



Kas passiivmajale on alternatiivi?

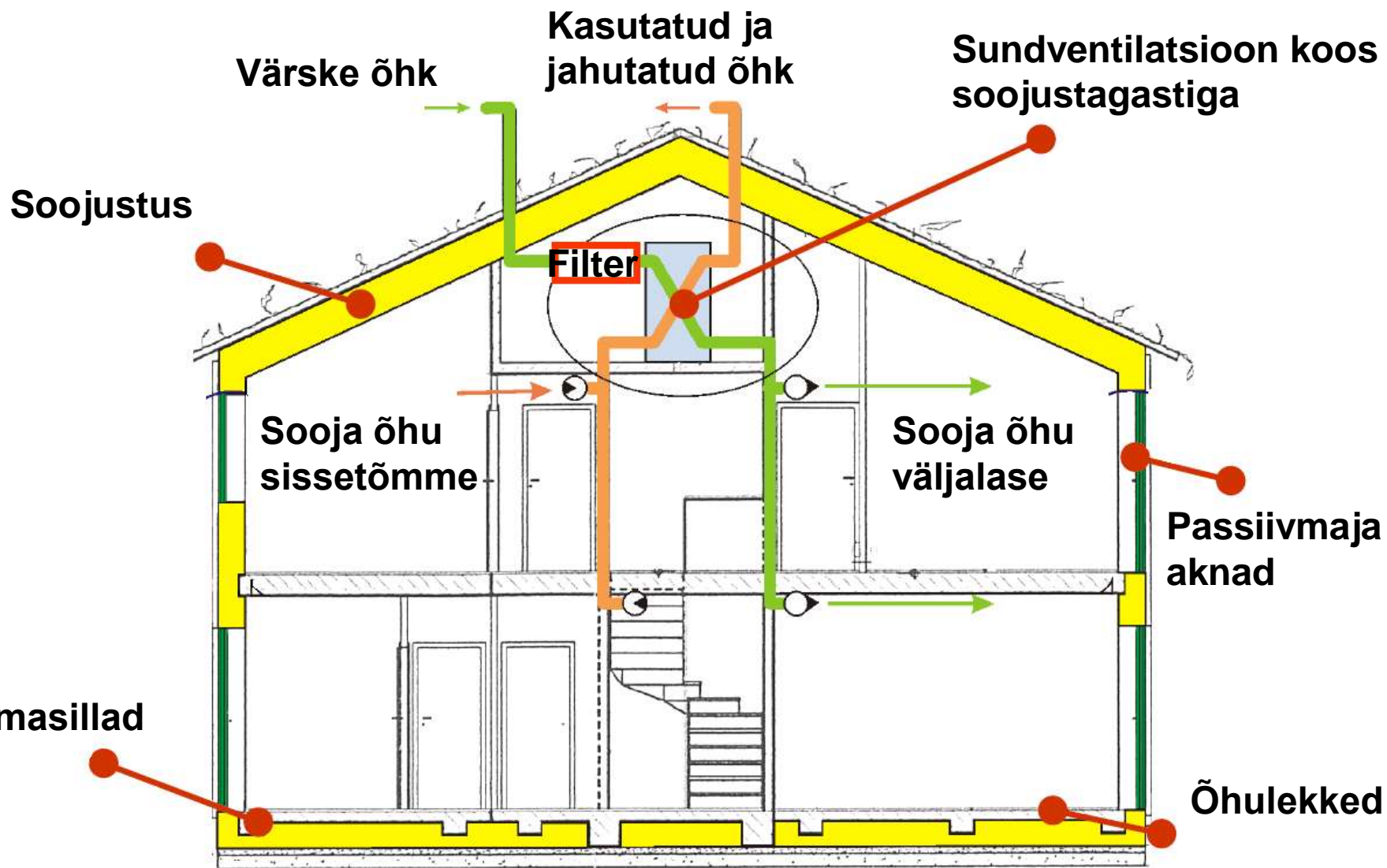
Ph. D. Sc Jazeps Paplavskis
Aeroc AS

Mida mõistab tavaklient termini all “passiivmaja”?

1. Tavamaja kütte kulud on 170 – 250 kWh/m²a, passiivmajal mitte üle 15 kWh/m²a;
2. Passiivmaja kütmiseks kulub vaid 3500 krooni aastas;
3. Passiivmaja on tavamajast ainult 5-10 % kallim

Kasutatud mõisted

Passiivmaja funktsioneerimise skeem



Passiivmaja põhinäitajad Saksamaal

- Hoone kompaktsus
- Orienteeritus lõunasse + päikesevarjud
- Kõrged nõuded piirete soojusisolatsioonile ($U \leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$) + energiasäästlikud aknad ($U \leq 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Hoone piirete hea õhupidavus ($n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$)
- Puuduvad külmasillad ($\Psi \leq 0,01 \text{ W/mK}$)
- Soojustagastiga ventilatsioonisüsteem (kasutegur väh. 80%)
- Taastuvenergia kasutamine
- Energiasäästlikud enektriseadmed
- Kütteseadmed puuduvad
- Energiakulud küttele kuni $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- Primaarenergia kulu kuni $120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Infoallikas: www.passive.de

Passiv Haus Instituti soovitused passiivmajale põhjamaade kliima tingimustes

Laskennan alkuoletukset:

suhteellisen leuto talvi

pienet sisäiset kuormat

Ilmanvaihto 0,4 1/h

Jotta lämmitysenergian tavoitearvo saavutetaan:

Talon muoto: kompakti, tilavuus/pintaala optimoitu

Ikkunat: $U = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 50\%$, pintaala pieni

Ulkoseinä: $U = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$

Yläpohja: $U = 0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$

Päätelmä: energiatavoitteet liian ankarat pohjoiseen ilmastoon

=> **Suomalainen passiivinen talo:**

Lämmitysenergian tarve 25 35 kWh/m² (Helsinki Sodankylä)

Kokonaisenergian tarve 75 85 kWh/m²

Infoallikas: <http://passiivitalo.vtt.fi/>

Passiivmaja peamised eelised

- Madal summaarne (küte + soe vesi + elekter) primaarenergia kulu (kuni 120 kWh/m²a)
- Hea õhu kvaliteet ruumides

Passiivmaja võimalikud probleemid

- Ehitustööde kvaliteet
- Nõutav õhutiheduse tagamine mitmekihilistes välispiiretes
- Teatud piirangud arhitektuurse lahenduse projekteerimisel
- Teatud mugavuste piirangud hoone eksploateerimisel
- Õhuvahetus ja temperatuuri regulatsioon peab olema täielikult automatiseeritud ja töökindel
- Veeaur võib kondenseeruda ja jäätuda akende välispinnal

Energiatõhusa maja mõiste

Energiatõhusa ehk madalenergia maja mõistet ei ole Eestis seni defineeritud.

Kirjanduslike allikate järgi Saksamaal ja teistes riikides energiatõhusal majal kulutatav energia küttele ei tohi ületada **40 kWh/m²a** ja summaarne primaarenergia (küte + vee soojendamine + elekter) **120 kWh/m²a**, ehk A-energiaklassi nõue.

Mille poolest passiivmaja erineb energiatõhusast või A-energiaklassi majast

- Passiivmajal peamine rõhk on suunatud välispiirete maksimaalsele soojustamisele. Näiteks Passiv Haus Institut andmetel Stockholmis ja Helsingis välispiirete soojustamiseks soovitatakse kasutada 60 cm mineraalvilla ja katuslagede 60-70 cm minaraalvilla.
- Energiatõhusal majal peamine rõhk on suunatud tehniliste süsteemide maksimaalsele kasutamisele, kuna välispiirete soojustamine annab ainult teatud piirini efekti.
- Energiatõhusas majas kasutatakse küttesüsteemi (põrandaküte või radiaatorid).
- Energiatõhusa maja arhitektuurse lahenduse planeeringul ei ole niisuguseid piiranguid nagu on passiivmajade puhul (vt. näiteks Jõelähtme elamumessi konkursi tulemused).

Energia klassid

ENERGIAARVUTUSEL PÕHINEV ENERGIAMÄRGIS		
Hoone kategooria: ELAMUD		Ehitusaasta: 2010
Hoone kasutamise otstarve: Üksikelamu 11101		Ehitisregistri kood:
Soojusvarustus: Lokaalküte, õhk-vesi soojuspump		Kõetav pind, m ² : 165
Energiaallikas: elekter		
Tellija:		
Aadress: Kuressaare, Torni 4		
Energiamärgis on koostatud:		
Energiatõhususarv (ET)	Vähe kulutav	Klass:
ET ≤ 120		A
121 ≤ ET ≤ 130		
131 ≤ ET ≤ 150		
151 ≤ ET ≤ 190		
191 ≤ ET ≤ 250		
251 ≤ ET ≤ 320		
ET ≥ 321		
	Palju kulutav	
Hoone energiatõhususarv *, kWh/(m ² ·a):		90
Väljastamise kumpäev:	Kehtib kuni:	
Märgise väljastaja:		
Kinnitan, et projekteeritud/rekonstrueeritud hoone vastab energiatõhususe miinimumnõuetele.		
Ettevõtte või FIE:		Reg nr:
Vastutav spetsialist:		Allkiri:

Eesti energiatõhususarv arvestab (läbi kaalumistegurite) ka tarbitavat primaarenergiat

A-klass 120 kWh/m²aastas

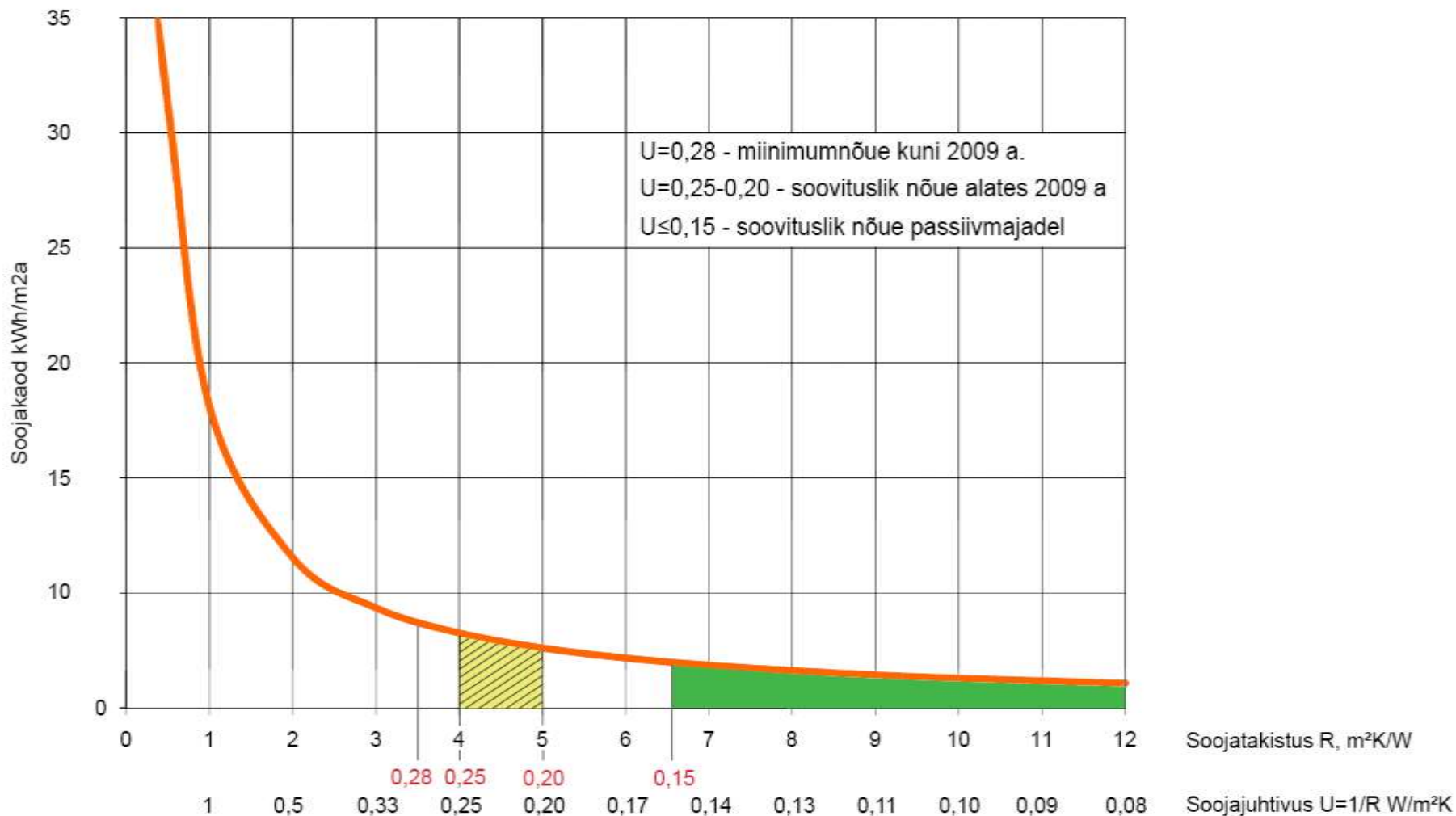
Ehk

A-klass ≈ “Passiivmaja” ja “Energiatõhus maja”

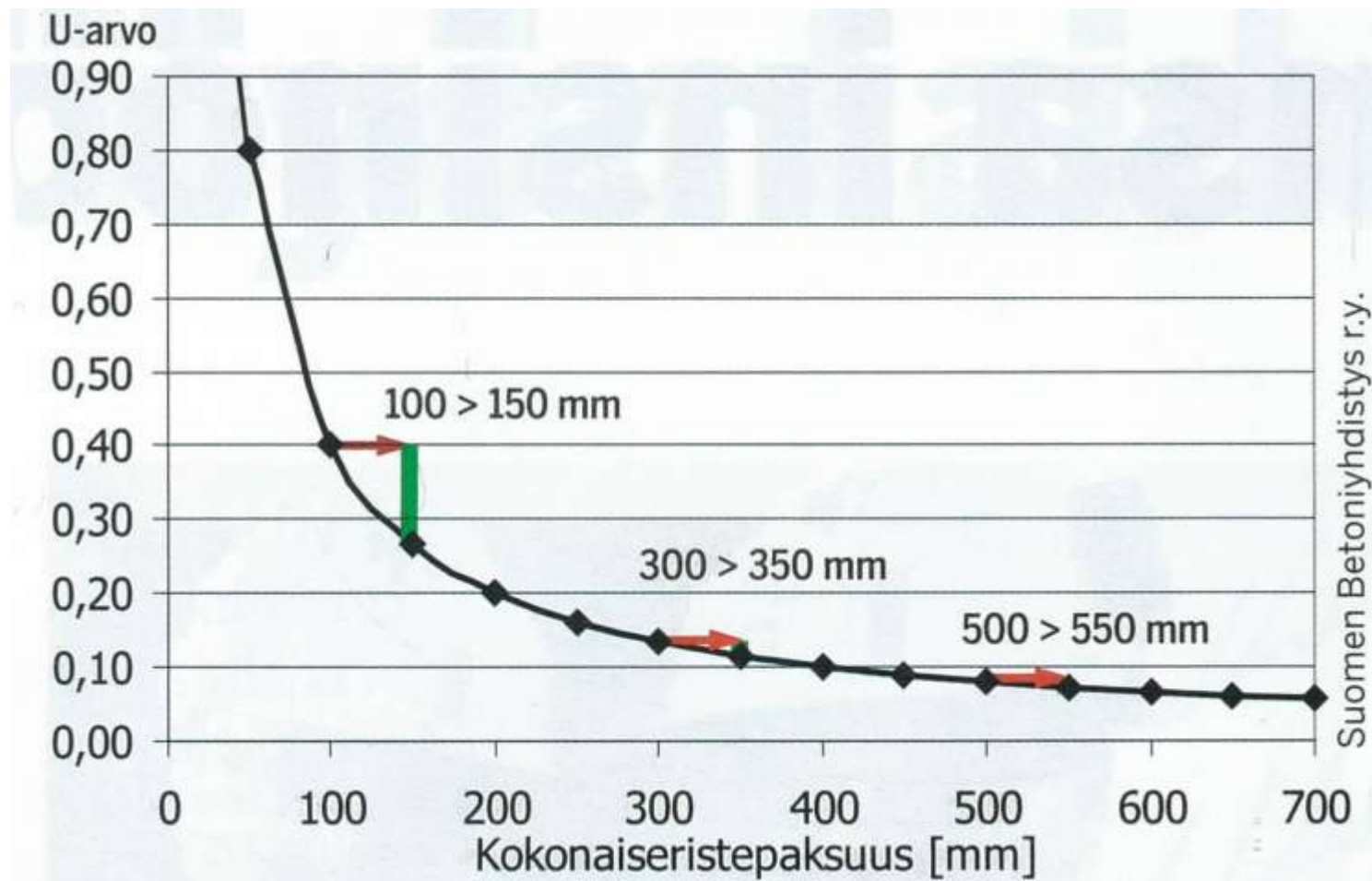
Soojajuhtivuse U (W/m²k) arvud Saksamaal, Eestis ja Soomes

	Saksamaa		Eesti		Soome	
	Alates 2002 a. EnEV 2002	Alates 2009 a. EnEV 2009	Kuni 2009 a. (EVS 837-1)	Soovituslik alates 2009 a.	Kuni 2010 a.	Alates 2010 a.
Seinad	0,30	0,28	0,28	0,2...0,25	0,24	0,17
Katus	0,20	0,20	0,22	0,15...0,2	0,15	0,09
Põrand	0,35	0,35	0,22	0,15...0,2	0,24	0,16
Aknad	1,4	1,3	2,1	0,7...1,4	1,4	1

Soojakadude sõltuvus välisseina soojatakistuse R ja soojajuhtivuse U väärtustest



Soojaisolatsiooni paksuse mõju soojajuhtivuse U (W/m^2K) arvule



Väikeelamu energiakulude näide

Köetav pind 132 m²

Piire	Pindala (m ²)	U-arv	
Katus:	66	0,16	
Sein:	170	0,22	
Põrand:	66	0,16	
Aknad ja ukсед:	40	1,1	30%



Lokaalne gaasikatlamaaja, vesipõrandküte

Lähteandmed

- Energiatõhususarv

Ehitatavate hoonete energiatõhususarv ei tohi ületada järgmisi piirväärtusi:

1) väikemajades (sh paarismajad ja ridaelamud) **180 kWh aastas** ruutmeetri kohta

Küte* + Tarbevesi* + Elekter* ≤ 180 kWha/m² (köetav pind)

*korrutatud energiakandja kaalumisteguriga

- Piirete soojusjuhtivus (U-arv)

*Ruumide soojusliku mugavuse tagamiseks ei või piirete soojajuhtivus üldjuhul ületada väärtust **0,5 W/(m²K)***

Väikemajade soojustuse valikul võib energiaarvutustes lähtuda järgmistest algväärtustesst: välisseinte soojajuhtivus 0,2–0,25 W(m²K), katuste ja põrandate soojajuhtivus 0,15–0,2, akende ja uste soojajuhtivus 0,7–1,4 W(m²K), kusjuures lõplikud valikud sõltuvad hoone kompaktsusest ning kütte- ja ventilatsioonilahendustest

Lähteandmed

- Ventilatsioon

Vähemalt standardi EVS-EN 15251:2007 sisekliima II klassi nõuetele

Näidismajal õhuvahetus 0,6 1/h

- Õhupidavus (infiltratsioon) n_{50}

Kui hoone õhupidavust ei ole mõõdetud või muul viisil tõendatud, tehakse energiaarvutus hoone õhulekkearvu baasväärtusega, mis on toodud määruse lisas 9 (Väikemaja 6 m³/hm², Muud hooned 3 m³/hm²)

Näidismaja õhupidavus $n_{50} = 1^* 1/h$

***Soomes ja Eestis tehtud poorbetoonist majade uurimused**

- Tarbevesi

Lisa 8; Sooja tarbevee erikulu; Väikemaja 45 l/inimene,päevas

Näidismajal 4 liikmeline perekond = 65,7 m³/aastas

- Suvise ruumitemperatuuri kontroll

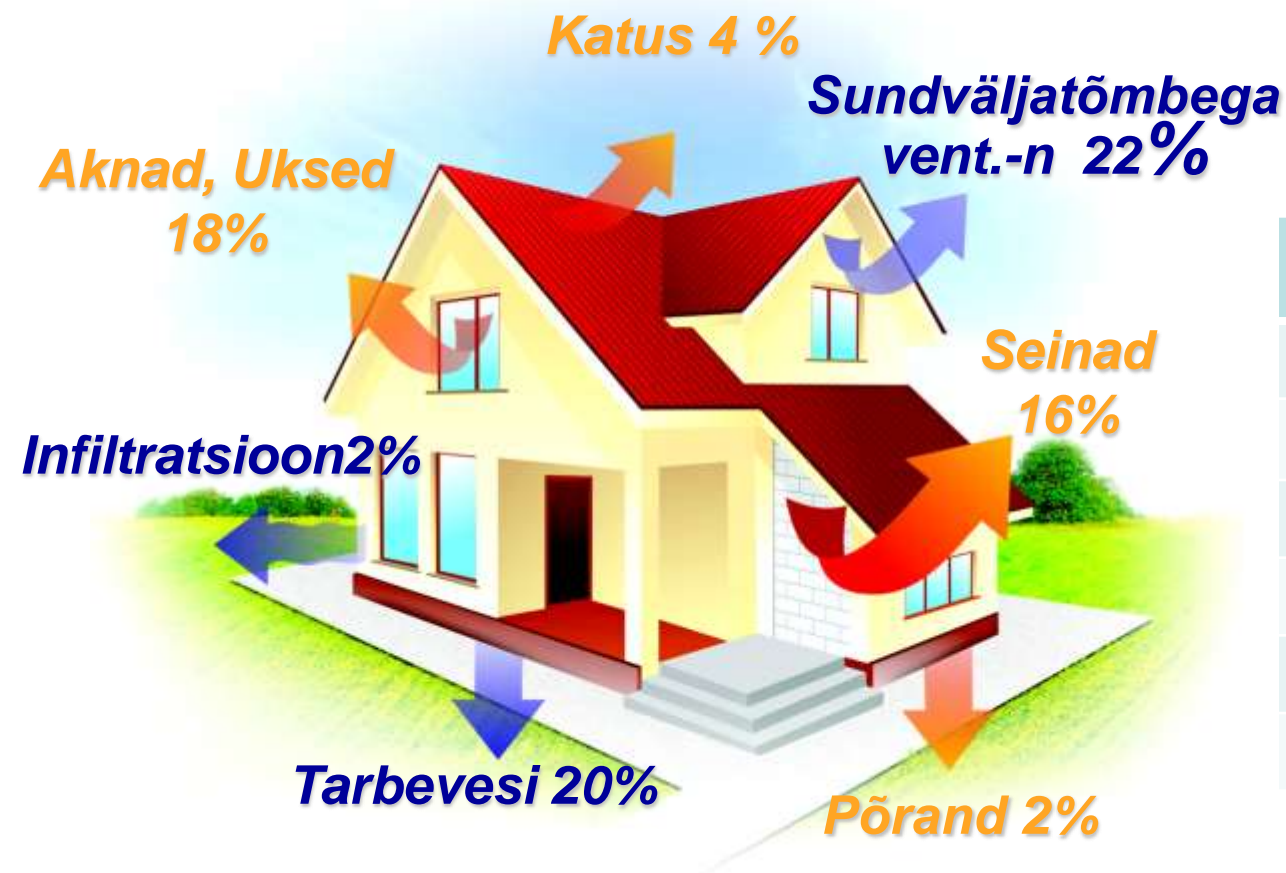
Suvise ruumitemperatuuri nõue loetakse täidetuks, kui ruumitemperatuur ei ületa määruse lisas 2 toodud piirtemperatuuri (jahutuse temperatuuriseadet) elamutes rohkem kui 150 kraadtunni (°Ch) võrra ajavahemikul 1. juunist 31. augustini.

Väikemajad on temperatuurikontrollist vabastatud järgmiste tingimuste samaaegsel täitmisel:

- 1) lääne- ja lõunapoolsete välisseinte üle ühe ruutmeetri suurustel aknapindadel kasutatakse päikesekaitseklaase päikesefaktoriga $g \leq 0,4$ või muid vastavatoimelisi lahendusi;
- 2) elu- ja magamistubade lääne- ja lõunapoolsete akende klaasiosa pind on maksimaalselt 30% ruumi lääne- ja lõunapoolsete välisseinte pinnast;
- 3) elu- ja magamistubades on avatavate akende pind vähemalt 5% nende ruumide põrandapinnast.

Hoone 1, Energiakulu

Ventilatsioonil sundväljatõmme, töötlemata värsket õhku antakse ruumidesse läbi õhuklappide seintes

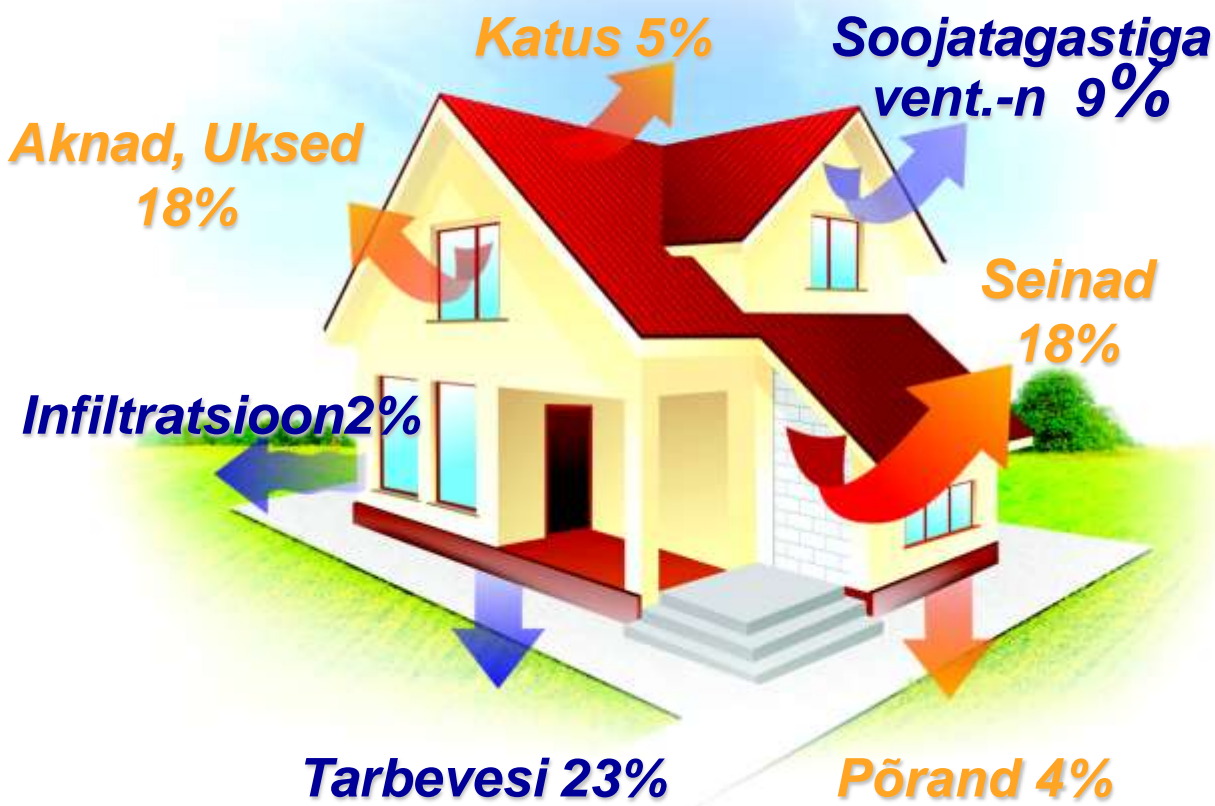


Energia	kWh/m ² a
Küte	126
Tarbevesi	34
Elekter	23
Kokku	183
ET-arv	195
Energiaklass	E

+ Küttesüsteemi kaod 14% (90% vabasoojuseks)

Hoone 2, Energiakulu

Soojustagastiga (kasutegur 80%) ventilatsioonisüsteem

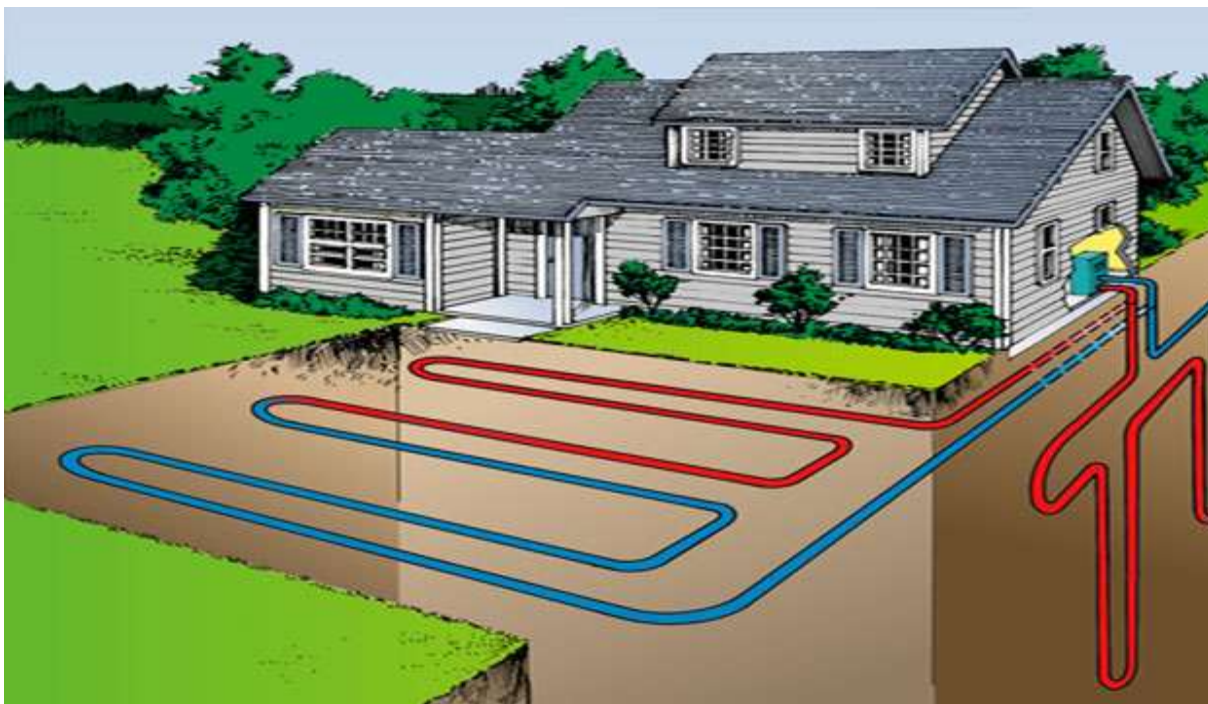


Energia	kWh/m ² a
Küte	72 (- 43%)
Tarbevesi	34
Elekter	29
Kokku	135
ET-arv	149
Energiaklass	C

+ Küttesüsteemi kaod 17% (90% vabasoojuseks)

Hoone 3, Energiakulu

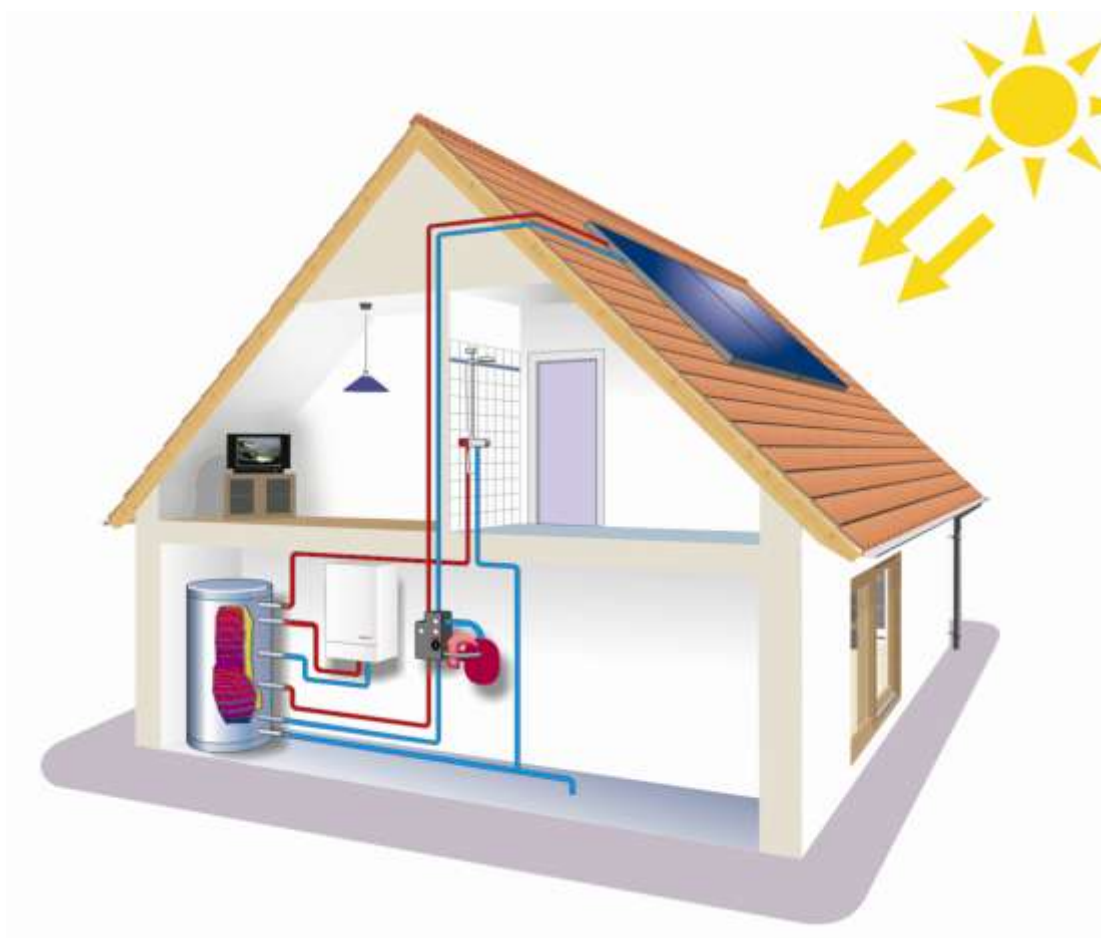
Maasoojuspump kütteks ja soojavee valmistamiseks



Energia	kWh/m ² a
Küte	19
Tarbevesi	14
Elekter	29
Kokku	62
ET-arv*	93
Energiaklass	A

Hoone 4, Energiakulu

Maasoojuspump + päikesekollektor küttele ja sooja veele



Energia	kWh/m ² a
Küte	18
Tarbevesi	8
Elekter	32
Kokku	58
ET-arv*	87
Energiaklass	A

	Variandid			
	1	2	3	4
Põrandaküte	JAH	JAH	JAH	JAH
Gaasikatel	JAH	JAH	-	-
Maasoojuspump	-	-	JAH	JAH
Päikesekollektor	-	-	-	JAH
Ventilatsiooni sundväljatõmme	JAH	-	-	-
Värskeõhu klapid seintes	JAH	-	-	-
Soojustagastiga ventilatsioon	-	JAH	JAH	JAH
Energiakadu kWh/m ² /aastas	Variandid			
	1	2	3	4
Küte	126	72	19	18
Tarbevesi	34	34	14	8
Elekter	23	29	29	32
Kokku	183	135	62	58
ET-arv*	195	149	93	87
Energiaklass	E	C	A	A
Energia maksumus aastas kr. **	24 156	17 820	8184	7656

* arvestatud energiakandjate kaalumisteguritega (gaas-1, elekter – 1,5)

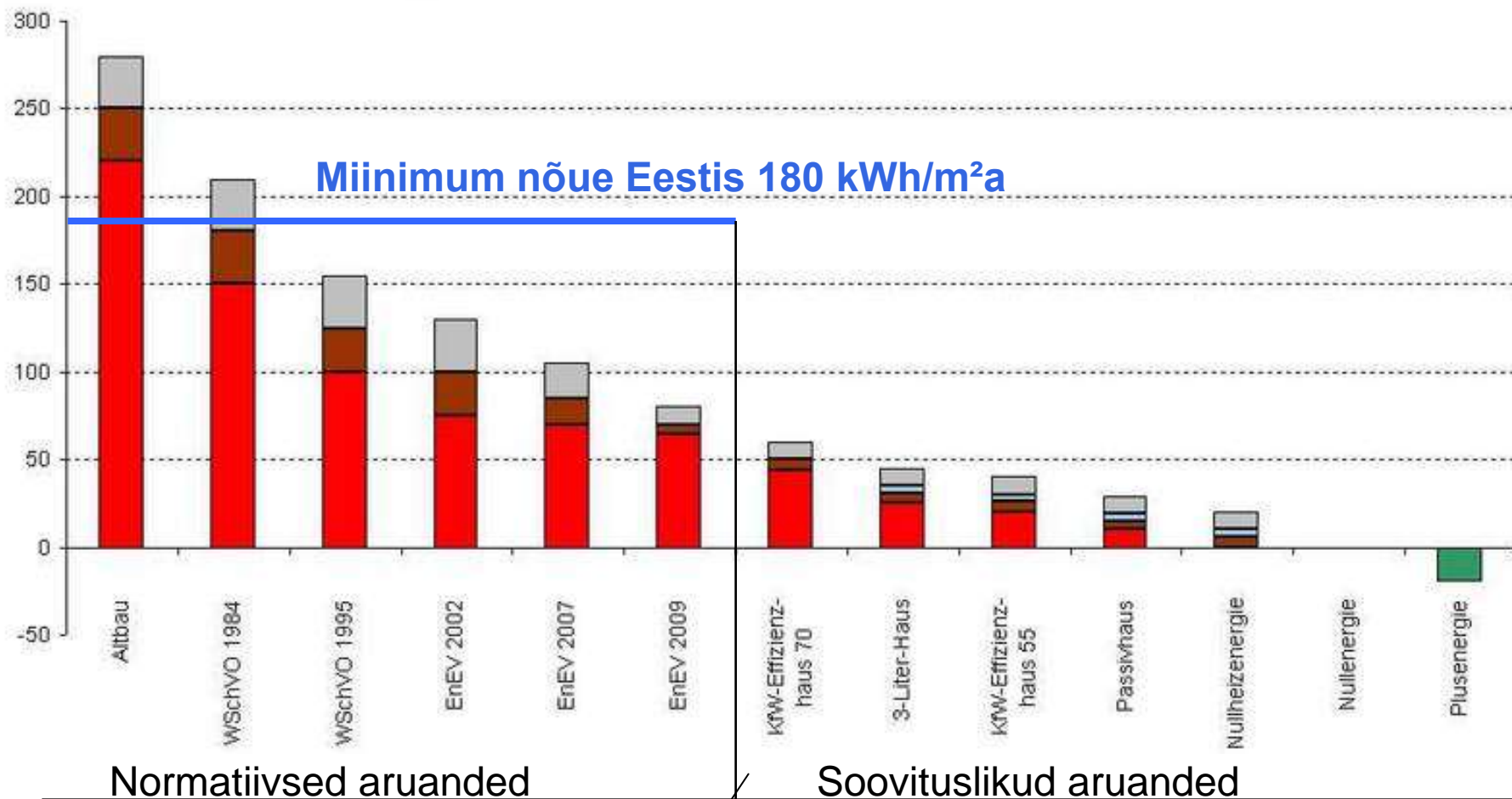
** võttes energia hinnaks 1 kr/kWh)

*** kui arvestada maasoojuspumba hinnaks 150.000 krooni ja ventilatsioon 100,000 krooni, siis tuleb kolmanda variandi tasuvusajaks võrrelduna esimesega ligikaudu 15 aastat.

Eramute eneriatoõhusus Saksamaal

Endenergiekennwert in kWh/(m²a)

■ Heizung ■ Warmwasser ■ Lüfterstrom ■ Haushaltsstrom ■ Energiegewinn



Järeldused

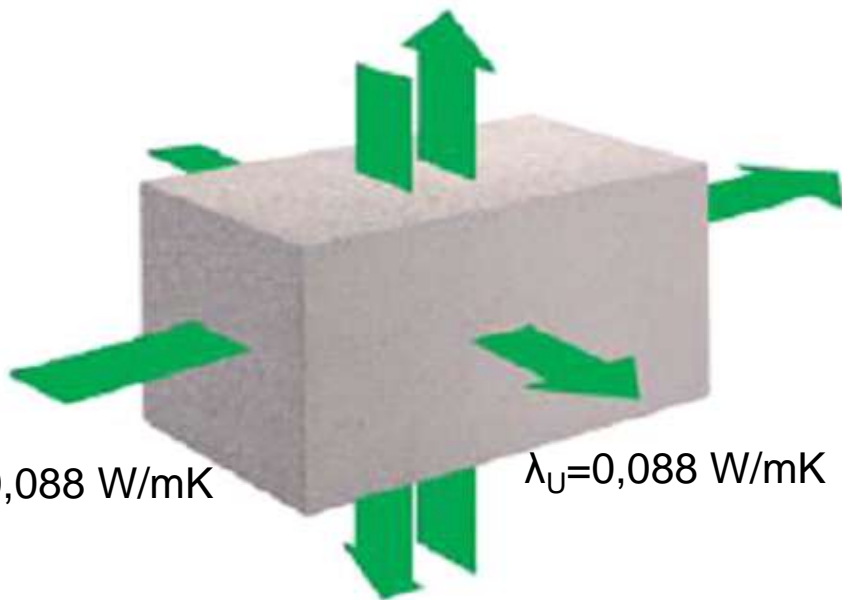
1. Passiivmaja alternatiiv on energiatõhus maja, mille energia kulud küttele ei ületa 40 kWh/m²a ja summaarsed primaarenergia kulud ei ületa 120 kWh/m²a ehk A-energiaklassi nõue.
2. Energiatõhusa maja puhul sundventilatsioon õhu tagastusega ja küttesüsteem (põrandakütte või radiaatoriga) peab olema kohustuslik.
3. Energiatõhusa maja puhul piisab, et välispiirete soojajuhtivuse U (W/m²K) arvud vastavad Vabariigi määruse nr. 258 soovitudele.
Soojajuhtivuse arve vähendamine $U \leq 0,15$ (W/m²K), nagu seda soovitatakse passiivmajade puhul, ei ole otstarbekas, kuna energia summaarne kokkuhoid sellest on minimaalne. Samal ajal välispiirete maksumus suureneb oluliselt.
4. Energiatõhusa maja ehitamist tuleb alustada projekti väljatöötamisest arhitekti, konstruktori, soojus ja ventilatsiooni ning automaatika spetsialistide koostöönä.
5. Energiatõhusa maja projekteerimisel tuleb arvestada soovitud ehitustega, mida esitatakse passiivmajadele. Näiteks, hoone maksimaalne õhutihedus, külmasildade puudumine, hoone kompaktsus ja orienteeritus ilmakaarte suunas ning ruumides hea mikrokliima tagamine.

**Mille poolest AEROOC
soojustehnilised omadused
erinevad teistest seinamaterjalidest?**

Soojaerijuhtivus

AEROC-i soojaerijuhtivus on kõikides suundades ühesugune

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

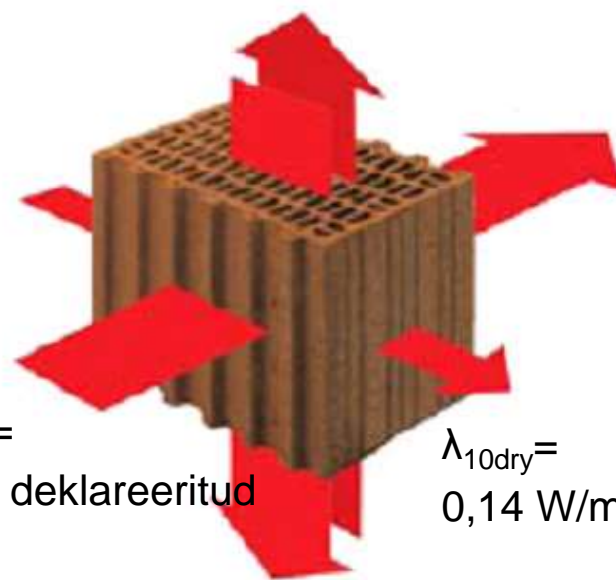


$$\lambda_U = 0,088 \text{ W/mK}$$

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

$$\gamma = 300 \text{ kg/m}^3$$

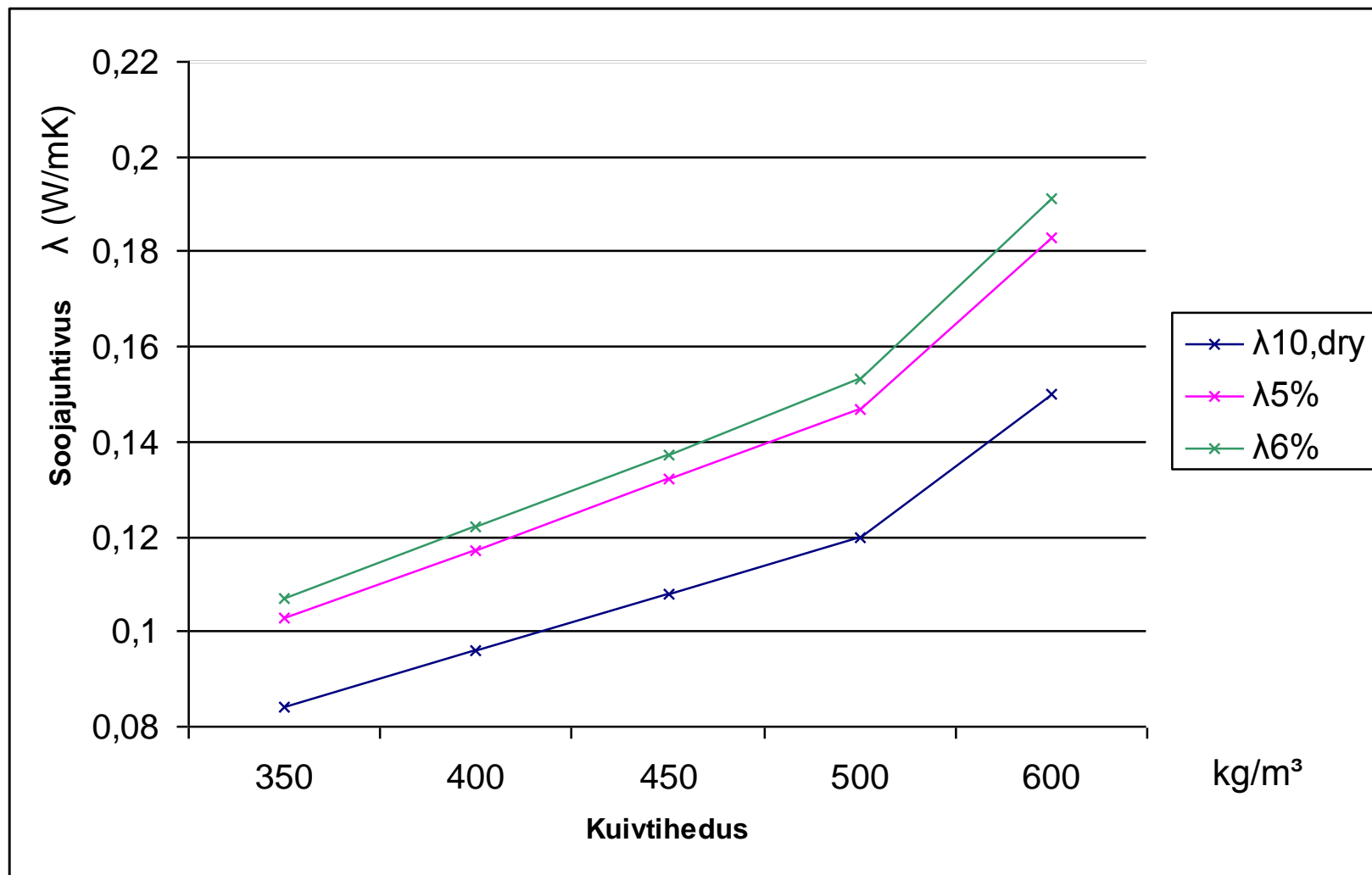
$$\lambda_{10\text{dry}} = \text{ei ole deklareeritud}$$



$$\lambda_{10\text{dry}} = \text{ei ole deklareeritud}$$

$$\lambda_{10\text{dry}} = 0,14 \text{ W/mK}$$

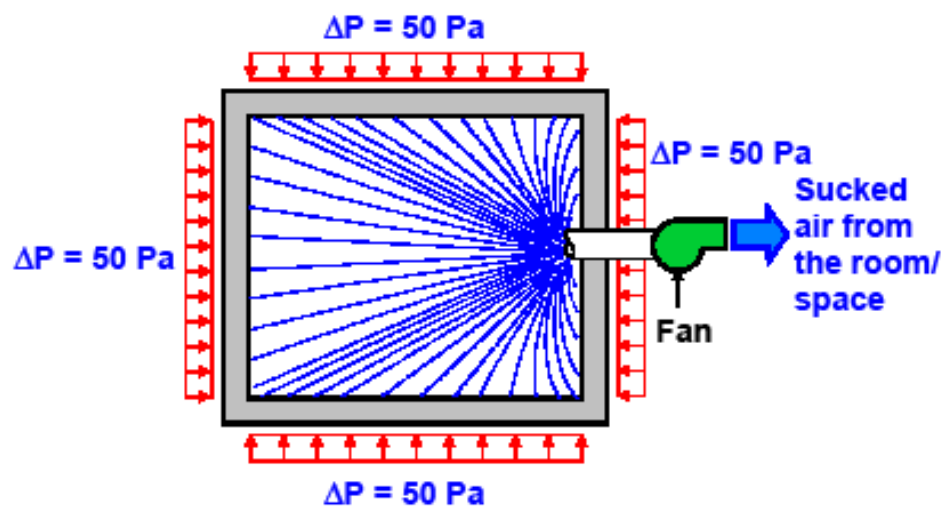
Poorbetooni soojaerijuhtivus λ (W/mK)



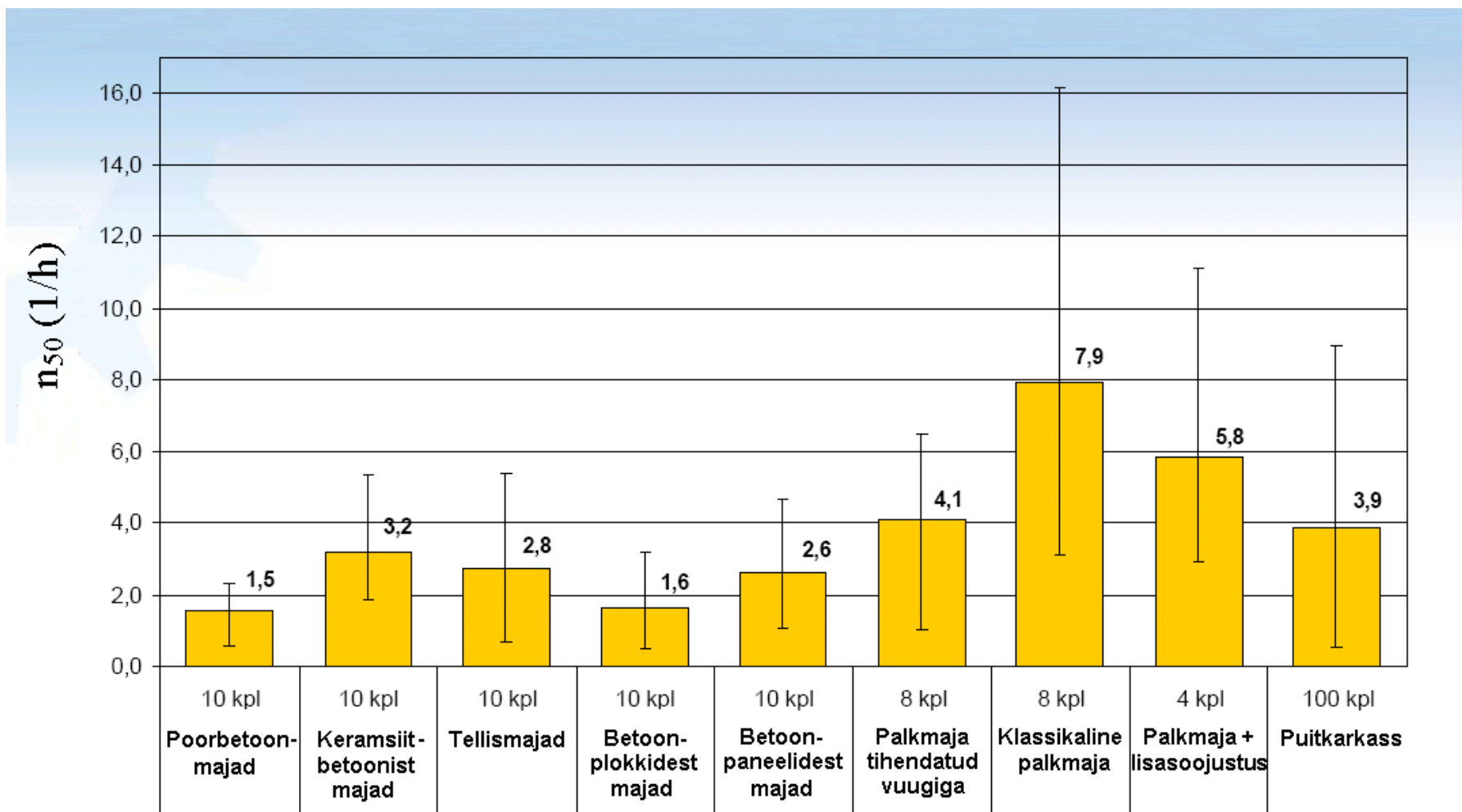
Vastavalt EVS-EN 1745:2002 $\lambda_U = \lambda_{10,dry} \times F_m$, kus $F_m = e^{f_u(u_2 - u_1)}$

Õhutihedus

Hoone õhutiheduse mõõtmine

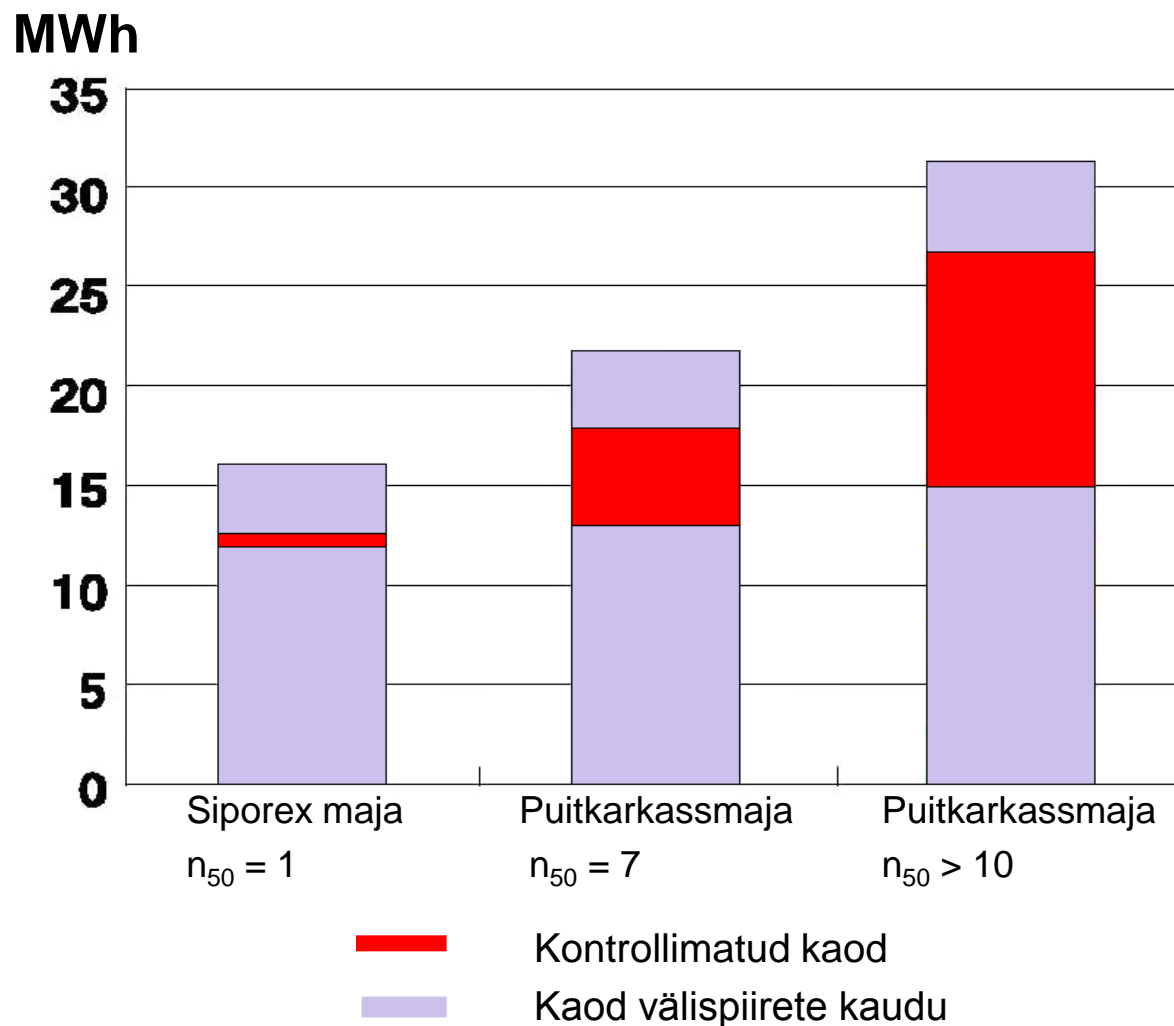


Õhutiheduse võrdlus



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

Erineva õhutihedusega tarindite energiatarve

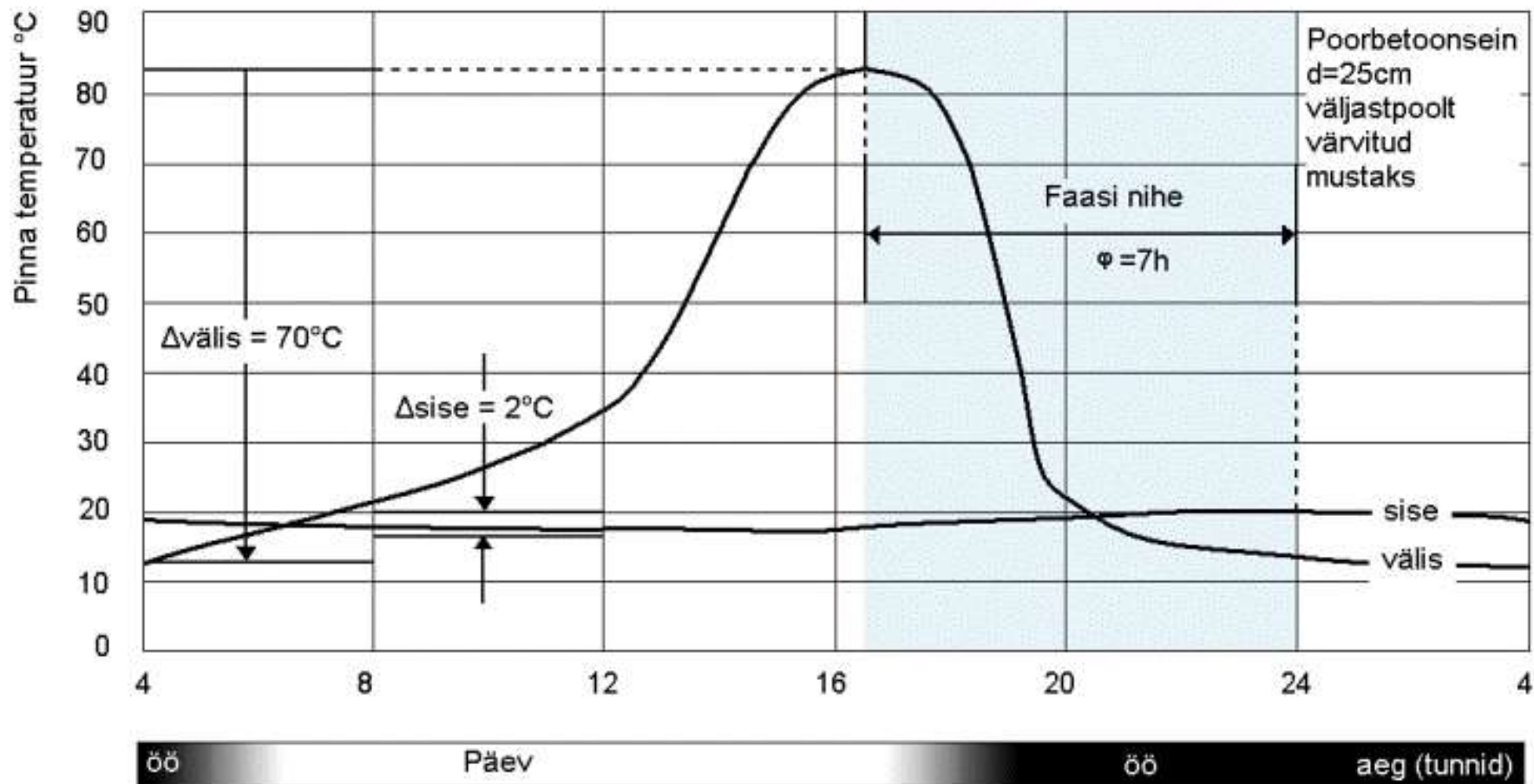


100 m² põrandapinnaga eramu. Konstruktsioonide U-arv on sama.

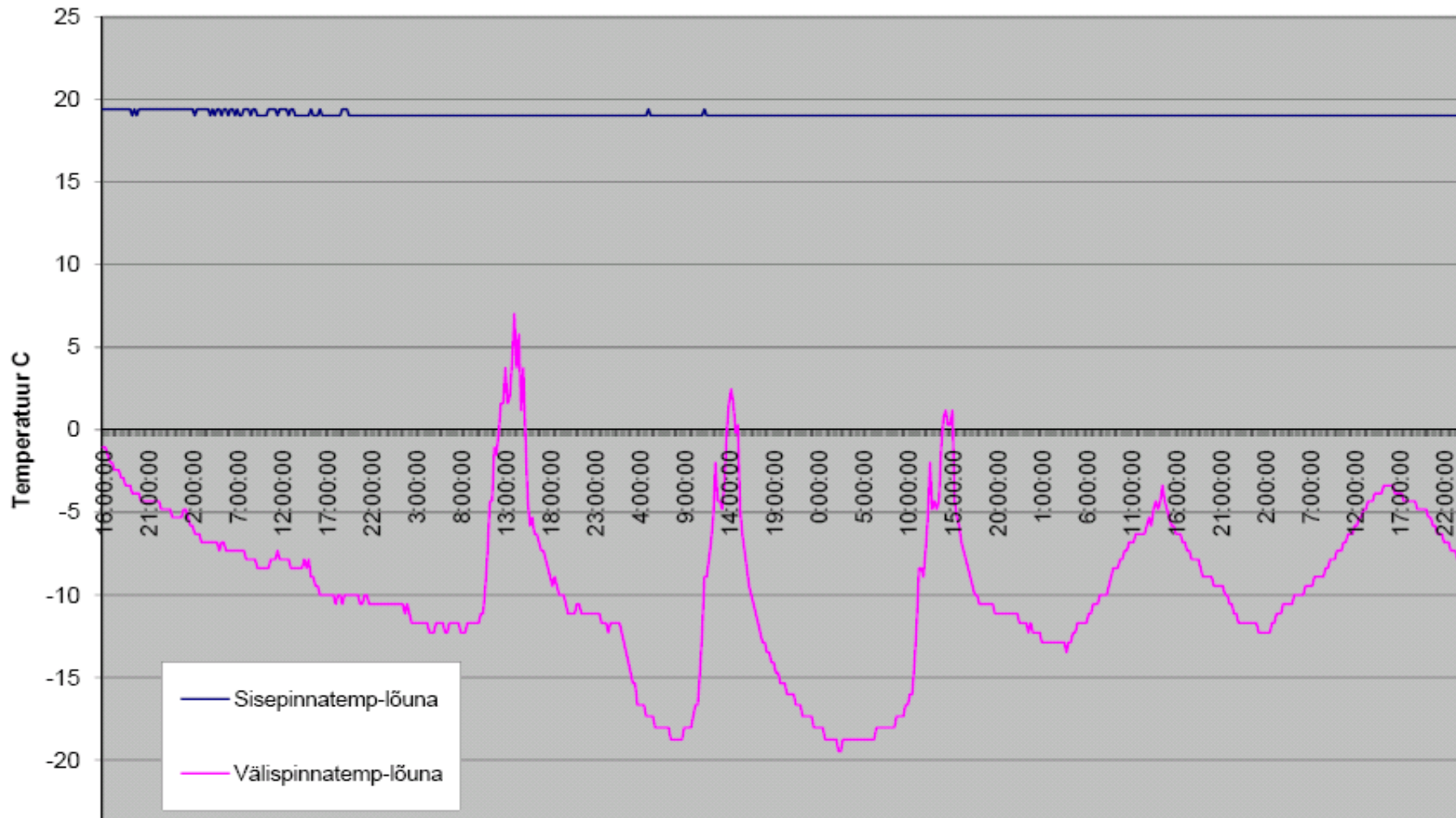
Infoallikas: Tampere Tehnikaülikooli uurimus, vt. Jämera Talokirja 2007

Soojusinerts

Poorbetoonist seina soojusinerts

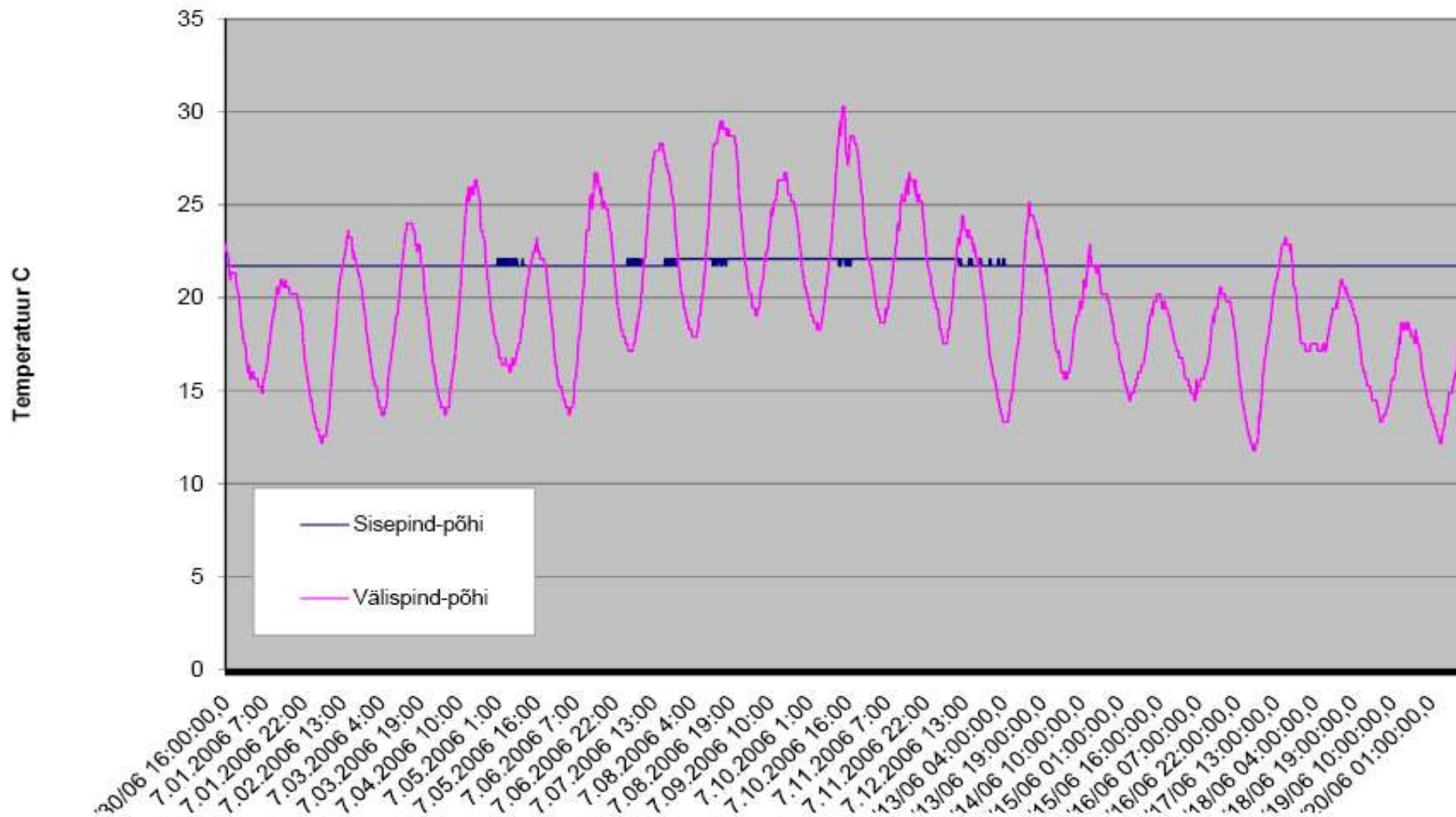


Sise- ja välistemperatuurid talveperioodil



Infoallikas: Tallinna Tehnikakõrgkooli katsetulemused

Sise- ja välistemperatuurid suveperioodil



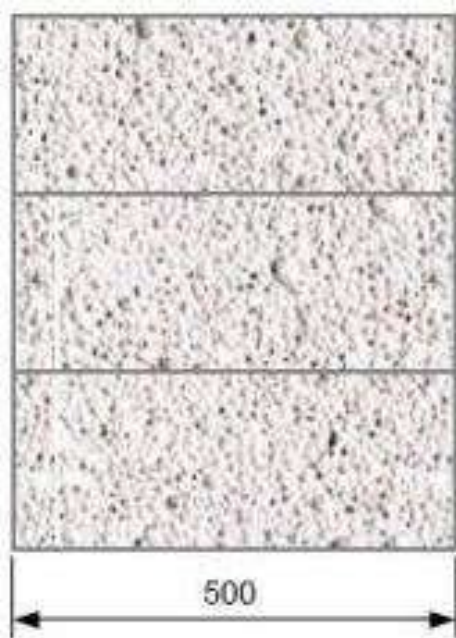
Infoallikas: Tallinna Tehnikakõrgkooli katsetulemused

Lihtne seinaplokkide paigaldus

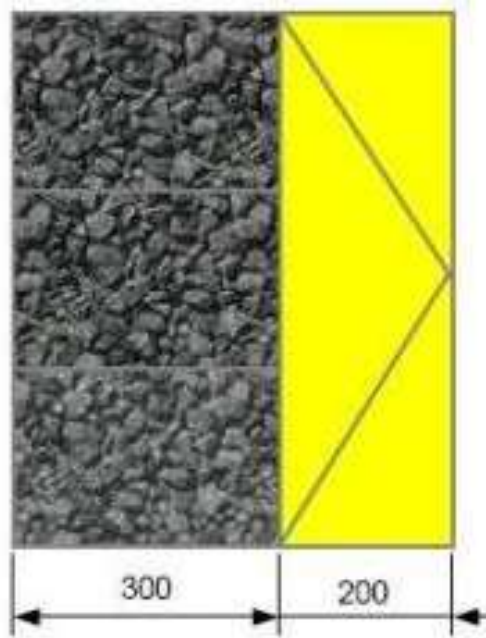


Erinevatest plokkidest sarnaste soojapidavustega seinalahendused

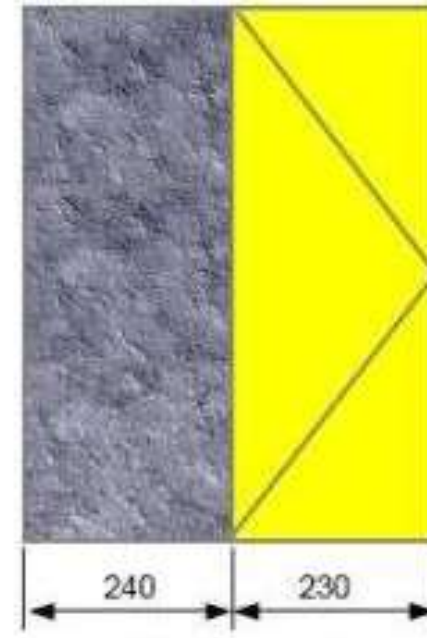
AEROC EcoTerm Plus 500
Täiskiviseina (soojustuseta)
ligikaudne U-arv $\approx 0,17$



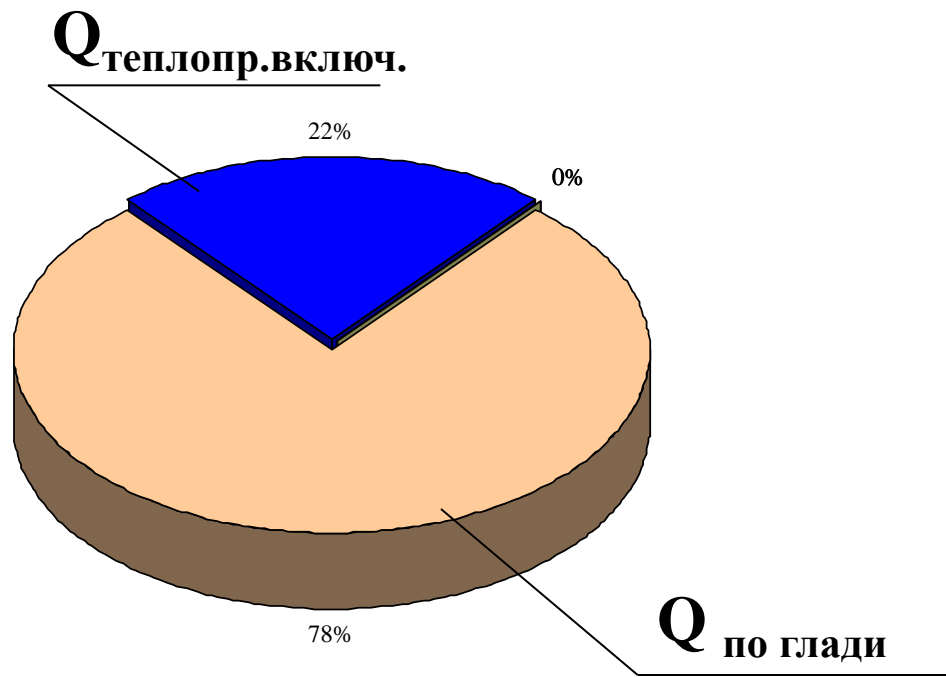
Keramsiitplokid
Soojustatud sein
ligikaudne U-arv $\approx 0,16$



Betoonplokid
Soojustatud sein
ligikaudne U-arv $\approx 0,17$



Soojustehnilise homogeenuse koefitsient



$$r = \frac{Q_{\text{по глади}}}{Q_{\text{теплопр.включ.}} + Q_{\text{по глади}}}$$

Wolf-Thermomodule vahtpolüstürool (neopor) seinaplokkide paigaldus. $U=0,095 \text{ W/m}^2\text{K}$



Märkus: Eestis kasutatud Jõelähtme ja Merivälja objektidel

Wolf-Thermomodule vahtpolüstürooolist (neopor) nurga plokkide lahendus



Täna tähelepanu eest!

AERORR