



## RAKENNUSTIETO >

# Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> [rakennustieto.fi/rk/palvelut](https://rakennustieto.fi/rk/palvelut)

### Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

# EPS-eristettyjen rakenteiden paloturvallisuus

*Timo Inha, tekniikan lisensiaatti  
Erikoistutkija, TTY Rakennetekniikan laitos  
timo.inha@tut.fi*

*Hanna Aho, diplomi-insinööri  
Tutkija, TTY Rakennetekniikan laitos  
hanna.aho@tut.fi*

EPS:iä eli muottipaisutettua solupolystyreeniä (expanded polystyrene) käytetään muun muassa rakennusten lämmöneristeenä. Suomessa EPS:n käyttö on yleisintä routa- ja alapohjaeristeenä, mutta muualla Euroopassa sitä käytetään laajasti myös seinien ja yläpohjien lämmöneristeenä. Pääasiassa EPS:n käyttöä seinä- ja yläpohjaeristeenä rajoittavat palomääräykset. Seinä- ja kattoeristeeksi tarkoitettua EPS-levyitä ovat nykyisin syttymistä hidastavilla lisäaineilla käsitellyt. Lisäksi EPS-eristeen tulee olla rakenteissa aina suojattu ulkopuoliselta palolta muilla rakennekerroksilla. Tämän artikkelin lähdekohteenä on käytetty Tampereen teknillisen yliopiston tutkimusraporttia 134, *Paloturvallinen rakentaminen EPS-eristeillä*.

## EPS-eriste rakennusten seinä- ja kattoeristeenä

EPS-eristeen lämmöneristävyys perustuu umpilouisessa rakenteessa olevaan liikkumattomaan ilmaan. Muovien määrä lopullisessa eristeessä on vain noin 2 prosenttia levyjen tilavuudesta. Eristeen lämmönjohtavuus riippuu eristeen tiheydestä, asennus- ja suojaustavasta sekä lämpötilasta. Lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo  $\lambda_{Design}$  EPS seinä- ja kattoeristeille on 0,033 – 0,039 W/mK. Eristeen lujuusluokka vaikuttaa eristyskykyyn niin, että eristyskyky paranee lujuuden kasvaessa.

EPS-eristeet kestävät hyvin kuormitusta. Eristeen kuormituskestävyys riippuu sen tiheydestä ja tuotteita valmistetaan eri tiheyksillä eri tarkoituksiin. EPS:n yleisimmät tuotenimikkeet määräytyvät pääasiallisen käyttökohteen ja puristuskestävyyden, yksikkö kPa, mukaan, esimerkiksi EPS 60 LATTIA. Syttymistä hidastavilla lisäaineilla käsitellyt, seinä- ja yläpohjarakenteisiin tarkoitettua lämmöneristeitä merkitään lisäksi S-tunnuksella, esimerkiksi EPS 60S SEINÄ. Euroopassa merkinnän S tilalla käytetään yleensä merkintää FR (fire retardant). Myös muut merkinnät ovat mahdollisia.

Kun EPS-eristeen lämpötila kohoaa yli 100 °C:een, se alkaa pehmentyä, kutistua ja sulaa. Lämpötilan noustessa sulanut materiaali hajoaa muodostaen palamiskelpoisia kaasuja. Sulanut

EPS ei syty helposti, mutta normaali EPS syttyy melko pienestä liekistä. EPS-eristeen syttymislämpötila on noin 360 °C ja itsesyttymislämpötila ilman ulkopuolista liekkiä 450 °C. Syttymisen jälkeen liekki leviää nopeasti yli koko altistuneen pinnan ja palaminen jatkuu, kunnes EPS on palanut loppuun.

EPS palaa helposti, koska sen tiheys on pieni ja ilma-polystyreenimäärien suhde suuri. EPS-eristeen lämpöarvo on noin 40–42 MJ/kg, mutta alhaisen massan vuoksi lämmöntuotto jää palossa verrattain vähäiseksi. Tavanomaisissa rakenteissa EPS-eristeen sisältämä kokonaislämpömäärä vapautuu vain harvoin, koska hapen saanti on yleensä rajoitettua. EPS-eriste tarvitsee tilavuudeltaan noin 150-kertaisen ilmamäärän, jotta palaminen tapahtuisi täydellisesti.

Routa- ja alapohjaeristeenä käytettävän normaalilaadun EPS:n paloluokka suojaamattomana on F. Seinä- ja yläpohjarakenteissa käytettävän S-laadun eristeen paloluokka on vähintään E. Paloluokkaan vaikuttaa eristelevyn tiheys ja paksuus. Tyypilliset nykyään käytettävät S-laadun levyt, tiheydeltään 20 kg/m<sup>3</sup> tai sen alle, ovat saavuttaneet vuonna 2000 tehdyissä SBI-kokeissa luokan D vaatimukset 150 mm ja sitä pienemmillä levyjen paksuuksilla.

## EPS-ohutrappausjulkisivut

EPS-ohutrappausrakenteessa EPS-eristelevyt kiinnitetään seinärakenteeseen sekä liimaamalla että mekaanisin kiinnikkein. Rakenteen alareunassa on sokkelilista, jonka päälle alin eristelevykerros tuetaan. Ennen rappausa EPS-eristelevyjen mahdolliset hammastukset tasoitetaan hiomalla tai esimerkiksi kuumalankaleikkurilla. Rappauksen vahvistusverkko on lasikuituverkko. Rakenteen nurkkiin ja ikkunoiden tai muiden aukkojen kulmiin asennetaan lisäksi vahvistusverkot. EPS-ohutrappausjärjestelmiä on markkinoilla useita ja ne on useimmiten nimetty pintarakenteen valmistajan mukaan. Rappauskerroksen kokonaispaksuus riippuu järjestelmästä, mutta yleensä se on 5–10 mm.

Kosteusteknisesti EPS-solumuovien käyttäminen eristeenä soveltuu parhaiten kohteisiin, joissa alustarakenteen vesihöyrynvastus on suu-

ri verrattuna eristerappauksen vesihöyrynsiirtävyyteen mm. tiili-, kalkkijiekkatiili-, betoni- ja kevytbetonialustat. Tällöin rakenteen sisältä kulkeutuva kosteus ei merkittävässä määrin kerry ohuilla eristepaksuuksilla eristeen taakse. Suuremmilla eristepaksuuksilla kosteuden siirtyminen rakenteessa ei aiheuta ongelmia.

## Julkisivurakenteiden palomääräykset

Rakentamismääräyksissä vaaditaan ulkoseinät ja parvekkeet rakennettaviksi siten, että palo ei leviä niiden kautta. P1-luokan rakennusten ja 3–4 -kerroksisten P2-luokan rakennusten ulkoseinissä tulee käyttää pääosin vähintään B-s1, d0 -luokan tarvikkeita. Lämmöneriste voi luokaltaan olla tätä heikompaa, mikäli se on suojattu ja sijoitettu siten, että palon leviäminen eristeeseen sekä palo-osastosta ja rakennuksesta toiseen on estetty.

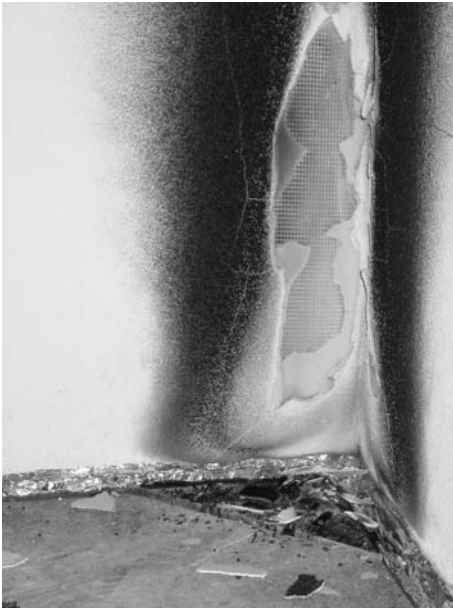
## Rakenteen palotekninen luokitus

EPS-ohutrappausrakenteen, samoin kuin muidenkin rakennekokonaisuuksien paloluokitus voidaan uusien standardien mukaisesti määrit-

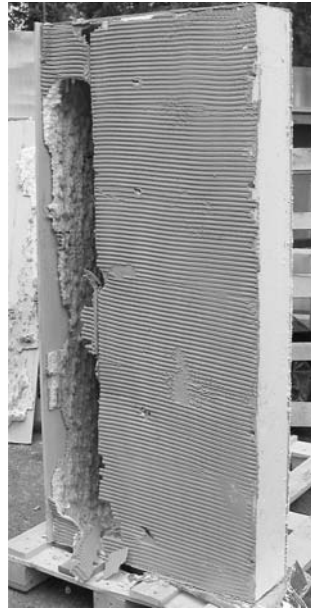
tää SBI-kokeen ja pienen liekin kokeen tuloksista. Koska näissä rakenteissa käytettävä S-laadun EPS-eriste on jo luokkaa E, määräytyy rakennekokonaisuuden paloluokka käytännössä SBI-kokeen tulosten perusteella.

Rakennekokonaisuuksien paloluokitukset ovat eristerappausrakenteilla järjestelmäkohtaisia. Järjestelmien väliset erot ovat kuitenkin melko pieniä, joten paloluokatkin ovat hyvin lähellä toisiaan. EPS-ohutrappausrakenne on saavuttanut kokeissa luokan B-s1, d0. Luokitus koskee kaikkia EPS-eristeen paksuuksia, kun eristeen tiheys on alle 17,5 kg/m<sup>3</sup>.

SBI-kokeessa koekappaleen sisänurkkaan kohdistetaan 20 minuutin ajan liekki, jonka lämpöteho on noin 30 kW. Kokeen jälkeen voitiin todeta, että pintarappaus oli liekin pohdalta osittain irronnut verkkoon asti, mutta pohjarappaus oli edelleen ehjä. Eristekerros oli koekappaleessa 170 mm paksu. Ehjänä pysynyt pohjarappaus suojaasi EPS:ä liekiltä, eikä eriste osallistunut kokeessa lainkaan paloon. Kokeen jälkeen havaittiin, että EPS-eriste oli kutistunut ja sulanut rappauksen takana koekappaleen taustana käytettyyn levyyn asti. Kuvissa 1 ja 2 on esitetty koekappale kokeen jälkeen.



Kuva 1. EPS-ohutrappausrakenteen SBI-kokeen jälkeinen tila. Koekappaleen pintarappaus on irronnut kokeen aikana rappausverkkoon saakka.



Kuva 2. EPS-eriste on kutistunut ja sulanut rappauksen takana SBI-koekappaleen taustana olleeseen levyyn saakka. EPS-eriste ei ole osallistunut paloon kokeen aikana.

Rakennekokonaisuuksien paloluokituksia ei Suomessa käytetä tällä hetkellä rakentamismääräyksissä, vaan rakenteet luokitellaan yksittäisten materiaalien paloluokkien perusteella. Kuten koetuloksista voidaan huomata, rakennekokonaisuus toimii kuitenkin palossa huomattavasti paremmin, kuin pelkästään suojaamattoman EPS-materiaalin paloluokan perusteella (S-laadulla luokka E) voitaisiin olettaa.

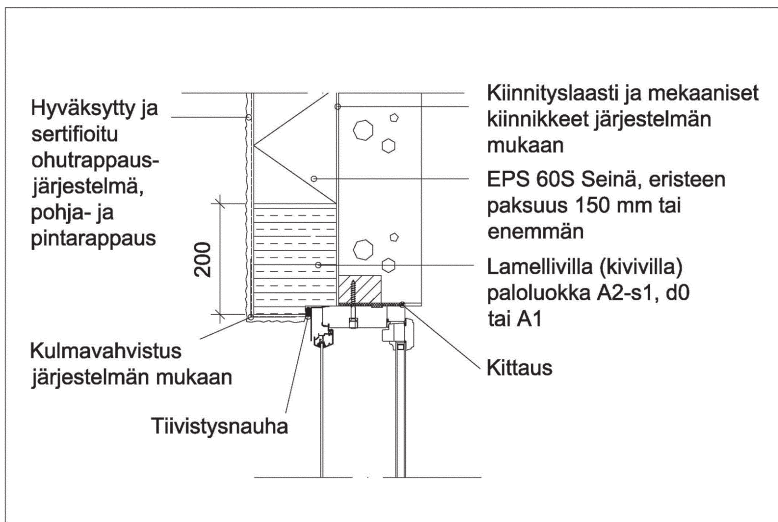
## Suosittelvat palosuojaustavat

Suurimpana riskinä julkisivurakenteille voidaan pitää lieskahtanutta huoneistopaloa, kun palo on rikkonut syttymishuoneen ikkunan. PRONTO-tietokantaan vuosien 1996–2001 välisenä aikana kirjatuista asuinkerrostalojen sisällä syttyneistä paloista, noin 400 kpl vuodessa, vain 2 %:ssa tapauksista oli maininta, että liekit olivat päässeet ulos palon rikkomasta ikkunasta. Myös roskakatoksen tai vastaavan palo julkisivun vieressä aiheuttaa suuren palorasituksen julkisivulle. Se voi mahdollisesti rikkoa alimpien kerrosten ikkunoita ja näin ulkopuolella syttynyt palo voi päästä leviämään asuntoihin. Julkisivujen merkitystä koko rakennuksen paloturvallisuuden kannalta voidaan kuitenkin pitää vähäisenä. Henkilövahinkoihin julkisivumateriaalilla on hyvin vähän vaikutusta, koska suurimmat vahingot ja palokuolemat tapahtuvat syttymistiloissa. Myöskään porraskäytävissä sattuviin palokuolemiin ei julkisivumateriaalin

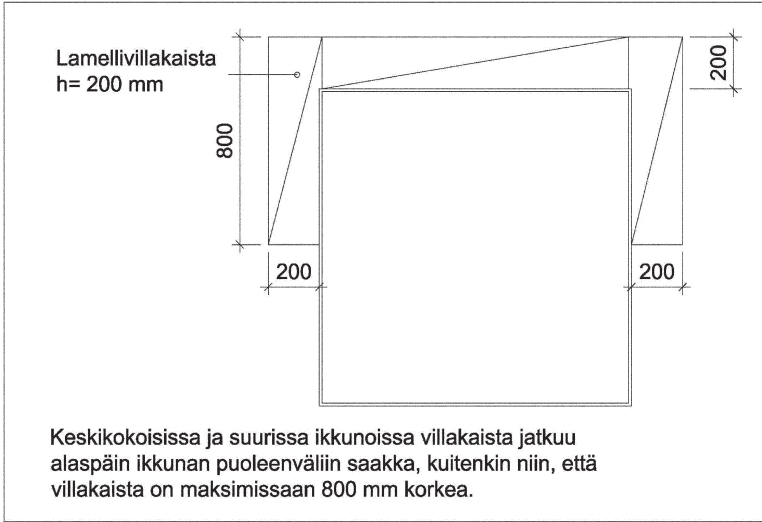
voida katsoa vaikuttavan merkittävästi. Omaisuusvahinkojen osalta julkisivumateriaalia merkittävämmäksi tekijäksi voidaan arvioida räystärakenteiden vaikutus. Kattorakenteisiin ja yläpohjan onteloon levinneet palot aiheuttavat yleensä suuria taloudellisia vahinkoja.

Kuvassa 3 esitetyn palosuojausdetaljin käyttöä suositellaan uudisrakennuskohteissa EPS-ohutrappausjulkisivuilla ikkuna-aukkojen yläpuolella. Näin rajoitetaan edelleen todennäköisyyttä EPS:n osallistumisesta paloon. EPS-lämmöneristeen paksuus uudisrakennusten ulkoseinissä on nykyisin 160 mm tai enemmän.

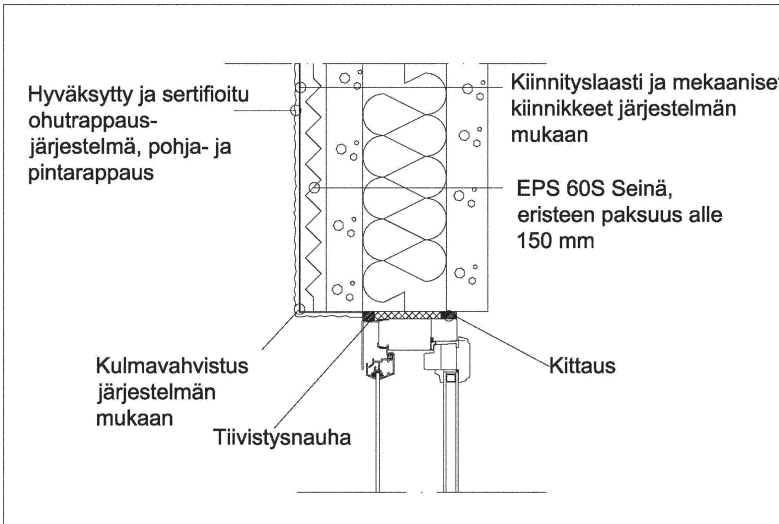
Kun rakenteen palosuojaus toteutetaan ikkunan yläreunoihin sijoitettavilla villakaistoilla, tulee suojaamiseen käytettävän mineraalivillan olla lamellivillaa, koska se soveltuu muilta teknisiltä ominaisuuksiltaan parhaiten käytettäväksi eristerappausrakenteessa. Kaksinkertaista verkotusta villan alueelle ei suositella, koska sen kohdalle tuleva paksumpi rappaus erottuu valmiissa rakenteessa. Villakaistan tulee olla leveämpi kuin ikkuna-aukon. Jotta palon leviäminen ikkunan sivuille voidaan estää, tulee villakaistan ulottua alaspäin ikkunan puoliväliin saakka. Kaistan leveys on 200 mm. Pienillä ikkunoilla, joiden korkeus on 600 mm tai sen alle ja jotka sijaitsevat seinän yläosassa, villakaistan tulee ulottua ikkunan alareunaan asti. Ikkuna-aukon alapuolelle villakaistaa ei tule asentaa, koska siihen ei paloteknisesti ole syytä ja se aiheuttaa kosteusteknisen riskin rakenteelle.



Kuva 3. Suositeltava ikkuna-aukon yläpuolinen palosuojaus EPS-ohutrappausrakenteelle uudisrakennuskohteissa.



Kuva 4. Palosuojaukseen tarkoitetun villakaistan sijoitus ikkunan ympärille suurilla ja keskikokoisilla ikkunoilla.



Kuva 5. Periaatekuva eristeen suojaamiseksi ikkunan yläpuolelta rappauksella lisälämmöneristyskohteissa.

Ohuiden S-laadun EPS-eristeiden paloluokka on parempi kuin paksujen. Samoin ohuen eristeen palokuorma on pienempi. Yleisesti palosuojauskohteissa käytetäänkin muualla Euroopassa

vain silloin, kun eriste on paksu. Ohuilla eristepaksuuksilla eli käytännössä korjausrakennuskohteissa huolellisesti tehtyjen rappauskerrosten voidaan arvioida riittävän EPS-eristeen suojaus.

Paloturvallisuuden kannalta tulee muistaa, että liekit voivat levitä ikkunan kautta ylempään kerrokseen julkisivumateriaaleista riippumatta. Suuri merkitys on muun muassa julkisivun muodolla, ikkunoiden välisellä etäisyydellä ja rakennuksen huoneiden ja ikkunoiden muodoilla. Seuraavassa luvussa on tarkemmin käsitelty julkisivumateriaalien välisiä palon leviämistodennäköisyyden eroja.

## Toiminnallinen paloturvallisuusarviointi esimerkkikohteelle

Oletettuun palonkehitykseen perustuvalla toiminnallisella paloturvallisuusarvioinnilla voidaan osoittaa kohdekohtaisesti rakennuksen riittävä paloturvallisuustaso. Tässä luvussa on tiivistetty kahdelle esimerkkikohteelle tehdyn paloturvallisuusarvioinnin tulokset. Arvioinnissa P1-luokan kerrostalokohteiden julkisivurakenteena oli EPS-ohutrappaus. Toinen kohteista oli uudis- ja toinen korjausrakennuskohde.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa E1 edellyttää pääsääntöisesti P1-luokan kerrostalojen julkisivuissa ja ulkoseinärakenteissa käytettäväksi vähintään B-s1, d0-luokan tarvikkeita. Tavallinen P1-luokan kerrostalojen ulkoseinärakenne on betonisandwich-elementti. Paloturvallisuusarvioinnissa verrattiin palamattoman, esimerkiksi betonisandwich-julkisivun, ja EPS-ohutrappausjulkisivun eroja paloturvallisuuden osalta. Julkisivuvaihtoehtojen välillä arvioitiin suhteellisten todennäköisyyksien arvoja palon leviämiseksi. Tarkastelun tavoitteena oli kohteiden paloturvallisuustason määrittäminen henkilö- ja omaisuusvahinkojen osalta. Arvioinnissa tarkasteltiin palon leviämisen todennäköisyyttä syttymishuoneen ikkunasta yhtä kerrosta tai suoraan kaksi kerrosta ylöspäin olevan ikkunan kautta yläpuoliseen huoneistoon. Yleisesti voidaan todeta, että kasvatettaessa huoneen leveyttä tai pienentämällä ikkunan leveyttä todennäköisyys palon leviämisestä ylöspäin kasvaa.

Laskentaa varten arvioitiin palotehon lisäys EPS-eristetyllä ohutrappausjulkisivulla verrattuna palamattomaan betonijulkisivuun. Paloturvallisuusarvioinnissa pyrittiin kuvaamaan pahinta mahdollista tilannetta, joten paloteholaskelmissa oletettiin, että tarkasteltavan kohteen ikkunoiden välinen EPS palaa kokonaan ikkunan lasien leveydeltä. Tämä edellyttäisi käytännössä, että rappauserros olisi rikkoutunut ikkunoiden väliseltä alueelta eikä enää suojaisi EPS-eristettä syttymiseltä. Arvioinneissa ei otettu myöskään huomioon mahdollisten villa-kaistasuojauksen käyttöä ja niiden vaikutusta palon leviämiseen. Arviointilaskelmat tehtiin kahdella EPS paksuudella (70 mm ja 160 mm) ja paloaikaa varioitiin 5 ja 15 minuutin välillä. Syttymishuoneen palokuorman oletettiin noudattavan Gumbelin jakaumaa keskiarvolla 780 MJ/m<sup>2</sup> ja 80 % fraktiililla 948 MJ/m<sup>2</sup>. RakMK E1:ssä asuntojen palokuormaksi oletetaan tavallisesti alle 600 MJ/m<sup>2</sup>, joten arvioinnissa otaksuttiin syttymishuoneen palokuorma suuremmaksi kuin E1:n arvo. Palon kasvun oletettiin noudattavan t<sup>2</sup>-käyrää, niin että aika t<sub>g</sub> vastaa palotehon arvoa 1MW. Yhden megawatin lämmöntuottoa pidetään yleensä lieskahduksen kriteerinä. Palon kasvuaikana, eli siis lieskahduksen kuluvana aikana, käytettiin tarkastelussa kahta arvoa t<sub>g</sub> = 150 s tai t<sub>g</sub> = 300 s.

Arvioinnin tulokset koko rakennukselle on esitetty seuraavissa taulukoissa kummankin kohteen osalta erikseen. Paloturvallisuusarvioinnin tuloksena saatuja todennäköisyyksien numeroarvoja voidaan verrata vain kohdekohtaisesti toisiinsa eri julkisivuvaihtoehtoilla. Numeroarvot eivät ole absoluuttisia palon leviämisen todennäköisyyksiä.

Molemmissa kohteissa havaittiin, että todennäköisyys palon leviämiseksi yhtä kerrosta ylöspäin, on samalla tasolla riippumatta rakennuksen julkisivumateriaalista. Eroja saatiin, kun oletettiin palon leviävän syttymishuoneen ikkunasta suoraan kaksi kerrosta ylöspäin olevan ikkunan kautta yläpuoliseen huoneistoon. Täl-

Taulukko 1. Palon leviämisen suhteelliset lopputodennäköisyydet eri palon kasvuajoilla uudisrakennuskohteessa. Taulukon lukuarvoja ei tule käyttää yksittäisinä numeroarvoina, vaan ainoastaan tarkasteltavan rakennuksen variaatioiden vertailussa.

Lieskahdus t <sub>g</sub> = 300 s	Palamaton julkisivu	EPS-ohutrappausjulkisivu
Todennäköisyys, että palo leviää yhden kerroksen ylöspäin	0,090 %	0,090 %
Todennäköisyys, että palo leviää kaksi kerrosta ylöspäin	0,013 %	0,022 %
Lieskahdus t <sub>g</sub> = 150 s		
Todennäköisyys, että palo leviää yhden kerroksen ylöspäin	0,090 %	0,090 %
Todennäköisyys, että palo leviää kaksi kerrosta ylöspäin	0,013 %	0,022 %

Taulukko 2. Palon leviämisen suhteelliset lopputodennäköisyydet eri palon kasvuajoilla korjauskoh-teessa. Taulukon lukuarvoja ei tule käyttää yksittäisinä numeroarvoina, vaan ainoastaan tarkastelta-van rakennuksen variaatioiden vertailussa.

Lieskahdus $t_g = 300$ s	Palamaton julkisivu	EPS-ohutrappaus-julkisivu
Todennäköisyys, että palo leviää yhden kerroksen ylöspäin	0,200 %	0,200 %
Todennäköisyys, että palo leviää kaksi kerrosta ylöspäin	0,005 %	0,022 %
Lieskahdus $t_g = 150$ s		
Todennäköisyys, että palo leviää yhden kerroksen ylöspäin	0,200 %	0,200 %
Todennäköisyys, että palo leviää kaksi kerrosta ylöspäin	0,004 %	0,021 %

löin palotehon lisäys EPS-julkisivulla aiheutti suuremman suhteellisen todennäköisyyden palon leviämismiselle kuin palamattomalla julkisivulla. Tuloksia arvioitaessa tulee ottaa huomioon, että palon leviäminen suoraan kaksi kerrosta ylöspäin syttymishuoneen ikkunasta on erittäin harvinaista. Arvioinnissa ei myöskään otettu huomioon paikallaan pysyvän, ehjän ohutrappauskerroksen tai mahdollisen villakaistausjauksen vaikutusta.

Rakennuksen ominaisuuksilla, kuten asuinhuoneiden ja ikkunoiden mitoilla ja muodoilla, on merkittävä vaikutus suhteellisen todennäköisyyden arvoihin. Tämän vuoksi edellä esitettyä tarkastelua ei voida suoraan yleistää koskemaan kaikkia asuinkestoaloja, joissa julkisivurakenteena on EPS-ohutrappaus. Analyysin tuloksia voidaan kuitenkin käyttää tapauskohtaisissa tarkasteluissa soveltuvien osin. Arvioinnin kohde-rakennukset valittiin niin, että uudisrakennus edusti mahdollisimman hyvin nykyaikaista rakennuskohdetta ja korjauskohde tyypillistä betonisandwich-rakenteista asuinkestoaloita 1960–1980-luvuilta. Kohderakennukset olivat muun muassa pohjaratkaisultaan ja kerrosmäärältään toisistaan poikkeavat. Voidaan olettaa, että analyysin tulokset vastaavat varsin laajasti erilaisia rakennuskohteita, joten tätä toiminnallista paloturvallisuusarviointia voitaisiin käyttää pohjana arvioitaessa P1-luokan kerrostalokohteiden paloturvallisuutta julkisivuratkaisujen osalta.

## Teräsohutlevypintaiset EPS-elementit

Teräsohutlevypintaiset EPS-elementit ovat sandwich-rakenteita. Kevyissä sandwich-elementeissä pintakerroksena on yleensä teräsohutlevy. Käyttöolosuhteiden tai ulkonäön niin vaatiessa voidaan käyttää myös muita pintamateriaaleja. Pintakerrokset ja eristeiden on kiinnitetty toisiinsa ja ne muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden. Paloturvallisuuden parantamiseksi

si EPS:n ja teräsohutlevyn väliin voidaan lisäksi asentaa kipsilevy oletetun palon puolelle. EPS-sandwich-elementtejä käytetään sekä seinä- että kattoelementteinä.

## Elementtirakenteita koskevat palomääräykset

Teräsohutlevypinnoitettuja EPS-elementtejä ei käytetä seinissä kantavina rakenteina, mutta niiden pinnoille asetetaan paloluokkavaatimuksia ja uusien tuotestandardien mukaisesti niiltä vaaditaan myös paloluokitus rakennekokonaisuutena. Yleensä EPS-seinäelementtejä ei käytetä osastoivina rakenteina.

Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan yksi- ja kaksikerroksisissa P2-luokan rakennuksissa ulkoseinien rakennustarvikkeille on asetettu vaatimuksia vain, kun ne ovat seinän sisäpintana, suojaverhouksena, tuuletusraon pintana tai seinän ulkopintana. P3-luokassa vaatimuksia asetetaan vain seinän sisä- ja ulkopinnalle. P2-luokan rakennuksissa, mikäli rakenteet tai täytteet ovat luokkaa C tai huonompia, sisäpintoihin tulee suojaverhous. Se tehdään vähintään A2-s1, d0-luokan tarvikkeista ja sen tulee suojata takanaan olevaa rakennetta syttymiseltä, hiiltymiseltä, sulamiselta tai muulta vaurioitumiselta 10 minuutin ajan. Suojaverhouksesta voi toimia esimerkiksi kipsilevy.

## Rakenteen käyttökohteet ja ominaisuudet

Teräsohutlevypintaisten EPS-elementtien käyttökohteita ovat erityisesti varastot ja tuotantorakennukset joiden paloluokka on P3 tai P2. Rakennukset ovat pääasiassa teräs- tai puurunkoisia. Elementit kiinnitetään rakennuksen runkoon ruuveilla. Sandwich-elementtien reunat ovat pontattuja, jotta ne saadaan liittymään mahdollisimman tiiviisti toisiinsa. Elementtien väliset päittäissaumot täytetään polyuretaanivaahdolla.

Elementit voidaan seinärakenteissa asentaa vaaka- tai pystysuoraan. Vaakasuuntaiset sandwich-elementit ovat Suomessa yleisemmin käytettyjä. EPS-eristetyt katto- ja seinäelementit poikkeavat toisistaan esimerkiksi saumarakenteiden osalta. Kattoelementeillä yläpuolinen sauma on konesaumattu. Paloturvallisuuden kannalta tämä on olennaista, koska sauma pysyy kiinni, vaikka EPS-eriste elementin sisältä palaisikin ja rakenne pysyy ylhäällä.

Palonkestävyyskokeissa yleisin syy sandwich-elementtien tiiviiden pettämiseen on ollut elementtien välisten saumojen aukeaminen. Paloturvallisuutta voidaan parantaa saumamassoja ja saumarakenteita edelleen kehittämällä sekä huolellisella työllä elementtejä saumattaessa.



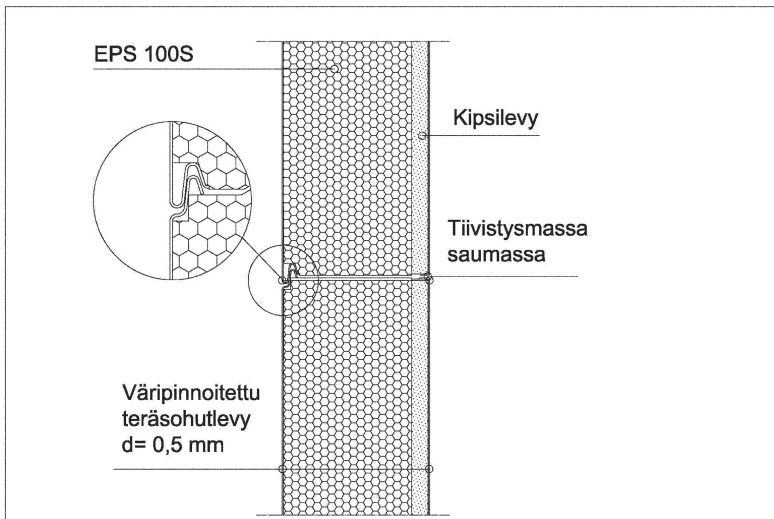
Kuva 6. Teräsohutlevypinnoitettu EPS-elementti SBI-kokeen jälkeen. EPS-eriste on kutistunut ja sulanut peltien välissä. Testatussa elementissä ei käytetty kipsilevyä suojaverhouksena.

## Rakenteen palotekninen luokitus

Ilman kipsilevyä toteutettu elementti täyttää luokan B-s2, d0 vaatimukset. Tarvittavat SBI-kokeet luokitusta varten tehtiin vuonna 2005. Elementin peltipintaan tuli palon puolelle näkyviä vaurioita ja myös palon vastakkaisella puolella oli havaittavissa tummentumista peltipinnassa. EPS-eriste elementin sisällä kutistui ja suloi kokeessa eikä osallistunut palamiseen. Kipsilevyllä oletetun palon puolelta suojaverhottu EPS-elementti täyttää luokan B-s1, d0 vaatimukset. Lisäksi se saavuttaa vähintään palonkestävyysluokan EI15.

## Kipsilevy elementtirakenteen suojaverhouksena

Kipsilevyllä suojattuja elementtejä voidaan käyttää P3-luokan rakennuksissa sekä yksikerroksisissa P2-luokan rakennuksissa, joissa lämmöneristeen suojaksi vaaditaan seinän sisäpintaan suojaverhous. Suojaverhousteissa verhouksen eli kipsilevyn takana oleva eriste on





saattanut kokeissa kutistua tai sulaa elementin sauman kohdalta saumarakenteesta riippuen. Paloturvallisuuteen eristeen kutistumisella ei ole merkittävää vaikutusta.

## EPS-eriste loivien yläpohjien lämmöneristeinä

Katoilla käytettävien EPS-eristelevyjien tulee olla tarkoitukseen erikseen valmistettuja tuotteita. Lämmöneristyslevyjä katteen alustana käytettäessä on rakenteessa aina oltava tiivis höyrynsulku. Kattoeristeeksi luokiteltujen EPS-levyjien puristuslujuus on yleensä joko 60 tai 100 kPa. EPS-eristelevyty ovat kattoeristeinä kestäviä eikä rakenteeseen mahdollisesti joutuva kosteus aiheuta niissä merkittävää lämmöneristävyyden heikkenemistä tai lujuuden alenemistä.

Yläpohjan EPS-eristeet kiinnitetään alustaan mekaanisin kiinnikkein. Katteita ei kiinnitetä suoraan EPS-eristeeseen, vaan eristeen ja katteen välissä on aina laakerikerros. Katteesta riippuen laakerikerros voi olla esimerkiksi ohut ja tiheä mineraalivillakerros tai lasikuitukangas. Käytettäessä laakerikerroksena mineraalivillaa se myös suojaa EPS-eristettä kattamistyönaikaisilta vaurioilta ja katteen yläpuoliselta palolta.

## Yläpohjan pintarakenteita koskevat palomääräykset

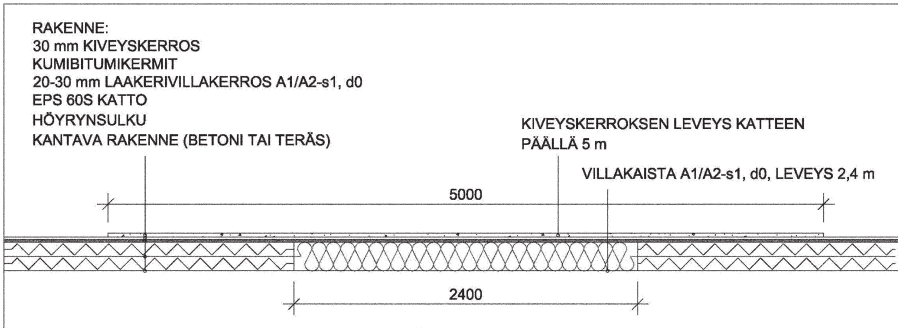
Yläpohjan pintarakenteisiin kuuluvat tässä kate sekä sen alustana EPS-lämmöneriste. Katteet mitoitetaan ulkopuolista paloa vastaan. Ulkopuolisella palolla pyritään arvioimaan läheisen rakennuksen palosta lentävien palopesäkkeiden aiheuttamaa tulipalovaaraa. Rakentamismääräyskokoelmassa on vaadittu, että kate on tehtävä siten, ettei palo leviä vaaraa aiheuttavasti katteessa eikä sen alustassa. Katteen tulee yleensä täyttää luokan B<sub>ROOF(t2)</sub> vaatimukset, joka vastaa vanhaa katteiden paloluokkaa K2.

Käytettäessä EPS-eristelevyjä bitumikatteen alustana tulee katteen ja EPS:n välissä laakerikerroksena käyttää riittävän tiheää ja vähintään 20 mm paksua mineraalivillakerrosta. Tämä laakerivillakerros mahdollistaa katteen ja eriste-kerroksen välissä kenties tapahtuvat vaakasuuntaisen liikkeen, toimii palosuojauksena katteen yläpuolista paloa vastaan sekä suojaa EPS:ä liialliselta kuumentumiselta ja sulamiselta kattamistyön aikana. Tyyppihyväksyntäpäätöksen 11/6221/2000 mukaan 20–30 mm paksut laakerivillakerrokset ovat riittäviä K2-luokan katteiden alustana EPS-eristetyillä katoilla. Katealustalle ei myönnetä enää erillistä tyyppihyväksyntää, koska katteiden osalta ollaan siirtymässä CE-merkintöjen käyttöön.

EPS-eristetyillä katoilla katteena voidaan käyttää myös yksikerroksisia PVC-katteita. Tällöin eristeen ja katteen erotuskerroksena voidaan käyttää laakerivillan sijasta kuitulasi- huopaa tai kuitukangasta. PVC-katteet kuuluvat

Taulukko 3. Erilaisten kattorakenteiden likimääräisiä palokuormia.

Materiaali	Lämpöarvo MJ/kg	Tiheys kg/m <sup>3</sup>	Paksuus mm	Paino kg/m <sup>2</sup>	Palokuorma MJ/m <sup>2</sup>
Protan SE	30,3	–	1,2	1,4	42,4
EPS	40	17	250	4,25	170
				YHT.	212,4
Bitumikermi 2-kerrosta	40	–	–	10	400
Vuorivilla	1,7	145	30	4,35	7,4
EPS	40	17	220	3,74	150
				YHT.	557,4
Bitumikermi 2-kerrosta	40	–	–	10	400
Lauta-alusta	19	400	0,022	8,8	167,2
				YHT.	567,2
Bitumikermi 2-kerrosta	40	–	–	10	400
Vuorivilla	1,7	145	250	36,25	61,6
				YHT.	461,6



Kuva 8. EPS-eristetyn yläpohjarakenteen suositeltava palokatko bitumikermikatoilla. Katteen yläpuolista kiveyskerrosta ei tarvita, kun katteena on PVC-yksikerroskate.

pääosin paloluokkaan B<sub>ROOF</sub>(t2). Ohuen laake-rivillakerroksen käyttö parantaa rakenteen paloturvallisuutta hidastamalla merkittävästi liekin pääsyä EPS-eristekerrokseen, kun PVC-katteen päällä on painava palolähde.

Palokuormien osalta EPS-eristetty yläpohjarakenne ei suurimmitakaavaisessa palossa aiheuta suurta riskiä paloturvallisuudelle. Suuressa palossa EPS palaa lopulta joka tapauksessa yhdessä muiden materiaalien kanssa. Koko rakennuksen paloturvallisuutta arvioitaessa suurempi merkitys tulisikin olla yläpohjan kantavalla rakenteella kuin sen yläpuolisella lämmöneristeellä. Taulukosta 3 voidaan todeta, että EPS-eristeellä on vaikutusta kokonaispalokuormaan, mutta neliometriä kohden lasketuna EPS-eristetyn yläpohjan palokuorma ei poikkea huomattavasti muista tavallisista yläpohjarakenteista. Palokuormien vertailu ei kuitenkaan yksinään riitä rakenteiden paloturvallisuuden arviointiin. Muun muassa syttymisen ja sammumisen helppous tulee myös ottaa huomioon. Suojaamaton EPS-eriste syttyy helposti useisiin muihin rakennusmateriaaleihin verrattuna ja tämän vuoksi eristettä ei tule käyttää missään rakenteissa suojaamattomana. Esimerkiksi ullakolla EPS-lämmöneristeen päällä voidaan käyttää ohutta mineraalivillakerrosta eristeen suojaamiseksi yläpuoliselta syttymiseltä. Syttymisen lisäksi EPS myös sammuu helposti eikä kyde.

## Yläpohjarakenteiden palokatkot

Suuret kattopinnat, joilla katteen alusta ei ole vähintään luokkaa A2-s1, d0, tulee RakMK E1:n mukaan jakaa enintään 2400 m<sup>2</sup> osiin. Osiin jako tehdään pysty- tai vaakasuorilla palokatkoilla, jotka sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan alla olevien osastoivien seinien kohdalle. Katteen päällä leviävä palo voidaan katkaista

esimerkiksi katteen yläpuolisella kiveyskerroksella. Eristekerroksessa palokatko voidaan toteuttaa palamattomasta mineraalivillasta tehdyllä kapealla kaistalla.

Bitumikermikatoille soveltuvana palokatkona voidaan pitää kuvassa 8 esitettyä villakaistalla ja kiveyskerroksella toteutettua katkorakennetta. Sama katkorakenne on esitetty myös aiemmissa EPS-yläpohjarakenteiden tyyppihyväksyntäpäätöksissä palokatkoratkaisuna, kun yläpohjan kantavana rakenteena on teräspoimulevy. Pienempi leveys saattaisi riittää polttokoikeden perusteella sekä villakaistalle että kiveyskerrokselle. PVC-katteilla katteen yläpuolinen kiveyskerros ei ole tarpeellinen, koska palo ei juuri leviä katteen pinnalla.

## EPS-eristetyt betonisandwich-elementit

Betonisandwich-elementeissä käytetään tavallisesti lämmöneristeenä tuuletusuritetta mineraalivillaa. Kun betonisandwich-elementti eristetään EPS:llä, paloturvallisuusvaatimukset estävät yleensä tuuletusurituksen käytön P1-luokan rakennuksissa. Koska lämmönjohtavuus sekä EPS:illä että mineraalivillalla on  $\lambda_n \approx 0,04$  W/mK, on myös tarvittava eristepaksuus elementeissä sama. Vaikka mineraalivillaa onkin yleisemmin käytetty betonisandwich-elementtien eristeenä, voidaan EPS-eristeen käytöllä saavuttaa tiettyjä etuja. Esimerkiksi käytettäessä elementtien välisissä saumoissa PU-vaahtoa, rakenteesta on helppo saada hyvin ilmanpitävä, mikä edesauttaa hyvän sisäilmaston saavuttamista.

## Betonisandwich-elementtirakenteen palosuojaus

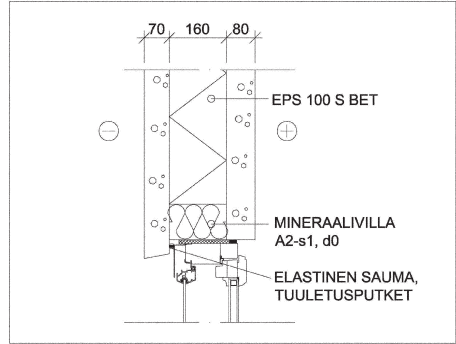
Rakenteessa EPS-eriste on pääosin hyvin suojattuna kahden betonikuoren välissä. Ikkunasta lieskahtaneen huoneistopalon tapauksessa on mahdollista, että palo pääsis leviämään elementin eristetilään. Tämän riskin minimoimiseksi EPS-eriste voidaan korvata kapealla mineraalivillakaistalla aukkojen yläpuolelta ja sivuilta. Koska palosuojauksen tulee olla yhtenäinen, ei eristeeseen voida tehdä tuuletusuria. EPS-eristettyä betonisandwich-rakennetta voidaan kuitenkin pitää kosteusteknisesti toimivana, vaikka lämmöneristeeseen ei paloteknisistä syistä tehdäkään tuuletusuritusta.

Palosuojaukseen käytettävän ikkunan yläpuolisen mineraalivillakaistan kuivumismahdollisuus on varmistettava. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi tuuletusputkilla. Mineraalivillakaista ulotetaan ikkunan sivuille, samoin kuin EPS-ohutrappausrakenteen yhteydessä on esitetty. Mineraalivillakaistaa ei kuitenkaan tule asentaa ikkuna-aukon alapuolelle, koska siihen ei paloteknisesti ole syytä ja koska se on kosteustekninen riski rakenteelle.

## Betonisandwich-elementtirakenteen kosteustekninen toiminta

Mineraalivillalla eristetyissä betonisandwich-elementeissä tuuletusurituksella pyritään nopeuttamaan erityisesti rakennusaikaisen kosteuden poistumista. Eristekerrokseen voi joutua rakennusaikana paljon kosteutta, muun muassa merkittävä osa välipohjille satavasta vedestä. Eristetilään tulee suuri määrä kosteutta myös sisäkuoresta, koska mineraalivillaaeristetyssä rakenteessa sisäkuori kuivuu pääosin lämmöneristeeseen läpi ulospäin. Mineraalivillaaeriste on myös hyvin vesihöyryä läpäisevää, jolloin eristeessä oleva kosteus kertyy kylmänä vuodenaikana nopeasti nimenomaan ulkokuoren taakse. Näin ollen tuuletusurien vaikutus mineraalivillalla eristetyissä betonisandwich-elementeissä on merkittävä.

EPS-eristettä käytettäessä tuuletusurien merkitys on huomattavasti vähäisempi, koska eristekerroksen kautta poistuvan rakennuskosteuden määrä on mineraalivillaaeristetyssä rakennetta pienempi. EPS-eristeeseen rakennusaikana kertyvän kosteuden määrä on huomattavasti vähäisempi, koska veden tunkeutuminen eristeeseen on hyvin hidasta. Lisäksi eristeen suuri vesihöyrynvastus tarkoittaa, että rakenteen sisäkuori kuivuu pääosin sisäänpäin, jolloin sisäkuoren kosteusmäärää ei ole tarpeen poistaa eristekerroksen kautta. Edelleen, eristeen suuresta vesihöyrynvastuksesta johtuen, kosteus liikkuu eristeessä hitaasti, eikä eristeessä oleva



Kuva 9. EPS-eristetyin betonisandwich-elementin palosuojaus ikkuna-aukon yläpuolelta ja sivuilta villakaistalla. Eristeen ulkopinnassa ei tarvita tuuletusuritusta.

kosteus helposti kerry lämmityskaudella ulkokuoren taakse. EPS-elementin ulkokuoren kuivuminen on hieman hitaampaa kuin mineraalivillalla eristetyssä tuuletusuritetussa rakenteessa, mutta tällä ei ole suurta käytännön merkitystä, koska ulkokuori kuivuu mineraalivillaaeristetyssäkin rakenteessakin pääosin ulkopinnan kautta ja koska ulkokuoren betonin tulee aina olla pakkasenkestävää. Tuuletusurituksen tarpeellisuus tulee selvittää tarkemmin, mikäli elementin ulkopinnassa halutaan käyttää tiiviitä pintamateriaaleja, kuten klinkkerilaattoja.

Elementtien välisissä saumoissa ei pidä käyttää mineraalivillakaistoja, koska ne voivat johtaa vettä elementin sisäkuoreen ja edelleen rakennuksen sisälle. Kastuneiden villakaistojen kuivuminen on lisäksi hyvin hidasta. Elementtien saumoissa tulisi villakaistojen sijaan käyttää PU-vaahtoa.

## Yhteenveto

Paloturvallinen rakenne voidaan tehdä myös muista kuin täysin palamattomista tarvikkeista. Palomääräyksiksi ja muita ohjeita tehtäessä tulee aina muistaa, että kokonaisuutena hyvin toimivalta rakenteelta vaaditaan paljon erilaisia ominaisuuksia. Paloturvallisuuden lisäksi muun muassa materiaalien lämpö- ja kosteustekniset ominaisuudet ovat merkittäviä arvioitaessa rakenteiden toimivuutta ja edullisuutta.

Kaikkien rakenteiden osalta voidaan todeta, että rakennustarvikkeiden paloluokitus rakennekokonaisuuksina, enemmän kuin yksittäisten materiaalien ominaisuuksien perusteella, on järkevää. Esimerkiksi EPS-eristetyt rakennekokonaisuudet toimivat paloturvallisuuden kan-

nalta huomattavasti paremmin kuin pelkästä suojaamattoman eristeen paloluokasta voitaisiin päätellä.

EPS:n kutistumista ja sulamista ei pitäisi arvioida paloturvallisuusriskiksi. Mikään rakenne ei kestä täysin vaurioitumattomana tulipalossa vaan kaikkia on palon jälkeen korjattava tai uusittava. EPS-eristettyjen rakenteiden paloturvallisuuteen vaikuttaa sen sijaan olennaisesti tiiviys, jolloin liekkien suora pääsy eristeeseen on estetty. EPS-levyjä tulee käyttää rakenteissa aina suojattuna, jolloin niiden osallistuminen paloon on rajoitettua. Suojaukset hidastavat liekkien pääsyä eristeeseen ja rajoittavat palossa tarvittavan hapen saantia.

Kaikkien seinä- ja kattorakenteissa käytettävien EPS-eristeiden tulee olla syttymistä hidastavilla lisäaineilla käsiteltyjä S-laadun eristelevyjä. Nämä eristelevyt sammuvat itsestään, kun ulkopuolinen palonlähde poistetaan ja hapensaanti on rajoitettua. Siten palo ei pääse leviämään piilossa rakenteiden sisässä. S-laadun eristeet eivät myöskään syty herkästi pienistä palonlähteistä, kuten hitsauskipinöistä. Työmaaolosuhteissa routaeristeinä käytetyt normaalilaadun EPS-eristeet tulee varastoida etäällä mahdollisista sytytyslähteistä.

Jotta paloturvallisuutta voitaisiin parantaa myös korjausrakennuskohteissa, tulee rakenteissa käytetyt materiaalit dokumentoida huolellisesti. Tämä koskee myös muita kuin EPS-eristettyjä rakenteita. Rakennusten huoltokirjoi-

hin tulee merkitä selkeästi rakenteiden huolto-ohjeet: muun muassa kattojen palokatkkojen huoltotoimenpiteet sekä ohjeet palosuojaukseen tarkoitettujen rakennekerrosten korjaamisesta niiden mahdollisesti vaurioituessa.

## Tutkimushanke EPS-eristettyjen rakenteiden paloturvallisuudesta

Tampereen teknillisen yliopiston Palolaboratoriossa tutkittiin vuosina 2003–2005 EPS-eristettyjen rakenteiden paloturvallisuutta. Tutkittavina rakenteina olivat EPS-ohutrappausjulkisivurakenteet, loivat yläpohjarakenteet sekä bitumikermi- että PVC-yksikerroskateella, teräsohutlevypinnoitetut EPS-elementit sekä EPS-eristetyt betonisandwich-elementit. Tutkimushankkeen tulokset on tarkemmin esitetty TTY:n tutkimusraportissa nro 134, *Paloturvallinen rakentaminen EPS-eristeillä*.

Tutkimushanke aloitettiin kirjallisuusselvityksenä. Tutkimukseen kuului muun muassa polttokokeita sekä laboratoriossa että kenttäkokeina, kyselytutkimus rakennusvalvonta- ja pelastusviranomaisille sekä toiminnallinen paloturvallisuusarviointi EPS-julkisivurakenteelle kerrostalokohteissa, joka tehtiin yhteistyössä VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan Palotutkimusryhmän kanssa.