

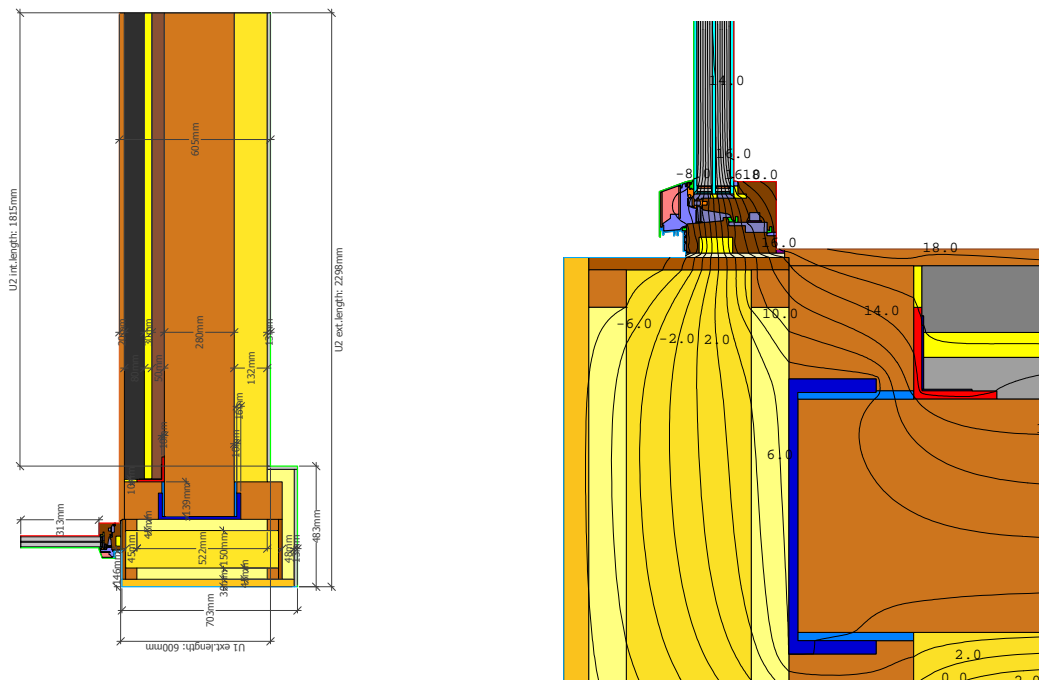
# Külmasilla joonsoojuslähivuse arvutus

Töö teostaja	Building numerics OÜ
Arvutused viis läbi	Jaanus Hallik, jaanus@buildingnumerics.ee, +372 5021841
Aluseks olnud lähtejoonis	PROOV-Aken-VS-P-14012015-01JH.dwg
Arvutusmudeli nimi	PROOV-Aken-VS-P-14012015-01JH.THM

## PEAMISED ARVUTUSTULEMUSED

külmasilla joonsoojuslähivus $\psi_{int}$ , sisemõõtudega	0.1263 (W/mK)
külmasilla joonsoojuslähivus $\psi_{ext}$ , välismõõtudega	-0.0047 (W/mK)
Sisepinna temperatuurindeks $f_{Rsi}$ vastavalt ISO EN 13788:2012*	0.762 (-)
Sisepinna madalaim pinnatemperatuur arvutusmudelis	12.86 (°C)
Sise- ja väliskeskonna temperatuuride vahe arvutusmudelis	30.0 (K)
Sõlmpunktide arv lõplike elementide võrgus	35449 (-)
Arvutuse jääkviga vastavalt EVS-EN ISO 10211 (max 0.0001)	0.0000066 (-)

\* Eesti kliimas on temperatuurindeksi piirsuuruseks uutal elamutel  $f_{Rsi} > 0,8$ ; aknaraamide ja -lengide ning klaaspakettide puhul  $f_{Rsi} > 0,7$  (vastavalt EVS-EN ISO 13788:2012 standardile).



Joonis 1: Arvutusmudel (vasakul), isothermid (paremal)

Külmasilla joonsoojuslähivuse arvutused on läbi viidud vastavalt standardites EVS-EN ISO 10211:2008, EVS-EN ISO 10077-2:2012: EVS-EN ISO 13788:2012 ja EVS-EN ISO 6946:2008 kirjeldatud meetoditele ning geomeetrilistele ja soojuslikele ääritingimustele. 2D soojusvoogude analüüs piirde ristlõikel baseerub lõplike elementide meetodil (LBNL Therm 7.3.2 tarkvara).

Külmasilla joonsoojusläbivus ( $\psi_{int}$  või  $\psi_{ext}$ ) vastavalt standardile EVS-EN ISO 10211:2008:

$$\psi = L_2D - U_1 * l_1 - U_2 * l_2 - L_2D_{win} \quad \text{VÕI} \quad \psi = L_2D - U_1 * l_1 - L_2D_{win} - L_2D_{ground}$$

kus:

$L_2D$  külmasilla ristlõike kogu arvutusulatuse soojuserikadu 2D numbrilise analüüsi põhjal

$U_1, U_2$  külmasillaga külgnevate elementide (välissein, katuslagi vms) soojusläbivused

$l_1, l_2$  külmasillaga külgnevate elementide (välissein, katuslagi vms) arvutusulatused (akna puhul mõõdetuna aknalengi külgtasapinnast)

$L_2D_{win}$  kogu akna arvutusulatuse soojuserikadu eraldi 2D arvutusest (klaasi ja raame hõlmav detailne mudel vastavalt standardile ISO EN 10077)

$L_2D_{ground}$  pinnasega külgneva põranda arvutusulatuse soojuserikadu eraldi 2D arvutusest vastavalt ISO 10211 meetodile B.

## KÜLMASILLA ARVUTUSULATUSE SOOJUSERIKADU

Külmasilla arvutusulatust läbiv soojusvool ja külmasilla arvutusulatuse soojuserikadu 2D numbrilise analüüsi põhjal (kõigi soojuslike ääretingimuste kohta lõikes):

Ääretingimuse tähis	arvutusulatus ( $m$ )	soojusvool, Phi ( $W$ )	L2D ( $W/mK$ )
exterior-BC	3.764	21.466	0.716
interior-BC	2.488	21.466	0.716

## KÜLGELEMENTIDE ARVUTUSULATUSE SOOJUSERIKADU








Külmasillaga külgnevate elementide soojusläbivused, arvutusulatused ning nende põhjal leitud soojuserikao numbrilised väärtused ja/või akna ja/või pinnasega külgneva põranda arvutusulatuse soojuserikadu vastavalt standardis ISO EN 10211 kirjeldatud meetodile B:

	U ( $W/m^2K$ )	l ( $m$ )		U x l ( $W/mK$ )		L2D ( $W/mK$ )	
		int	ext	int	ext	int	ext
külgnev element 1	0.103	0.000	0.600	0.000	0.062	-	-
külgnev element 2	0.143	1.815	2.298	0.260	0.329	-	-
aken (2D mudel)	-	-	-	-	-	0.329	0.329
põrand pinnasel (2D)	-	-	-	-	-	0.000	0.000

Toodud väärtused on saadud eraldiseisvatest numbrilistest arvutusmudelitest (Therm arvutusmudelid) iga eraldiseisva külgelemendi jaoks.






















## MUDELIS KIRJELDATUD ÄÄRETINGIMUSED






















Arvutusmodelis on vastavalt standardile EVS 10211:2012 kirjeldatud järgnevad soojuslikud ääretingimused:

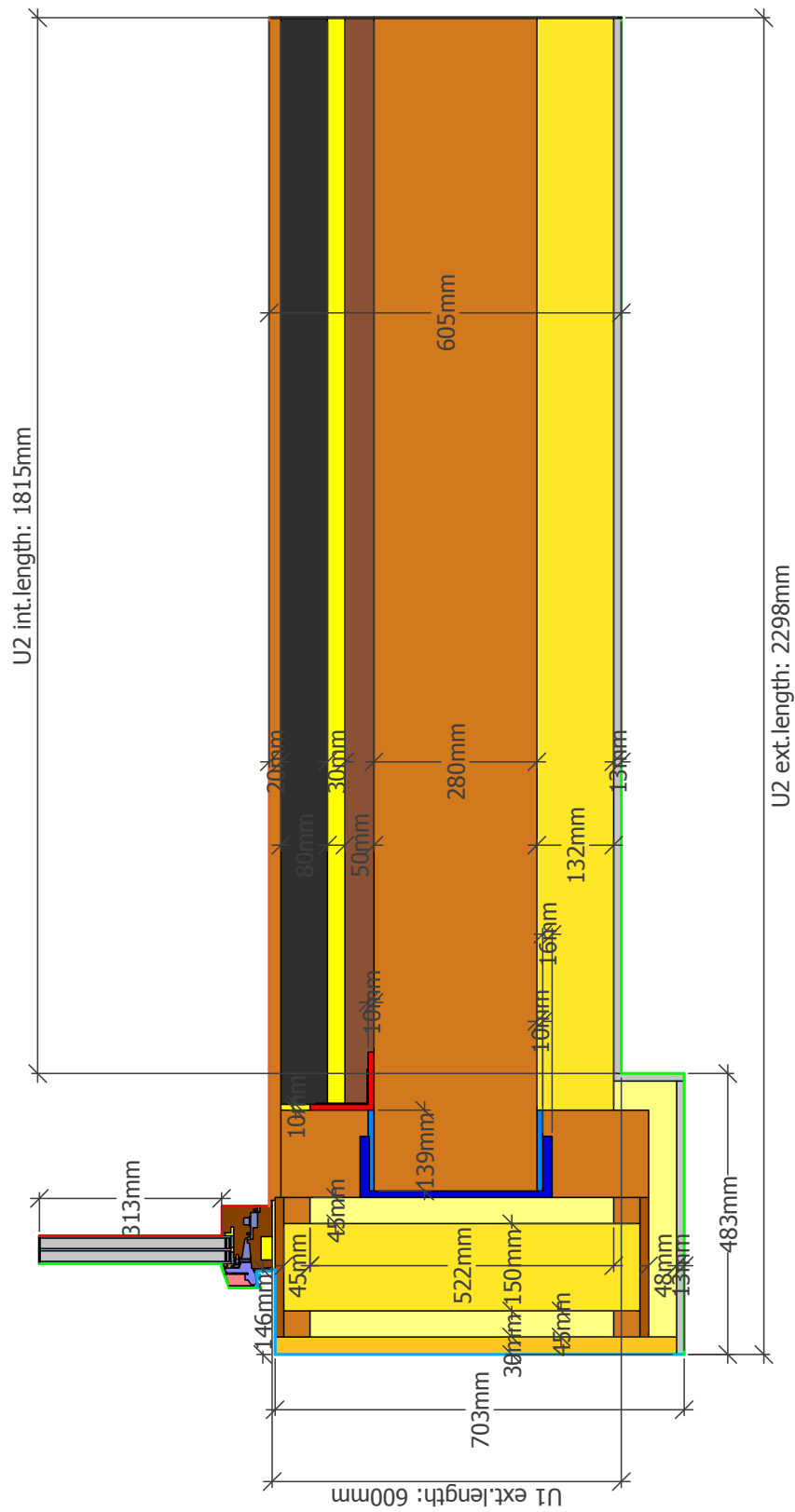
Värv	$h$ ( $W/m^2K$ )	$t$ ( $^{\circ}C$ )	Soojusliku ääretingimuse nimetus
	25.00	-10.0	ISO exterior (universal) -10, $R_s=0,04$
	0.00	0.0	Adiabatic
	5.88	20.0	ISO interior (floor or cellar ceiling) +20 C, $R_s = 0,17$
	7.69	20.0	ISO interior (wall) +20 C, $R_s = 0,13$
	7.69	-10.0	ISO exterior (wall, ventilated) -10 C, $R_s = 0,13$
	4.00	20.0	ISO interior (fRsi) +20, $R_s = 0,25$
	7.69	20.0	ISO interior (fRsi window) +20C, $R_s = 0,13$

## MUDELIS KIRJELDATUD MATERJALID

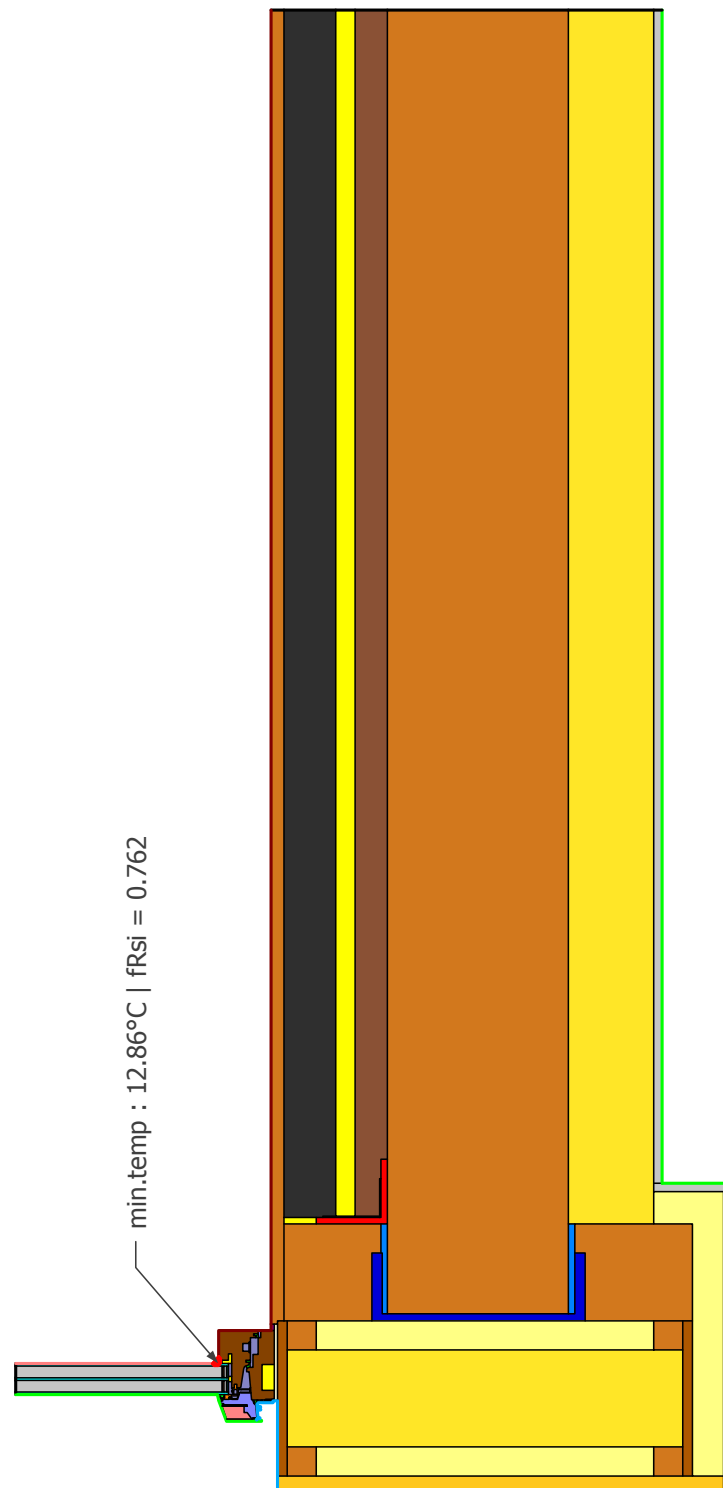
Arvutusmodelis kirjeldatud materjalid ning nende soojuserijuhtivus (vastavalt standartitele ISO EN 6946 ja ISO EN 10211) on esitatud alljärgnevalt:

Värv	$\lambda$ ( $W/mK$ )	Materiali nimetus
	0.400	Modell_3fach_Swisspacer_Polysulfid
	0.190	Modell_3fach_Swisspacer_Edelstahlbereich_PHI_18mm
	0.190	Modell_3fach_Swisspacer_GFK_PHI_19
	0.100	Modell_3fach_Swisspacer_Molekularsieb_PHI_
	1.000	Modell_Glas_10077 1,0
	0.029	Modell_3fach_Argon_18_phi
	0.130	Holz 500 kg/m <sup>3</sup> [DIN EN] quer
	0.040	Dämmung 0,040 [DIN EN]
	0.250	EPDM [DIN EN]
	50.000	Stahl (Beschlag, Winkelschiene)
	0.350	Silicon ohne Füllstoffe [DIN EN]
	0.300	Polyamid 25perc faserverst. [DIN EN ISO10077 T2]
	0.062	Luftschicht nicht belüftet [DIN EN 10211]_Cavity_107
	0.147	Luftschicht nicht belüftet [DIN EN 10211]_Cavity_106
	0.039	Luftschicht nicht belüftet [DIN EN 10211]_Cavity_105
	0.044	Luftschicht nicht belüftet [DIN EN 10211]_Cavity_103
	0.110	Luftschicht leicht belüftet [DIN EN 10211]_Cavity_102
	160.000	Aluminiumlegierungen [DIN EN]
	0.100	MDF-Platte 400 kg/m <sup>3</sup> [DIN EN] quer
	0.030	Dämmung 0,030 [DIN EN]
	0.027	Luftschicht nicht belüftet [DIN EN 10211]_Cavity_95

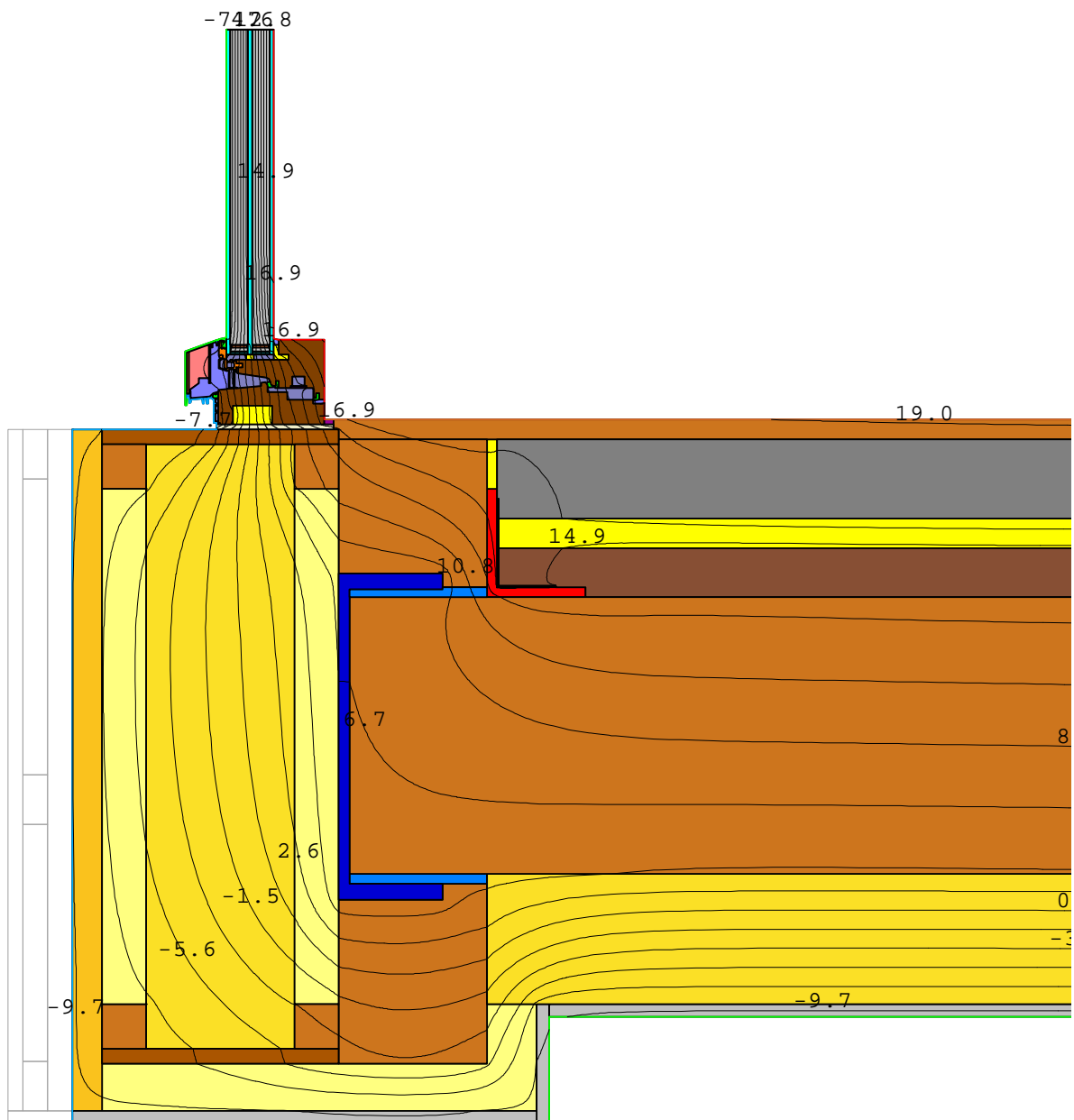
Värv	$\lambda(W/mK)$	Materiali nimetus
	0.027	Luftschicht nicht belüftet [DIN EN 10211]_Cavity_94
	0.027	Luftschicht nicht belüftet [DIN EN 10211]_Cavity_93
	0.066	Luftschicht nicht belüftet [DIN EN 10211]_Cavity_91
	0.075	Luftschicht nicht belüftet [DIN EN 10211]_Cavity_90
	0.095	Luftschicht nicht belüftet [DIN EN 10211]_Cavity_89
	0.039	Luftschicht nicht belüftet [DIN EN 10211]_Cavity_87
	0.163	Luftschicht leicht belüftet [DIN EN 10211]_Cavity_86
	50.000	Steel (Rolled, Ground)
	0.035	Mineraalvill
	0.350	Silicone
	0.033	ISOVER KL33
	0.031	ISOVER RKL-31 tuuletõke
	0.210	Kipsplaat
	0.060	Sylodyn NB
	0.240	Fibo 5
	0.130	Puit
	0.100	Sylodyn NE
	0.040	ISOVER KL33 (45-600 karkassiga)
	2.100	Raudbetoon
	0.024	Polyurethane Foam Insulation (Spray Applied)
	0.260	OSB (pikki soojusvoogu)



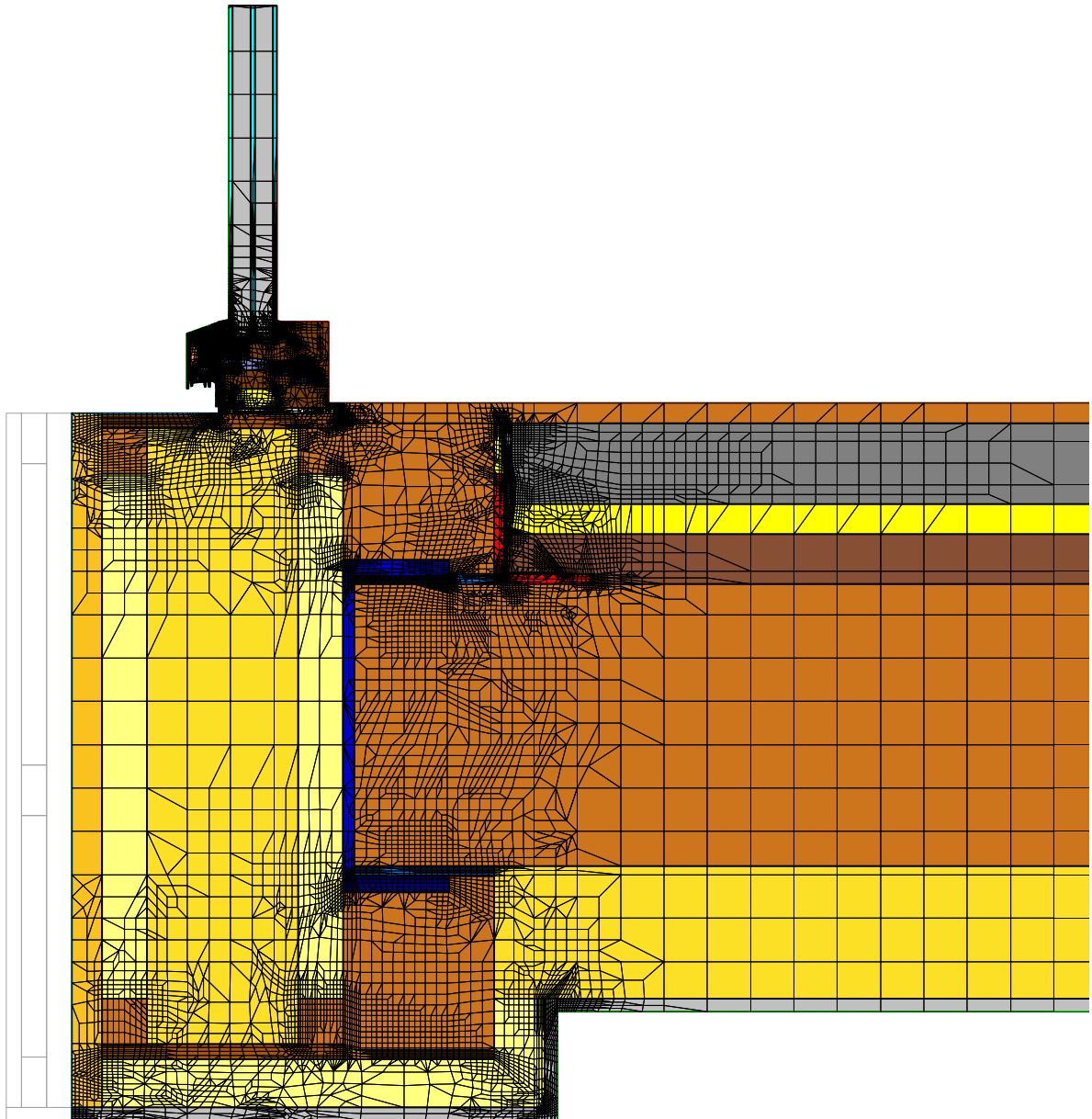
Joonis 2: Sõlme ristlõike arvutusmudeli joonis (mõõtudega)



Joonis 3: Sisepinna temperatuuriindeksi  $fR_{si}$  arvutusmudel ning madalaima pinnatemperatuuriga (ja  $fR_{si}$  indeksiga) punkti asukoht. Kõik punktid, mille kohal  $fR_{si} < 0.8$  on märgitud punaste tähistega



Joonis 4: Isotermid külmasilla ristlõikel



Joonis 5: Lõplike elementide võrgustik külmasilla ristlõikel