise ja hajuvus) kui ka tõendusliku (90% tase) lähenemise korral

Eesti elamute niiskuskooormuste artikkel on allalaetav doktoritöö koosseisus <https://digi.lib.ttu.ee/i/?7670> , samuti ajakirja *Journal of Building Physics* kodulehelt:
<http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1744259117718442>

Aitäh kuulamast ning head mudelite kasutamist!

simo.ilomets@ttu.ee