

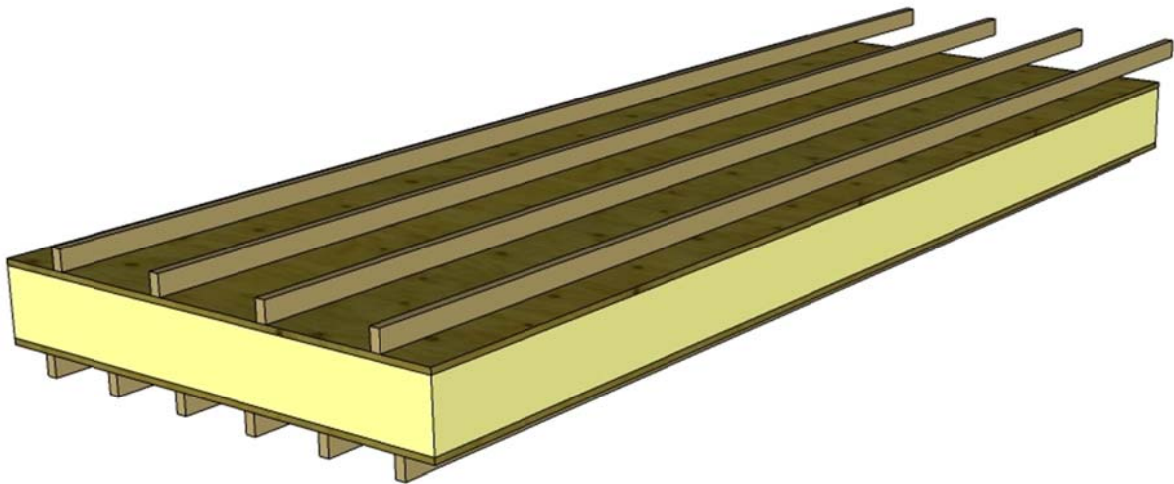


SPU PASSIIVIKATTO® SUUNNITTELUOHJEET

1-11

23.6.2011

PIR production



Tämä suunnitteluohje sisältää yleiset perusteet SPU Passiivikattoelementtien mitoittamiseen ja tuotantokuvien laatimiseen.

Ed. versio 30.12.2009
3-09

SPU Oy

Sillanpäänkatu 20
38700 Kankaanpää

PL 98
38701 Kankaanpää

Puhelin 0207 786 700
Faksi 0207 786 701

etunimi.sukunimi@spu.fi
www.spu.fi

Suunnitteluohjeet

1.	Yleistä	3
2.	Suunnittelu	4
2.1.	Elementin rakenne	4
2.2.	Lämmöneristys	5
	U-arvot	5
	Lämmönjohtavuus	6
	Energiankulutus	6
2.3.	SPU Eristeet passiivikattoelementeissä, ominaisarvoja	7
2.4.	Kerto-S ja Kerto-Q tuotteiden ominaisarvoja	8
2.5.	Ääneneristävyys	10
2.6.	Palo	11
2.7.	Rakennusfysikaalinen toiminta	11
3.	Elementtikaaviot ja -luettelot	11
3.1.	Vakioelementit	11
3.2.	Sovite-elementit	11
3.3.	Pituuden määrittäminen	12
3.4.	Jiirit	12
4.	Valmistuskaaviot/taulukot	13
5.	Mitoitus	16
5.1.	Kuormaluokat, kantavuus	16
5.2.	Tukipinnat	17
5.3.	Räystäät	18
6.	Kiinnitykset	19
7.	Elementin työstöt	19
7.1.	Aukot	19
7.2.	Läpiviennit	20
7.3.	Elementtien saumat	21
8.	Työmaa	22
8.1.	Varastointi	22
8.2.	Nostaminen	23
9.	Lähteitä	24
10.	Yhteystiedot	25
11.	Detaljit	26

Ennen suunnittelun alkua varmista, että käytössäsi on viimeisin versio suunnitteluohjeesta.

Viimeisin päivitetty versio löytyy Internetistä osoitteesta www.spu.fi

1. Yleistä

SPU kattoelementtijärjestelmässä koko kattorakenne sisältyy valmiisiin elementteihin lukuun ottamatta ala- ja yläpuolisia pintarakenteita. Kyseessä on sandwich-elementti, jossa SPU-eristelevyyn on kiinnitetty molemmin puolin kertopuulevy sekä tuuletus- ja asennustilan koolaukset. Elementteissä ei tarvita erillistä tuulensuojaa tai höyrynsulkua. Tarvittaessa sivuräystäät voidaan integroida elementteihin jo ennen asennusta. Helpoin tapa on tehdä räystäät sahatavarasta paikan päällä.

Elementti toimii yksi tai useampi aukkoisena kantavana rakenteena. Elementtien työstäminen on helppoa, läpiviennit, kuten aukot IV-putkille, voidaan tehdä työmaalla lähes mihin kohtaan tahansa. SPU Passiivikatto säästää nopean asennuksen ja rakenteensa vuoksi merkittävästi aikaa ja kustannuksia; pientalon katto on mahdollista saada vesikatetta ja sisäverhousta vaille valmiiksi jopa yhdessä päivässä. Nopeudesta on hyötyä esimerkiksi talvirakentamisessa, sillä rakennuksen lämmityksen voi kytkeä päälle jo katon asennuspäivänä.

SPU Passiivikattoelementti on erityisesti passiivi- ja matalaenergiatalojen rakentamiseen tarkoitettu kattoelementti. SPU Passiivikattoelementti on myös rakenteeltaan ohut verrattuna muihin passiivitasonratkaisuihin. Polyuretaanieristeen ominaisuuksien ja tiivistysmenetelmien ansiosta rakenne on sekä ilma- että vesihöyrytiivis, mikä takaa kosteusteknisen toimivuuden juuri rakennuksen yläosissa, jotka usein ovat ylipaineisia. Tunnetusti polyuretaanieristeisten rakennusten ilmatiiviysluvut ovat erittäin hyvällä tasolla, poikkeuksetta selkeästi alle 1 l/h. Rakenne on lisäksi kylmäsillaton.

SPU Passiivikattoelementit soveltuvat:

- Normirakentamiseen
- Matalaenergiarakentamiseen
- Passiivirakentamiseen
- Kaikentyypisiin kattotyyppeihin
- Kaikille vesieristeille, myös alapintaverhous vapaasti valittavissa
- Nopeaan rakentamisaikatauluun

Tämä suunnitteluohje sisältää perusteet SPU Passiivikaton mitoittamiseksi ja tuotantokuvien laatimiseksi. Ennen suunnittelun alkamista on syytä varmistaa, että käytössä on viimeisin versio suunnitteluohjeesta. Päivitetty suunnitteluohje löytyy SPU Oy:n kotisivuilta (www.spu.fi).

Tämä suunnitteluohje on tarkoitettu yleisluonteiseksi ohjeeksi kattoelementtien mitoittamiseksi ja yläpohjan elementointiin. Kohteen rakennesuunnittelijan tulee varmistaa rakenteen toimivuus aina tapauskohtaisesti.

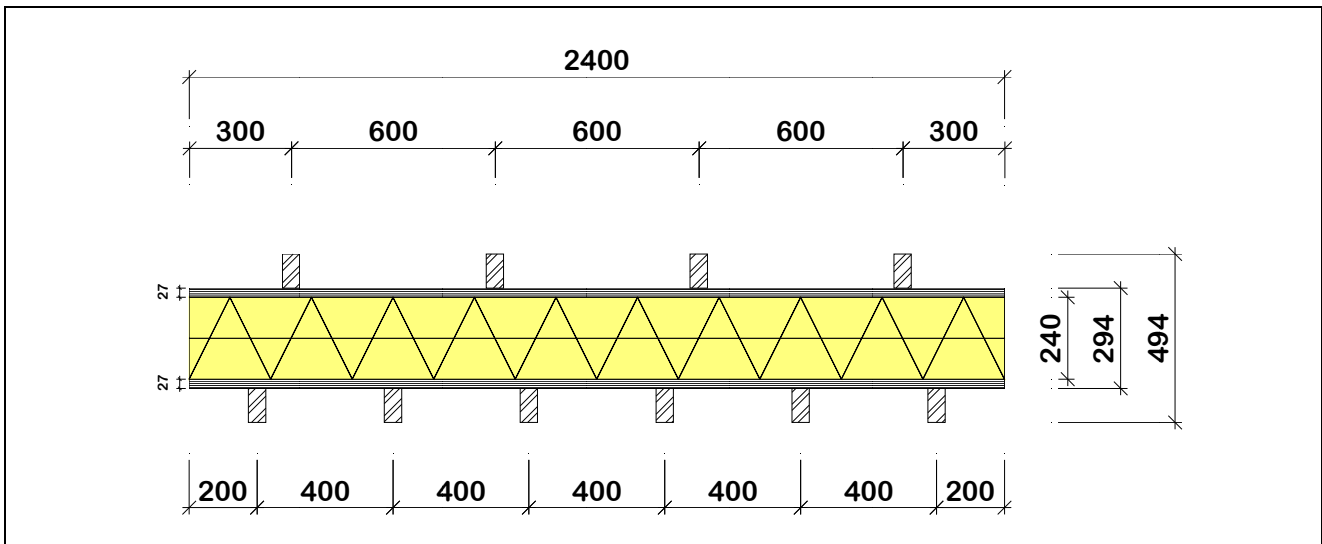
2. Suunnittelu

2.1. Elementin rakenne

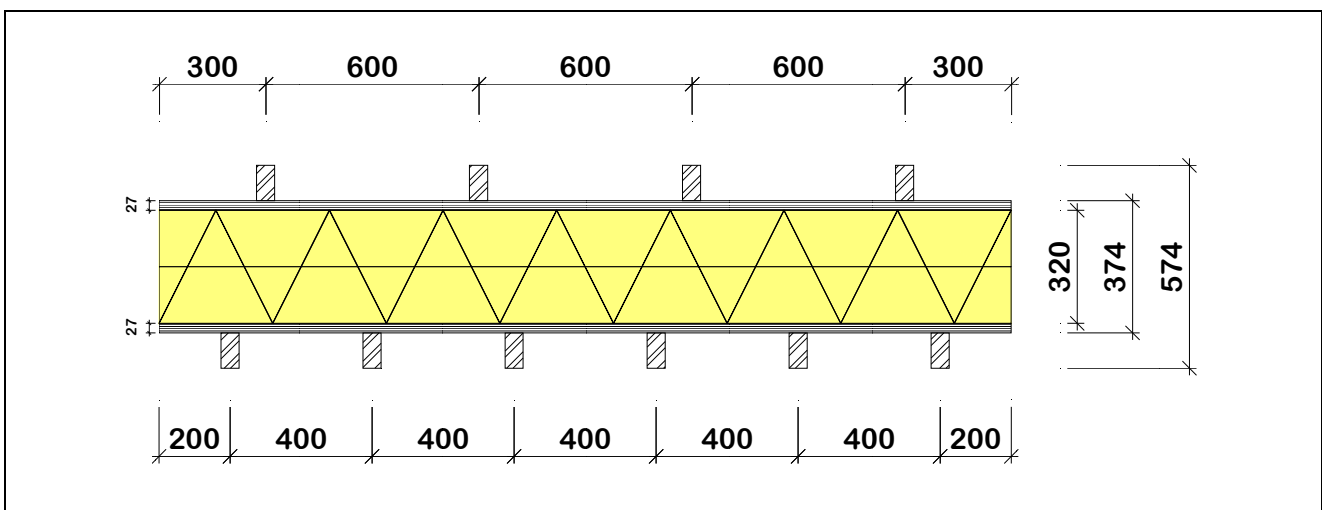
Elementti koostuu kertopuurakenteisista ylä- ja alaripalaatoista, joiden väliin on asennettu lämmöneristeeksi SPU Eriste. Elementin kaikki osat on kiinnitetty toisiinsa yksikomponenttisella polyuretaaniliimalla eli rakenne toimii yhtenäisenä komposiittirakenteena.

Vakioelementin ripalaatoissa eristettä vasten on 27 mm paksu Kerto-Q-LVL levy, jonka ulkopintaan on liimattu 51 mm x 100 mm kokoiset elementin pituussuuntaiset Kerto-S-LVL jäykisterimat. Perustapauksessa yläripalaatassa on 4 jäykistettä ja alaripalaatassa 6 jäykistettä (kuvat 2.1 ja 2.2). Jäykisterima vaihtoehtoja on kolmea eri kokoa: 51x100, 51x120 tai 51x150.

Eristeosa koostuu kahdesta yhteen liimatusta SPU AL eristeestä. Määräystason elementissä eristeen kokonaispaksuus on 240 mm ja passiivenergiatason täyttävässä elementissä 320 mm.



Kuva 2.1. Määräystason täyttävän elementin poikkileikkaus



Kuva 2.2. Passiivenergiatason täyttävän elementin poikkileikkaus

2.2. Lämmöneristys

U-arvot

Rakennneosia koskevat lämmöneristysmääräykset on annettu rakennusmääräyskokoelman osassa C3. Vuoden 2010 alussa astuivat voimaan uudet lämmöneristysmääräykset (taulukko 2.1). Passiivitaso-yläpohjalle annetaan eri lähteissä suositusarvoksi $\leq 0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Taulukko 2.1 Rakennuksen yläpohjan lämmönläpäisykertoimen vertailuarvot (RakMk C3 2010)

Lämmin, erityisen lämmin tai jäähdytettävän tila	0,09 W/m ² K
Puolilämmin tila	0,14 W/m ² K
Suurin sallittu arvo (kompensoitava muilla rakennneosilla, ilmanpitävyydellä tai LTO:lla)	0,60 W/m ² K

Lämmönläpäisykertoimet lasketaan rakennusmääräyskokoelman osan C4 mukaan tai vaihtoehtoisesti vastaavien SFS-EN standardien mukaan (EN-ISO 6946).

SPU Passiivikattoelementit täyttävät vaadittavat vertailuarvot jo vakiona. Kompensointia muilla rakenneosilla ei siis ole tarvetta tehdä. Passiivienegiatason elementtiä voidaan tarvittaessa käyttää myös kompensoimaan muita rakenteita. Elementeissä ei myöskään ole rakenteen läpi ulottuvia kiinnikkeitä, puuosia tms. eli rakenne on täysin kylmäsillaton.

Taulukko 2.2 SPU Passiivikattoelementtien U-arvot ja lämmönvastukset ilman pintarakenteita ja -vastuksia.

	Lämmönvastus, R [m ² K/W]	U-arvo [W/m ² K]
Määräystaso, eristevahvuus 240 mm	10,84	0,09
Passiivienegiataso, eristevahvuus 320 mm	14,31	0,07

Taulukko 2.3 SPU Passiivikattoelementti rakenteiden U-arvot huomioiden pintarakenteet ja -vastukset.

RAKENNE	U-arvo [W/m ² K]
Määräystason elementti + kipsilevy	0,089
Määräystason elementti + alaripojen välissä mineraalivilla 50 mm (0,036) + kipsilevy	0,081
Määräystason elementti + alaripojen välissä mineraalivilla 100 mm (0,036) + kipsilevy	0,075
Passiivienegiatason elementti + kipsilevy	0,068
Passiivienegiatason elementti + alaripojen välissä mineraalivilla 50 mm (0,036) + kipsilevy	0,063
Passiivienegiatason elementti + alaripojen välissä mineraalivilla 100 mm (0,036) + kipsilevy	0,059

Rakennuksen lämpöhäviöt lasketaan rakennusmääräyskokoelman osan D3 mukaisesti. Lämpöhäviöiden laskennassa huomioidaan rakenneosien pinta-alat sekä U-arvot, ilmatiiviyys ja LTO-laitteiston hyötysuhde. Suunniteltavan rakennuksen lämpöhäviöiden tulee alittaa vertailurakennuksen lämpöhäviöt. Vertailurakennuksen lämpöhäviöiden laskennassa käytetään suunniteltavan rakennuksen muotoja ja pinta-aloja sekä RakMk osassa C3 annettuja U-arvojen vertailuarvoja.

Lämmönjohtavuus

Ohjeet materiaalien lämmönjohtavuuksien käytöstä on annettu rakennusmääräyskokoelman osassa C4. Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvona voidaan käyttää CE-merkinnällä varustetuille tuotteille EN-standardien mukaan määritettyjä lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja, EN standardeissa esitettyjä taulukoituja lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja, osassa C4 taulukoituja normaalin lämmönjohtavuuden arvoja (λ_n) sekä lämmöneristeiden tyyppihyväksyntäpäätöksissä esitettyjä normaalin lämmönjohtavuuden (λ_n) arvoja tai muulla hyväksyttävällä tavalla saatuja lämmönjohtavuuden arvoja. Laskettaessa lämmönläpäisykerroin osan C4 mukaan käytetään lämmöneristeiden lähtötietoina tyyppihyväksyntäpäätöksissä tai osassa C4 annettuja normaalin lämmönjohtavuuden arvoja. Laskettaessa soveltuvan SFS_EN standardin mukaan käytetään lähtötietoina standardissa SFS-EN 10456 esitettyllä periaatteella määritettyjä lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja (λ_{design}).

SPU-eristeille lämmönjohtavuutena käytetään EN standardien perusteella määritettyjä arvoja (λ_{design}). Lämmönjohtavuus on määritetty tuotestandardin EN 13165 mukaisesti käyttäen testistandardia EN 12667. Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo ilmoitetaan standardin SFS-EN 10456 mukaisella menettelyllä.

CE-merkinnässä SPU-eristeille annetaan taulukossa 2.3 esitetyt λ_{design} arvot.

Taulukko 2.4 SPU-eristeille CE-merkinnässä ilmoitetut λ_{design} arvot

Diffuusiotiivillä laminaateilla - käytetään SPU Passiivikattoelementeissä	0,023 W/mK
--	-------------------

Energiankulutus

Rakennuksen energiankulutus lasketaan rakennusmääräyskokoelman osien D2, D3 ja D5 mukaisesti. Energiatodistuksen laadinta tehdään käyttäen ohjeita, jotka on annettu energiatodistuksia koskevassa asetuksessa ja rakennusmääräyskokoelmassa.

2.3. SPU Eristeet passiivikattoelementeissä, ominaisarvoja

Taulukossa 2.5 on esitetty SPU-eristeille CE-merkinnässä ilmoitetut arvot. Passiivikattoelementeissä käytettävä SPU-eriste on tyypiltään SPU-AL tyyppistä eristettä diffuusiotiiviillä pinnoitteella.

Taulukko 2.5 Passiivikatossa käytettävien SPU Eristeiden teknisiä ominaisuuksia

Solurakenne	Umpisoluisuus yleensä yli 90 %
Lämmönjohtavuus EN ISO 10456, EN 13165 -suunnitteluarvo λ_{design} -ilmoitettu arvo λ_D	0,023 W/mK, diffuusiotiivis pinnoite
Tiheys	32–40 kg/m ³
Vedenimeytyminen EN 12087	≤ 2,0 til. -%
Vesihöyrynläpäisevyys - pinnoittamaton polyuretaani	0,1–1,2 x 10 ⁻¹² kg/msPa
Puristuslujuus EN 826	≥ 100 kPa, tuotteen mukaan
Vetolujuus EN 1607	≥ 230 kPa, tuotteen mukaan
Palokäyttäytyminen EN 13501-1, EN 13823, EN ISO 11925-2 - SPU PIR - SPU AL	D-s2-d0 E
Lämmönkesto - normaalituotteet - syttymislämpötila - palamiskaasut	-40 – +100 °C, lyhytaikainen +250 ° Yli +400 °C, liekillä n. +300 °C Samanlaisia kuin esimerkiksi villan, puuvillan, nailonin, silkin ja punatammen palamisesta syntyvät mm. CO, yli 600 °C lisäksi HCN.
Radonin läpäisevyys - (diffuusiotiivis pinnoite)	Noin 0 %

Diffuusiotiiviillä pinnoitteella varustettujen SPU tuotteiden vesihöyrynvastus on yli 4×10^{12} m²sPa/kg (vertailuna normaalin höyrynsulkumuovin PE 0,2 mm vesihöyrynvastus $\sim 0,5 \times 10^{12}$ m²sPa/kg).

2.4. Kerto-S ja Kerto-Q tuotteiden ominaisarvoja

VTT CERTIFICATE NO 184/03, Revised 24 March, 2009

6

Table 4. The characteristic values of Kerto-S and Kerto-Q.

Property	Symbol	Figure I	Characteristic value, N/mm ² or kg/m ³		
			Kerto-S Thickness 21 - 90 mm	Kerto-Q Thickness 21 - 24 mm	Kerto-Q Thickness 27 - 69 mm
Fifth percentile values:					
Bending strength:					
Edgewise (depth 300 mm)	$f_{m,0,edge,k}$	A	44.0	28.0	32.0
Size effect parameter	s	-	0.12	0.12	0.12
Flatwise, parallel to grain	$f_{m,0,flat,k}$	B	50.0	32.0	36.0
Flatwise, perpendicular to grain	$f_{m,90,flat,k}$	C	-	8.0*	8.0
Tensile strength:					
Parallel to grain (length 3000 mm)	$f_{t,0,k}$	D	35.0	19.0	26.0
Perpendicular to grain, edgewise	$f_{t,90,edge,k}$	E	0.8	6.0	6.0
Perpendicular to grain, flatwise	$f_{t,90,flat,k}$	F	-	-	-
Compressive strength:					
Parallel to grain	$f_{c,0,k}$	G	35.0	19.0	26.0
Perpendicular to grain, edgewise	$f_{c,90,edge,k}$	H	6.0	9.0	9.0
Perpendicular to grain, flatwise	$f_{c,90,flat,k}$	I	1.8	2.2	2.2
Shear strength					
Edgewise	$f_{v,0,edge,k}$	J	4.1	4.5	4.5
Flatwise, parallel to grain	$f_{v,0,flat,k}$	K	2.3	1.3	1.3
Flatwise, perpendicular to grain	$f_{v,90,flat,k}$	L	-	0.6	0.6
Modulus of elasticity:					
Parallel to grain, along	$E_{0,k}$	ABDG	11600	8300	8800
Parallel to grain, across	$E_{90,k}$	C	-	1000*	1700
Perpendicular to grain, edgewise	$E_{90,edge,k}$	H	350	2000	2000
Perpendicular to grain, flatwise	$E_{90,flat,k}$	I	100	100	100
Shear modulus:					
Edgewise	$G_{0,edge,k}$	J	400	400	400
Flatwise, parallel to grain	$G_{0,flat,k}$	K	400	60	100
Flatwise, perpendicular to grain	$G_{90,flat,k}$	L	-	16	16
Density	ρ_k		480	480	480
Mean values					
Modulus of elasticity:					
Parallel to grain, along	$E_{0,mean}$	ABDG	13800	10000	10500
Parallel to grain, across	$E_{90,mean}$	C	-	1200*	2000
Perpendicular to grain, edgewise	$E_{90,edge,mean}$	H	430	2400	2400
Perpendicular to grain, flatwise	$E_{90,flat,mean}$	I	130	130	130
Shear modulus:					
Edgewise	$G_{0,edge,mean}$	J	600	600	600
Flatwise, parallel to grain	$G_{0,flat,mean}$	K	600	60	120
Flatwise, perpendicular to grain	$G_{90,flat,mean}$	L	-	22	22
Density	ρ_{mean}		510	510	510

* For the lay up I-III-I the values 14,0; 2900 and 3300 can be used in stead of 8,0; 1000 and 1200.

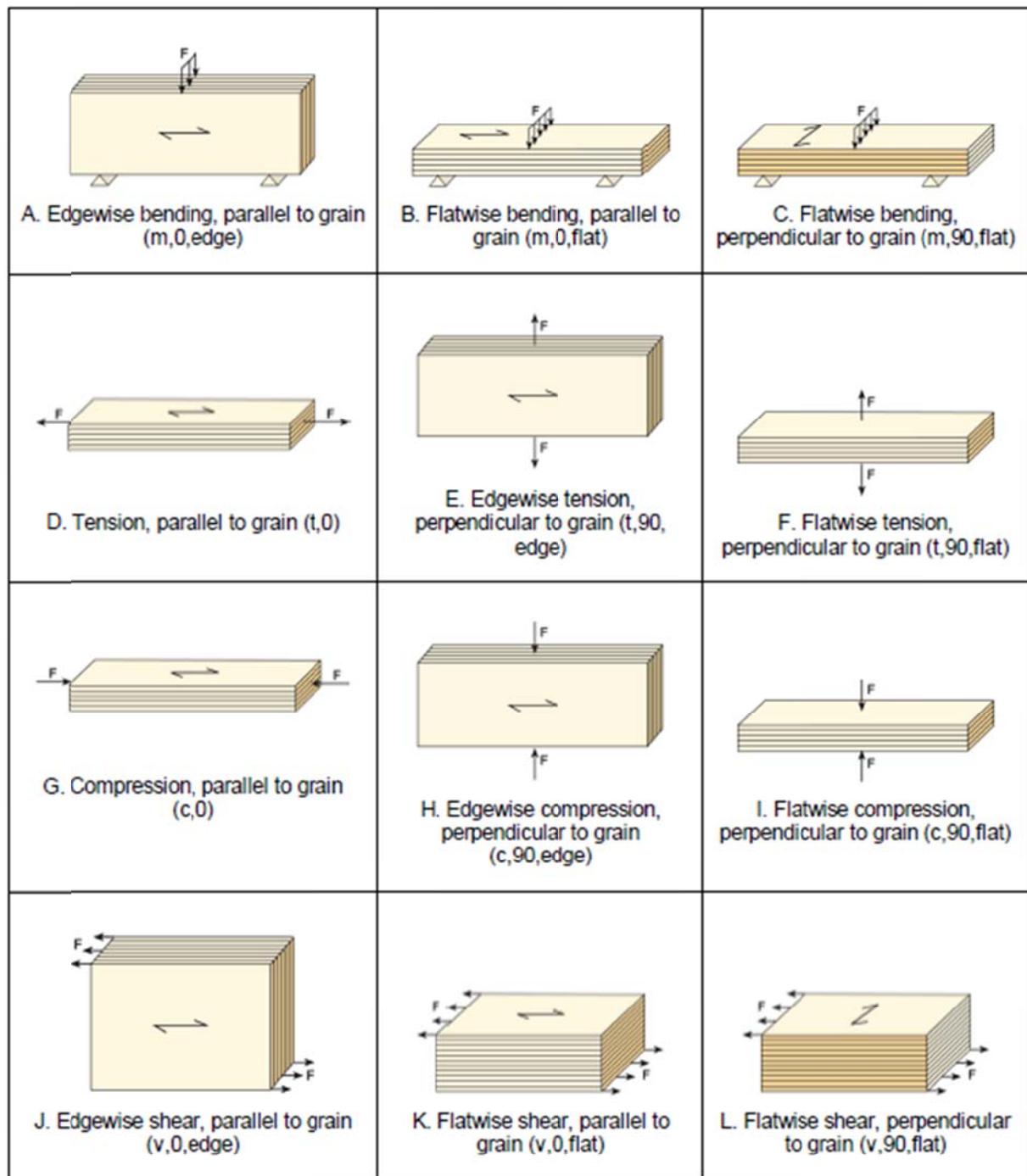


Figure 1. Strength and stiffness orientations

Kuva 2.3 Kertotuotteiden ominaisarvoja /VTT Certificate No 184/03, Revised 24 March 2009/

Lisää tietoa Kertotuotteista:

<http://www.finnforest.fi/TUOTTEET/KERTO/Pages/Default.aspx>

2.5. Ääneneristävyys

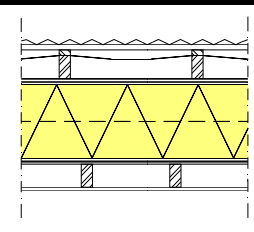
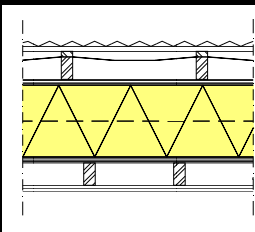
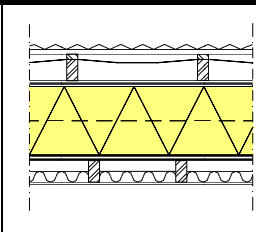
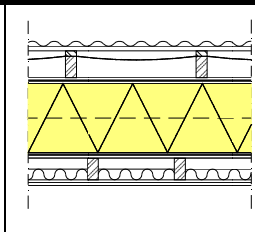
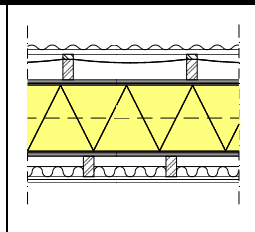
Ääneneristävyttä joudutaan miettimään pääasiassa asuinhuoneistojen välistä ääneneristävyttä selvitettäessä, mutta toisinaan myös ulkopuolista liikenne- tai lentomelua vastaan. Teollisuuskohteissa mahdollisesti myös meluavan prosessin eristäminen esim. toimistotiloista saattaa tulla kyseeseen. Yksittäisiä pientaloja koskevia määräyksiä on kovin vähän, mutta niiden asumisviihtyvyyttä voidaan parantaa ottamalla suunnittelussa huomioon akustiikka ja ääneneristysnäkökulmat. Joskus myös kaavamääräykset saattavat sisältää vaatimuksia rakennuksen ulkovaipan eristävyydelle.

Ääneneristävyttä kuvaavia suureita:

R_w	rakenteelle laboratorio-olosuhteissa mitattu ääneneristävyys
R'_w	rakennuksesta mitattu ääneneristävyys
R_w+C	rakenteen ääneneristävyys lentomelua vastaan
R_w+C_{tr}	rakenteen ääneneristävyys tieliikennemelua vastaan

Taulukko 2.6 Passiivikattoelementin ääneneristävyksiä [SPU-rakenteilta vaadittava ilmaääneneristävyys melualueille rakennettaessa. Helimäki raportti 3676-4, 2008. 4 sivua + 98 liitesivua].

Sisäpinta	Ääneneristävyys (dB)		
	R_w	R_w+C	R_w+C_{tr}
1. 1-kertainen kipsilevy (N)	44	40	35
2. 2-kertainen kipsilevy (N)	49	46	41
3. 1-kertainen kipsilevy (N)+ 50 mm mineraalivilla ripojen välissä	49	46	41
4. 2-kertainen kipsilevy (N)+ 50 mm mineraalivilla ripojen välissä	54	52	47
5. 2-kertainen kipsilevy (EK) + 50 mm mineraalivilla ripojen välissä	55	53	48

Rakenne 1	Rakenne 2	Rakenne 3	Rakenne 4	Rakenne 5
				

Jos ääneneristysyissä ripojen välissä käytetään mineraalivillaa, sen vaikutus U-arvoon on noin $0,004...0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($\lambda_{\text{villa}} 0,036 \text{ W/mK}$) riippuen elementin kokonaispaksuudesta (kts taulukko 2.3).

2.6. Palo

Elementin lopullinen paloluokka määräytyy käytettävien pintamateriaalien perusteella. Palomääräykset on esitetty rakennusmääräyskokoelman osissa E1 ja E2.

Rakennettaessa sellaiselle alueelle, jossa pientalolle on asetettu erityisiä palomääräyksiä, tulee elementin verhous yms. osat suunnitella tapauskohtaisesti. Palotilanteessa mitoittavana osana toimivat pintaverhous ja ripalaatta. Palokeston arviointi ja palomitoitus tapahtuu Eurocode EN 1995-1-2 mukaisesti (tai RIL 205-2-2007).

2.7. Rakennusfysikaalinen toiminta

SPU Passiiviläpöhjälle on tehty kosteustekninen tarkastelu Suomen ilmasto-olosuhteissa (*Tutkimuslaskelma NRO VTT-S-00430-09*). Tutkittu rakenne ei ole identtisesti samanlainen kuin passiivikattoelementti, mutta oleellista eroa näiden kahden rakenteen välillä ei ole. Mallinnuksessa käytettiin WUFI 4.2 Pro ohjelmaa. Käytetty ilmastodata (Jyväskylä 1979) edustaa kylmää jaksoa, joten mallinnuksen voidaan katsoa olevan varmallalla puolella. Sisäilman olosuhteissa käytettiin standardin EN13788 mukaista menettelyä. Tehdyn tutkimuksen mukaan tutkitun rakenteen voitiin todeta olevan kosteusteknisesti toimiva normaaleissa sisäilman olosuhteissa ja Suomen ilmastossa.

Kriittisiä kohtia ovat läpivientien tiiviys, kattorakenteen tuuletuksen toimivuus sekä kosteiden yms. tilojen detallojen toimivuus.

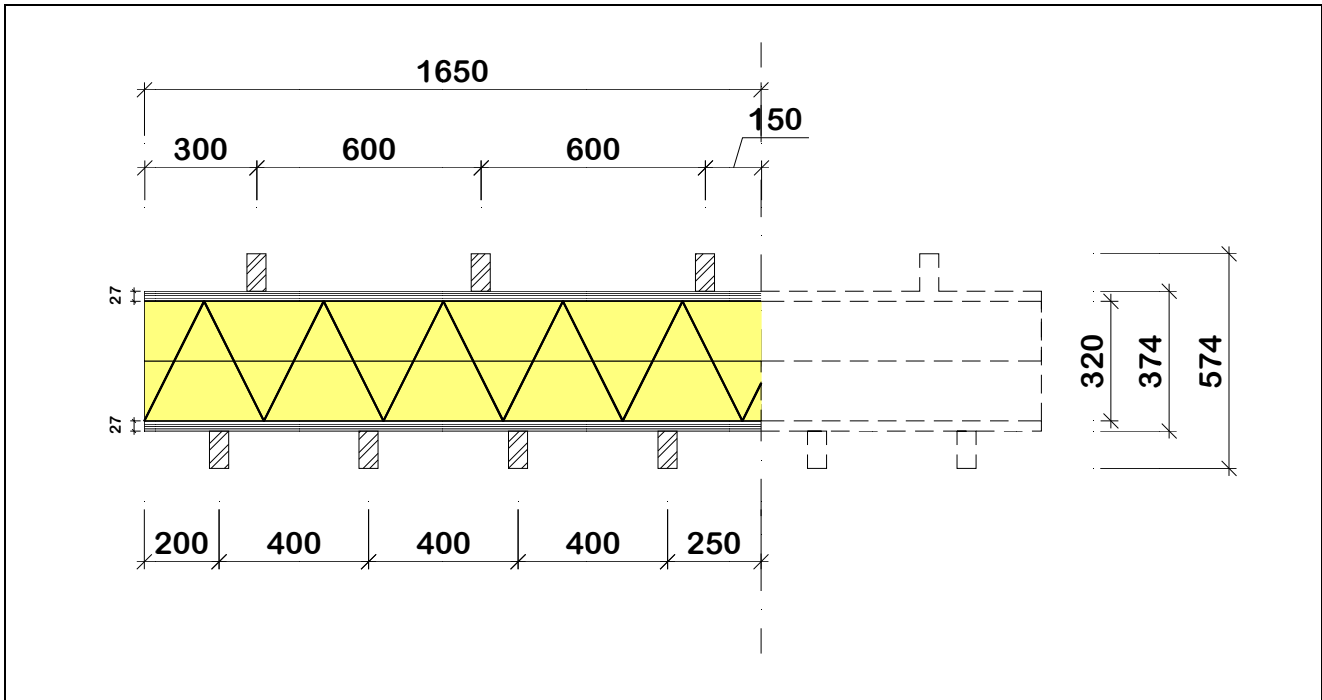
3. Elementtikaaviot ja -luettelot

3.1. Vakioelementit

Vakioelementin leveys on 2400 mm. Elementin pituus määräytyy kohteen rakennesuunnittelijan mitoituksen mukaan. Elementin pituus voidaan täsmätä myös työmaalla. Elementtien välisen sauman varaus on 20 mm. Elementtien pituudessa tulee huomioida tapauksesta riippuen asennusvara ja saumausvara.

3.2. Sovite-elementit

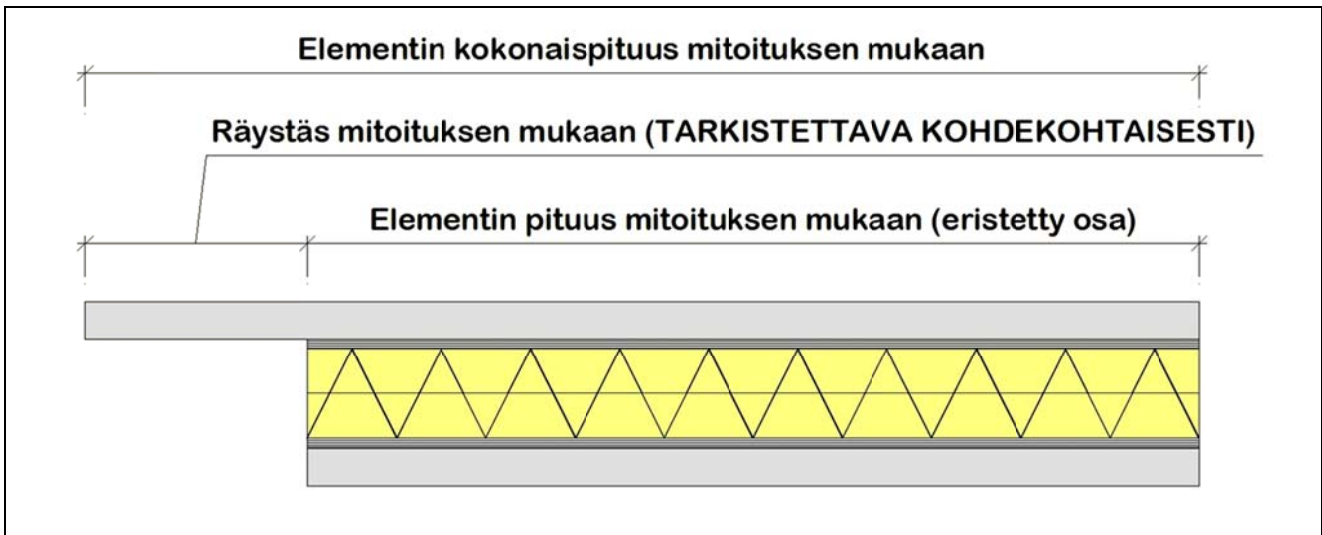
Sovite-elementin leveys ja pituus määräytyvät rakennesuunnittelijan elementtisuunnitelman mukaan. Käytännössä sovite-elementtejä tulee enintään yksi/ kattolape. Sovite-elementti on hyvä sijoittaa elementtisuunnitelmassa vakioelementtien väliin. Sovite-elementin asemaksi kannattaa valita, mikäli mahdollista, kohta, jossa alapinnassa jonkinlainen epäjatkuvuuskohta sisäpinnan verhouksessa. Tällaisia kohtia voivat olla esimerkiksi väliseinä, alaslaskettujen kattojen kohta, sauna yms. tilat. Mikäli alaripojen jako ei jostain syystä sovi verhouslevyjen saumoihin, voidaan tarvittaessa alapintaan lisätä työmaalla koolausrima levysauman alle.



Kuva 3.1 Sovite-elementin mitoitus vakioelementistä

3.3. Pituuden määrittäminen

Elementin maksimipituus määräytyy kappaleessa 6 esitettyjen taulukoiden mukaan.



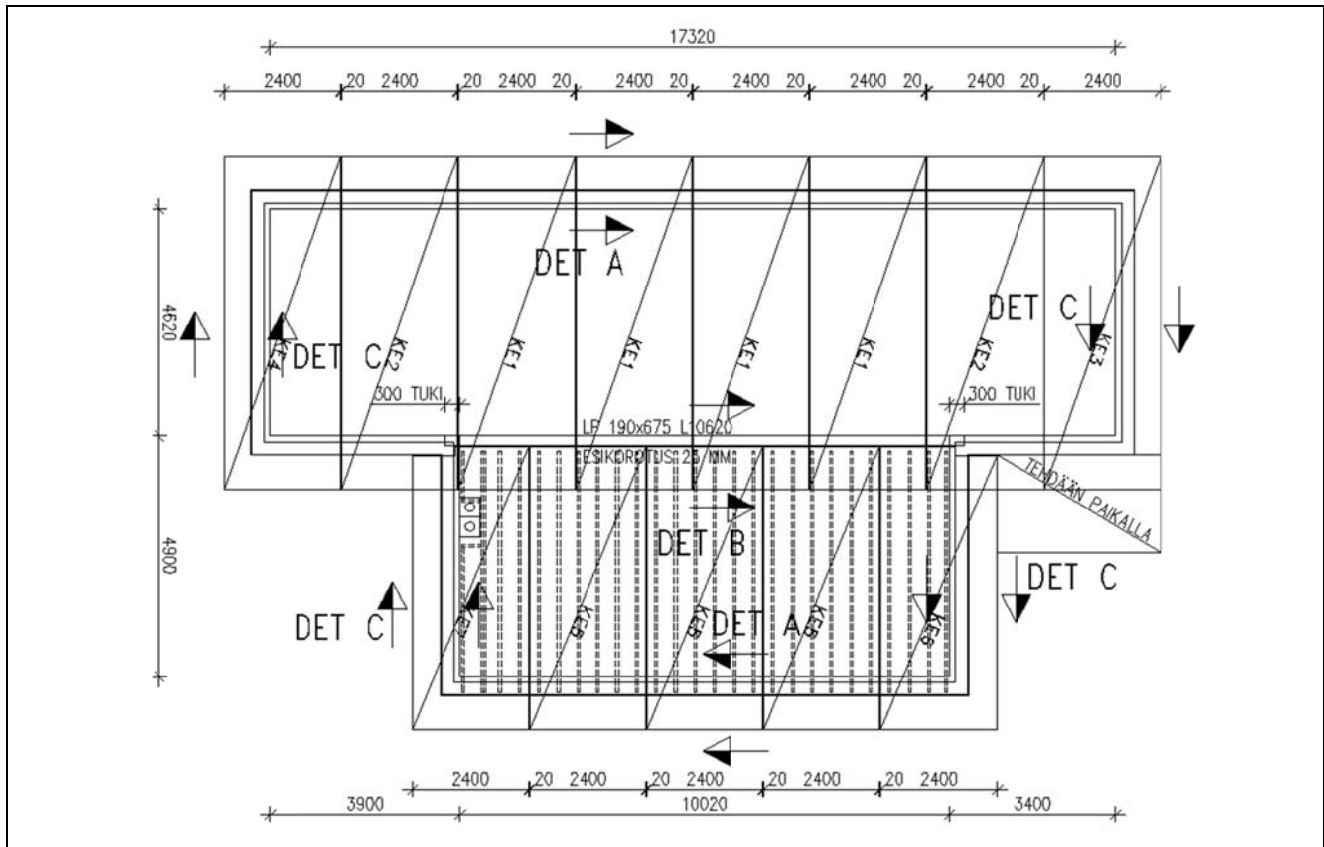
Kuva 3.2 Elementin pituuden määrittäminen

3.4. Jiirit

Elementtien päät ovat vakioratkaisussa suorat. Päät voidaan myös valmistaa jo tehtaalla haluttuun vinouteen. Tällaiset elementtien työstöt tulee kuitenkin ehdottomasti mainita jo tarjousvaiheessa. Käytännössä elementtien päät kannattaa lähes aina suunnitella suorina ja täyttää kiinnityskohtaan jäävä kolo SPU eristepalalla ja PU-vaahdolla.

3. Elementtikaavio (kuva 4.3)

- Kuvan 4.3 kaltainen elementtikaavio rakennuksen yläpohjasta. Tällä kuvalla voidaan varmistaa, että tilaus ja valmistus vastaavat toisiaan



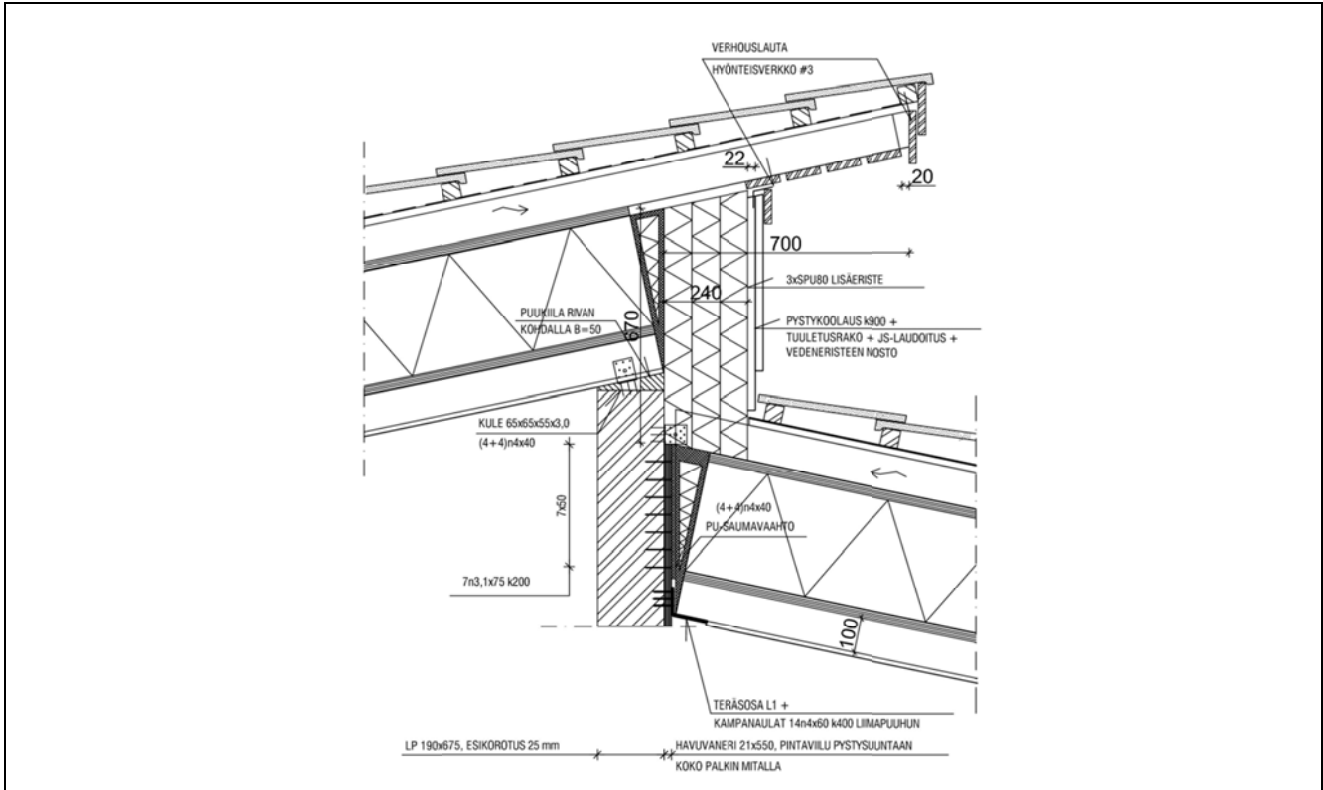
Kuva 4.3 Esimerkkikuva elementtikaaviosta. Elementtien vakioleveys 2400 mm. Sauman leveys 20 mm. Sovite-elementit mitoituksen mukaan.

4. Detaljikuva (esim. kuva 4.4)

- Rästäistä, kiinnityksistä seinään, konsoleihin ja/tai pääkannattajaan sekä muista elementin valmistuksen kannalta oleellisista kohdista.

5. Kohteen pohja- ja leikkauskuvat

- Nämä kuvat on hyvä toimittaa, jotta voidaan eliminoida virheitä.



Kuva 4.4 Esimerkkikuva detaljikuvasta (DET B kuvasta 4.3.). Detaljikuvia on esitetty lisää tämän ohjeen lopussa.

5. Mitoitus

5.1. Kuormaluokat, kantavuus

SPU Passiivikattoelementin mitoitus tapahtuu liitteenä olevan lausunnon NRO VTT-S-05232-10 mukaisesti. Kertotuotteiden osalta mitoitus tapahtuu Eurocode 5 mukaisesti (RIL 205-1-2007) ja kuormitukset lasketaan Eurocode 1 mukaisesti.

Karkeasti ottaen voidaan SPU-eristeen osuuden todeta olevan lopputilanteen taipumasta noin 90 % ja ripalaattojen 10 %. Kattoelementin lopputaipuman laskennassa pitkäaikaisen kuormaosuuden taiputuksesta aiheutuvalle taipumalle käytetään kertopuun virumalukua $k_{def} = 0,8$ ja pitkäaikaisen kuormaosuuden leikkausmuodonmuutoksista aiheutuvalle taipumaosuudelle vastaavasti elementeissä käytettävän SPU eristeen virumalukua $k_{def} = 3,9$ (VTT-S-05232-10)

Taulukoissa 5.1 ja 5.2 on esitetty elementtityypeille laskettuja aksiaalisia maksimijännevälejä, kuormituksena on käytetty lumikuormaa $2,0 \text{ kN/m}^2$ (lumikuorman arvo maassa $2,5 \text{ kN/m}^2$) ja $2,4 \text{ kN/m}^2$ (lumikuorman arvo maassa $3,0 \text{ kN/m}^2$) ja omapainona $1,0 \text{ kN/m}^2$. Lopputilan taipumakriteerinä on ollut $L/200$. Taulukoissa esitetyt jänneväliä ovat yksiaukkoiselle tapaukselle.

Taulukko 5.1 Elementtien maksimijänneväliä, lumikuorman arvolla $q_{lumi} = 2,0 \text{ kN/m}^2$ ($s_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$), kun omana painona $q_{oma} = 1,0 \text{ kN/m}^2$, kts Lausunto NRO VTT-S-05232-10.

Kattokaltevuus [°]	Ripojen korkeus [mm]		Maksimijänneväli (tukiväli aksiaalisuunnassa) [mm]	
	Yläripalaatta Rivat b=51mm Ripajako k600	Alaripalaatta Rivat b=51mm Ripajako k400	Matalaenergia (Eristepaksuus 240 mm)	Passiivienergia (Eristepaksuus 320 mm)
0	100	100	5300	6350
0	120	120	5390	6400
0	150	150	5450	6480
0	100	150	5400	6420
20	100	100	5400	6430
20	120	120	5470	6490
20	150	150	5550	6580
20	100	150	5490	6510
30	100	100	5500	6350
30	120	120	5560	6600
30	150	150	5660	6700
30	100	150	5590	6620

(Mitoittavana murtorajatila, muissa mitoittavana taipumarajatila)

Taulukko 5.2 Elementtien maksimijännevälit, lumikuorman arvolla $q_{\text{lumi}} = 2,4 \text{ kN/m}^2$ ($s_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$), kun omana painona $q_{\text{oma}} = 1,0 \text{ kN/m}^2$, kts Lausunto NRO VTT-S-05232-10.

Kattokaltevuus [°]	Ripojen korkeus [mm]		Maksimijänneväli (tukiväli aksiaalisuunnassa) [mm]	
	Yläripalaatta Rivat b=51mm Ripajako k600	Alaripalaatta Rivat b=51mm Ripajako k400	Matalaenergia (Eristepaksuus 240 mm)	Passiivienergia (Eristepaksuus 320 mm)
0	100	100	4960	5900
0	120	120	5000	5950
0	150	150	5060	6020
0	100	150	5000	5970
20	100	100	5050	6000
20	120	120	5100	6060
20	150	150	5170	6130
20	100	150	5120	6080
30	100	100	5150	5950
30	120	120	5210	6180
30	150	150	5290	6270
30	100	150	5230	6200

(Mitoittavana murtorajatila, muissa mitoittavana taipumarajatila)

2-aukkoiset tapaukset

Elementti toimii myös kaksiaukkoisissa tapauksissa, kun aukkojen mitat ovat maksimissaan suhteessa 35/65. Mikäli lyhyempi aukko on vähemmän kuin 35 % elementin pituudesta, on tilanne tarkistettava tapauskohtaisesti. Suurempi aukko ei saa ylittää taulukoissa 5.1 tai 5.2 annettuja maksimijännevälejä.

Tuotannon asettama maksimipituus elementille on 8,8 metriä.

5.2. Tukipinnat

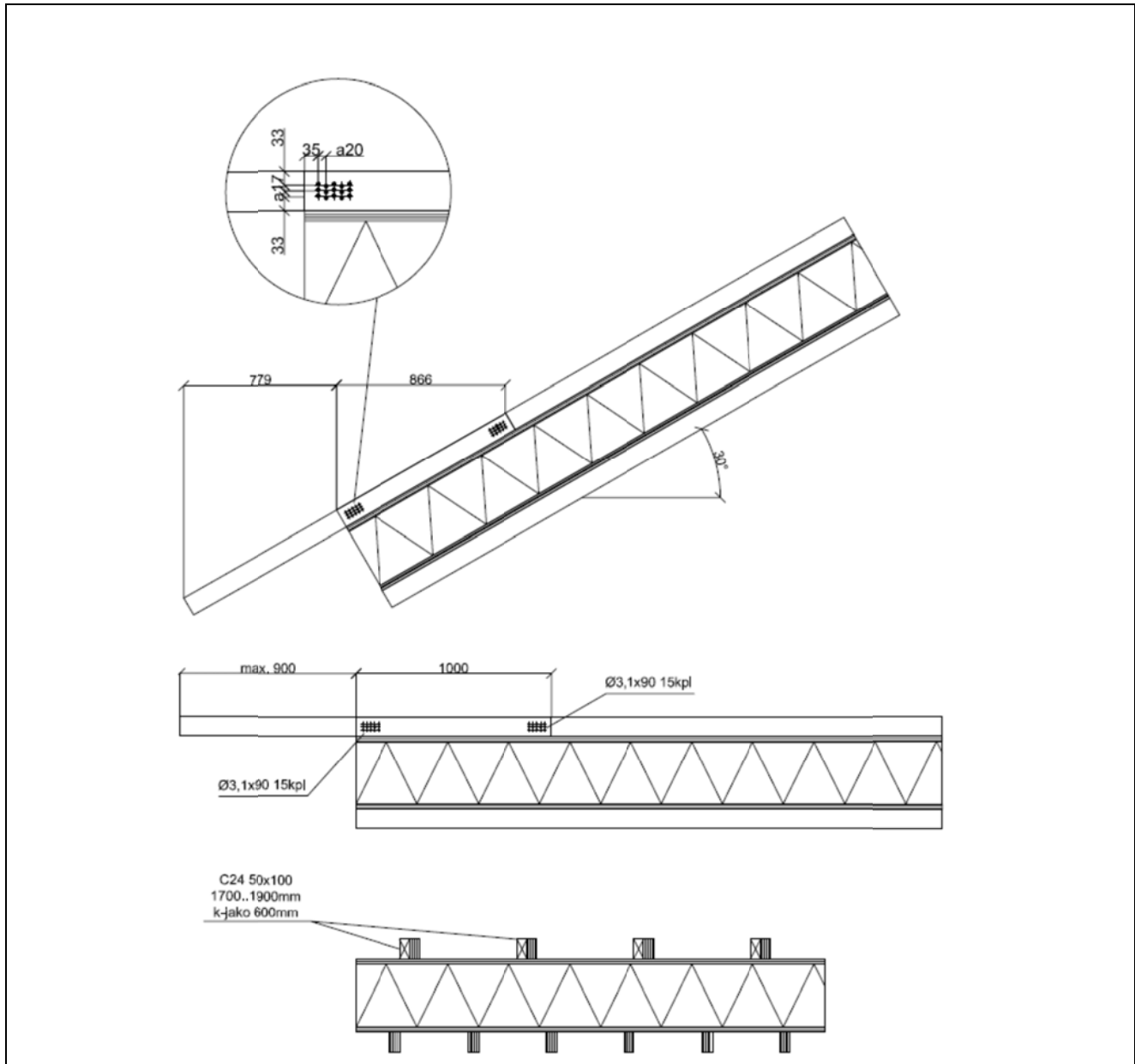
Tukipintojen mitoitus tapahtuu Eurocode 5 mukaisesti. Käytännössä tukipintojen suuruus määräytyy asennustoleransseista. Leimapaineen perusteella tukipinnan pituudeksi riittää jopa alle 30 mm, mutta huomioiden kosteus- ja lämpötilaliikkeet, asennusaikaiset toleranssit yms tekijät, voidaan tukipinnan minimipituutena pitää >60 mm. Tukipinnan tulee olla tasainen.

Kantavan sivuseinän tukipinta muodostetaan kattokaltevuuden mukaisella muotopuulla tai vastaavalla. Tukipinnat voivat olla myös muutoin oikeaan kulmaan työstettyjä. Päätuseinällä seinän päälle

järjestetään korotuspala joka muodostaa tukipinnan elementin alapintalevyä vasten tai siten, että jäykiste on seinän päällä. Päätyseinillä pitää ottaa huomioon elementin taipuma ts., ettei kahden reunimmaisen elementin väliin synny erisuuruista taipumista epäjatkuvuuskohtaa. Tällöin päätyseinillä pitää huolehtia riittävästä liikuntavaroista. Harjalla tai välituella tukipinta järjestetään katto-kaltevuuuden mukaisella muotopuulla tai muulla tavoin oikeaan kulmaan työstetystä tukipinnasta.

5.3. Räystäät

Räystäät on suositeltavaa tehdä sahatavarasta rakennuspaikalla.



Kuva 5.1 Räystään tekeminen paikanpäällä, ohje.

Sivuräystäät on mahdollista tehdä jatkamalla yläripalaattojen ripoja yli eristetyn osuuden (kts kuva 3.2). Maksimi pituus räystäälle on 900 mm. Tilattaessa elementtejä mitat tulee selkeästi esittää (kts. luku 4). Räystäät on suositeltavaa tehdä sahatavarasta rakennuspaikalla.

Päätyräystäät tehdään paikan päällä rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaisesti. Räystään osia voidaan esivalmistaa myös jo tehtaalla. Tämä tulee kuitenkin selkeästi kuvin osoittaa jo tarjous- ja tilausvaiheessa.

6. Kiinnitykset

Elementtien kiinnitykseen käytetään pääsääntöisesti naulauslevyjä. Kiinnitystapa voi olla muunlainenkin, kunhan se täyttää kuormitusten asettamat vaatimukset (tuuli, jäykistys jne). Naulauslevyjen ruuvikoot ja kappalemäärä tulee mitoittaa tuulenpaineesta aiheutuvalla nosteella, huomioiden elementin liikkeitä. Yleensä jokainen jäykiste kiinnitetään naulauslevyllä alajuoksuun.



Kuva 6.1 Elementtien kiinnityksiä kahdessa eri kohteessa.

Ripustuksissa tulee noudattaa kertotuotteille annettuja ripustusohjeita. Yleisesti voidaan todeta, että ripustukset voidaan kiinnittää ripoihin maks. 5,0 mm paksuilla ruuveilla. Ruuvaus rivan keskelle ruuvivälillä minimi ollessa 50 mm. Kapasiteetti 80 kg/ruuvi, kun kierteen tunkeuma ripaan on minimissään 40 mm. Kerto-Q levyyn kiinnitettynä kapasiteetti 80 kg/ 5,0 mm ruuvi.

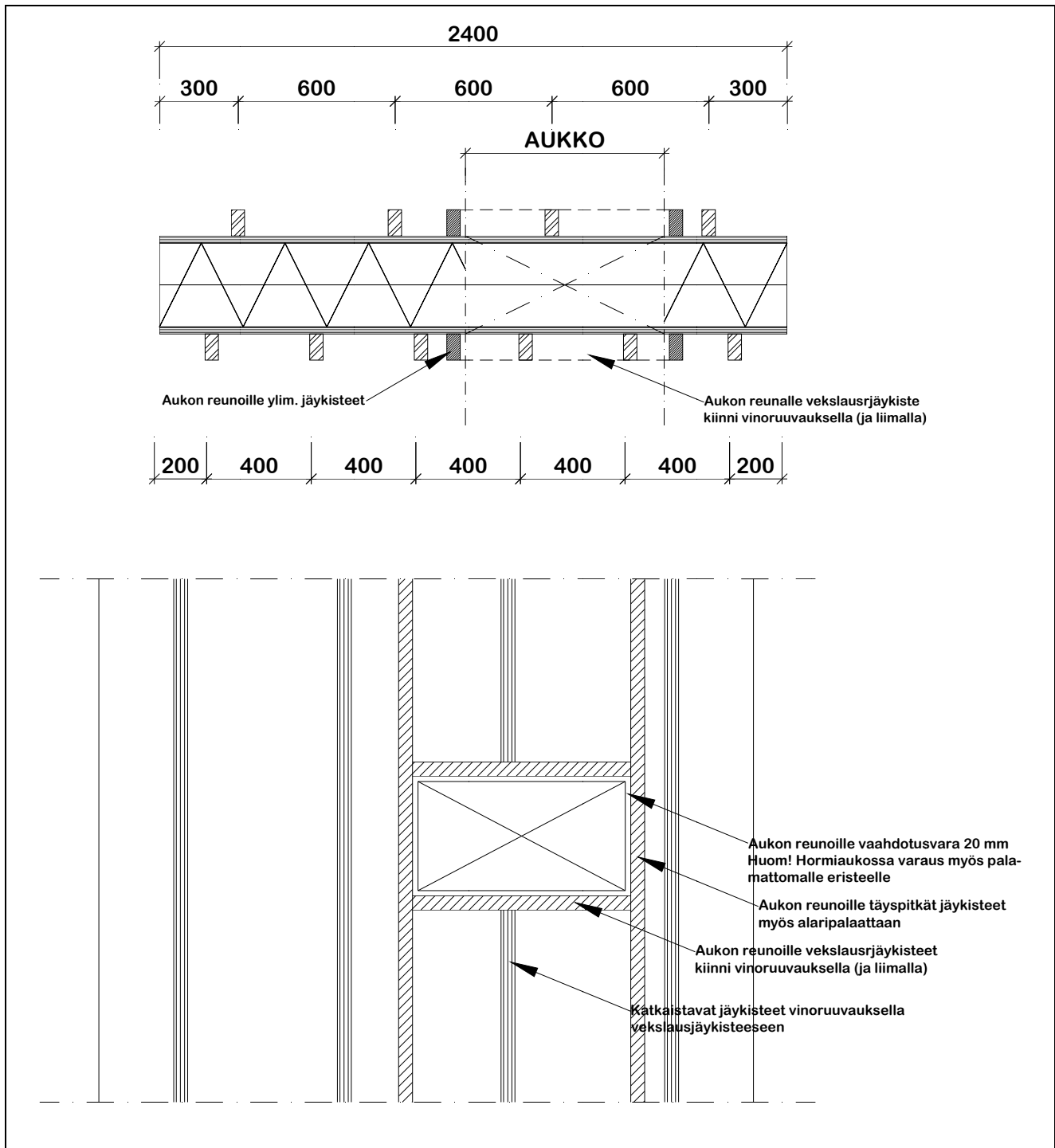
7. Elementin työstöt

7.1. Aukot

Aukollisten elementtien ripalaatoissa tulee olla täyspitkiä ripoja vähintään saman verran kuin vakioelementissä. Lisäksi aukon eteen asennetaan aukon reunaan asti ulottuva ripa, joka vekslataan vinoruuvauksella viereisiin ripoihin.

Ripojen väliin *vahingoittamatta ripoja* voidaan aukko tehdä vapaasti (IV-hormit yms pienet läpiviennit). Vakioripoja käytettäessä maksimiaukon leveys vaihtelee ripavälistä riippuen ollen maksimissaan noin 345 mm.

Isojen aukkojen vaikutus pitää huomioida aina tapauskohtaisesti rakennesuunnittelijan toimesta.



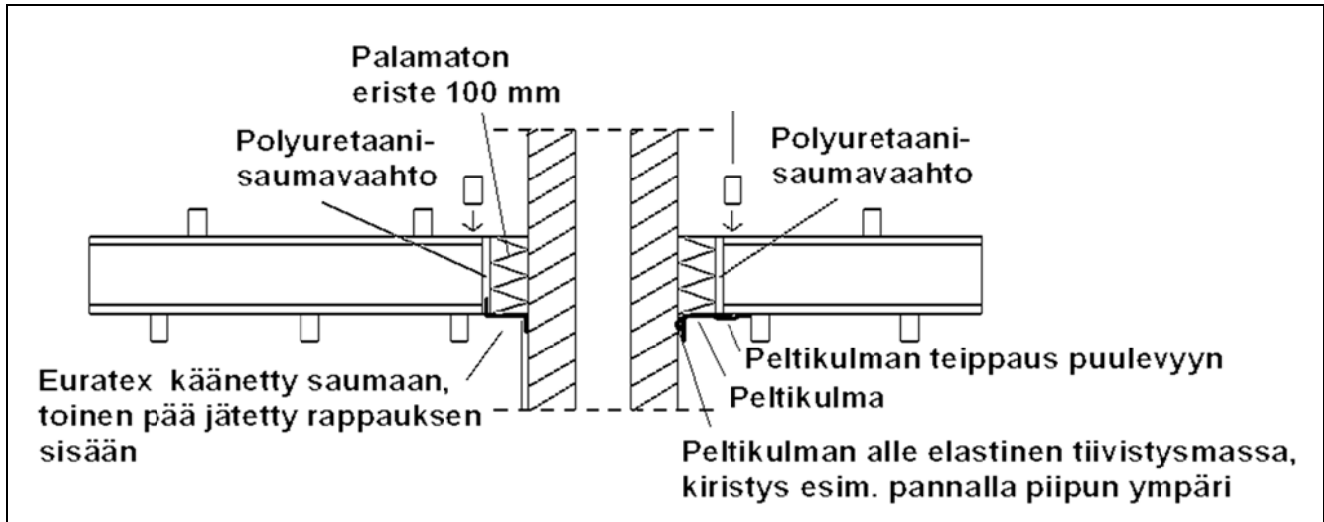
Kuva 7.1 Viitteellinen kuva ison aukon (<800 mm) tuennasta. Koko elementin mittaiset jäykisteet kiinnitetään tehtaalla, tarpeen vaatiessa myös muut osat. Aukon sahaaminen tehdään työmaalla. Mikäli on syytä olettaa, että aukon sijainnissa voi tulla virhettä, aukon ympärille tulee jättää suurempi vaahdotus/tiivistysvara (esim 50 mm).

7.2. Läpiviennit

Elementtien työstö työmaalla onnistuu tavallisilla puuntyöstöön tarkoitetuilla työkaluilla. Kaikki aukot myös tehdään työmaalla. Elementtejä ei siis tehtaalla aukoteta valmiiksi, vaikka aukkovaraukset ja ylimääräiset rivat asennetaankin. Näin vältetään rakentamisessa syntyvät pienet mittavirheet

ja aukot saadaan aina oikein asemoitua. Työstettäessä elementtejä, esim. IV-hormien läpivientejä tehtäessä, pitää olla erittäin huolellinen, ettei ripalaattojen ripoja vahingoiteta.

Kaikki läpiviennit tiivistetään saumavaahdolla. Hormien läpivienneissä tulee huolehtia, että rakennusmääräyskokoelman osassa E3 esitetyt vaatimukset täyttyvät. Hormien pielissä tulee käyttää palamatonta eristettä niin, että se suojaa myös kantavia ripalaattoja.

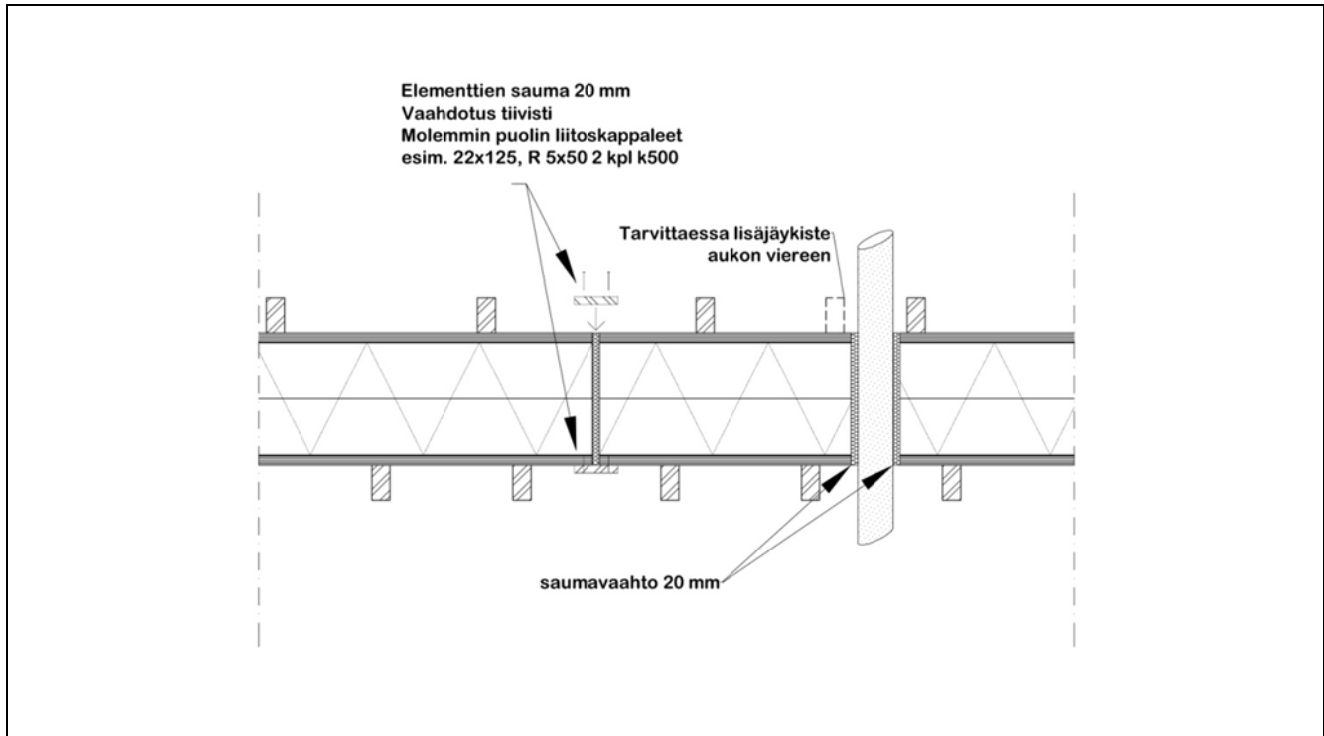


Kuva 7.2 Viitteellinen kuva hormiläpiviennistä, hormiläpiviennissä tulee noudattaa rakennusmääräyskokoelmassa annettuja määräyksiä. (kts. myös kuva 7.3)

Lisää ohjeita ilmanpitävien läpivientien tekemiseksi on esitetty mm. teoksessa "Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa, [Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennetekniikka, tutkimusraportti 141]".

7.3. Elementtien saumat

Elementtien väliin jätettävä sauma- ja vaahdotusvara on yleensä 20 mm. Asennuksen aikana voidaan elementtien päällä käyttää "kulmakapulaa" tai vastaavaa tuurnaa, jotta pysyttäisiin mahdollisimman tarkasti 20 mm saumavahvuudessa. Lisäksi koko asennuksen ajan on tarkkailtava asennuksen etenemää. Tarvittaessa saumalla voidaan korjata pieniä mittavirheitä. Kaikki saumat vaahdotetaan polyuretaanivaahdolla tiiviisti. Sauman päälle molemmin puolin asennetaan esim. lauta 22x125 tai vastaava. Vaahdottaminen on tehtävä erittäin huolellisesti, ettei saumaan jää ilmapuotokehtia. Ilmapuodoilla on paitsi energiakulutusta lisäävä vaikutus, niin ne myös sisältävät kosteusteknisen riskin (sisäilman kosteus pääsee kylmän puolen kattorakenteisiin).



Kuva 7.3 Elementtien liitos ja IV-läpivienti

8. Työmaa

8.1. Varastointi

Paras tapa rakentamisen kannalta on, jos elementit voidaan asentaa suoraan autosta. Mikäli tämä ei ole mahdollista, voidaan elementtejä varastoida rakennuspaikalla. Varastointipaikan tulee olla mahdollisimman suora ja kuiva. Elementtien alle tulee laittaa rimat tai kuormalavoja niin, ettei epätasaista painumista pääse syntymään.

Elementit kestävät sellaisenaan lyhytaikaisen varastoinnin. Jos varastointi kestää pitkään, on elementit suojattava sellaisilla peitteillä, jotka kestävät ulkoilman rasituksia, kosteutta ja tuulta. Jos varastointiaika on pitkä (useita päiviä), on elementit suojattava sellaisella peitteellä, joka estää UV-säteilyn suoraan elementteihin (suoran auringon paisteen). Tällaisia peitteitä on hyvä hankkia työmaalle jo etukäteen.

Pitempiaikaisessa varastoinnissa varastoitavien elementtien tuulettumiseen on kiinnitettävä huomioita. Suojapeitteen alla tulisi käyttää rimoja, jotka sallivat ilman kierron varastoitavassa pinossa. Myös kosteuden nouseminen maaperästä on estettävä esim. muovikelmua käyttäen.

Kuorman saavuttua on elementtejä ja mahdollisia tarvikkeita purettaessa tarkistettava, että toimitus on luettelon mukainen. Mahdollisista puutteista yms. pitää ottaa suoraan yhteys SPU Oy:n kohteesta vastaavaan yhteyshenkilöön tai keskuksen.

8.2. Nostaminen

Passiivikattoelementteihin on tehtaalla asennettu valmiiksi 4 nostoliinaa. Nosto tulee tehdä kaikista neljästä lenkistä yhtä aikaa. Kun elementti on asennettu paikalleen ja kiinnitetty siten, ettei vaaraa siirtymisestä enää ole, voidaan nostolenkit irrottaa. Irralliset liinat pudotetaan elementin saumasta alas ja sen jälkeen ne voidaan poistaa (katkaista).

Pelkästään yläripalaatasta nostaminen ei ole sallittua.



Kuva 8.1. Elementin nostaminen

9. Lähteitä

SPU-rakenteiden ilmajääneristävyyden liikennemelua vastaan. Helimäki raportti 3676-2b, 2008. 19 sivua + 33 liitesivua.

SPU-rakenteilta vaadittava ilmajääneristävyys melualueille rakennettaessa. Helimäki raportti 3676-4, 2008. 4 sivua + 98 liitesivua.

Ilmajääneristävyyden määrittäminen, Kattoelementit/pientalot. VTT Rakennustekniikka, Testausseleste nro RTE 1565/00. 4 sivua + 10 liitesivua.

Suomen rakentamismääräyskokoelma

VTT Certificate No 184/03, Revised 24 March 2009/

SPU-eristeisen yläpohjan kosteustekninen toimivuus. Tutkimusselelostus Nro VTT-S-00430-09. 23.1.2009

SPU-eristeisen puurankaisen yläpohjan kosteustekninen toimivuus. Tutkimusselelostus Nro VTT-S-00433-09. 23.1.2009

Lausunto NRO VTT-S-05232-10. SPU pientalon kattoelementin mitoitusperusteet. VTT 2010.

SFS-EN 1995-1-1. Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. SFS.

ETAG 019. Guideline for European Technical Approval for Prefabricated Wood-Based Loadbearing Stressed Skin Panels. EOTA, Brussels

European Recommendations for Sandwich Panels. Publication 257. CIB/ECCS report. ISBN 90-6363-024-7.

RIL 205-1-2007. Puurakenteiden suunnitteluohje. Eurokoodi EN 1995-1-1. Suomen Rakennusinsinörien liitto RIL r.y.

RIL 205-2-2007. Puurakenteiden suunnitteluohje. Eurokoodi EN 1995-1-2. Suomen Rakennusinsinörien liitto RIL r.y.

10. Yhteystiedot

SPU ERISTEET ja PASSIIVIKATTOELEMENTIT

SPU Oy
Sillanpäänkatu 20
38700 KANKAANPÄÄ
0207 786 700 p.
0207 786 701 f.
etunimi.sukunimi@spu.fi
www.spu.fi

Toimitusjohtaja

Ilkka Pohjoismäki
0207 786 711

Varatoimitusjohtaja

Janne Jormalainen
0207 786 745

Suunnittelu ja kehitys

Pasi Käkelä
0207 786 753

Tuotanto

Kari Tervola
0207 786 712

Krista Luukkainen
0207 786 754

Emmi Aliatalo
0207 786 714

Myynti

Kurikka Jussi
suunnittelijat, rakennus-
liikkeet ja betoniteollisuus
0207 786 736

Kemppainen Ari
taloteollisuus
0207 786 716

Jormalainen Janne
0207 786 745

KERTOPUU TUOTTEET

Finnforest, Building Solutions
PL 24
08101 LOHJA
010 46 56499 p.
010 46 56333 f.
etunimi.sukunimi@finnforest.com
www.finnforest.com

Suunnittelu ja kehitys

Jouni Hakkarainen
050-598 9611


Myynti

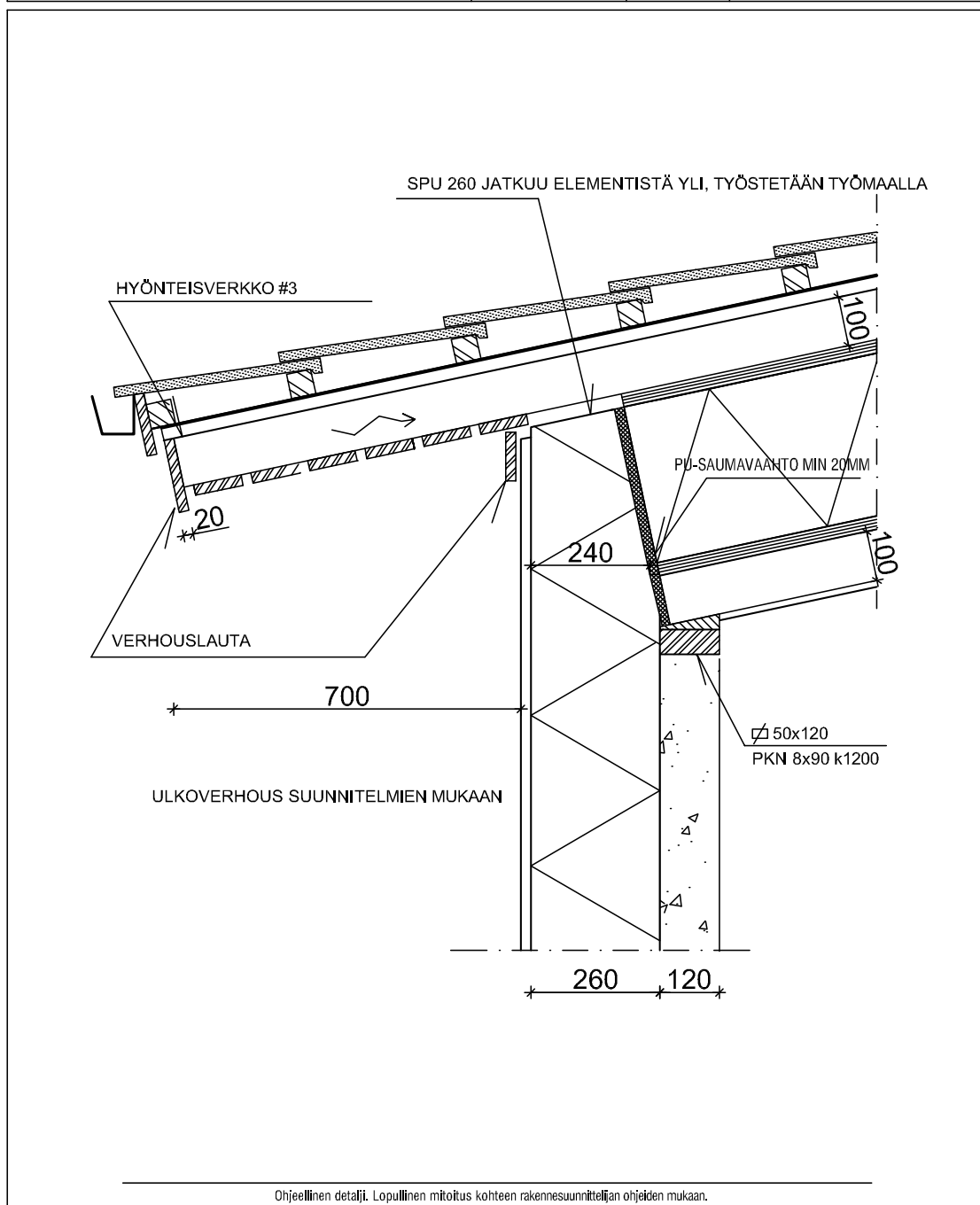
Kari Kemppainen
050-593 0733


11. Detaljit

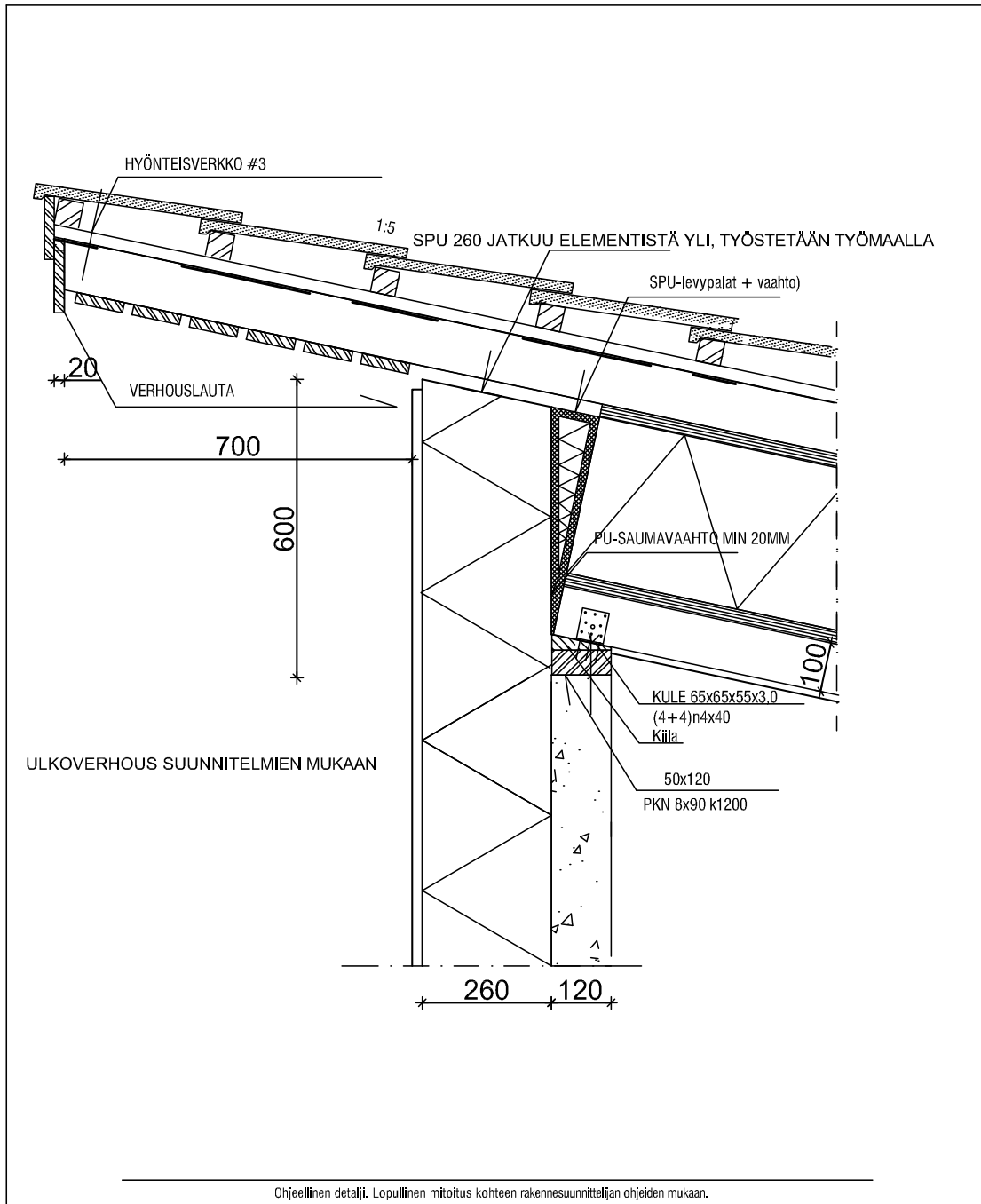
DET PK 1.1	YP-US, Sivuräystäs. Betonielementtiseinä.
DET PK 1.2	YP-US, Sivuräystäs. Betonielementtiseinä.
DET PK 1.3.1	YP-US, Sivuräystäs. Puurankaseinä.
DET PK 1.3.2	YP-US, Sivuräystäs. Puurankaseinä.
DET PK 1.3.3	YP-US, Sivuräystäs. Puurankaseinä.
DET PK 2.1	YP-US, Päätyräystäs. Betonielementtiseinä.
DET PK 3.1	Harja, lappeet eri tasolla, kantava liimapuupalkki
DET PK 3.2	Harja, lappeet samalla tasolla, kantava liimapuupalkki


HUOM! Suunnitteluohjeeseen liitetyissä detaljikuvissa saattaa mittakaavoissa olla eroa ilmoitettuun. Mittakaavalliset kuvat voi ladata [www-sivuilta erikseen](http://www.sivuilta.erikseen).

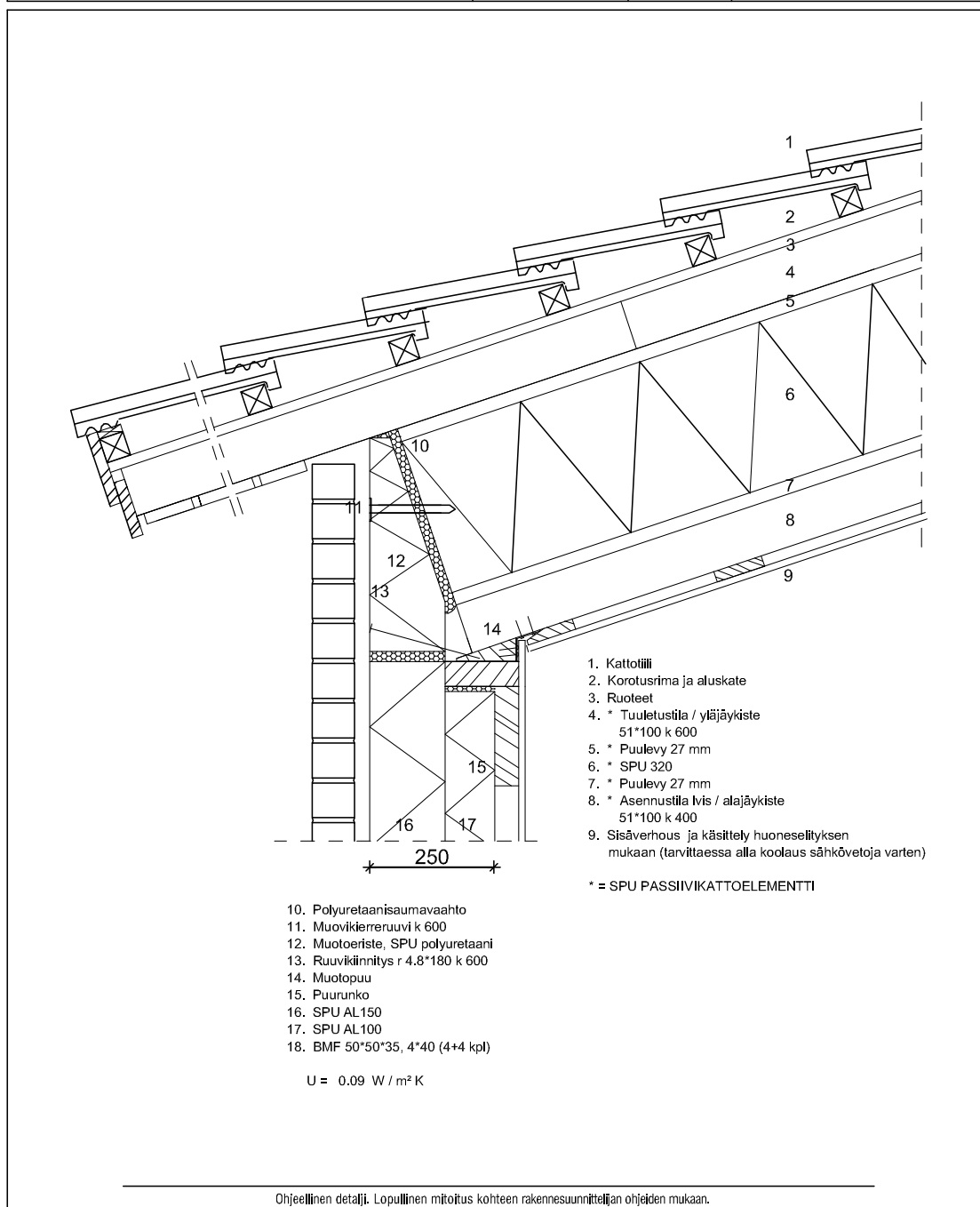
Rakennuskohde Passiivikattoelementti	Sisältö YP-US, sivuräystäs Betonielementtiseinä		
 SPU OY Sillanpääkatu 20 PL 98, 38701 KANKAANPÄÄ P. 0207 786 700 F. 0207 786 701 www.spu.fi	Pvm 2011	Mittakaava 1:10	Tunnus PK 1.1
	Muutos pvm -	Tekijä -	




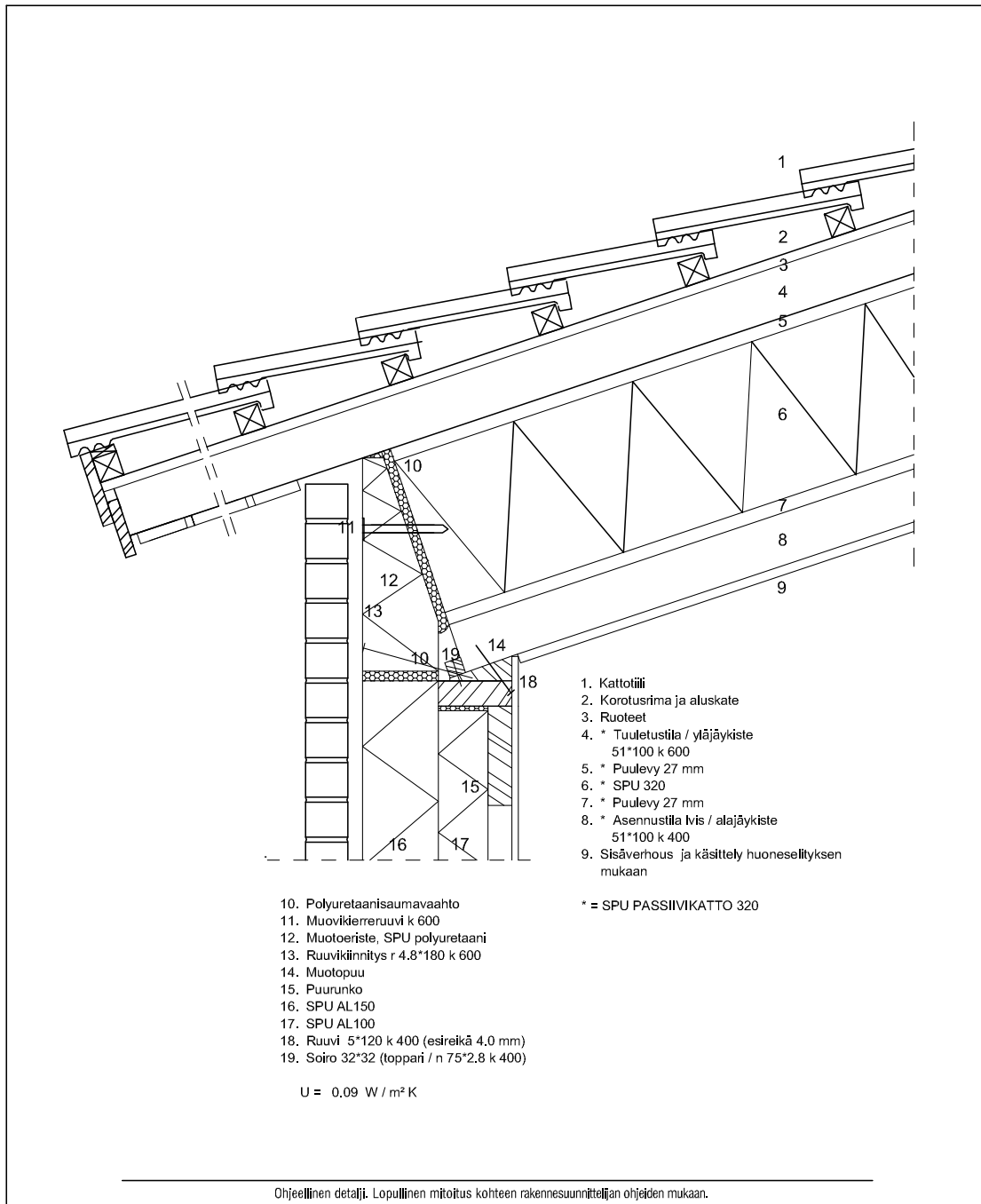
Rakennuskohde Passiivikattoelementti	Sisältö YP-US, sivuräystä Betonielementtiseinä		
 SPU OY Sillanpääkatu 20 PL 98, 38701 KANKAANPÄÄ P. 0207 786 700 F. 0207 786 701 www.spu.fi	Pvm 2011	Mittakaava 1:10	Tunnus PK 1.2
	Muutos pvm -	Tekijä -	



Rakennuskohde Passiivikattoelementti		Sisältö YP-US, sivuräystä Puurunko		
 SPU OY Sillanpääkatu 20 PL 98, 38701 KANKAANPÄÄ P. 0207 786 700 F. 0207 786 701 www.spu.fi	Pvm 2011	Mittakaava 1:10	Tunnus PK 1.3.1	
	Muutos pvm -	Tekijä -		




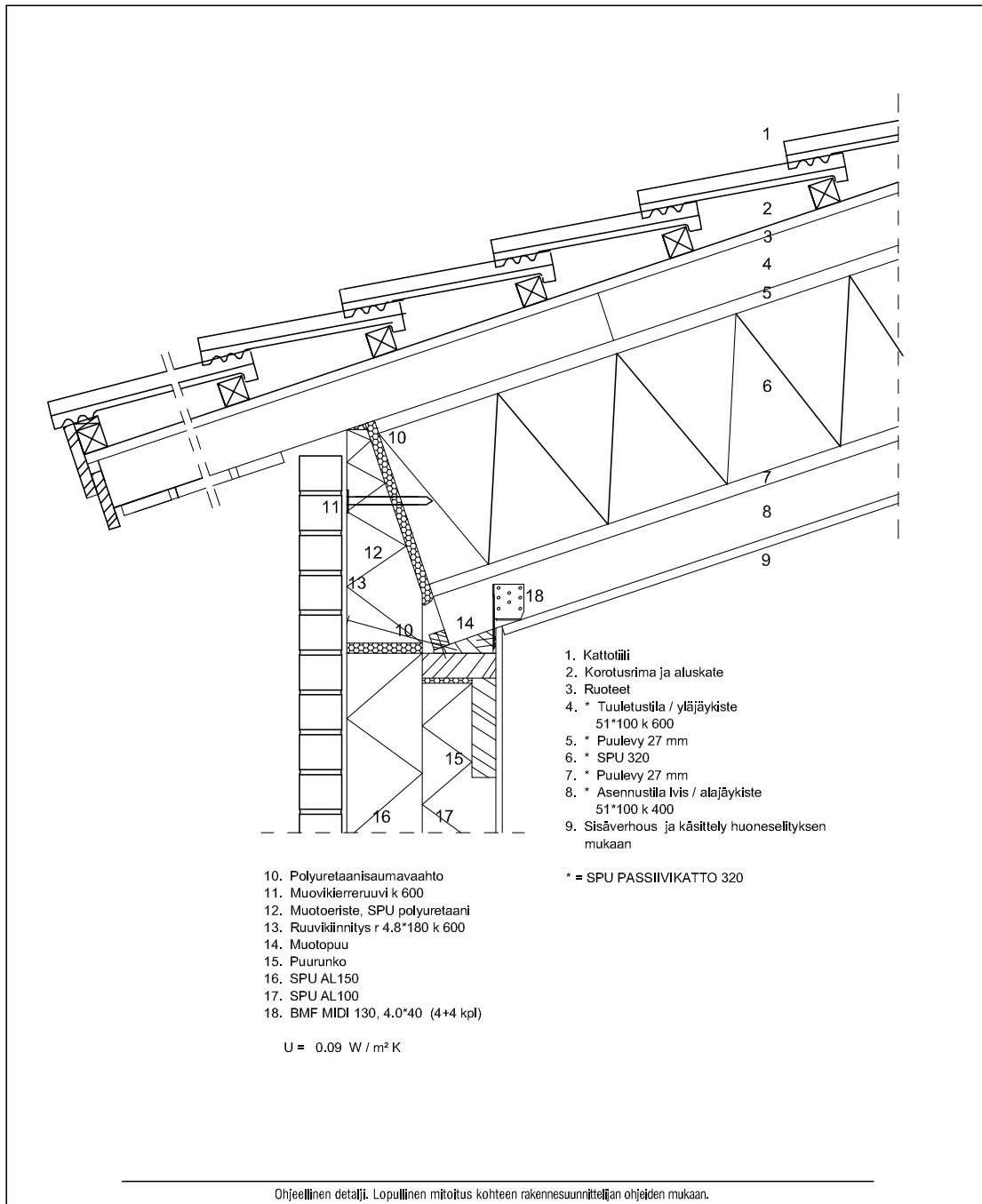
Rakennuskohde Passiivikattoelementti		Sisältö YP-US,sivuräystä Puurunko		
 SPU OY Sillanpääkatu 20 PL 98, 38701 KANKAANPÄÄ P. 0207 786 700 F. 0207 786 701 www.spu.fi	Pvm 2011	Mittakaava 1:10	Tunnus PK 1.3.2	
	Muutos pvm -	Tekijä -		




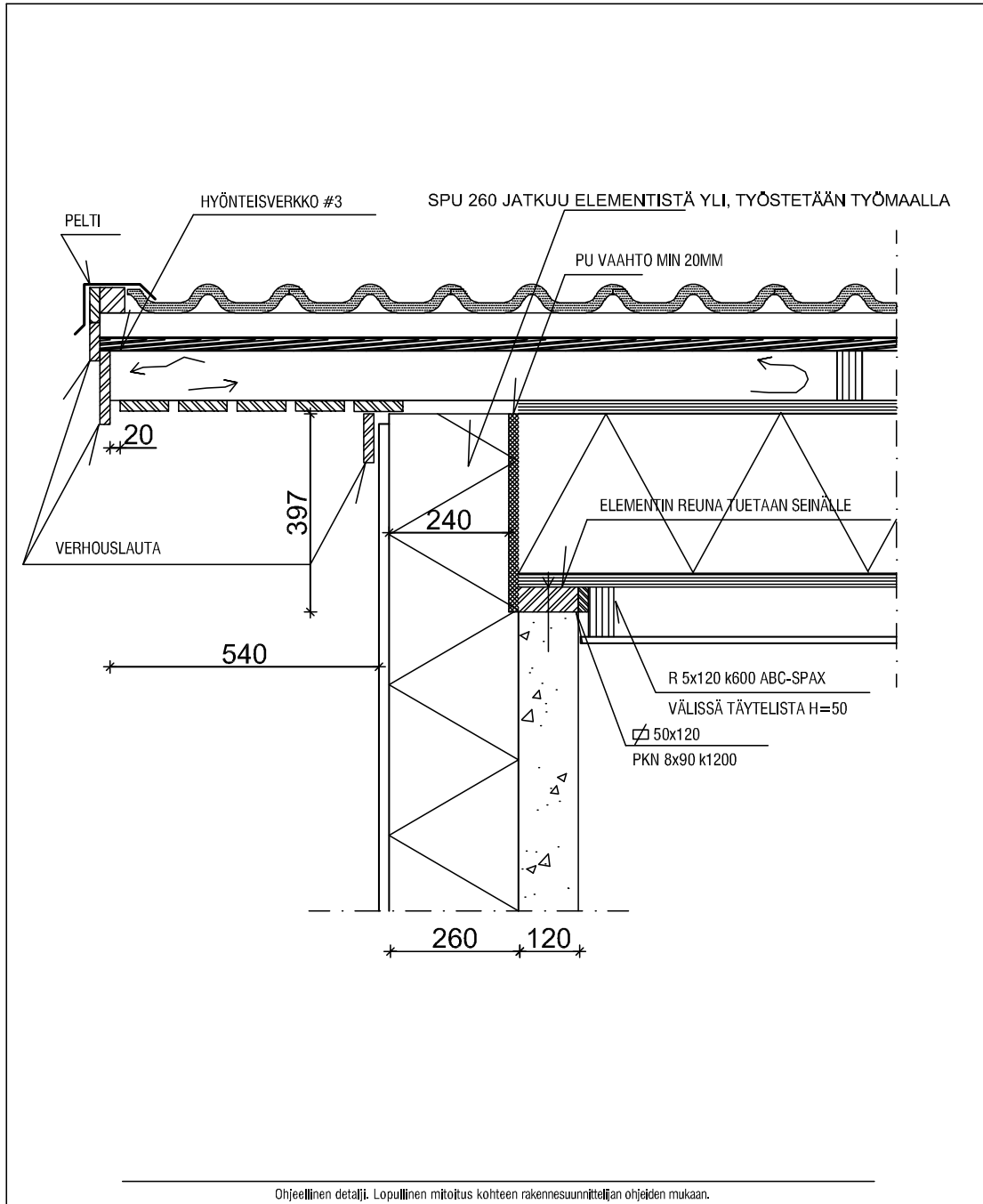
1. Kattotiili
2. Korotusrima ja aluskate
3. Ruoteet
4. * Tuuletustila / yläjäykiste
51*100 k 600
5. * Puulevy 27 mm
6. * SPU 320
7. * Puulevy 27 mm
8. * Asennustila lvis / alajäykiste
51*100 k 400
9. Sisäverhous ja käsittely huoneselityksen mukaan


* = SPU PASSIIVIKATTO 320

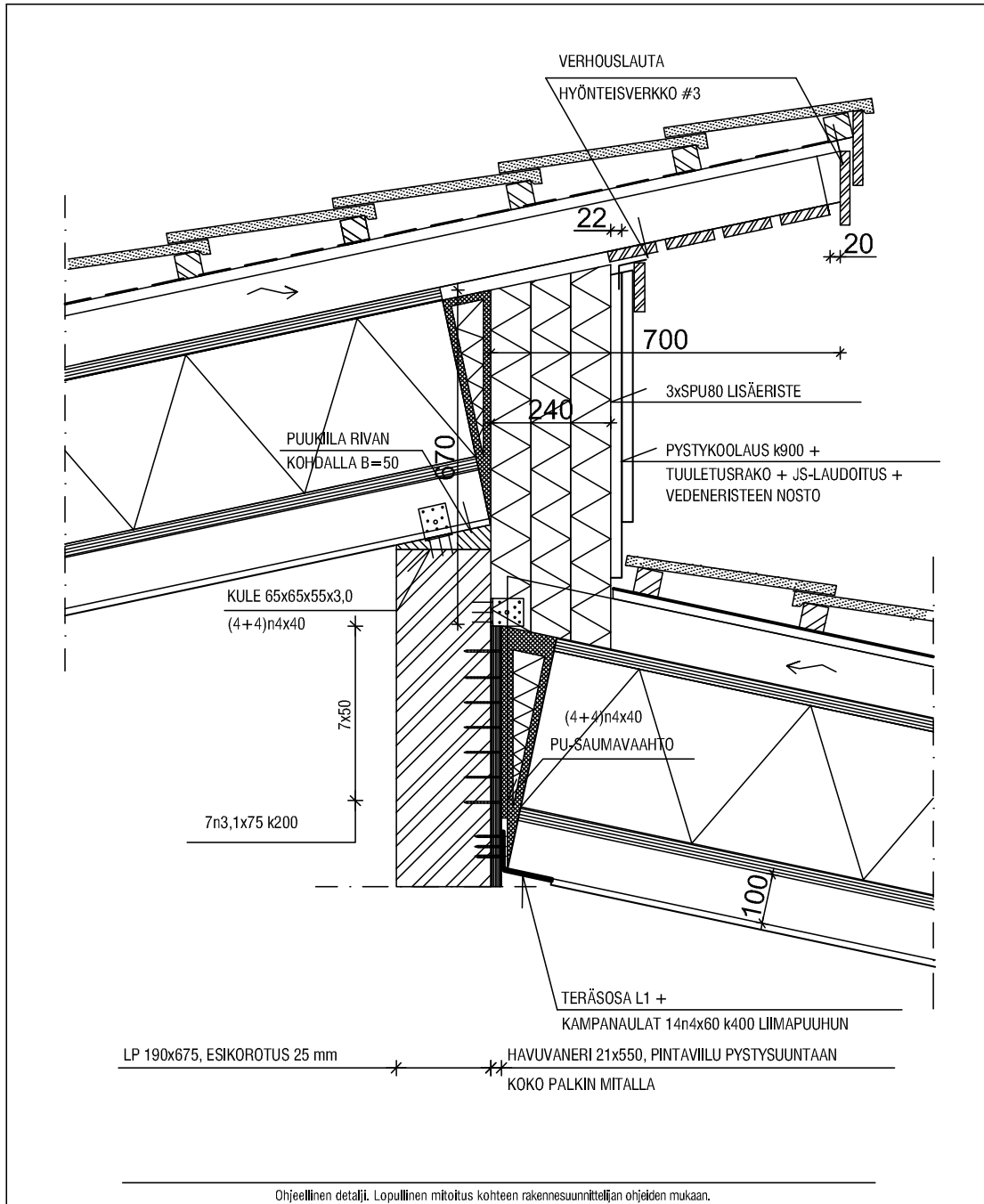
Rakennuskohde Passiivikattoelementti	Sisältö YP-US, sivuräystäs Puurunko		
 SPU OY Sillanpääkatu 20 PL 98, 38701 KANKAANPÄÄ P. 0207 786 700 F. 0207 786 701 www.spu.fi	Pvm 2011	Mittakaava 1:10	Tunnus PK1.3.3
	Muutos pvm -	Tekijä -	




Rakennuskohde Passiivikattoelementti	Sisältö YP-US, päätyräystä Betonielementtiseinä		
 SPU OY Sillanpääkatu 20 PL 98, 38701 KANKAANPÄÄ P. 0207 786 700 F. 0207 786 701 www.spu.fi	Pvm 2011	Mittakaava 1:10	Tunnus PK2.1
	Muutos pvm -	Tekijä -	



Rakennuskohde Passiivikattoelementti	Sisältö Harja, lappeet eri tasolla Kantava liimapuupalkki		
 SPU OY Sillanpääkatu 20 PL 98, 38701 KANKAANPÄÄ P. 0207 786 700 F. 0207 786 701 www.spu.fi	Pvm 2011	Mittakaava 1:10	Tunnus PK 3.1
	Muutos pvm -	Tekijä -	



Rakennuskohde Passiivikattoelementti Kantavaliimapuupalkki	Sisältö Harja, lappeet samalla tasolla		
 SPU OY Sillanpääkatu 20 PL 98, 38701 KANKAANPÄÄ P. 0207 786 700 F. 0207 786 701 www.spu.fi	Pvm 2011	Mittakaava 1:10	Tunnus 3.2
	Muutos pvm -	Tekijä -	

