

TELLIJA NIMI JA AADDRESS		Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy ISOVER PL 250 (Kerkkolankatu 37-39) 05801 HYVINKÄÄ		SISU TULETEHNILINE HINNANG Standardile SFS-EN 1995-1-2 + AC vastav puitkonstruktsioonide tulepüsivuse mõõtmise, kasutades ULTIMATE tooteid
KK-Palokonsultti Oy Piispantilankuja 4, 02240 ESPOO Tel: 0293 500 000 eesnimi.perenimi@kk-palokonsultti.com		 www.kk-palokonsultti.com		PROJEKTEERIMISALA JA JOONISE NUMBER, MUUDATUS TULI
KUUPÄEV 13.8.2015	PROJEKTEERIJANIMI Antti Hult	HARIDUS M.Sc, ehitusfüüsika ja tuletehnika	PROJEKTEERIJAN ALLKIRI 	

Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy
ISOVER PL 250 (Kerkkolankatu 37-39)
05801 HYVINKÄÄ

Hinnangu tellija:
Jussi Jokinen

Tuletehniline hinnang standardile SFS-EN 1995-1-2 + AC vastava puitkonstruktsioonide tulepüsivuse mõõtmise kohta ULTIMATE toodete kasutamisel.

1 Hinnangu objekt

Käesolevas eksperthinnangus vaadeldakse, milliste arvutusmeetodite ja tingimuste korral võib ULTIMATE isolatsioonimaterjali kasutada puitkonstruktsioonide tulepüsivusmeetodite Eurokoodeks 5 tulepüsivuste mõõtmiste osa ja selle riikliku lisa alusel.

2 Materjal

Hinnangu taustandmetena on kasutatud järgmisi materjale:

1. PUUINFO, Tehniline teatis; 26.11.2013; Puitkonstruktsioonide tuletehniline arvutamine.
2. SFS-EN 1995-1-2 + AC; Eurokoodeks 5, Puitkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1–2: üldist; Puitkonstruktsioonide tuletehniline arvutamine.
3. Riiklik lisa standardile SFS-EN 1995-1-2 + AC; Eurokoodeks 5, Puitkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1–2: üldist; Puitkonstruktsioonide tuletehniline arvutamine.
4. RIL 205-2-2009; Puitkonstruktsioonide projekteerimisjuhend, Eurokoodeks EN 1995-1-2.
5. SP Wood Technology, SP Report 2014:21; ISOVER ULTIMATE – Parameters for fire design according to Eurocode 5; Alar Just, Joachim Schmid.
6. SP Trätek, SP Report 2010:30; The effect of insulation on charring of timber frame members; Alar Just, Joachim Schmid, Jürgen König; 2010.

3 Üldist

Puitkonstruktsioonide tuletehnilisel arvutamisel tuleb järgida standardit *SFS-EN 1995-1-2 + AC; Euro-koodeks 5, Puitkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1–2: üldist; Puitkonstruktsioonide tuletehniline arvutamine*. Käesolevas hinnangus vaadatakse üle standardi need punktid, mis puudutavad kivivilla osalust puitkonstruktsioonide tuletehnilisel arvutamisel ning uuritakse võimalust kasutada ULTIMATE villa samal moel nagu kivivilla. Hinnangu pealkirjade jaotus järgib standardi kivivilla puudutavate punktide järjestust.

Käesolevas hinnangus esitatud tulemused kehtivad muutmata kujul ka juhendi suhtes *RIL 205-2-2009; Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry; Puitkonstruktsioonide projekteerimisjuhend, Eurokoodeks EN 1995-1-2*. Juhendi RIL 205-2 2009 alusel tuletehnilisi arvutusi tehes tuleb siiski arvesse võtta järgmist.

Juhendis RIL 205-2 on algse eurokoodeksi standardi EN 1995 sisu loetavuse ja lihtsama käsitletavuse tagamiseks lühendatud ja kontsentreeritud. Peale selle on riiklikus lisas (National Annex) tehtud Soomet puudutavad valikud otse lisatud juhendi teksti ja joonistele. Juhend põhineb peamiselt 12.2.2007 tehtud tõlkel ja selle juures on arvestatud 31.3.2009 tehtud parandusi. Teatud punktides on tehtud lihtsustavaid valikuid, mille abil on püütud muuta standardi kasutamine lihtsamaks. Nende valikute abil on pisut vähendatud arvutuste teoreetilist täpsust, kuid seda siiski nii, et need annavad kindlal poolel asuvaid tulemusi.1

4 Algelt tule eest kaitstud talade ja postide pinnad

4.1 Söestumiskiirus (SFS-EN 1995-1-2 + AC, 3.4.3.2)

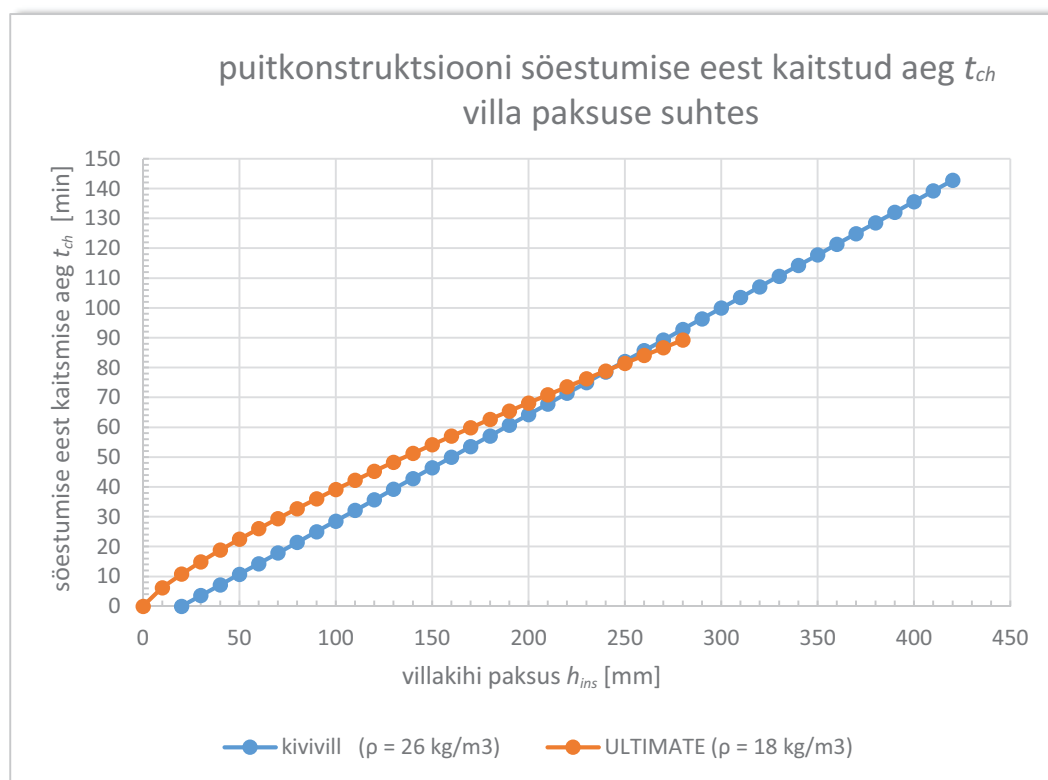
Kivivillaga kaitstud puidu söestumise algushetk t_{ch} arvutatakse valemist [2]

$$t_{ch} = 0,07(h_{ins} - 20)\sqrt{\rho_{ins}}.$$

Vastav ULTIMATE villaga kaitstud puidu söestumise algushetk t_{ch} arvutatakse valemist [5,6]

$$t_{ch} = 36 \left(\frac{h}{80}\right)^{0,8} \left(\frac{\rho}{20}\right)^{0,9}.$$

Joonisel 1 on näidatud kivivilla ja ULTIMATE villa puitu söestumise eest kaitsev aeg villakihi paksuse suhtes, arvatuna eespool nimetatud valemite abil. t_{ch} [min] näitab seda aega, mille jooksul villakihiga kaitstud puidu pind on kuunenud maksimaalselt temperatuurini 300 °C. Kivivilla tihedus on $\rho \geq 26 \text{ kg/m}^3$ ja ULTIMATE villa tihedus $\rho \geq 18 \text{ kg/m}^3$.



Joonis 1. Kivivilla ja ULTIMATE villa söestumise eest kaitsmise aeg olenevalt villakihi paksusest.

Jooniselt 1 on näha, et kuni villakihi paksuseni 240 mm annab ULTIMATE vill vähemalt sama head kaitsed söestumise vastu kui kivivill. Villa paksuse 240 mm puhul saavutatakse umbes 78 minuti pikkune kaitseage t_{ch} .

Eelnevalt nimetatud alusel võib ULTIMATE villa tuletehnilise arvutamise suhtes kohaldada standardi tabelit 3.2, kuid seda siiski nii, et isolatsiooni paksusele seatakse ülempiir $h_{ins} < 240$ mm. ULTIMATE villaga kaitstud puidu koefitsiendi k_2 väärtustena kasutatakse tabelile 1 vastavaid väärtusi.

Tabel 1. SFS-EN 1995-1-2 + AC tabel 3.2 kohaldatuna ULTIMATE villale ($\rho \geq 18$ kg/m³)

Isolatsioonikihi paksus h_{ins} mm	k_2
20	1
$45 \leq h_{ins} \leq 240$	0,6

4.2 Söestumise algamine (SFS-EN 1995-1-2 + AC, 3.4.3.3)

Standardis SFS-EN 1995-1-2 + AC on punktis *Söestumise algamine 3.4.3.3 (5)* antud kivivillaga kaitstud taladele ja postidele söestumise algushetk t_{ch} ,

$$t_{ch} = 0,007(h_{ins} - 20)\sqrt{\rho_{ins}}.$$

Vastav valem 90 minutini [5,6] ULTIMATE villale on

$$t_{ch} = 36 \left(\frac{h}{80}\right)^{0,8} \left(\frac{\rho}{20}\right)^{0,9}$$

Eelnevalt esitatu põhjal kasutatakse standardi SFS-EN 1995-1-2 + AC valemi 3.13 asemel ULTIMATE villaga ($\rho \geq 18$ kg/m³) kaitstud talade ja postide söestumise algushetkena t_{ch} väärtust

$$t_{ch} \begin{cases} = 36 \left(\frac{h}{80}\right)^{0,8} \left(\frac{\rho}{20}\right)^{0,9} \\ \leq 90 \text{ min} \end{cases}$$

5 Kandvad vahelaetalad ja seinapostid puitkonstruktsioonides, mis on täielikult isolatsiooniga ümbritsetud – järelkaitse koefitsient (SFS-EN 1995-1-2 + AC, C.2.1)

Kui õõnsuse isolatsioon tehakse kivivillast, mis püsib paigal kattematerjali murdumisel, on standardis SFS-EN 1995-1-2 + AC punktis *Söestumiskiirused C.2.1 (5)* esitatud valem järelkaitse koefitsiendile k_3

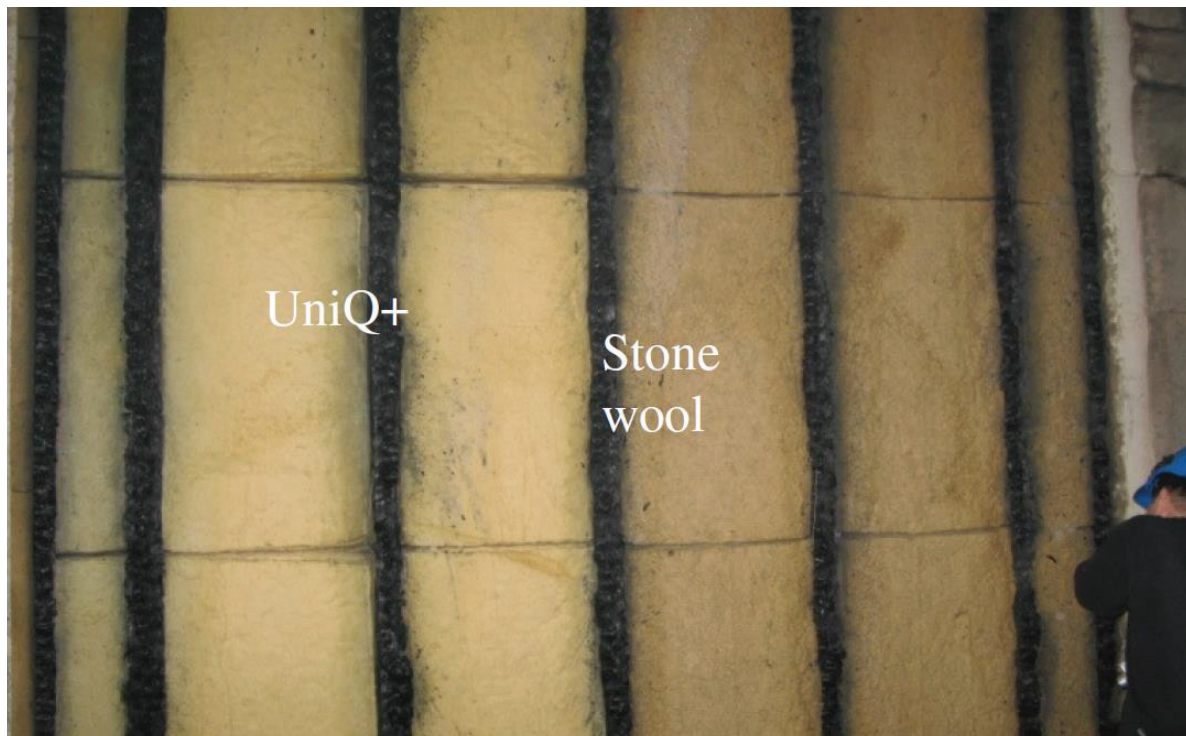
$k_3 = 0,036t_f + 1$, kus t_f on murdumishetk minutites.

Standardi SFS-EN 1995-1-2 + AC riiklik lisa määrab k_3 väärtustena kasutamiseks tabeli väärtused, mitte valemi.

Tabeli väärtuste puhul sõltub vahelae k_3 väärtus õõnsusi täitva isolatsioonikihi toestamisviisist.. Võib oletada, et vill püsib toestamise abil paigal ja seega muutub söestumise seisukohast määravaks tihedus, mis omakorda sõltub villa võimalikest vormimuutustest ja kõverdumisest.

Seinakonstruktsioonide juures ei eeldata villale mingit toetust, vaid vill oletatakse püsivat paigaldusjuhiste alusel arvestatuna hõõrdejõu alusel konstruktsioonide vahel. Et nimetatud hõõrdejõule lisaks säiliks põlengu korral ka tihedus, ei tohi isolatsioon põlengu ajal muuta kuju ega kokku tõmbuda.

Viites [5] on käsitletud kivivilla ja ULTIMATE villa kõnealuseid tooteid võrdlevaid tulepüsivuskatseid. Joonisel 2 on esitatud viite [5] aruandest joonis, millel on toodud ULTIMATE villa (UniQ+) ja kivivilla ühesugune tihedus. ULTIMATE villade ühenduskohad on püsinud horisontaalsed, aga kivivilla ühenduskohad on keskelt pisut allapoole vajunud (joonis 2).



Joonis 2. Kivivill ja ULTIMATE puitkonstruktsiooni põletuskatse järel [5].

Eelnevalt esitatu põhjal võib ULTIMATE villa suhtes kasutada kivivilla standardi SFS-EN 1995-1-2 + AC riikliku lisa tabelite 1 ja 2 isolatsioonikoefitsientide k_2 ja k_3 väärtusi.

6 Seinä- ja vahelaekonstruktioonin tulepüsivuse analüüs (SFS-EN 1995-1-2 + AC, Lisa E)

6.1 Eristavuse põhiväärtused (SFS-EN 1995-1-2 + AC, E.2.3, (3))

Kui õõnsused täidetakse osaliselt või tervikuna ULTIMATE villaga, määratakse isoleerivuse üldväärtused joonise 1 põhjal sama valemi alusel nagu kivivilla puhul.

$$t_{ins0,i} = 0,2h_{ins}k_{dens}$$

kus:

h_{ins} on ULTIMATE isolatsioonikihi paksus ($h_{ins} \leq 240$ mm, $\rho \geq 18$ kg/m³)

k_{dens} esitatakse tabelis 2

Tabelis 2 on esitatud õõnsuse ULTIMATE villa k_{dens} väärtus. Joonise 1 põhjal vastab ULTIMATE villa isolatsiooniväärtus kivivilla vastavale väärtusele.

Tabel 2. SFS-EN 1995-1-2 + AC tabel E.2 Õõnsuse isolatsioonimaterjali koefitsiendi k_{dens} väärtus kohaldatuna ULTIMATE villale

Õõnsuse materjal	Tihedus kg/m ³	k_{dens}
Ultimate	18	1,0

6.2 Paiknemiskoeffitsiendid (SFS-EN 1995-1-2 + AC, E.2.3)

(1) Joonise 1 põhjal kasutatakse ULTIMATE isolatsioonikihi paiknemiskoeffitsiendina kivivillale sarnaselt väärtust 1,0, kui tulepoolse plaadina kasutatakse muud kui F-tüüpi kipsplaati. Kui tulepoolse plaadina kasutatakse F-tüüpi kipsplaati, rakendatakse paiknemiskoeffitsiendile väärtust:

$$k_{pos} 1,5$$

(2) Seinale, kus on kahest plaadikihist moodustuv kate, saab joonise 1 põhjal ULTIMATE villa jaoks kivivillale vastavad paiknemiskoeffitsiendid tabelist 5.

Tabelites 3, 4 ja 5 on esitatud õõnsuse ULTIMATE villa paiknemiskoeffitsiendi k_{pos} väärtused. Joonise 1 põhjal vastavad ULTIMATE villa paiknemiskoeffitsiendi väärtused kivivilla vastavatele väärtustele.

Tabel 3. SFS-EN 1995-1-2 + AC tabel E.3 Paiknemiskoeffitsient k_{pos} , kui ühekihiline plaat on tule poolel ja katte taga on ULTIMATE vill

Tule poolel olev plaat	Paksus h_p mm	Plaatkatte paiknemiskoeffitsient, kui katte taga on: ULTIMATE vill
Vineer eritihedusega $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	9...25	$k_{pos} = \min \begin{cases} 0,02 h_p + 0,54 \\ 1 \end{cases}$
Puitlaast- või -kiudplaat eritihedusega $\geq 600 \text{ kg/m}^3$	9...25	
Laudis eritihedusega $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	15...19	
A-, H- või F-tüüpi kipsplaati	9...15	

Tabel 4. SFS-EN 1995-1-2 + AC tabel E.4 Paiknemiskoeffitsient k_{pos} , kui ühekihiline plaatkatte ei ole tule poolel ja katte vastas on ULTIMATE vill

Tule poolel olev plaat	Paksus h_p mm	Paiknemiskoeffitsient, kui katte vastas on ULTIMATE vill, mille paksus on ^a		
		45...95	145	195
Vineer eritihedusega $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	9...25	1,5	3,9	4,9
Puitlaast- või -kiudplaat eritihedusega $\geq 600 \text{ kg/m}^3$	9...25			
Laudis eritihedusega $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	15...19			
A-, H- või F-tüüpi kipsplaati	9...15			

^a Vaheväärtusi võib interpoleerida lineaarselt.

Tabel 5. SFS-EN 1995-1-2 + AC tabel 5 Paiknemiskoeffitsient k_{pos} , kui seinad on kahest plaadikihist ja katte vastas on ULTIMATE vill

Konstruktsioon		Kihi number				
Kihi number ja materjal		1	2	3	4	5
1, 2, 4, 5	Puitplaat	0,7	0,6	1,0	1,0	1,5
3	ULTIMATE vill					
1, 2, 4, 5	A- või H-tüüpi kipsplaat	1,0	0,6	1,0	0,9	1,5
3	ULTIMATE vill					
1, 5	A- või H-tüüpi kipsplaat	1,0	0,8	1,0	1,0	1,2
2, 4	Puitplaat					
3	ULTIMATE vill					
1, 5	Puitplaat	1,0	0,8	1,0	1,0	1,5
2, 4	A- või H-tüüpi kipsplaat					
3	ULTIMATE vill					

7 Kokkuvõte

Eelnevalt esitatu põhjal ja ääremärkustega võib ULTIMATE villa, mille tihedus on vähemalt $\rho \geq 18 \text{ kg/m}^3$, kasutada kivivillale ($\rho \geq 26 \text{ kg/m}^3$) sarnasel moel või käesolevas hinnangus täpsustatud määratluste alusel standardile SFS-EN 1995-1-2+AC vastaval puitkonstruktsioonide tulekindluse arvestamisel.

Espoo 13.8.2015

KK-Palokonsultti Oy



Antti Hult

M.Sc, ehitusfüüsika ja tulet tehnika