

AEROC



Välisseintele esitatavad soojapidavuse nõuded

Ph. D Jazeps Paplavskis

12. märts 2009 Ehituskeskus

Väike-Männiku tn. 3, 11216 Tallinn

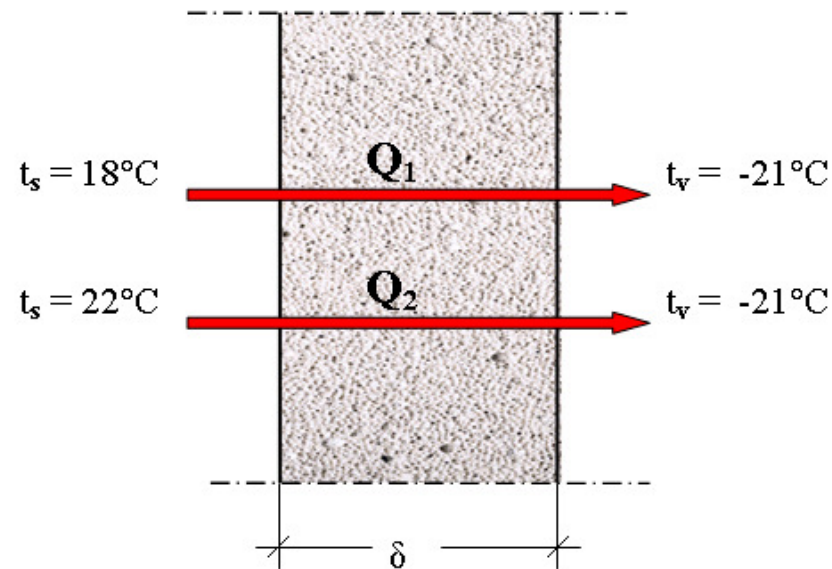
www.aeroc.ee

e-mail aeroc@eroc.ee

Välisseina soojajuhtivus vastavalt EVS 837-1:2003

Maksimaalne soojajuhtivus sisetemperatuuri puhul 18 °C

$$U \leq 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$$



$$\text{Soojavool } Q = U (t_s - t_v) = \frac{1}{R} (t_s - t_v) = \frac{\lambda_U}{\delta} (t_s - t_v)$$

Selleks, et $Q_1 = Q_2$ sisetemperatuuri 22°C puhul $U \leq 0,254 \text{ W/m}^2\text{K}$

Elamute välisseinte U-arv, nõutav või soovituslik

	Eesti		Soome		Läti	Leedu
	EVS 837-1	Energiatõhususe min. nõuded	Kuni 2010	alates 2010		
Seinad	0,28	0,2...0,25	0,24	0,17	0,25 ($\leq 100 \text{ kg/m}^3$)	0,2
					0,3 ($\geq 100 \text{ kg/m}^3$)	
Katus	0,22	0,15...0,2	0,15	0,09	0,2	0,16
Põrand	0,22	0,15...0,2	0,24	0,16	0,25	0,25
Aknad, ukсед	2,1	0,7...1,4	1,4	1	1,8	1,6



Eestis, vastavalt Energiatõhususe miinimumnõuetele, on soovituslik U-arv välisseinal
0,2 – 0,25 W/m²K

AEROC EcoTerm



Tihedusklass 300 kg/m³

Soojaerijuhtivus kuival materjalil

$$\lambda_{10\text{dry}} = 0,072 \text{ W/mK}$$

Arvutuslik soojaerijuhtivus

$$\lambda_U = 0,088 \text{ W/mK}$$

$$U = 1/R$$

$$R_{si} = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Fibo 3



Tihedusklass 650 kg/m³

Soojaerijuhtivus kuival materjalil

$$\lambda_{10\text{dry}} = 0,20 \text{ W/mK}$$

Arvutuslik soojaerijuhtivus

$$\lambda_U = 0,29 \text{ W/mK}$$

$$R = R_{si} + \delta/\lambda_U + R_v$$

$$R_v = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Silbet



Tihedusklass 500 kg/m³

Soojaerijuhtivus kuival materjalil

$$\lambda_{10\text{dry}} = 0,12 \text{ W/mK}$$

Arvutuslik soojaerijuhtivus

$$\lambda_U = 0,17 \text{ W/mK}$$

$$\lambda_U = 0,15 \text{ W/mK (liimvuugi korral)}$$

δ – seina paksus m

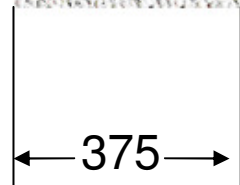
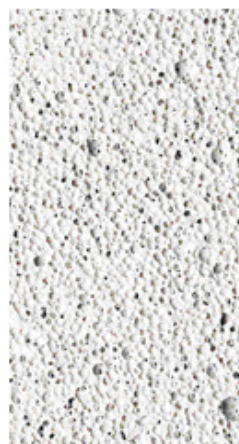


Seina paksus (mm) ilma lisasoojustusta:

($U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Aeroc EcoTerm (300 kg/m³)

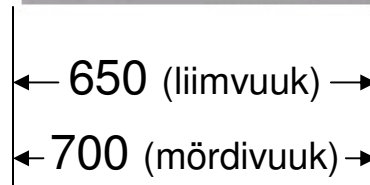
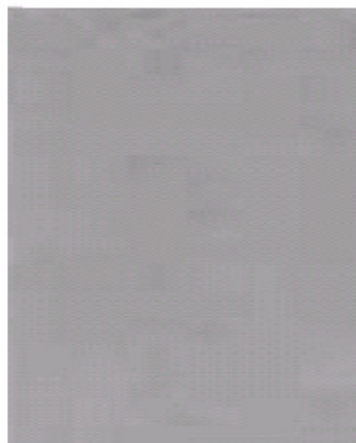
$\lambda_u = 0,088 \text{ W/mK}$



Silbet (500 kg/m³)

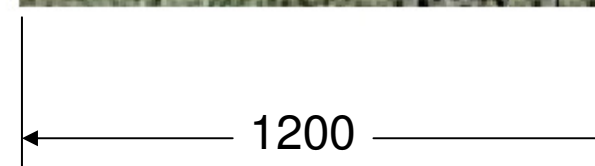
$\lambda_u = 0,15 \text{ W/mK}$ (liimvuuk)

$\lambda_u = 0,17 \text{ W/mK}$ (mördivuuk)

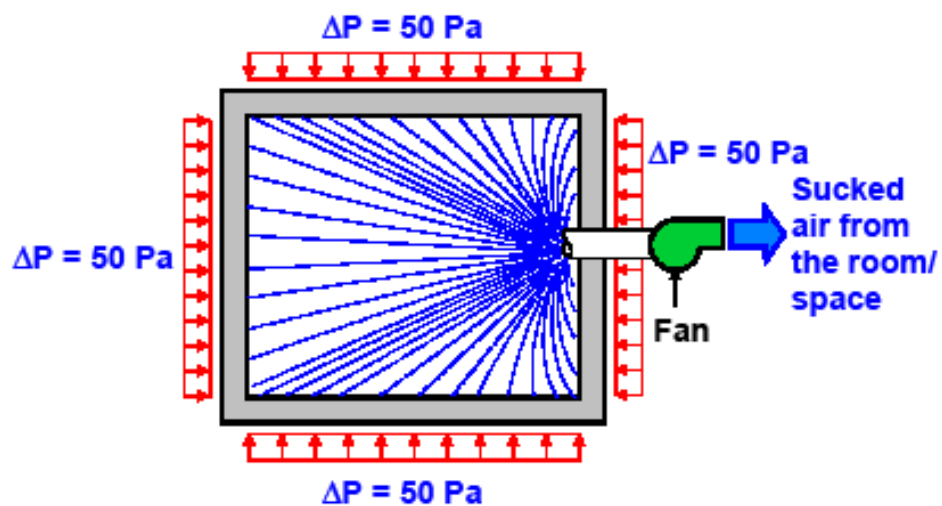


Fibo 3 (650 kg/m³)

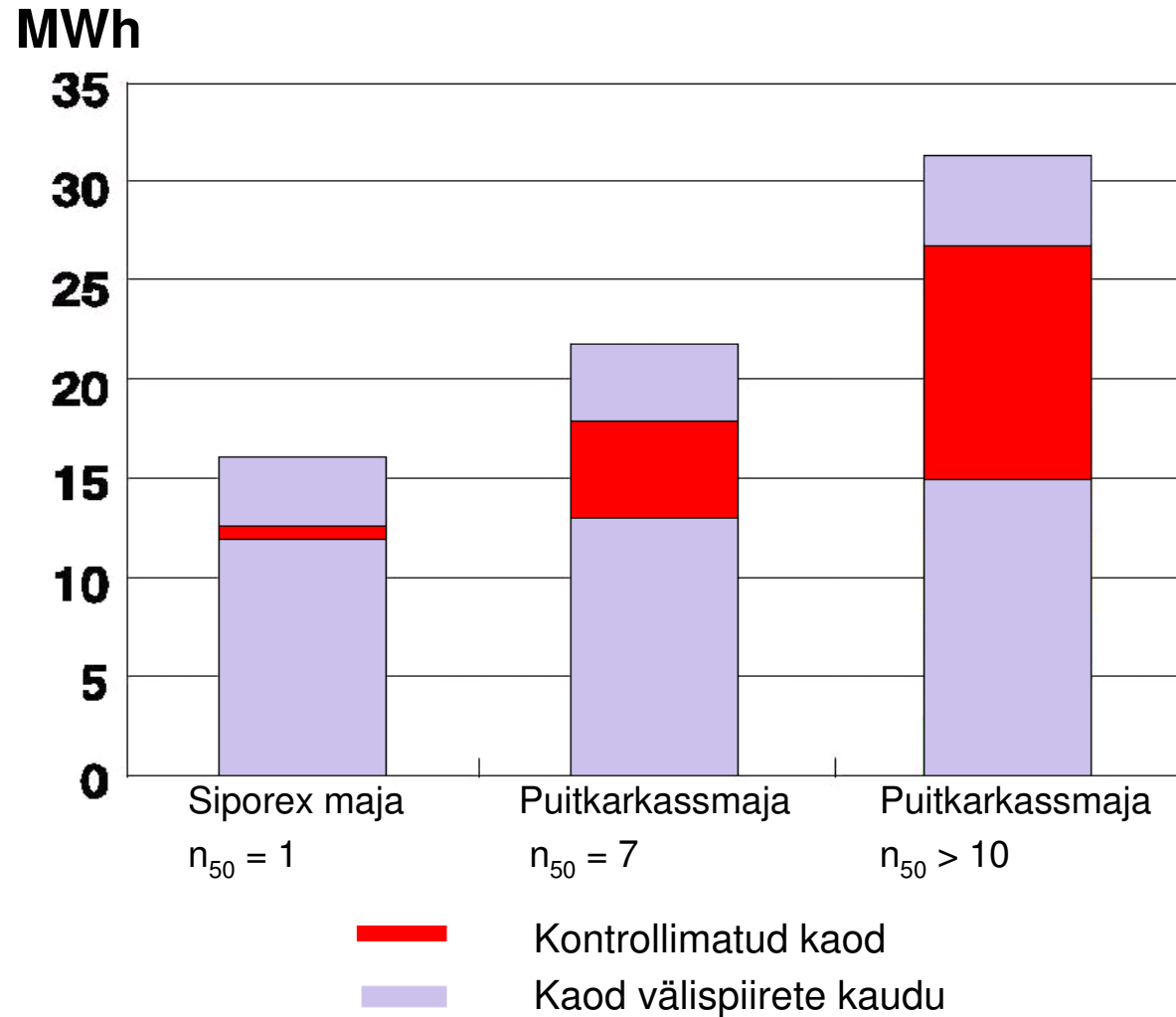
$\lambda_u = 0,29 \text{ W/mK}$ (mördivuuk)



Hoone õhutiheduse mõõtmine



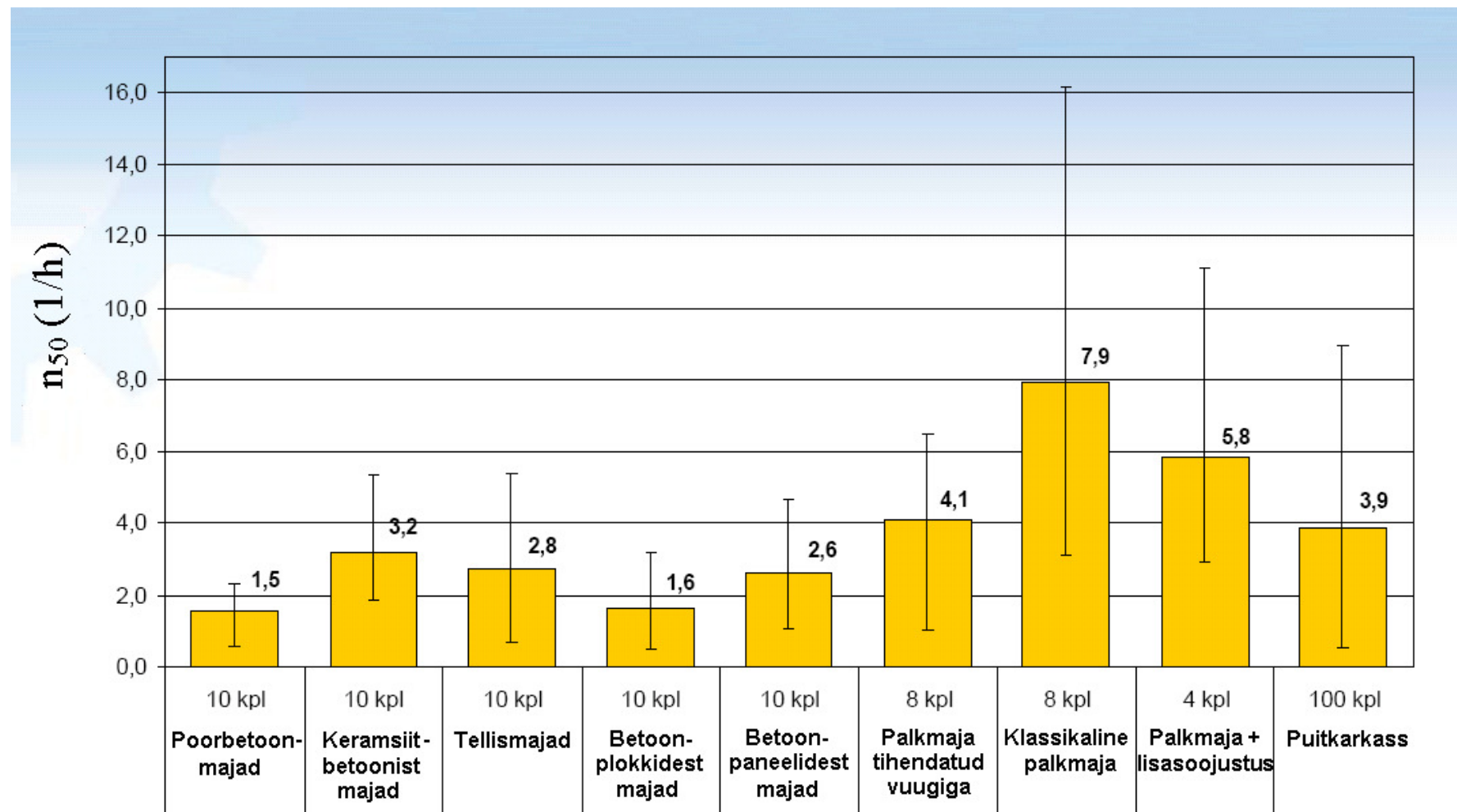
Erineva õhutihedusega tarindite energiatarve



100 m² põrandapinnaga eramu. Konstruktsioonide U-arv on sama.

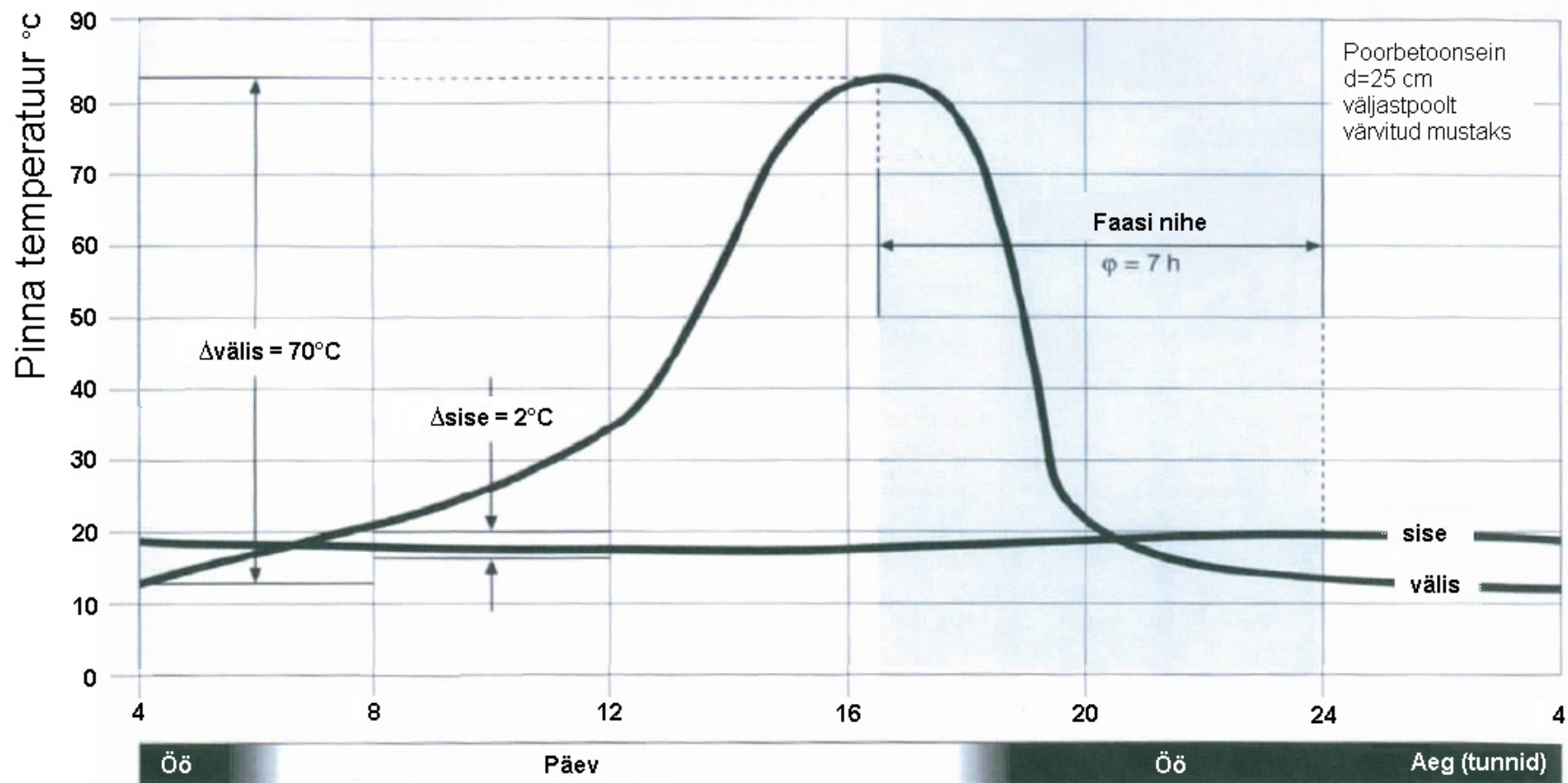
Infoallikas: Tampere Tehnikaülikooli uurimus, vt. Jämera Talokirja 2007

Õhutiheduse võrdlus



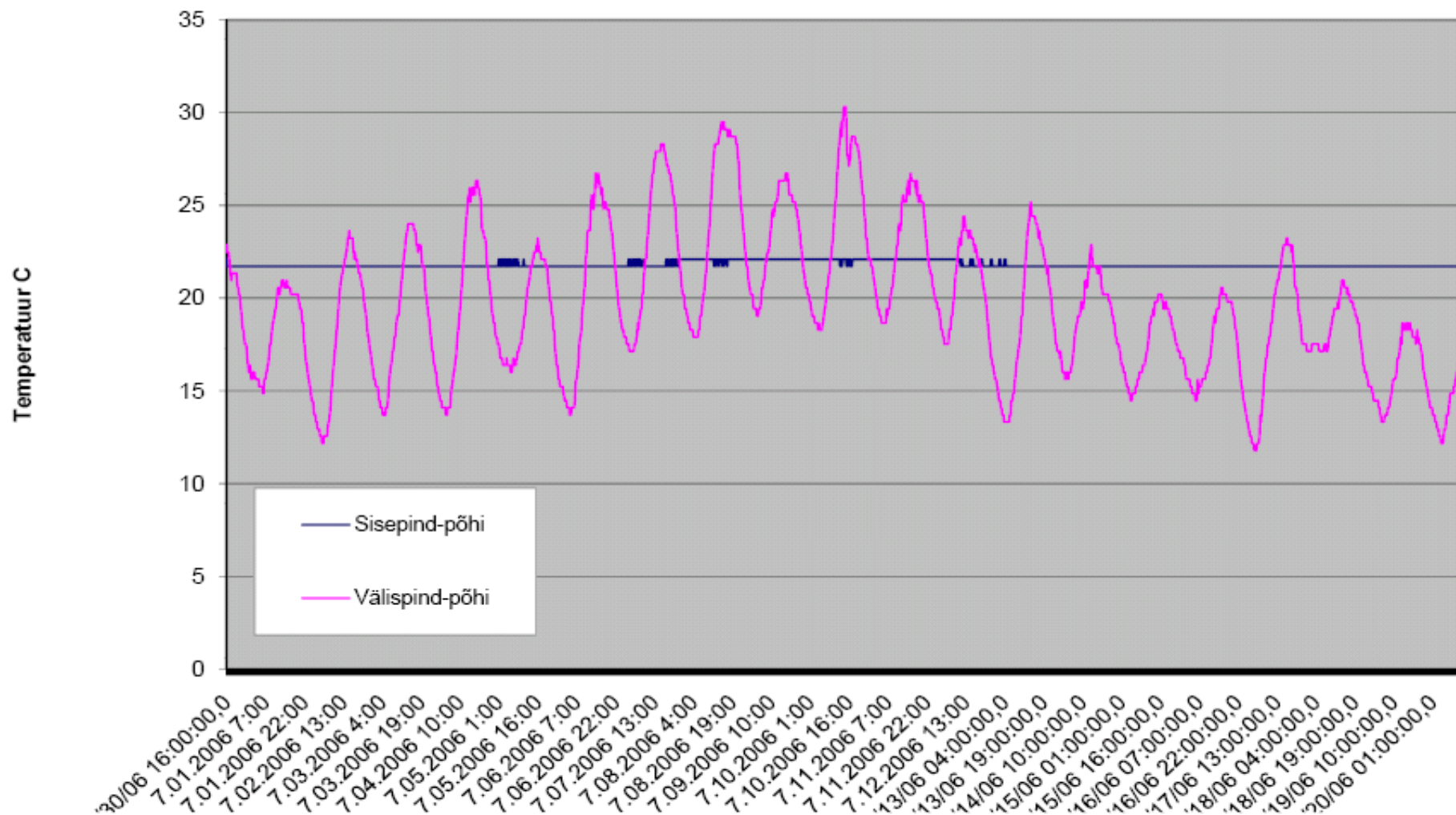
Infoallikas: RAKENNUSTEN ILMANPITÄVYYS – uudet suunnitteluohjeet apuvälineenä.
 Betonin uudet haasteet – seminar. 7.2.2008. Minna Korpi (Tampere Tehnikaülikool)

Seina soojusinerts



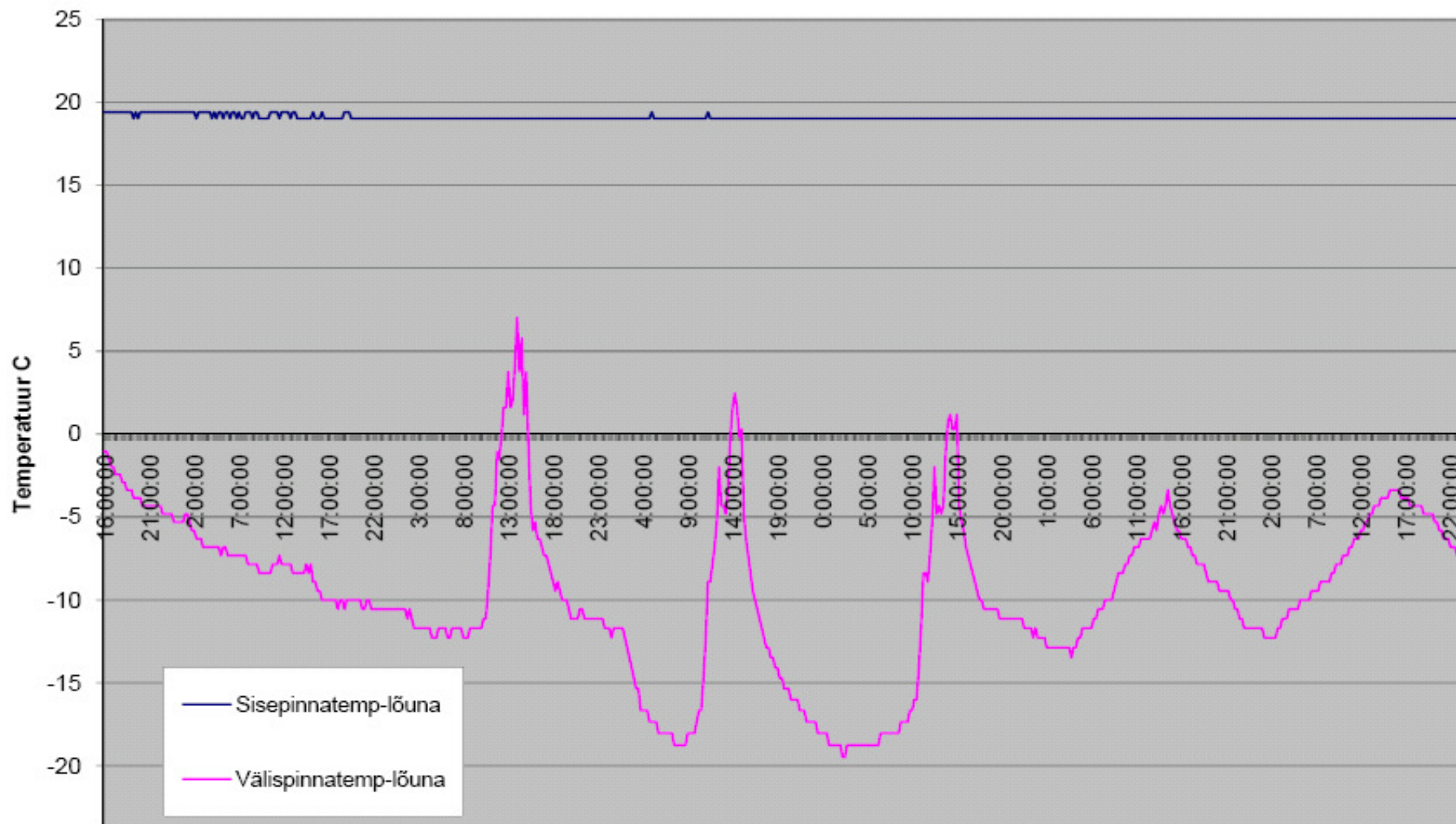
Infoallikas: Porebeton Handkuche Wisbaden 2002

Sise- ja välistemperatuurid suveperioodil



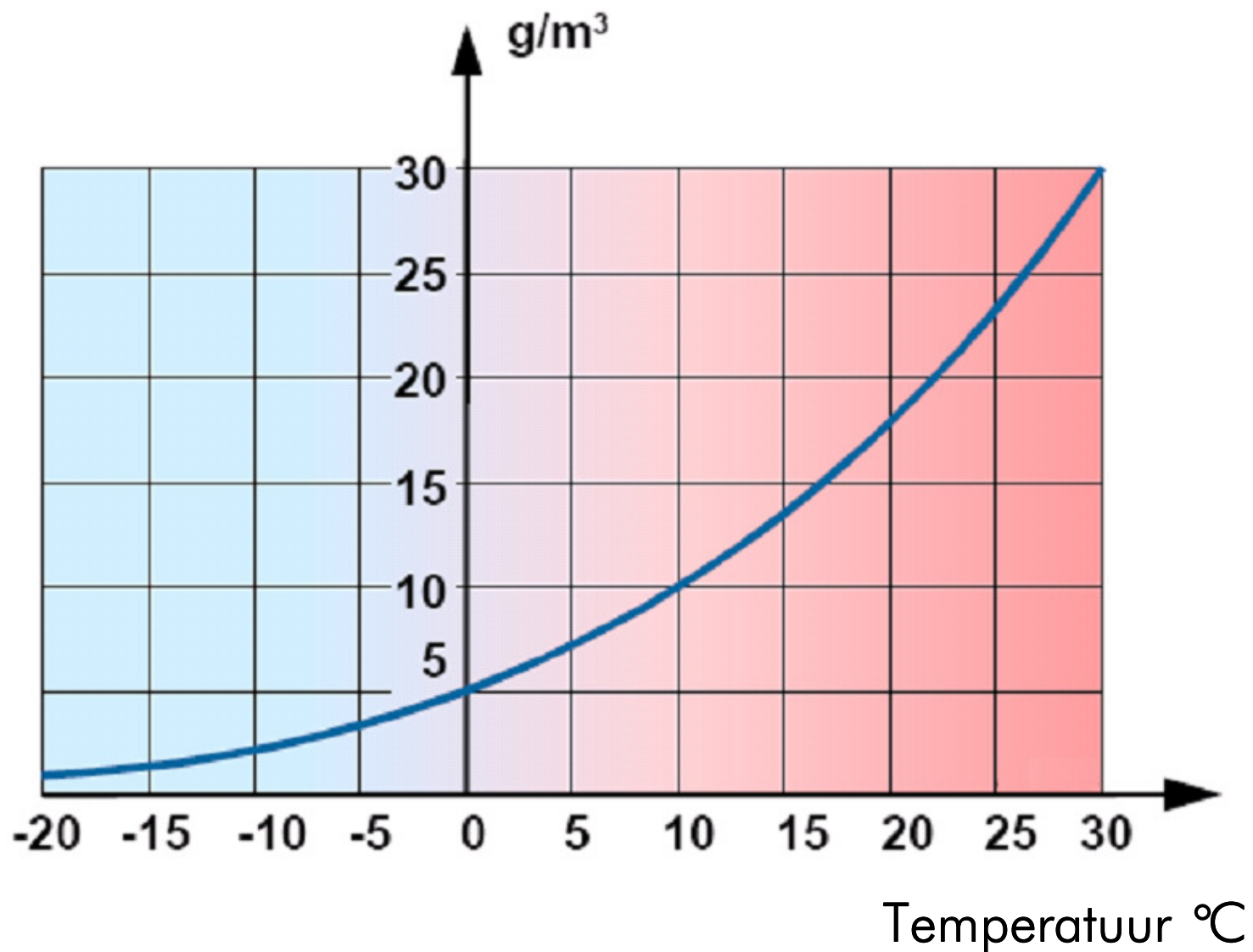
Infoallikas: Tallinna Tehnikakõrgkooli katsetulemused

Sise- ja välistemperatuurid talveperioodil



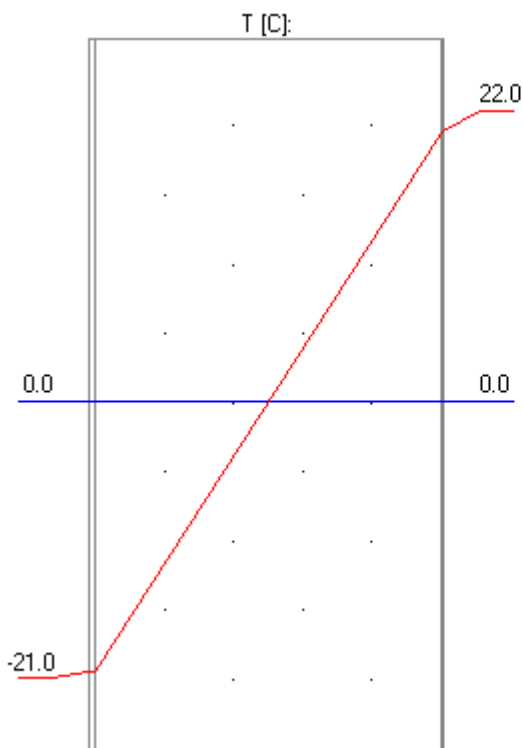
Infoallikas: Tallinna Tehnikakõrgkooli katsetulemused

Küllastunud veeauru kogus õhus



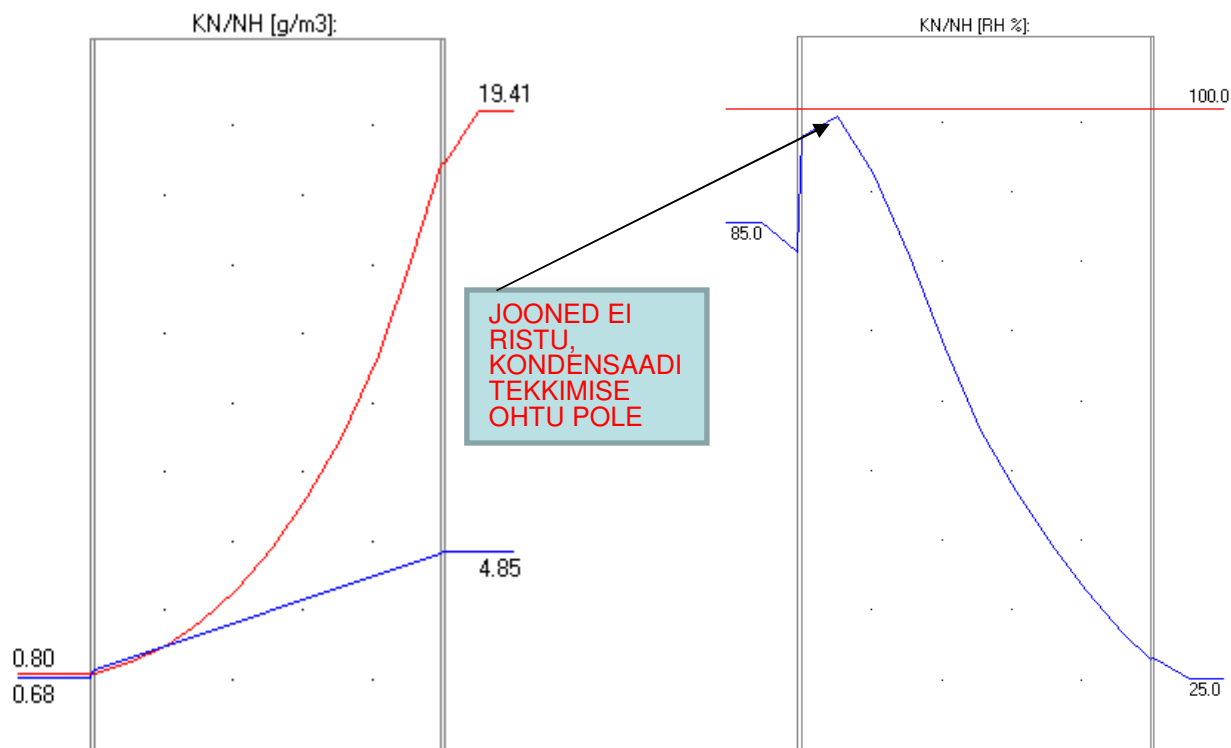
Temperatuuri ja niiskuse jaotus AERO C EcoTerm 375 plokkidest välisseinas

Temperatuuri jaotus



$T_v = -21^\circ \text{C}$ $T_s = +22^\circ \text{C}$
 $R_h = 85\%$ $R_h = 25\%$

Niiskuse jaotus

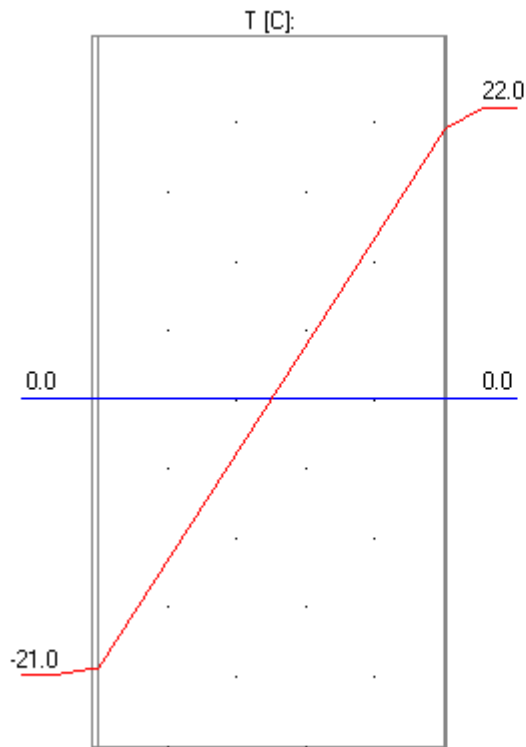


— Küllastunud õhu niiskus seinas
 — Tegelik õhu niiskus seinas

AERO C EcoTerm 375 + Sakret MRP välisviimistlus $\mu = 9,5$

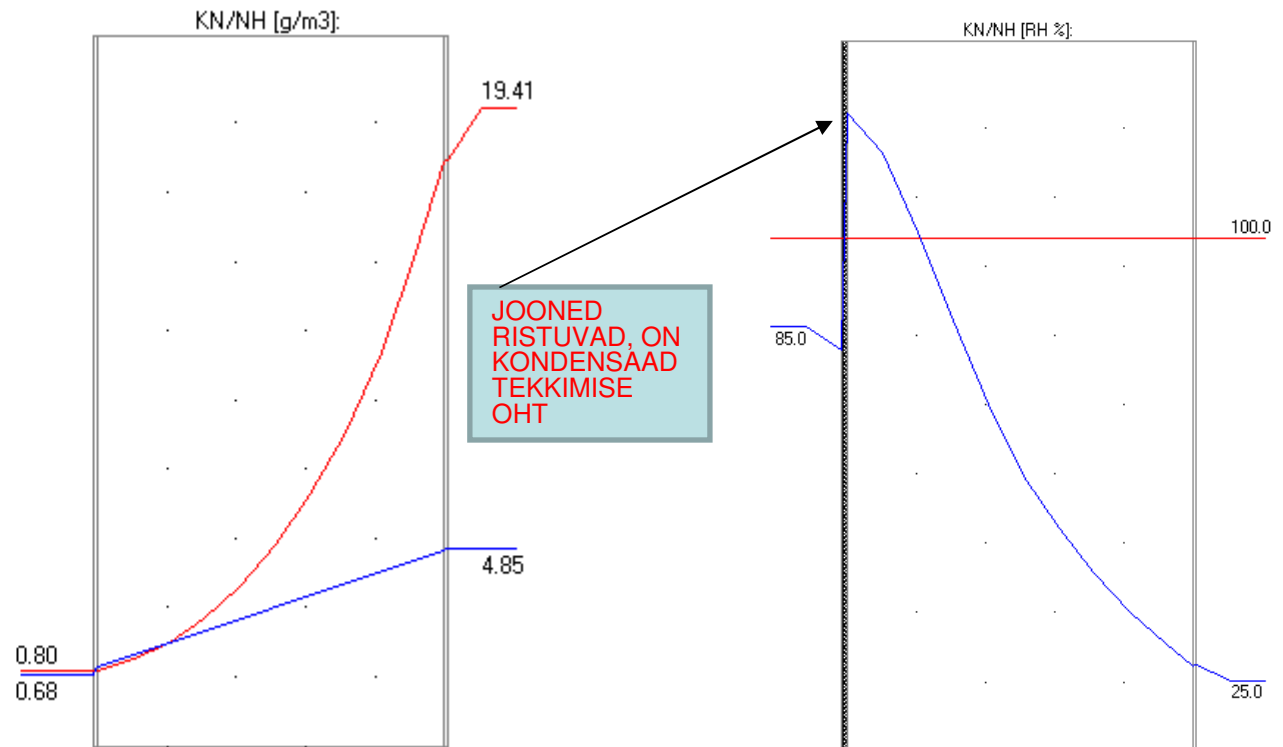
Temperatuuri ja niiskuse jaotus AERO C EcoTerm 375 plokkidest välisseinas

Temperatuuri jaotus



$T_v = -21^\circ \text{C}$ $T_s = +22^\circ \text{C}$
 $R_h = 85\%$ $R_h = 25\%$

Niiskuse jaotus



— Küllastunud õhu niiskus seinas
 — Tegelik õhu niiskus seinas

AERO C EcoTerm 375 + Maxit Serpo välisviimistlus $\mu = 21$



Veeauru erijuhtivuse koefitsendid (difusioonitakistus konstandid) μ

1.	AEROC poorbetoon (sõltuvalt mahukaalust)	4 – 6
2.	Keramsiitbetoon	6
3.	Mineraalvill	1
4.	Vahtpolüstüreen (EPS) (AS Reideni Plaat)	30 – 70
5.	Lubitsement liivkrohv	6
6.	Sakret MRP mineraaldekoratiivkrohv (4 mm)	9,5*
7.	Maxit Serpo polümeerdekoratiivkrohv (4 mm)	21**
8.	Maxit Serpo tsement-polümeerkrohv (6mm)	19,3**
9.	Maxit IP color mineraalkrohv (6mm)	15,2**
10.	Maxit Sil silikaatkrohv (6mm)	29,0**
11.	Maxit Silco silikoonkrohv (6mm)	41,0**

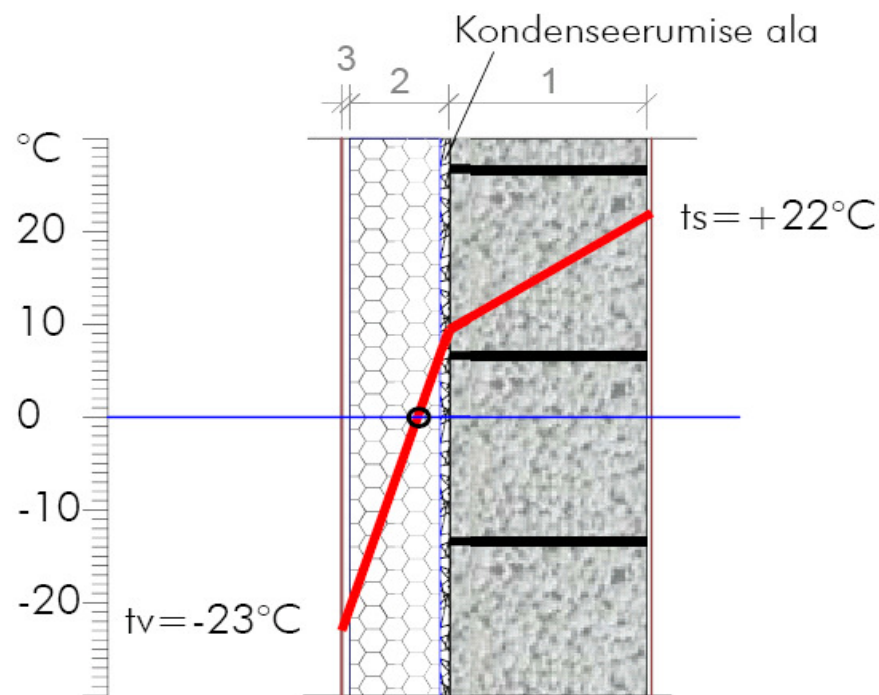
* Tallinna Tehnikaülikooli mõõtmistulemused (märts 2008)

** Maxit AS andmed

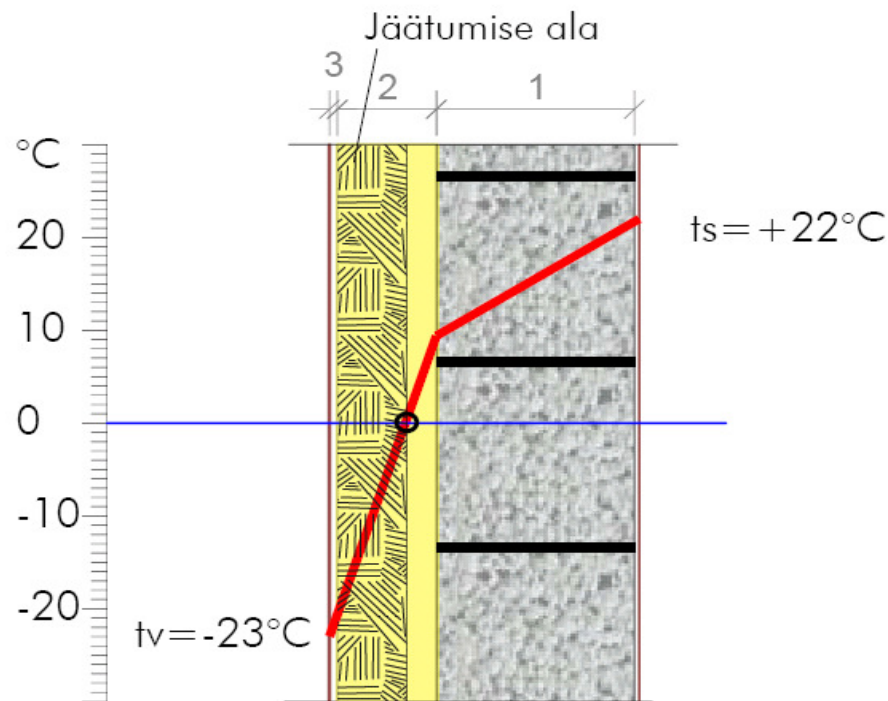


Tallinna Tehnikakõrgkooli katsetulemused

Autorid: E.Jõgioja, R.Reinpuu, J.Mironova



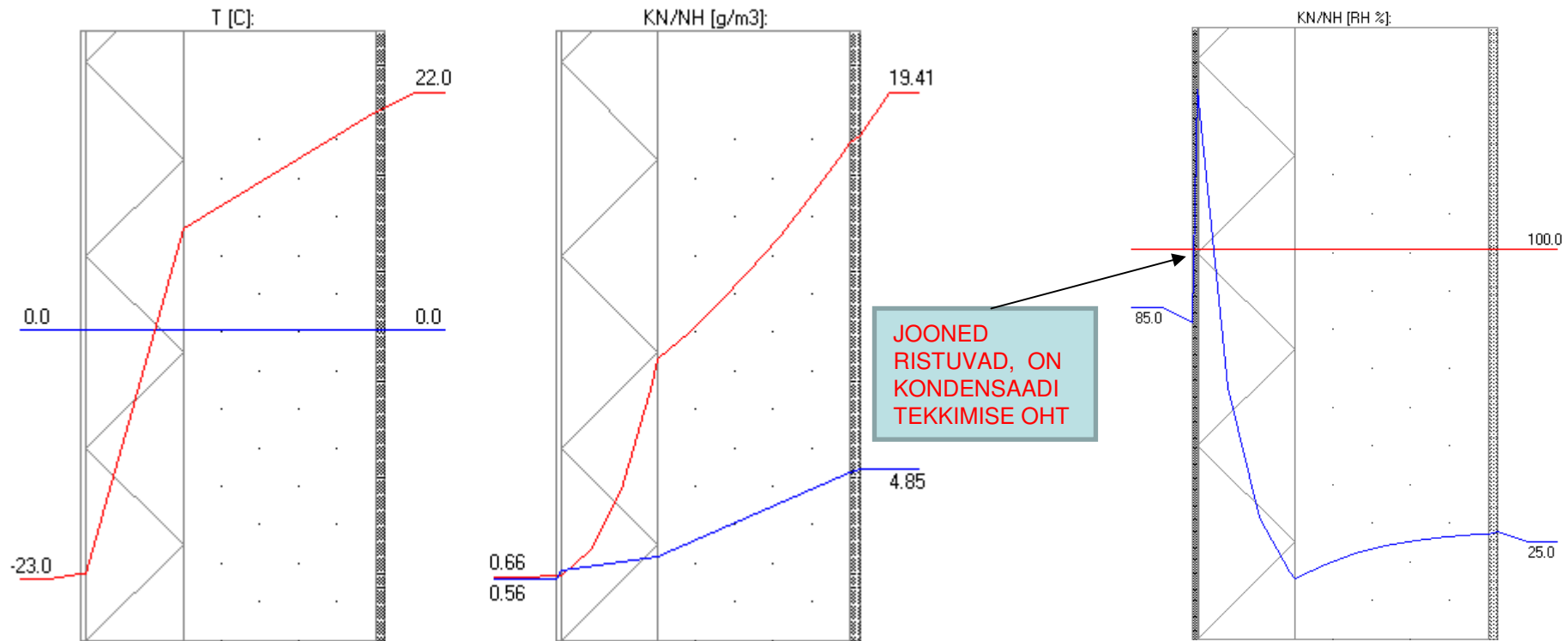
1. Fibo plokk 200 mm
2. Vahtpolüstüreen 100 mm
3. Õhekrohv 4 mm



1. Fibo plokk 200 mm
2. Kivivill 100 mm
3. Õhekrohv 4 mm

Infoallikas: Tallinna Tehnikakõrgkooli toimetised nr. 8 2005 a.

Temperatuuri ja niiskuse jaotus mineraalvillaga soojustatud keramsiitbetooni plokkidest välisseinas

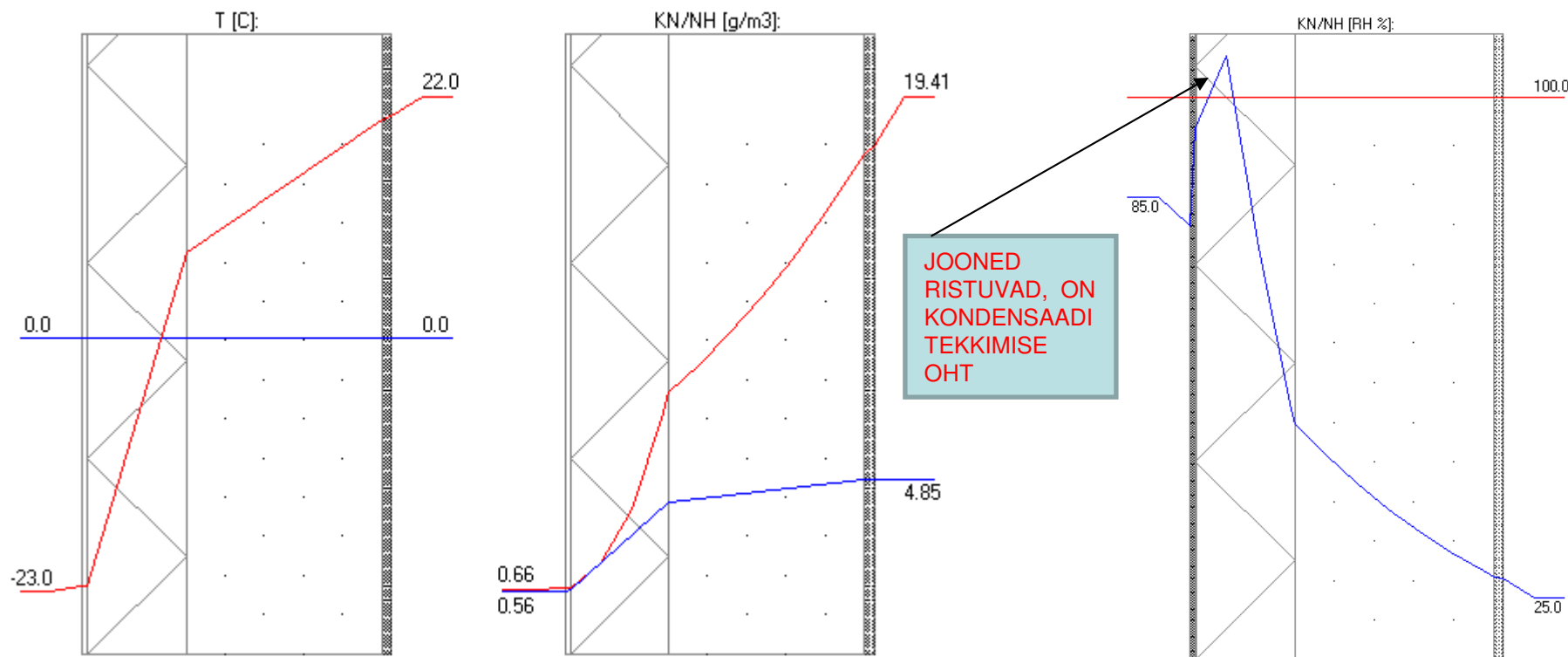


$T_v = -23^\circ \text{C}$ $T_s = +22^\circ \text{C}$
 $R_h = 85\%$ $R_h = 25\%$

————— Küllastunud õhu niiskus seinas
 ————— Tegelik õhu niiskus seinas

Fibo 3 200 + Isover OL-P 100 + Maxit Serpo välisviimistlus ($\mu=21$)

Temperatuuri ja niiskuse jaotus vahtpolüstüreeniga soojustatud keramsiitbetoonplokkidest välisseinas



$T_v = -23^\circ \text{C}$ $T_s = +22^\circ \text{C}$
 $R_h = 85\%$ $R_h = 25\%$

— Küllastunud õhu niiskus seinas
 — Tegelik õhu niiskus seinas

Fibo 3 200 mm + EPS 100 mm + Maxit Serpo välisviimistlus 5 mm ($\mu=21$)

Seina erinevate kihtide aurutakistuse $S_d = \mu \times d$ võrdlus

Seina konstruktsioon

Maxit polümeerkrohv ($\mu=17,8$) + vahtpolüstüreen ($\mu=60$) + Fibo plokk ($\mu=6$) + mineraalkrohv ($\mu=6$)

“Rusikareegli” nõue

$$\frac{S_{d_{soe}}}{S_{d_{k\ddot{u}lm}}} \geq 5$$

Vahtpolüstüreen soojustuse puhul

$$S_{d_{k\ddot{u}lm}} = 17,8 \times 0,005 + 60 \times 0,1 = 6,089 \text{ m}$$

$$S_{d_{soe}} = 6 \times 0,01 + 6 \times 0,2 = 1,26 \text{ m}$$

$$\frac{S_{d_{soe}}}{S_{d_{k\ddot{u}lm}}} = \frac{1,26}{6,089} = 0,21 < 5$$

Järeldus: ei rahulda nõuet

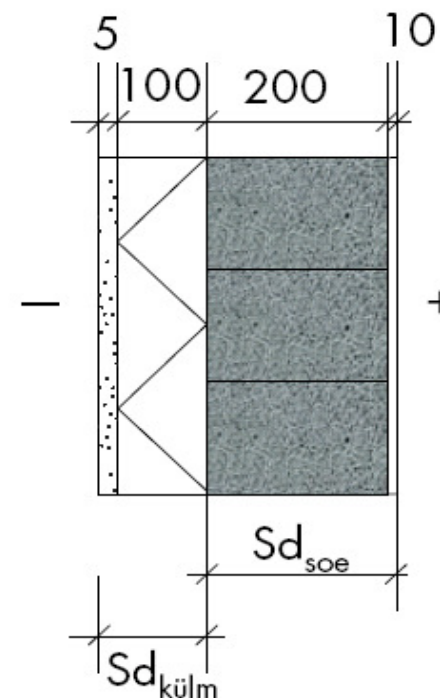
Mineraalvilla soojustuse puhul

$$S_{d_{k\ddot{u}lm}} = 17,8 \times 0,005 + 1 \times 0,10 = 0,189 \text{ m}$$

$$S_{d_{soe}} = 6 \times 0,1 + 6 \times 0,20 = 1,26 \text{ m}$$

$$\frac{S_{d_{soe}}}{S_{d_{k\ddot{u}lm}}} = \frac{1,26}{0,189} = 6,6 > 5$$

Järeldus: rahuldab nõuet



Kas vahtpolüstüreen on “hingav” või “mittehingav” soojusisolatsioon?

- Mõiste “hingamine” ehitusfüüsikas on määratlemata. Sellepärast tuleb alati täpsustada mida “hingamise” alla mõeldakse.
- Kui “hingamise” all mõeldakse õhu ja veeauru liikumist läbi välisseina konstruktsiooni, siis see võib toimuda kahel moel:
 - konvektiivselt
 - difuusselt
- Õhu kogused, mis läbivad seina kas konvektiivsel või difuussel teel ehitusfüüsikas ei võeta arvesse ruumi ventileerimisel, kuna nad on väikesed ning ei taga vajalikku õhu vahetust ruumis.
Sellepärast **läbi seina ruumi ventilatsiooni ei toimu.**
- Kui aga “seina hingamise” all on mõeldud õhu ja veeauru **difuusne liikumine läbi seina**, siis see on korrektne väljend, kuid seda võib kasutada seina konstruktsiooni kohta, mitte aga vahtpolüstireeni kui soojusisolatsiooni materjali kohta.
- Vahtpolüstüreen eraldi võetuna ei ole “hingav” või “mitte hingav” materjal. Kõik sõltub sellest millise materjali soojustamiseks teda kasutatakse.

Difuusne “hingamine”

Difuusne õhu ja veeauru liikumine läbi seinu on väga positiivne materjali või seinu konstruktsiooni omadus, kuna

- sein akumuleerib ruumis oleva liigse veeauru ja CO₂, mis liiguvad ruumi seestpoolt väljapoole s.o suuremast kontsentratsioonist väiksema kontsentratsiooni suunas.
- ühtlasi hapnik, mida kasutame hingamiseks liigub väljapoole sissepoole.

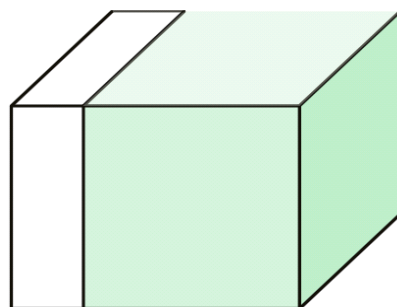
Mida väiksem on materjali difusiooni takistus konstant μ , seda paremini ülalmainitud protsessid toimuvad.

Selles seisneb põhimõtteline erinevus gaasbetooni ja puidu ning tavalise raudbetooni või klaasi vahel

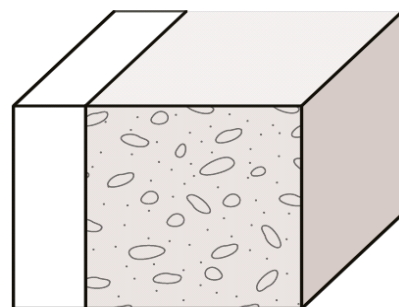


Vahtpolüstüreeni ja teiste materjalide difusiooni takistuskonstant μ

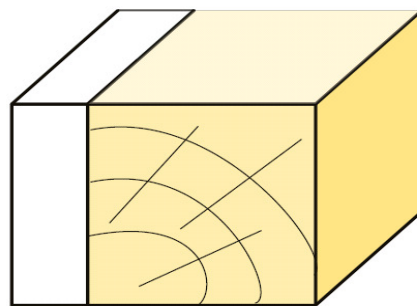
AS Reideni Plaat deklareerib vahtpolüstireenil $\mu=30 - 70$



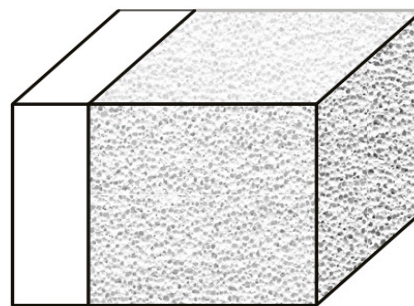
Klaasplokid $\mu=\infty$



Raudbetoon $\mu=100$
Columbia kivi $\mu=100$



Puit $\mu=40$



Gaasbetoon $\mu=4,6 - 6$
Keramsiitbetoon $\mu=6$

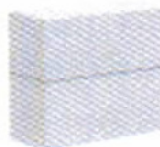
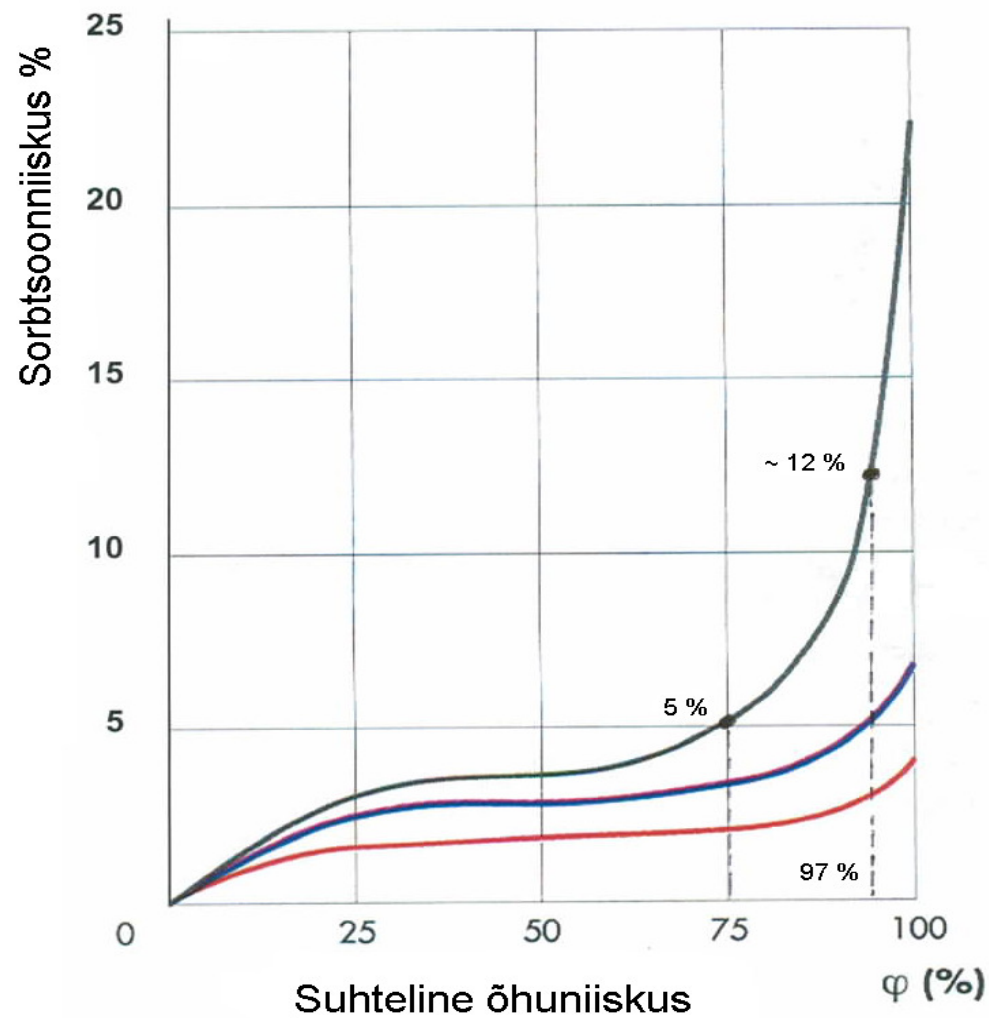


AEROC ja Tarmatrade OÜ erinevused lähteandmete (raamtingimuste) valikul kondensaadi tekkimise kontrolliks

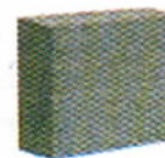
	Lähteandmed	Firma	
		AEROC	Tarmatrade
1	Arvutus metoodika	dofterm 2.2	H. Glaseri meetod DIN 4108
2	Väliskliima Tallinnas	-21 ° C Eesti kliima teatmik ET-2 0103-0329	- 10 ° C DIN 4108-3
3	Siseruumi relatiivne niiskus kütte perioodil	25%	50%
4	Difusiooni takistus koefitsiendid μ polümeerkrohvil	vastavalt TTÜ katsetelt Sakret 9.5 Maxit 17.8	100 (valmistaja pole märgitud)
5	vahtpolüstireenil μ	60 LBN 002-01	40

MÄRKUS: AS Reideni Plaat deklareerib $\mu=30 - 70$ vahtpolüstireenile

Erinevate materjalide sorptsiooniiskus



Porobeton

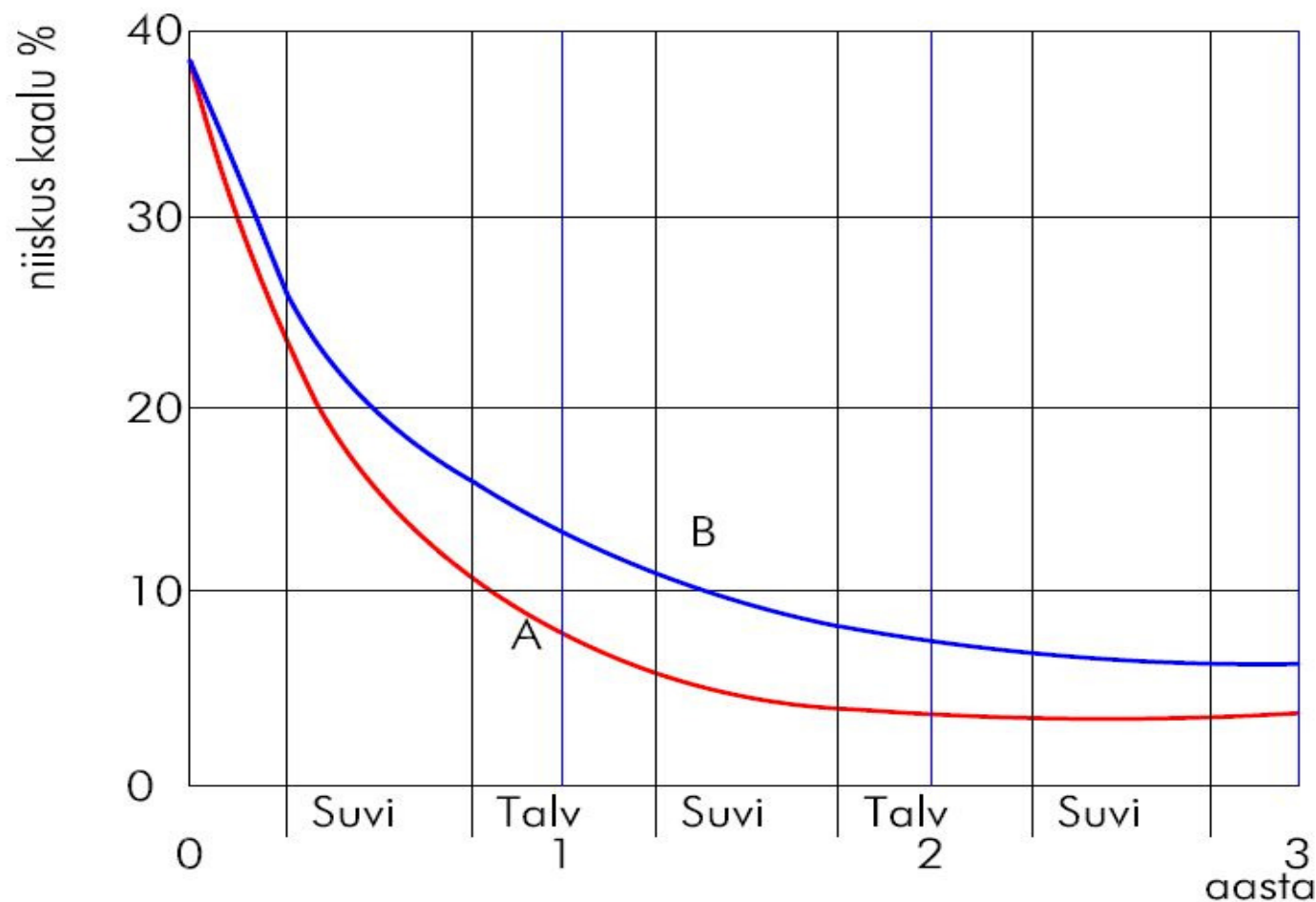


Keramsiitbetoon



Savitellis

AEROC välisseinte kuivamine



A – Viimistlemata poorbetoonist välissein Saksamaal

B – AEROC EcoTerm 375 plokkidest välissein, viimistletud Maxit Serpo polümeerkrohviga (Tallinna Tehnikakõrgkooli katsetulemused)

Välisseinte soojapidavuse hindamiseks ei piisa ainult soovitatava U väärtuse kinnipidamisest.

U väärtusest mitte vähemtähtsad on välisseinte

- Õhutihedus
- Soojusinerts
- Kondensaadi tekkimise oht

