


EKTK seminar 25.08.2015



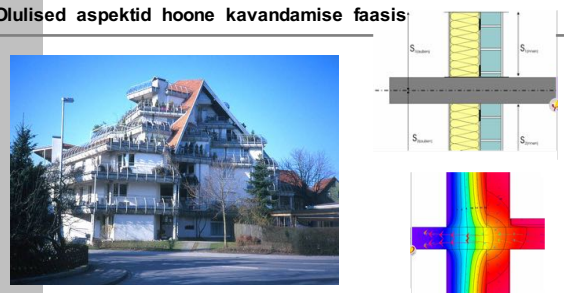
**3. Hoone arhitektuurne vorm ja konstruktiivne osa. Efektive geomeetria loomine ja külmasildade vähendamine**

Jaanus Hallik  
Building numeric OÜ | TÜ EETLabor

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

**Olulised aspektid hoone kavandamise faasis:**



Soojusjuhtivuskadud läbi piirdetarindite on üks enim hoone energiakulu mõjutavaid tegureid. Seetõttu on oluline vähendada soojuskadusid läbi piirdetarindite.

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

**Olulised aspektid hoone kavandamise faasis**

- Hoone kompaktsus.
- Hoone orientatsioon päikese aastase käigu suhtes
  - Passiivne küte, jahutusvajaduse ärahoidmine.
- Loomuliku valguse maksimaalne ärakasutamine
  - Väike hoone sügavus, kõrged aknad, erinevad tehnilised lahendused valguse hajutamiseks ja juhtimiseks ruumide teistesse osades
- Akende fragmenteeritus ->
  - külmasillad ja õhupidavuse tagamine.

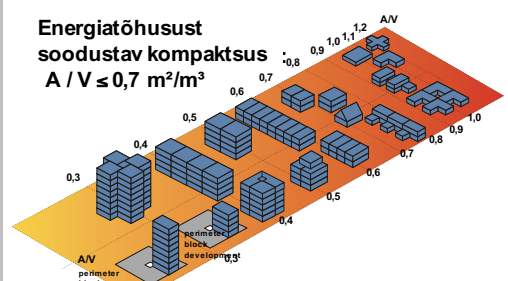


Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

**Hoone kompaktsus A/V-suhe**

**Energiatõhusust soodustav kompaktsus**  
 $A / V \leq 0,7 \text{ m}^2/\text{m}^3$

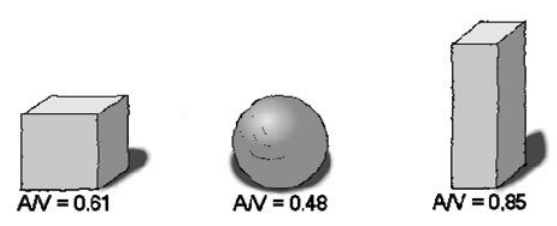


**Oluline minimeerida välispiirete pindala ja kubatuuri suhet**

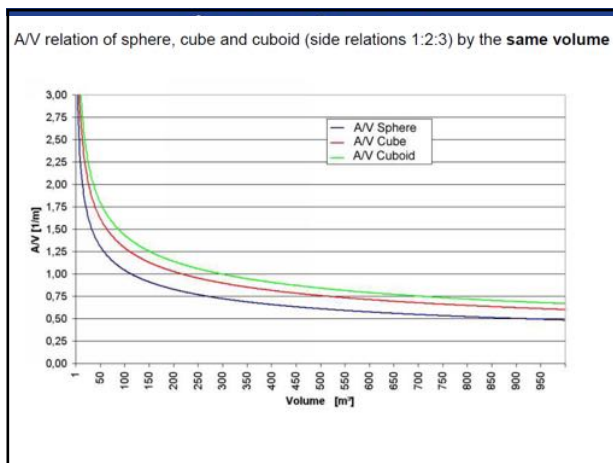
Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

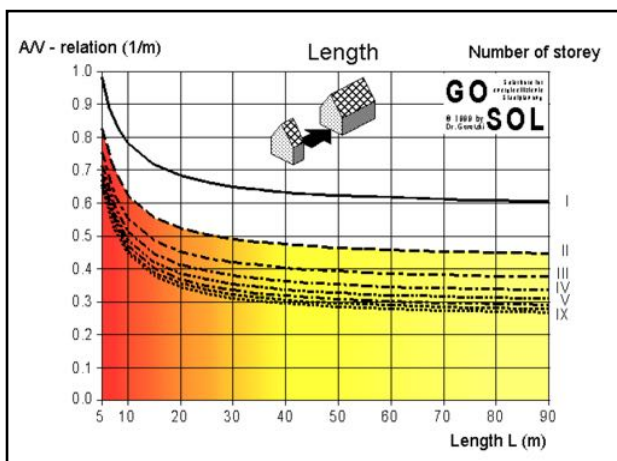
**Kompaktsus A/V**

Hoone kompaktsusindeks – Hoone välispiirete kogupindala ja hoone kubatuuri suhe (1/m).



$AV = 0.61$        $AV = 0.48$        $AV = 0.85$





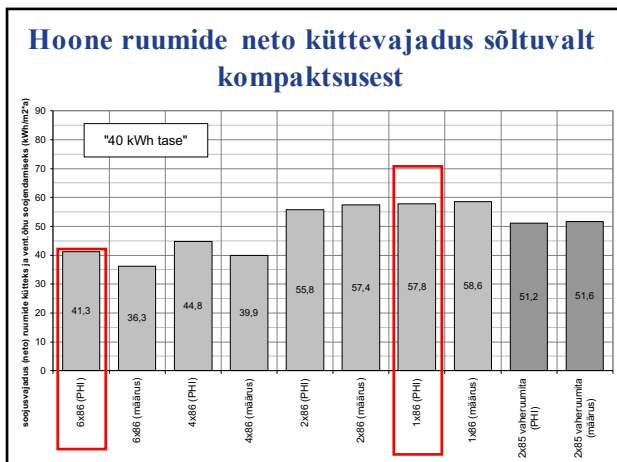
EKTK seminar 25.08.2015

### Kompaktsus A/V

Näide: 100 m<sup>2</sup> kasulik pind

A / V:	1,2	1,1	0,6	0,3	0,2
Küttevajadus:	140%	130%	100%	80%	65%

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841



EKTK seminar 25.08.2015

### Avade suund, suurus ja fragmenteeritus

- Aknapiindade mõõdukas suurendamine: 3x paketil on optimaalne suurus ca 2,5 – 3,0 m<sup>2</sup> vahemikus.
  - 4/4/4 – kuni 2,5m<sup>2</sup>
  - 6/4/6 – kuni 4,0m<sup>2</sup>
  - 8/6/8 – kuni 7,0m<sup>2</sup>
  - 8/8/8- kuni 8,0m<sup>2</sup>
- Fragmentatsiooni vältimine kus võimalik: vahelistu KS mõju suureneb, klaasiosa väheneb.
- Eluhoonetel klaaspindade ja ruumiplaneeringu optimeerimine lõunakaarde +- 25° (koos päikesekaitse lahendamisega!).
- Ida- ja läänefassaadidel klaaspindade vähendamine – eriti suurema soojuseraldusega kasutusotstarvete korral (palavussoht, päikesekaitsekaaside vajadus).
- Fassaadisüsteemi eelised (õhupidavus!)

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Külmasillad ja nende vähendamine/vältimine

#### külmasild (thermal bridge)

hoone välispiirde osa, kus soojusjuhtivus on lokaalselt suurem (ümbritseva tarindi soojusjuhtivusest). Selle põhjuseks on:

- välispiirde täielik või osaline läbistamine välispiirde üldisest soojusjuhtivusest suurema soojusjuhtivusega materjalidega või tarindiosadega
- ja/või sise- ja välispindade vahelised erinevused, mis on iseloomulikud näiteks põrandatele/lagedele/liitekohtadele.
- ja/või tarindi geomeetria muutumine.

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Külmasillad

- Külmasillad võivad olla geomeetriselised või ehitustehnilised. Külmasillad põhjustavad võrreldes külmasildadeta piirdetarinditega kahesuguseid muutusi:
  - üldise soojusvoolu muutumist;
  - sisepinna temperatuuri muutumist.
- Külmasilla olemasolu tekitab kahe- või kolmemõõtmelisi soojusvoogusid, mille andmeid on võimalik määrata standardis ISO 10211 toodud üksikasjaliste numbriliste meetodite abil.

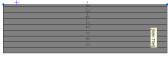
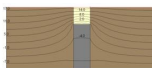
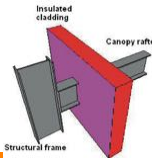
Allikas: ISO 10211 standard

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Külmasillad

Ühe-, kahe- ja kolmemõõtmelised soojusvood hoone välispiiretes:

- 1D soojusvoog: (ISO 6946); 
- 2D soojusvoog:
  - Korrapärased joonkülmasillad (ISO 6946, va erandid); 
  - Ebakorrapärased joonkülmasillad (ISO 10211);
- 3D soojusvoog: (ISO 10211). 

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

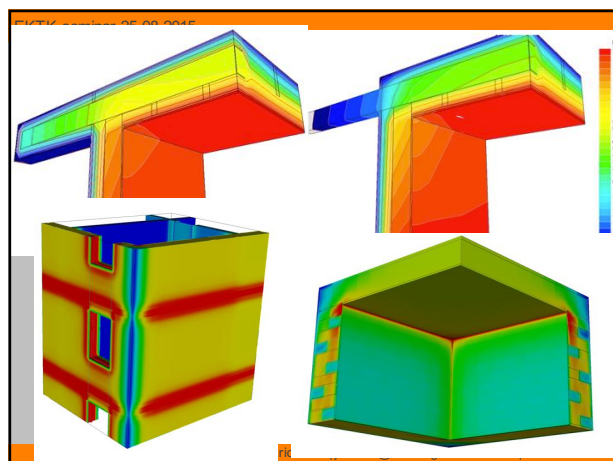
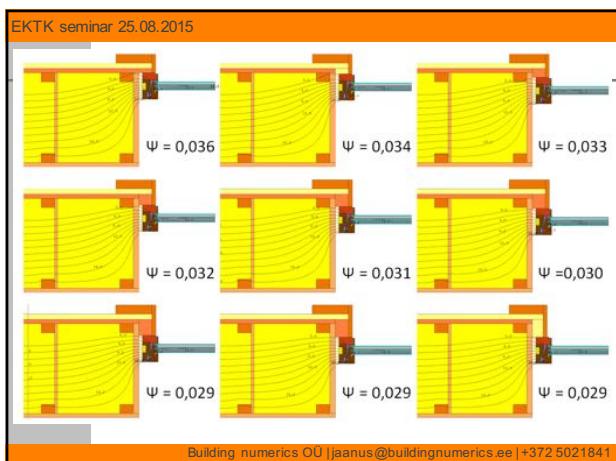
EKTK seminar 25.08.2015

Mittekorrapärase külmasildade soojuskaod võetakse eraldi arvesse geomeetriliste joon- ja punkt-külmasildade soojusläbivusega (vastavalt ISO 10211 standardile), nt:

- välissein-välissein,
- välissein-vahelagi,
- põrand-välissein,
- katuslagi-välissein,
- akna seinakinnituse sõlm,
- jne.

Vastavad väärtused leitakse 2D või 3D numbrilistel arvutustel.

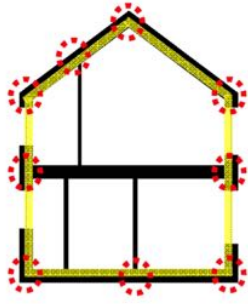
Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841



EKTK seminar 25.08.2015

Peamised külmasildade kohad hoone piiretes:

- välissein-välissein,
- välissein-vahelagi,
- põrand-välissein,
- põrand-sisesein,
- katuslagi-välissein,
- katuslagi-sisesein,
- akna seinakinnituse sõlm,
- ukse kinnituse sõlmed,
- mitmesugused läbiviigud
- jne.



Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Külmasildade vältimine ja nende mõju vähendamine

**Põhireegel:**

**Välgi soojustuskihi katkestamist kogu hoone piirde ulatuses!**

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKT seminar 25.08.2015

### Külmasildade vältimine ja nende mõju vähendamine

- Ära katkesta soojustuskihti!
- Soojustuskihi katkestamisel kasuta võimalikult madala soojusjuhtivusega materjale või vii koormus punktkülmasildadele
- Soojustuse ülekate aknalengidel (va alumiiniumraamid)
- Betooni, terase jms suure soojusjuhtivusega materjalide mõju mittegeomeetrilistes sõlmedes on suur. Selliseid lahendusi tuleks vältida.

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKT seminar 25.08.2015

### Külmasildadega arvestamise olulisus

1. Külmasilla suuremast soojusjuhtivusest põhjustatud madalam sisepinna temperatuur ja sellest tulenev kõrgem suhteline niiskus võib põhjustada tarindis või tarindi sisepinnal mikroorganismide kasvu, seina määrdumist või viia veeauru kondenseerumiseni.  
Veeaur kondenseerub, kui temperatuur langeb alla küllastustemperatuuri, kui suhteline niiskus on 100 %. Toatemperatuuril on **hallituse kasvuks sobiv** suhteline niiskus **75...80 %** juures;

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKT seminar 25.08.2015

### Külmasildadega arvestamise olulisus

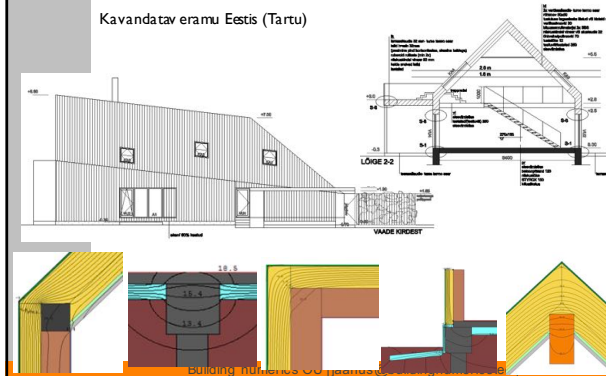
2. Madalad pinnatemperatuurid suurtel aladel vähendavad soojuslikku mugavust, tulenevalt eelkõige suuremast õhuliikumisest ja ebasümmeetrilisest kiirgusest;
3. Külmasillad suurendavad hoonete energiakulu. Piirdetarindite soojusjuhtivuse üldise vähenemise juures hoone soojuskadudes külmasildade osakaal kasvab.

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKT seminar 25.08.2015

### Külmasillad – täiendav soojuskadu

Kavandatud eramu Eestis (Tartu)

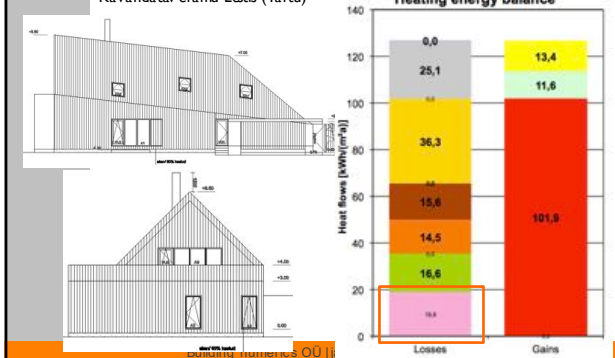


Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKT seminar 25.08.2015

### Külmasillad – täiendav soojuskadu

Kavandatud eramu Eestis (Tartu)



Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKT seminar 25.08.2015

### Külmasildadega seotud probleemid



Külmasillast põhjustatud sisepinna madalama temperatuuri kriitilisuse taseme määrab sisepinna temperatuuri, välitemperatuuri ja sisetemperatuuride omavaheline suhe ehk temperatuurindeks.

$$f_{R_{si}} = \frac{t_{si} - t_e}{t_i - t_e} = \frac{R_T - R_{si}}{R_T}$$

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

## Külmasildadega seotud probleemid

kus:

$f_{Rsi}$	temperatuurindeks, -;
$t_{si}$	sisepinnatemperatuur, °C;
$t_i$	siseõhu temperatuur, °C;
$t_e$	välisõhu temperatuur, °C;
$R_T$	piirdetarindi kogusoojustakistus, m <sup>2</sup> ·K/W;
$R_{si}$	piirdetarindi sisepinna soojustakistus, m <sup>2</sup> ·K/W.

Eestis on temperatuurindeksi piirsuuruseks uutel elamutel  $f_{Rsi} > 0,8$ .

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

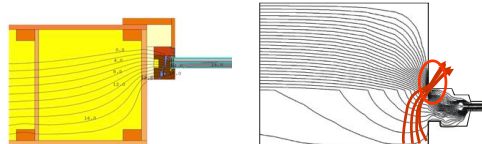
EKTK seminar 25.08.2015

## Aknalengi seinakinnituse joonsoojuhtivus

Võib olla sõltuvalt lahendusest väga olulise mõjuga. Suur potentsiaal optimeerimiseks.

## Tüüpiliselt vahemikus:

- $\psi = > 0,2$  W/(mK) – soojuslikult väga halb lahendus
- $\psi = < 0,02 \dots 0,04$  W/(mK) – soojuslikult hea tüüpilahendus
- $\psi = < 0$  W/(mK) – paks ülekate, soojuslikult üloptimeeritud lahendused



Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015



	kütteenergia netovajadus, kWh/(m <sup>2</sup> a)	Energiaõhususarv, kWh/(m <sup>2</sup> a)
$\Psi = 0,20$ W/(mK)	76,8	157,9
$\Psi = 0,03$ W/(mK)	63,4	149,8
$\Psi = 0,00$ W/(mK)	61,1	148,4

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

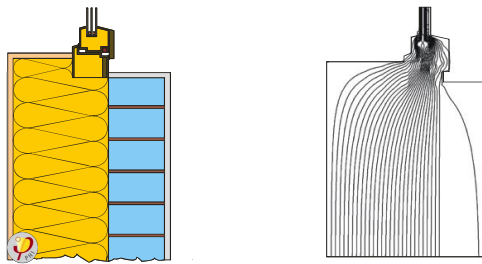
EKTK seminar 25.08.2015

## The installation is vital

recommended installation

$$\Psi_{\text{install}} = 0.005 \text{ W/(mK)}$$

$$U_{\text{weff}} = 0.78 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$



Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

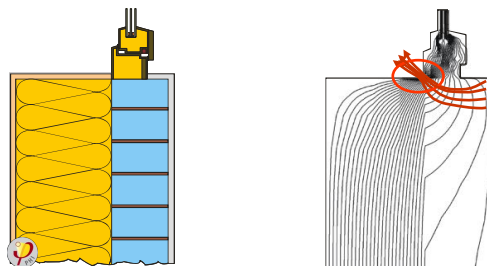
EKTK seminar 25.08.2015

## The installation is vital

extremely bad installation

$$\Psi_{\text{install}} = 0.15 \text{ W/(mK)}$$

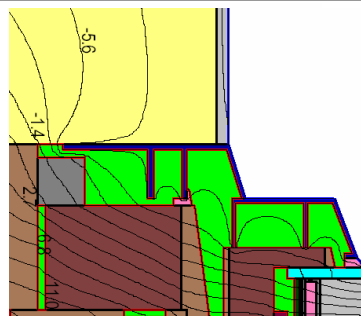
$$U_{\text{weff}} = 1.19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$



Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

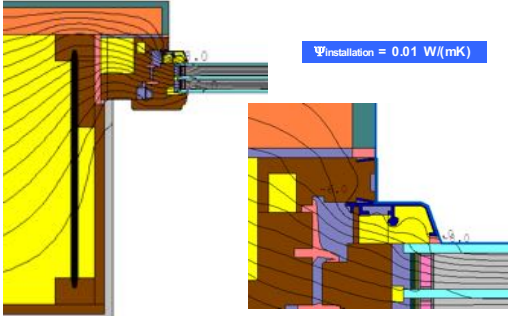
## Erisus tavapärase puit-alumiiniumakende korral

 $\Psi_{\text{Einbau}} = 0.06 \text{ W/(mK)}$ 

Building numerics OÜ | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015

### Ülekatte jaoks optimeeritud puit-alumiiniumaknad



$\Psi_{\text{installation}} = 0.01 \text{ W/(mK)}$

Building numerics OU | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841

EKTK seminar 25.08.2015



L  
Ü  
K  
A  
U<sub>p</sub>

Building numerics OU | jaanus@buildingnumerics.ee | +372 5021841