

10 PUURAKENTEIDEN PALOMITOITUS

10.1 PUUN HIILTYMINEN

Puu on palava materiaali, jonka palotekninen käyttäytyminen tunnetaan hyvin. Puuta lämmitettäessä se pehmenee ennen syttymistä ja puun lämpötilan ollessa 100 °C alkaa siitä höyrystyä kemiallisesti sitoutumaton vesi. Kuivan puun terminen pehmeneminen alkaa puun lämpötilan ollessa 180 °C ja on suurimmillaan puun lämpötilan ollessa 320...380 °C. Tällöin puun ligniinin, selluloosan ja hemiselluloosan sidokset alkavat hajota. Mikäli puu on kostea, alkaa sen terminen pehmeneminen puun lämpötilan ollessa noin 100 °C.

Puu syttyy 250...300 °C:ssa. Syttymislämpötilaan vaikuttaa se, kuinka kauan puu on lämmölle alttiina. Puun palaessa, sen pintaan muodostuu hiilikerrokset, joka hidastaa puun sisäosien lämpenemistä ja samalla puun palamista. Puun syttymiseen vaikuttaa myös puukappaleen koko ja sytytyslähteen teho. Esimerkiksi massiivisen puukappaleen sytyttäminen tulitikulla ei ole mahdollista, koska lämpöä ei voida tuottaa niin paljon, että massiivisen puukappaleen lämpötila saataisiin nousemaan syttymispisteeseen.

Puurakenteiden paloteknisen suunnittelun kannalta on tärkeää, että puun hiiltennopeus erilaisissa tapauksissa tunnetaan tarkasti. Sahatavara, liimapuu, LVL ja CLT omaavat jokainen erilaisen hiiltennopeuden. Hiiltymiseen vaikuttaa myös tuotteessa käytettävä liimatyyppi sekä puurakenteen palosuojauksen tyyppi.

10.1.1 Liimatun puutuotteen hiiltymisen

Fenolipohjainen liima ei vaikuta puutuotteen hiiltymiseen, joten esimerkiksi liimapuutuotteita ja LVL-tuotteita käsitellään hiiltymämitoituksessa kuten liimaamatonta puutuotetta. Polyuretaani-pohjaisilla liimoilla valmistetuissa tuotteissa saattaa esiintyä ns. delaminoitumista eli lamellien irtoamista, kun hiiltymä on edennyt liimasumaan saakka. Esimerkiksi CLT-levyssä, jossa lamellit on liimattu polyuretaaniliimalla, on havaittu kyseinen ilmiö. Tällaisissa tuotteissa hiiltymisen tapahtuu useammalla hiiltymisnopeudella, koska suojaavan hiilikerroksen alta paljastuva lämmennyt puupinta on altis nopeammalle hiiltymälle. Delaminoitumisen voimakkuuteen vaikuttaa myös taivutusjännitys, joten esimerkiksi vaakarakenteessa delaminoituminen tapahtuu helpommin kuin pystyrakenteessa.

10.2 PUURAKENTEIDEN PALOMITOITUSPERIAATTEET

Puurakenteen kantavuus palotilanteessa voidaan mitoittaa kolmella erilaisella periaatteella, jotka on esitetty taulukossa 45. Palomitoituksessa käytettävän periaatteen valinta vaikuttaa usein merkittävästi rakenteiden kustannuksiin. Esimerkiksi massiivisen liimapuupalkin palosuojaus ei ole järkevää, koska massiivisuutensa ansiosta tällaisissa rakenteissa on usein hiiltymämitoituksen perusteella riittävä kantokyky palotilanteessa ilman palosuojauksia. Palosuojaus olisi tällaisissa rakenteissa usein ylimääräinen kustannus.

Palosuojattujen rakenneosien tapauksessa eurokoodi sisältää erilaisia laskentamenetelmiä seuraaville tapauksille:

- palosuojatut palkit ja pilarit
- palosuojatut rakenteet, joissa ontelotila eristeen täyttämä
- palosuojatut rakenteet, joissa ontelotila eristeetön (tyhjä).

10.2.1 Palosuojattoman puurakenteen

Palosuojattoman puurakenteen hiiltymä palon alusta lähtien. Esimerkiksi palosuojattoman liimapuupalkki hiiltymä palolle altistuvilta sivuilta, jolloin sen dimensiot muuttuvat hiiltymisen seurauksena. Palonkestoajan lopussa hiiltymisestä puurakenteesta on jäljellä tehollinen poikkileikkaus, joka mitoitetaan palotilanteen rasiituksille. Tarvittaessa puurakenteen kokoa voidaan suurentaa, jolloin sen tehollinen poikkileikkaus jää suuremmaksi ja tämän seurauksena rakenteen kantokyky palotilanteen rasiituksille saadaan paremmaksi. Hiiltymisnopeus valitaan sen mukaan, että hiiltymäkö puurakenteen yhdestä suunnasta (yksidimensionaalinen hiiltymisnopeus) vai useammalta suunnalta samanaikaisesti (nimellinen hiiltymisnopeus). Nimellinen hiiltymisnopeus sisältää suorakaide poikkileikkauksen kulmapyöristykset sekä puurakenteen halkeamien vaikutuksen.

10.2.2 Puurakenteen palosuojattu koko vaaditun palonkestoajan

Puurakenteen voidaan suunnitella paloteknisesti siten, että se palosuojataan koko vaaditulle palonkestoajalle. Tällöin palolle alttiit osat palosuojataan esimerkiksi kipsilevyillä, puulevyillä, tarkoitukseen soveltuvilla lämmöneristelevyillä tai näiden yhdistelmillä. Myös puupanelointia voidaan käyttää palosuojaukseen. Tällaisissa rakenteissa palosuojaukseen käytettävä tuote suoja puurakennetta hiiltymiseltä koko palonkestoajan eikä puurakenteessa tapahdu sellaista hiiltymistä vaaditun palonkestoajan aikana,

että sen dimensiot muuttuisivat. Puurakenne kuitenkin lämpenee palosuojauksen takana, jolloin puun lujuus alenee. Tämä otetaan huomioon palomitoitusmenetelmissä. Lujuuden aleneman suuruuteen vaikuttaa mm. rakenteen tyyppi ja puuosien dimensiot.

Jotta palosuojaus voidaan mitoittaa, tulee tietää palosuojauksen käytettävästä tuotteesta hiiltymisen alkamishetki t_{ch} . Tämä on aika, jonka kyseinen palosuojatuote suojaa sen takana olevaa puurakennetta hiiltymiseltä. Palosuojatuotetta valittaessa tulee huomioida myös vaaditut pintaluokka- ja suojaverhousvaatimukset, jotta samalla tuotteella saadaan täytettyä mahdollisimman monta paloteknistä vaatimusta. Esimerkiksi puurakenteisen seinän sisäverhouslevynä käytettävä kipsikartonkilevy voidaan suunnitella seuraaviin tehtäviin:

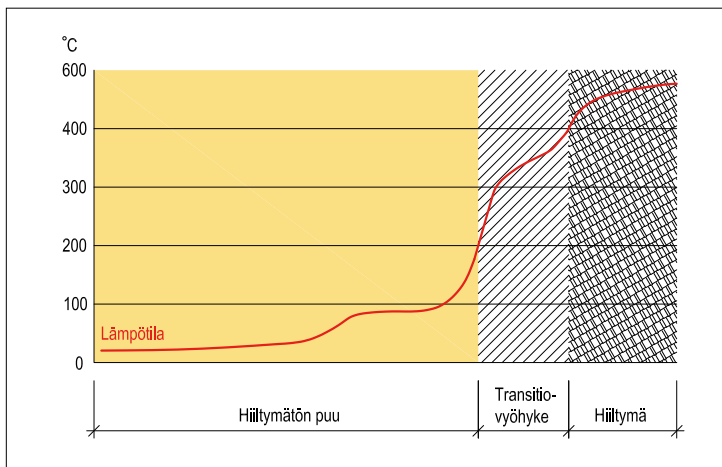
- täyttämään pintaluokkavaatimus A2-s1, d0
- täyttämään suojaverhousvaatimus K₂ 10
- käytettäväksi puurakenteen palosuojaukseen.

10.2.3 Puurakenne palosuojattu osaksi vaaditusta palonkestoajasta

Puurakenne voidaan suunnitella paloteknisesti siten, että se palosuojataan osaksi vaaditusta palonkestoajasta ja loppuajan puurakenteen annetaan hiiltä. Esimerkiksi R 60-rakenteessa palosuojaukseen käytettävä tuote suojaa puurakennetta 30 minuuttia (t_{ch} -aika) ja toinen 30 minuuttia rakenteen annetaan hiiltä. Palosuojatuotetta valittaessa tulee kiinnittää huomiota myös pintaluokka- ja suojaverhousvaatimuksiin, kuten kohdassa 10.2.2 on esitetty.

Jotta tällainen palosuojaus voidaan mitoittaa, tulee tietää palosuojaukseen käytettävästä tuotteesta hiiltymisen alkamishetki t_{ch} ja suojauksen murtumishetki t_f . Palosuojatuote suojaa puurakennetta hiiltymiseltä ajan hetken t_{ch} . Ajan hetkellä t_f palosuojaus murtuu, jolloin sen takana oleva puurakenne paljastuu ja alkaa hiiltä. Puurakenne on lämmennyt palosuojauksen takana, joten palosuojauksen murtumisen jälkeen puutuotteissa alkaa tavallista nopeampi hiiltymisen. Nopeampi hiiltymisen jatkuu, kunnes saavutetaan 25 mm:n hiiltymissyvyys, jonka jälkeen hiiltymisnopeus palautuu kyseiselle puutuotteelle ominaiseen nopeuteen. Puun lämpenemisen seurauksena tulevat hiiltymisnopeuden kasvu ja puun lujuuden aleneminen otetaan huomioon mitoitusmenetelmissä.

Osaksi palonkestoajasta suojattu puurakenne hiiltä ajan hetkestä t_{ch} lähtien. Palonkestoajan lopussa hiiltyneestä puurakenteesta on jäljellä mitoitusmenetelmästä riippuen tehollinen poikkileikkaus tai nimellinen jäännöspoikkileikkaus (ontelotila on eristeen täyttämä), jotka mitoitetaan palotilanteen rasituksille. Tarvittaessa puurakenteen kokoa voidaan suurentaa, jolloin sen tehollinen poikkileikkaus / nimellinen jäännöspoikkileikkaus jää suuremmaksi ja tämän seurauksena rakenteen kantokyky palotilanteen rasituksille saadaan paremmaksi. Kuvissa 71...73 on esitetty yleisellä tasolla monivaiheista hiiltymistä ja hiiltymissyvyyden kasvua erilaisissa tapauksissa.



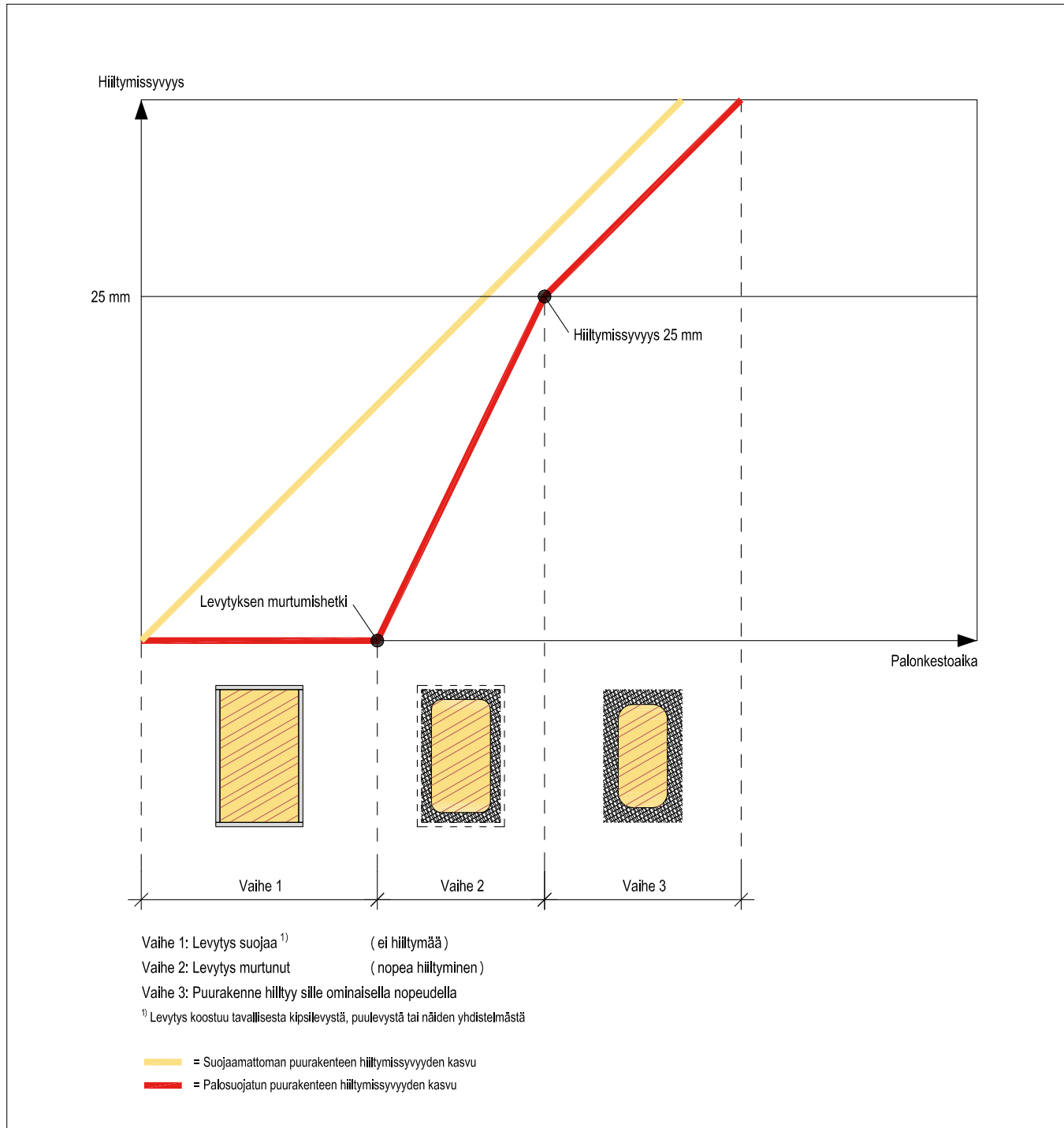
Fire safety in timber buildings. www.sp.se/FSITB

Kuva 69. Puun palaessa sen pintaan muodostuu hiilikerros, joka hidastaa puun sisäosien lämpenemistä ja samalla puun palamista.

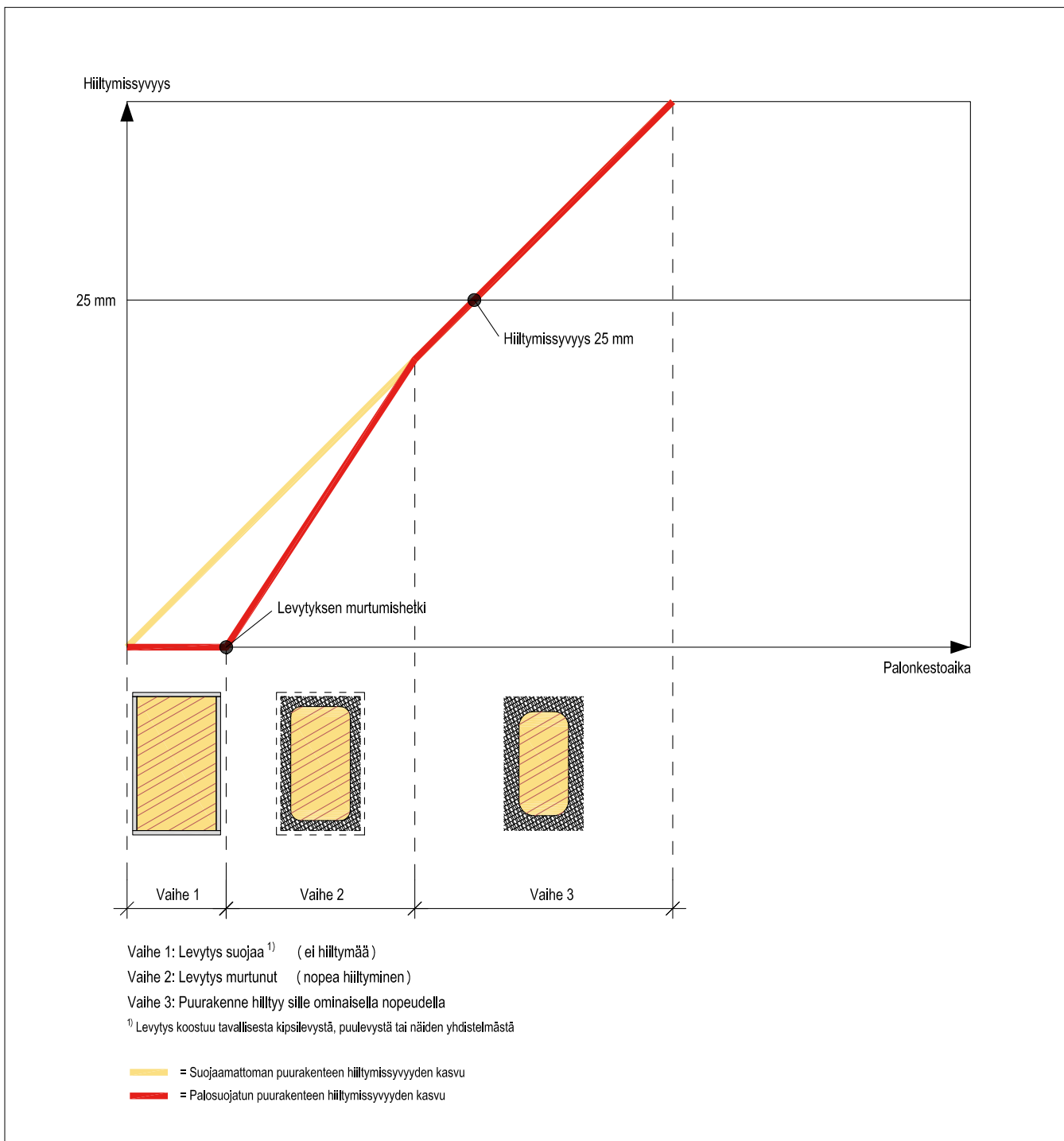


Kuva 70. CLT-levyn delaminoituminen polttokokeessa.

PUURAKENTEIDEN PALOMITOITUS

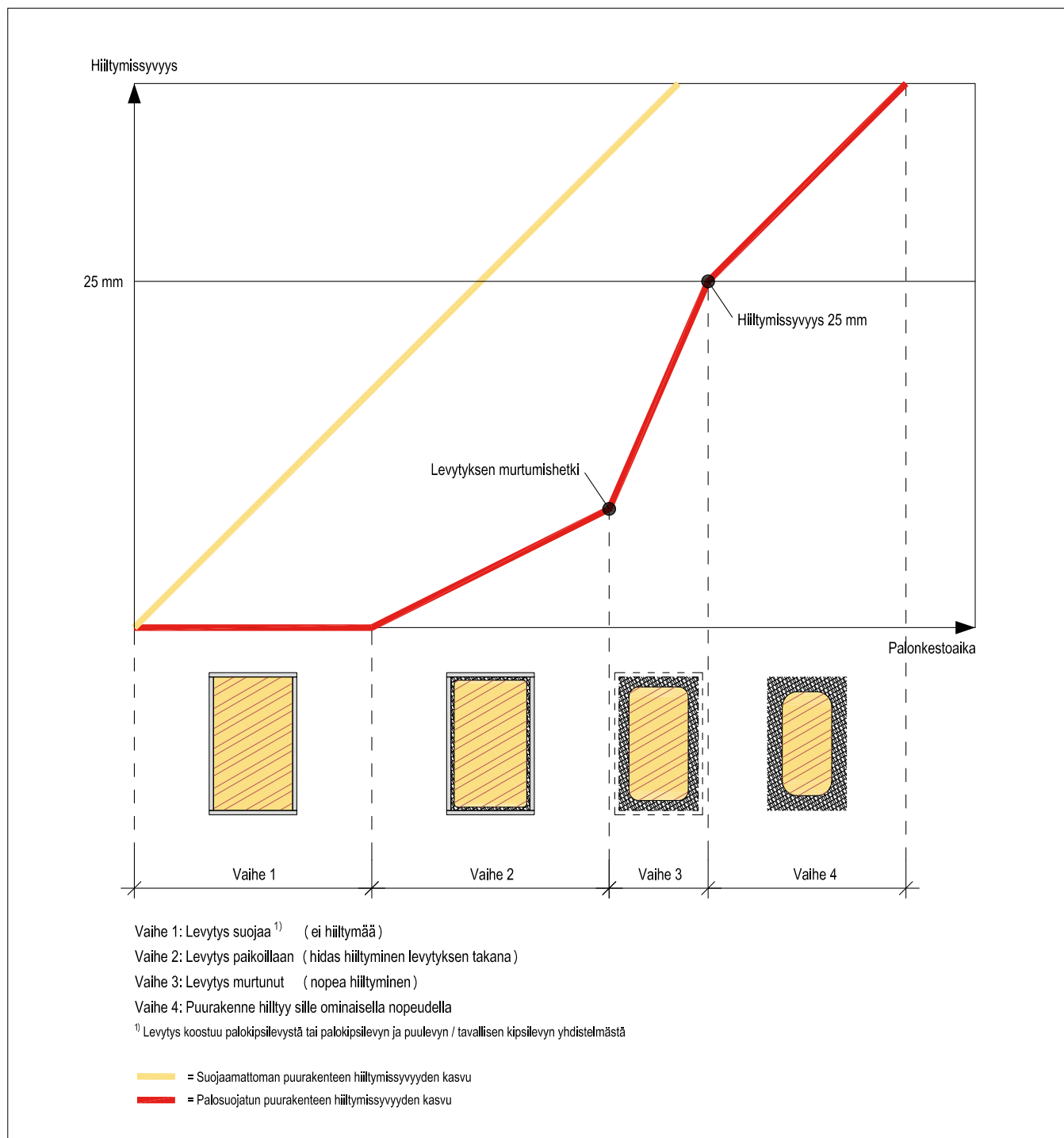


Kuva 71. Hiiltymissyvyyden kasvu ajan funktiona, kun puurakenteen hiiltyminen alkaa palosuojauksen murtumisen jälkeen ja hiiltyminenopeus palautuu suojaamattoman puun hiiltyminenopeuteen puurakenteen saavutettua 25 mm:n hiiltymissyvyyden.



Kuva 72. Hiiltymissyvyyden kasvu ajan funktiona, kun puurakenteen hiiltymisen alkaa palosuojauksen murtumisen jälkeen ja hiiltymisnopeus palautuu suojaamattoman puun hiiltymisnopeuteen ennen kuin puurakenne on saavuttanut 25 mm:n hiiltymissyvyyden.

PUURAKENTEIDEN PALOMITOITUS



Kuva 73. Hiiltymissyvyyden kasvu ajan funktiona, kun puurakenteen hiiltymisen alkaa jo ennen palosuojauksen murtumista ja hiiltymisnopeus palautuu suojaamattoman puun hiiltymisnopeuteen puurakenteen saavutettua 25 mm:n hiiltymissyvyyden.

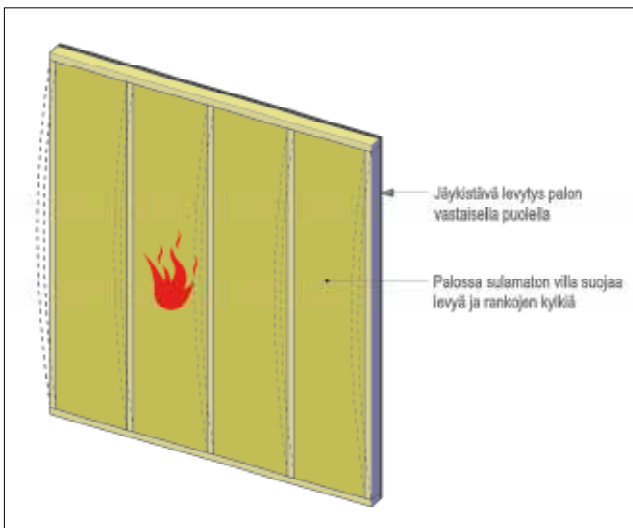
10.3 STABILITEETTI PALOTILANTEESSA

Ennen puurakenteiden varsinaista palomitoitusta tulee selvittää rakenneosien ja koko rakennuksen rungon toiminta stabiliteetin näkökulmasta. Joissakin tapauksissa palotilannetta varten joudutaan suunnittelemaan kokonaan oma stabiliteettituenta. Tällainen tapaus syntyy esimerkiksi silloin, kun kantavassa levyrakenteisessa seinässä rankoja tukeva levytys palaa pois.

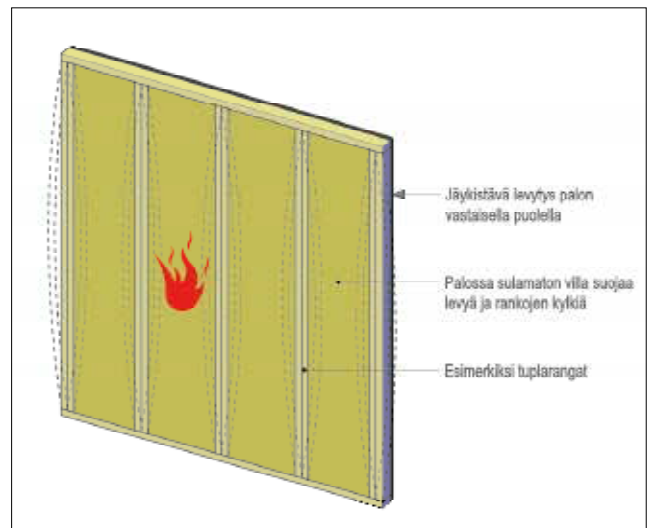
Palotilanteen stabiliteettituenta tulee suunnitella siten, että se toimii koko vaaditun palonkestoajan. Tämä asettaa erityisiä vaatimuksia tuentaan käytettävän rakenneosan dimensioille niiden hiiltymän näkökulmasta, jos tuentaan käytettäviä rakenneosia ei palosuojata. Kriittisin yksityiskohta palotilanteen stabiliteettituentaan käytettävissä rakennekokonaisuuksissa ovat näiden liitokset. Esimerkiksi suojaamattoman naulaliitoksen palonkestävyys on vain 15 min, joten usein liitosten täytyy olla palosuojattuja. Liitosten osalta erityistarkasteluja tulee tehdä myös liittimien reunaetäisyyksien osalta, jos liittintä ympäröivä puuosa hiiltyy (reunaetäisyy-

syys pienee). Stabiliteettituentaan käytettävien rakenneosien liitokset voidaan suunnitella joissakin tapauksissa myös kontaktiliitoksien avulla, jolloin liittimiä ei tarvita siinä määrin kuin pelkkien liittimien varaan suunnitelluissa voimaliitoksissa.

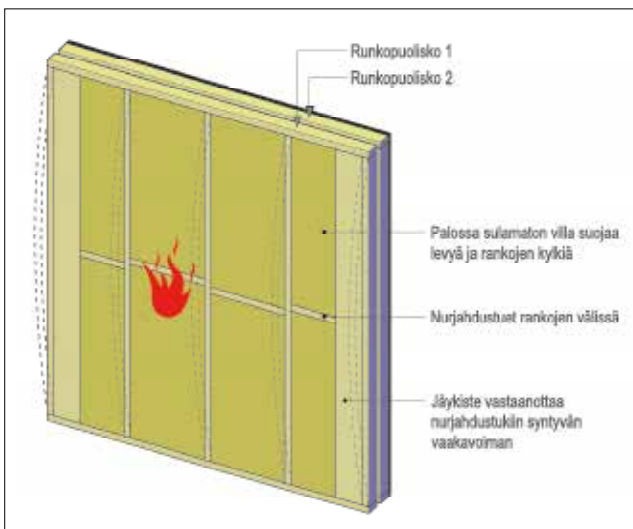
Puurakenteet tulisi pyrkiä suunnittelemaan paloteknisesti siten, että ne palosuojataan koko vaaditulle palonkestoajalle, jolloin kantavat ja jäykistävät rakenteet eivät hiilly. Tällöin rakennesuunnittelusta saadaan huomattavasti yksinkertaisempaa. Mikäli rakenteissa tapahtuvaa hiiltymää ei voida välttää, tulisi tällaisissa rakenteissa käyttää niin järeitä rakenneosia, että erillisiä palotilanteen stabiliteettituentoja ei tarvita. Puurakenteiden hiiltymää ja erillistä stabiliteettituentaa palotilanteessa ei voida kuitenkaan aina välttää. Esimerkkinä tästä on NR-ristikkorakenteinen yläpohja ullakkopalossa, jolloin kiepahdusaltin alapäärerapalkki yksin toimii palotilanteen kantavana rakenteena.



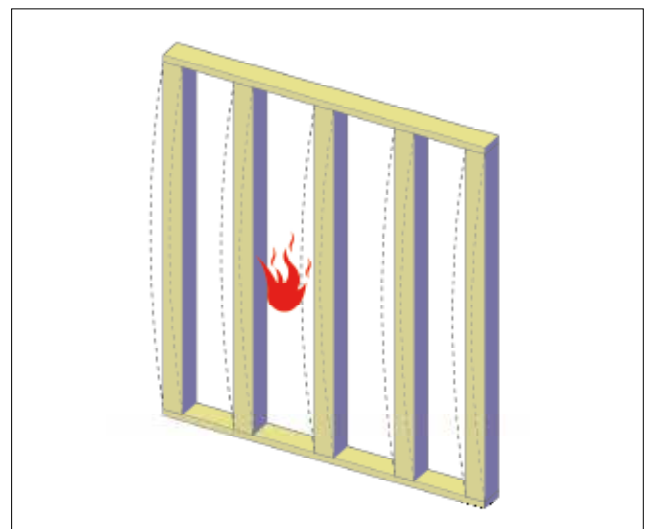
Kuva 74. Palon vastaisella puolella oleva levytys estää kantavan seinän tolppien nurjahduttamisen.



Kuva 75. Kaikki stabiliteettituenta tarvitsevat rakenneosat tulee kiinnittää tuentasysteemiin.

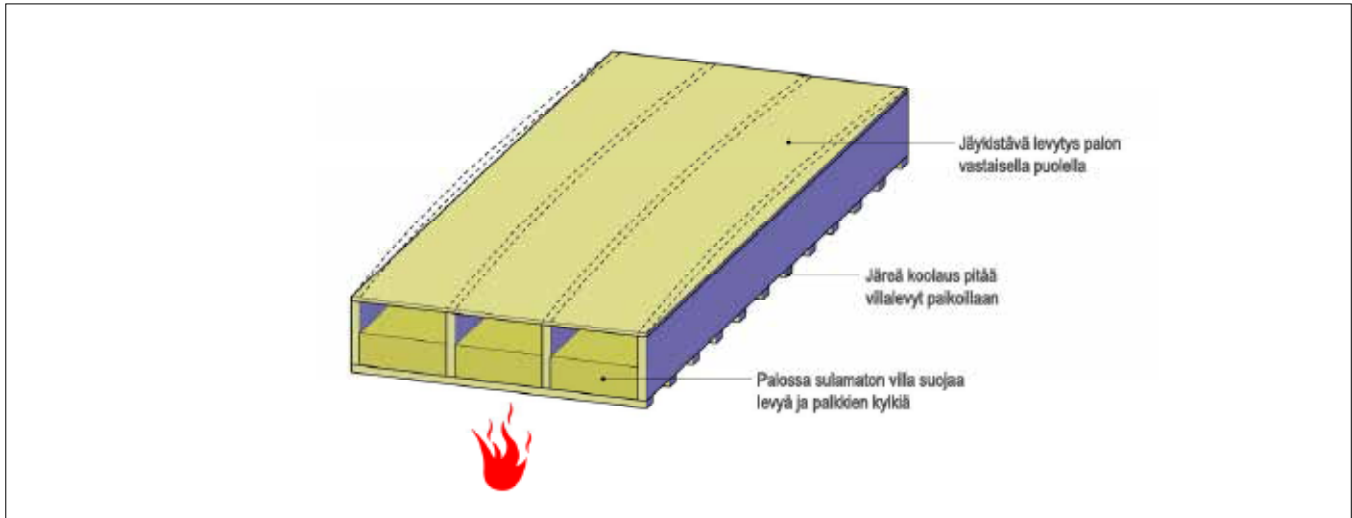


Kuva 76. Erillinen nurjahdustuentasysteemi huoneiston välisen seinän palon puoleisessa runkopuoliskossa.

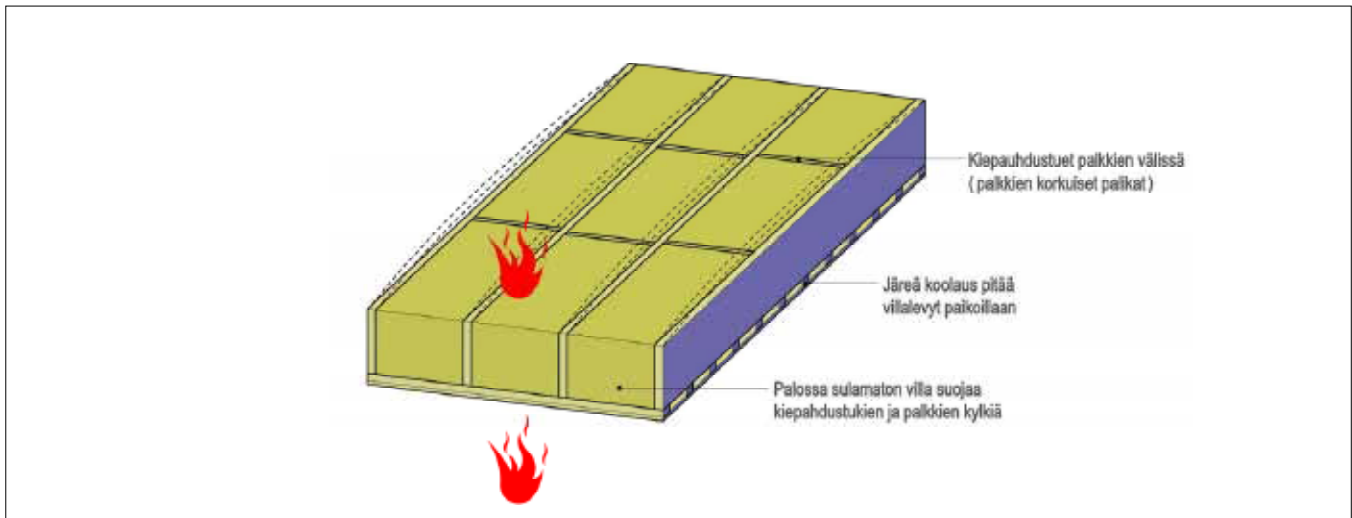


Kuva 77. Riittävän järeät tolpat voidaan suunnitella toimimaan ilman nurjahdustuenta.

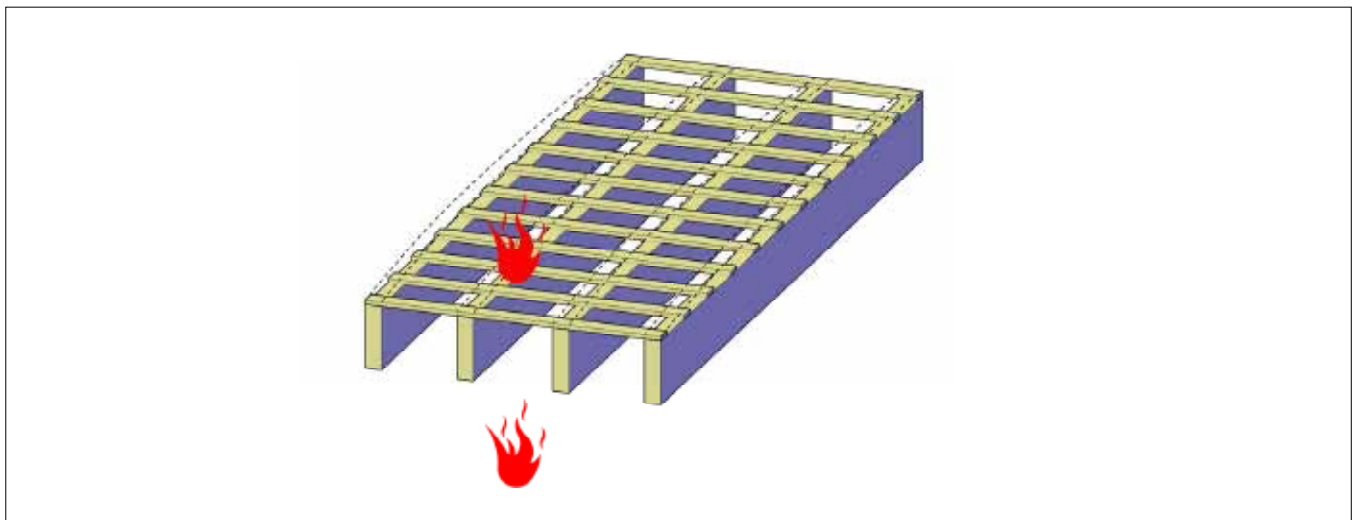
PUURAKENTEIDEN PALOMITOITUS



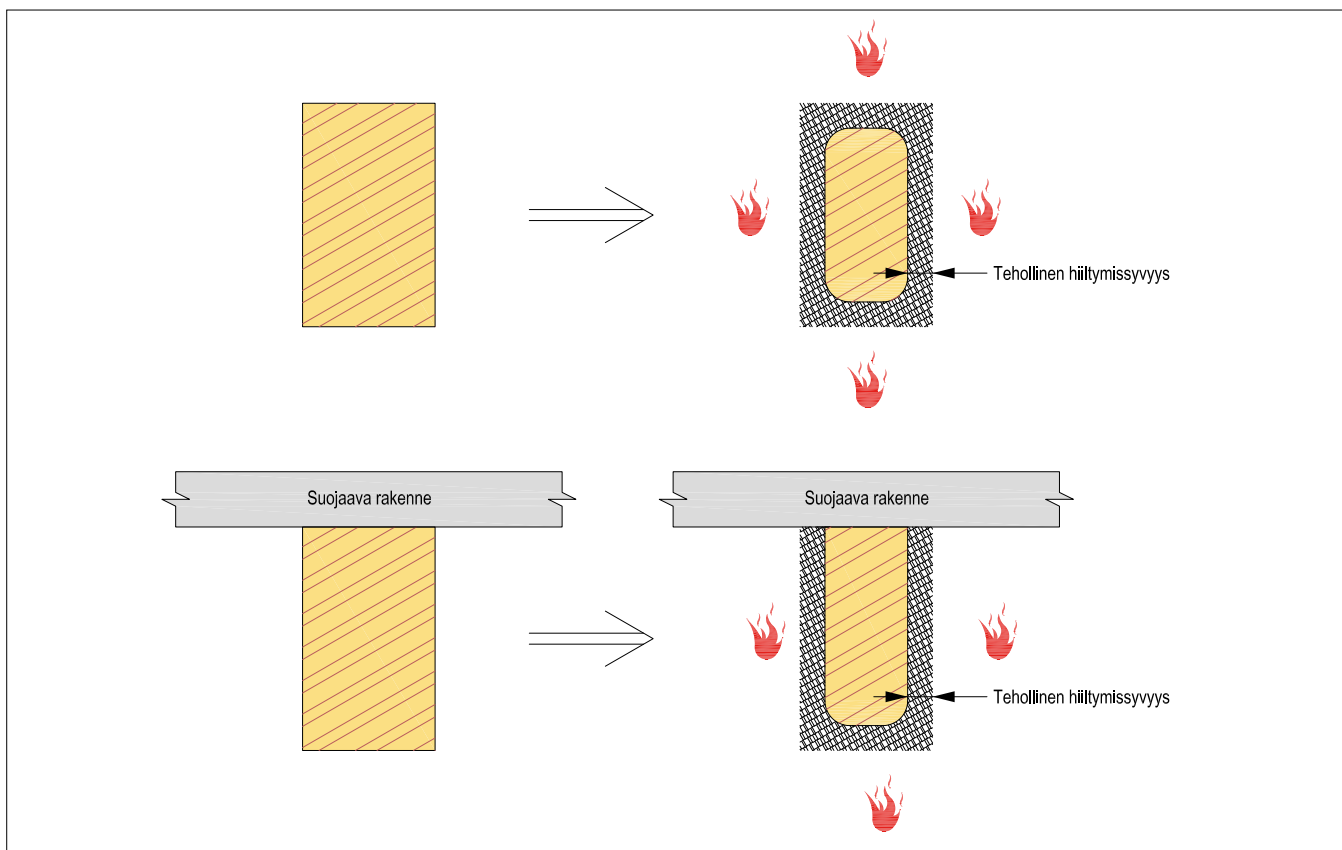
Kuva 78. Palon vastaisella puolella oleva levytys estää palkkien kiepahtamisen alapuolisessa palossa.



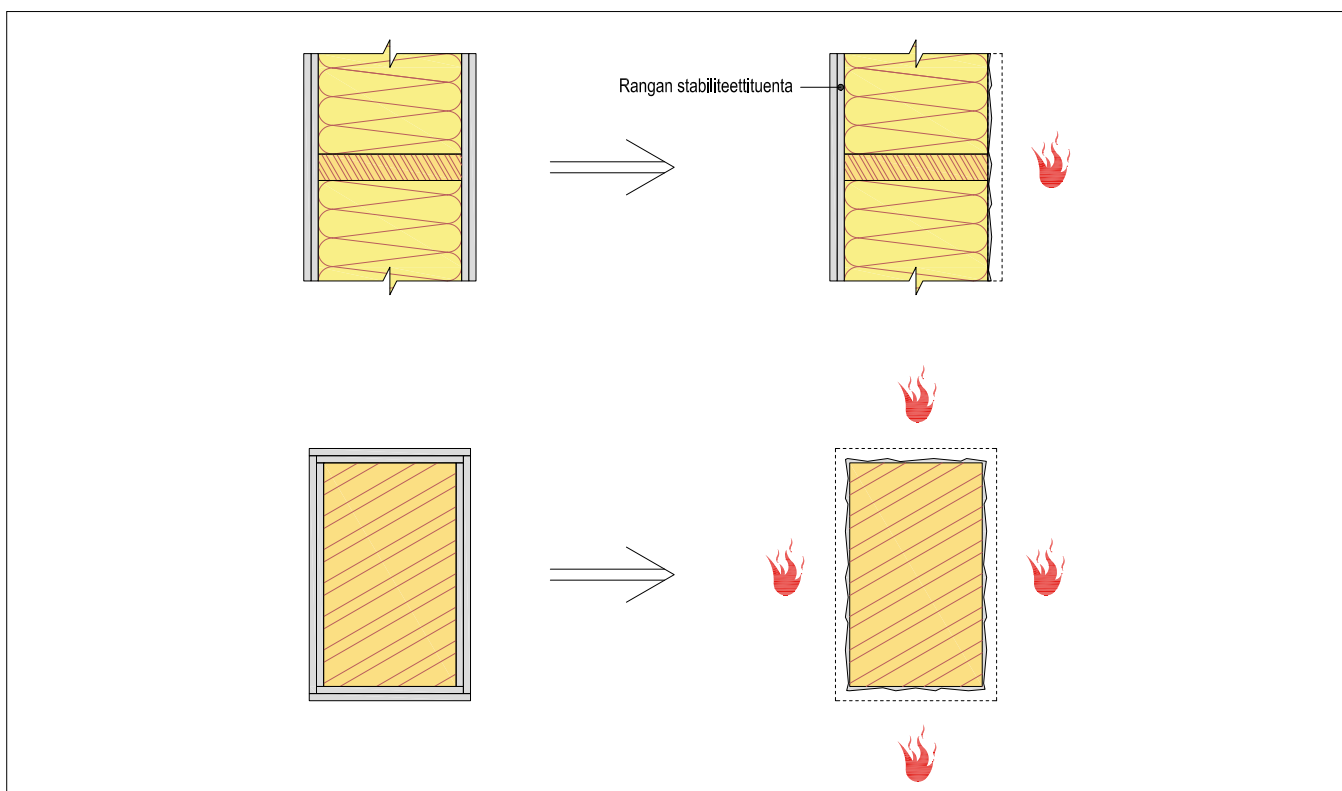
Kuva 79. Kiepahdustuet estävät palkkien kiepahtamisen ala- tai yläpuolisessa palossa.



Kuva 80. Riittävän järeät palkit voidaan suunnitella toimimaan ilman kiepahdustuenta al- tai yläpuolisessa palossa.



Kuva 81. Palosuojaamaton sahatavara, liimapuu ja LVL hiiltyvät lineaarisesti niille ominaisilla hiiltymisnopeuksilla.



Kuva 82. Koko palonkestoajalle suojattu puurakenne ei hiilty.

PUURAKENTEIDEN PALOMITOITUS

Taulukko 45. Käytettävissä olevat palomitoitusperiaatteet eurokoodin mukaisessa mitoituksessa.

Palomitoitusperiaate	Ominaisuus	Hiiltyminen	Tyypillinen kohde
Suojaamaton puurakenne	<ul style="list-style-type: none"> Rakenne hiiltyy Kantavuus perustuu teholliseen poikkileikkaukseen palotilanteen rasituksilla 	<ul style="list-style-type: none"> Hiiltyminen tapahtuu kyseiselle puutuotteelle ominaisella hiiltymisnopeudella/-nopeuksilla koko vaaditun palonkestoajan 	<ul style="list-style-type: none"> Massiiviset rakenteet
Puurakenne suojattu koko vaaditun palonkestoajan	<ul style="list-style-type: none"> Rakenne ei hiilty Kantavuus perustuu alkuperäiseen poikkileikkaukseen palotilanteen rasituksilla 	<ul style="list-style-type: none"> Hiiltymistä ei tapahdu vaaditun palonkestoajan sisällä 	<ul style="list-style-type: none"> Hoikat rakenteet Liitokset
Puurakenne suojattu osan vaaditusta palonkestoajasta	<ul style="list-style-type: none"> Rakenne hiiltyy Kantavuus perustuu tapauksesta riippuen teholliseen poikkileikkaukseen tai nimelliseen jäännöspoikkileikkaukseen palotilanteen rasituksilla 	<ul style="list-style-type: none"> Rakenteella on erilaisia mitoituksessa huomioitavia tekijöitä palonkestoajan sisällä: <ol style="list-style-type: none"> 1) ei hiilty lainkaan 2) hiilty tietyn ajan kuluttua 3) hiiltyminen tapahtuu kahdella tai kolmella erilaisella nopeudella Erlaiset hiiltymisnopeudet palonkestoajan sisällä johtuvat mm. seuraavista tekijöistä: <ol style="list-style-type: none"> 1) puurakenne lämpenee palo-suojauksen takana 2) palosuojaus irtoaa tietyn ajan kuluttua 	<ul style="list-style-type: none"> Hoikat rakenteet

Taulukko 46. Puutuotteiden hiiltymisnopeuksia (Lähde: RIL 205-2-2009)

Palomitoitusperiaate	Paksuus	Ominaisihteys	Yksidimensionaalinen hiiltymisnopeus β_0	Nimellinen hiiltymisnopeus β_n
Sahatavara EN 14081-1 (havupuu)		$\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65 mm/min	0,8 mm/min
Liimapuu EN 14080 (havupuu)		$\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65 mm/min	0,7 mm/min
LVL EN 14374 (havupuu)		$\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,65 mm/min	0,7 mm/min
LVL EN 14374 (havupuu)		$\geq 410 \text{ kg/m}^3$	0,7 mm/min	0,75 mm/min
Vanerilevy EN 313-1	20 mm	450 kg/m^3	1,0 mm/min	-
Lastulevy EN 309	20 mm	450 kg/m^3	0,9 mm/min	-
Puukuitulevy EN 316	20 mm	450 kg/m^3	0,9 mm/min	-
OSB-levy EN 300	20 mm	450 kg/m^3	0,9 mm/min	-
Laudoitus	20 mm	450 kg/m^3	0,9 mm/min	-

Mikäli levyn tai laudoituksen paksuus on alle 20 mm tai mikäli näiden ominaistiheys on pienempi tai suurempi kuin taulukossa 46 esitetty, määritetään hiiltymisnopeus myös kaavalla 3.

Kaava 3

$$\beta_{0,p,t} = \beta_0 \cdot k_p \cdot k_h$$

jossa

$$k_p = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}}$$

$$k_h = \sqrt{\frac{20}{h_p}}$$

$$\rho_k = \text{ominaistiheys} \quad [\text{kg/m}^3]$$

$$h_p = \text{levyn tai laudoituksen paksuus ohuimmasta kohdasta (esim. sauma)} \quad [\text{mm}]$$

(päällekkäiset kerrokset voidaan summata yhdeksi paksuudeksi)

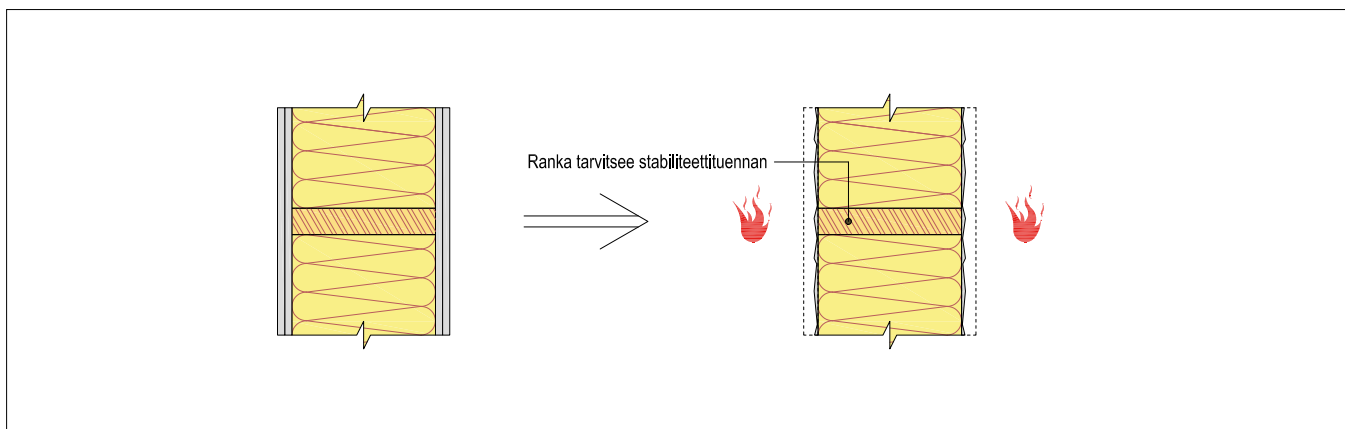
Taulukko 47. Palosuojatun puurakenteen hiiltymisen alkamishetki t_{ch} erilaisilla levytuotteilla (Lähde: RIL 205-2-2009).				
Palosuojaukseen käytettävä tuote		Pilari tai palkki	Seinä ¹⁾	Välipohja ¹⁾
Levysauma ≤ 2 mm	Paksuus [d]	t_{ch}	t_{ch}	t_{ch}
Kipsilevy (EN 520) (Tyyppi H)	9 mm	11 min	10 min	-
Kipsilevy (EN 520) (Tyyppi A)	13 mm	22 min	15 min	10 min
Palokipsilevy (EN 520) (Tyyppi F)	15 mm	28 min	20 min	15 min
2x Kipsilevy (EN 520) (Tyyppi H)	9 mm + 9 mm	23 min	-	-
2x Kipsilevy (EN 520) (Tyyppi A)	13 mm + 13 mm	40 min	40 min	30 min
2x Palokipsilevy (EN 520) (Tyyppi F)	15 mm + 15 mm	61 min	≥ 60 min	60 min
Kipsilevy (EN 520) + Palokipsilevy ²⁾ (EN 520) (Tyyppi F)	13 mm + 15 mm	46 min	55 min	40 min
Puulevy (EN 313-1, EN 309, EN 316, EN 300) + Kipsilevy ²⁾ (EN 520) (Tyyppi A)	12 mm + 13 mm	-	40 min ³⁾	30 min
Puulevy (EN 313-1, EN 309, EN 316, EN 300) + Palokipsilevy ²⁾ (EN 520) (Tyyppi F)	12 mm + 15 mm	-	55 min ³⁾	40 min

¹⁾ Rankarakenne, jonka ontelotila voi olla eristeellä täytetty tai eristeetön.
²⁾ Kyseinen levy palon puolella.
³⁾ Mikäli puulevy on paksumpi kuin 12 mm, voidaan arvoa korottaa määrällä $\Delta t = (d - 12 \text{ mm}) / \beta_0$ (ks. myös kaava 3).

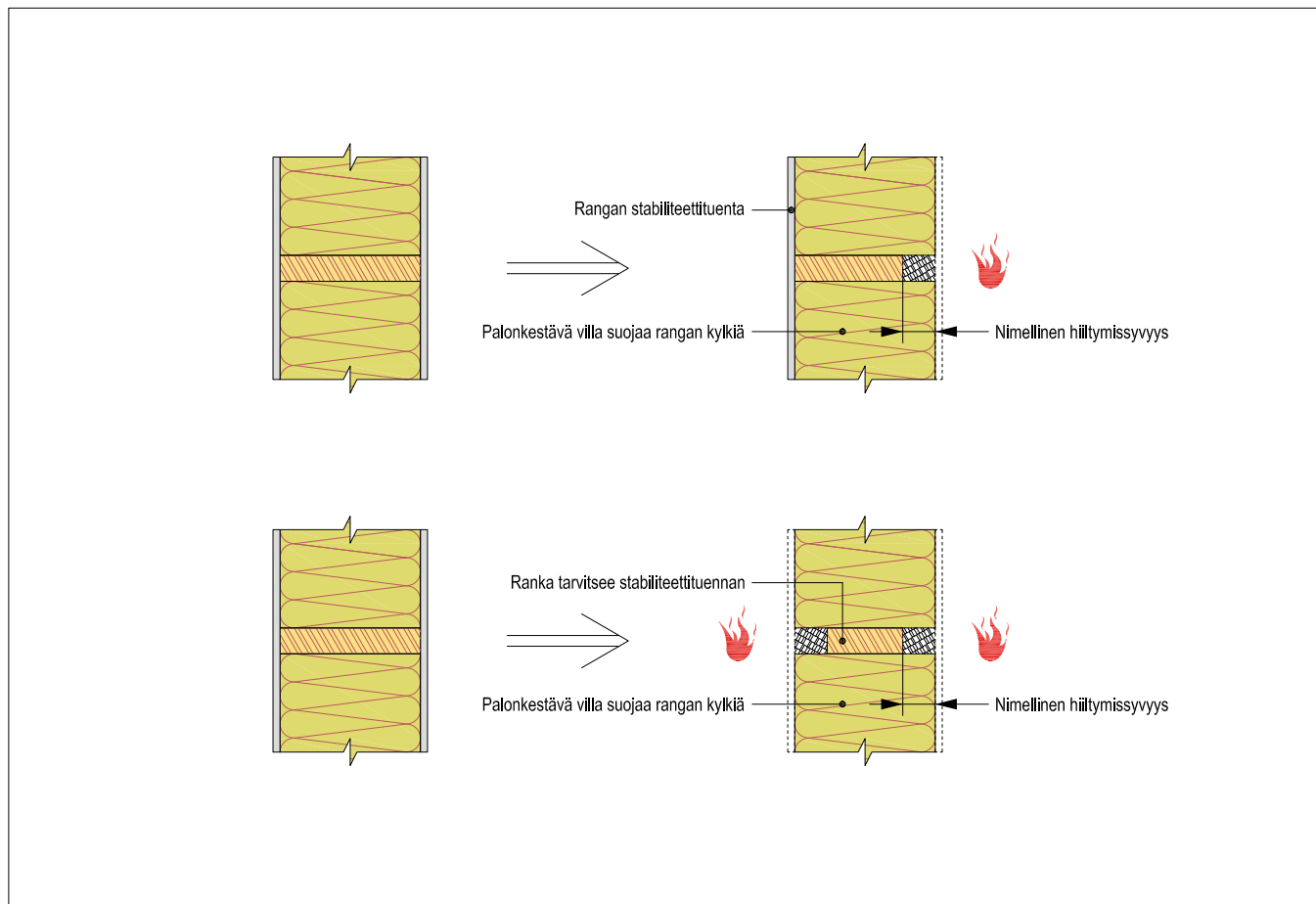
PUURAKENTEIDEN PALOMITOITUS

10.4 PUURAKENTEEN KÄYTTÄYTYMINEN PALOSSA

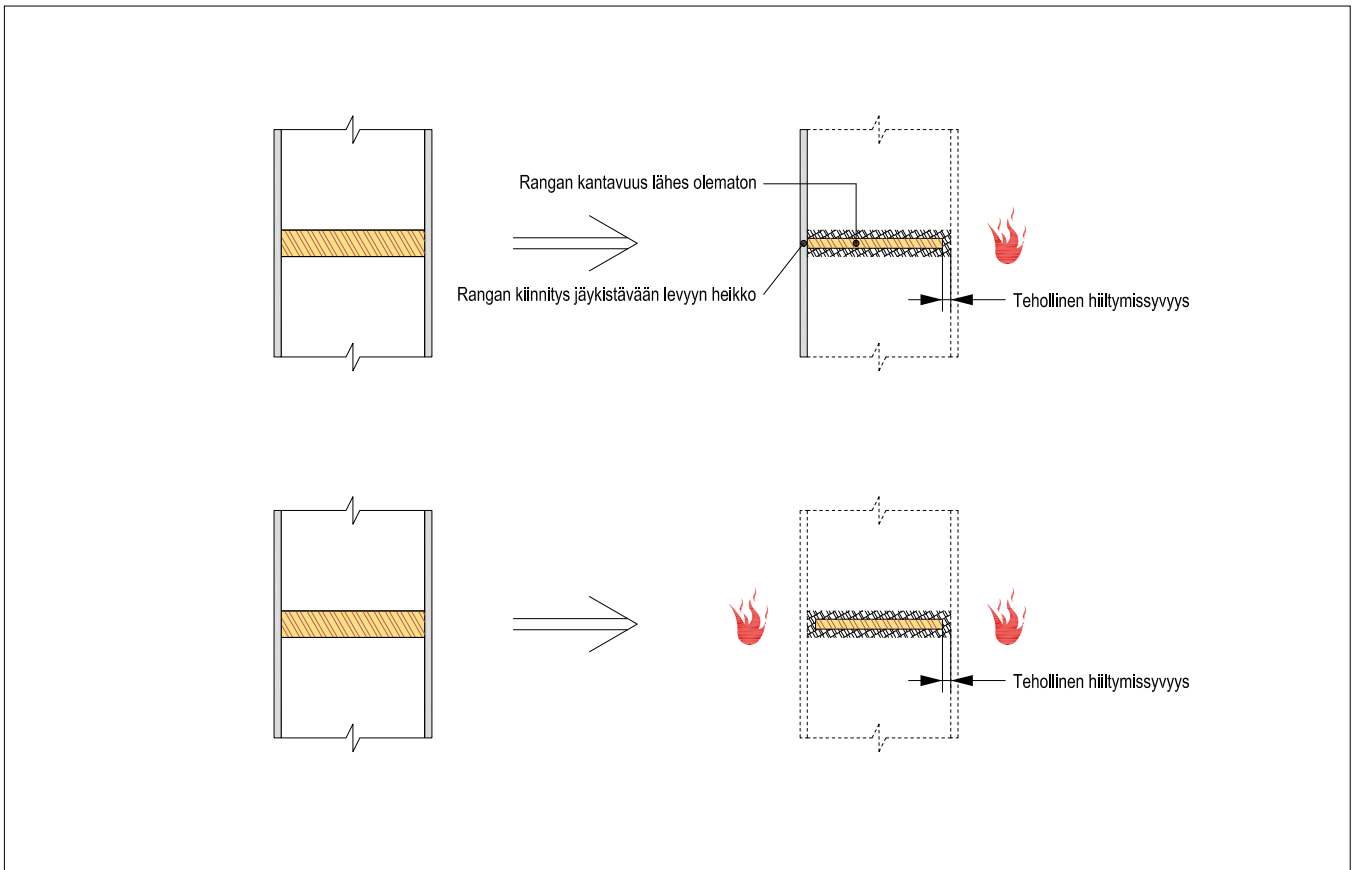
Puurakenteiden palomitoitusta tehtäessä tulee tuntee rakenteen käyttäytyminen palotilanteessa. Tämä on erittäin tärkeää, jotta voidaan tehdä päätökset stabiileettituennan, palosuojausmenetelmän ja lämmöneristetyypin näkökulmasta. Näillä on suuri merkitys myös rakennuskustannuksiin.



Kuva 83. Rankojen stabiileettituenta menetetään, jos jäykistävät levy palavat pois.



Kuva 84. Palonkestävä villa suojaa puurakennetta hiiltemiseltä, kun rakenne on palosuojattu vain osaksi palonkestoaajasta.



Kuva 85. Tyhjässä ontelossa puurakenne hiiltyy useammalta sivulta, jolloin hoikan puurakenteen kantavuus on lähes olematon.

PUURAKENTEIDEN PALOMITOITUS

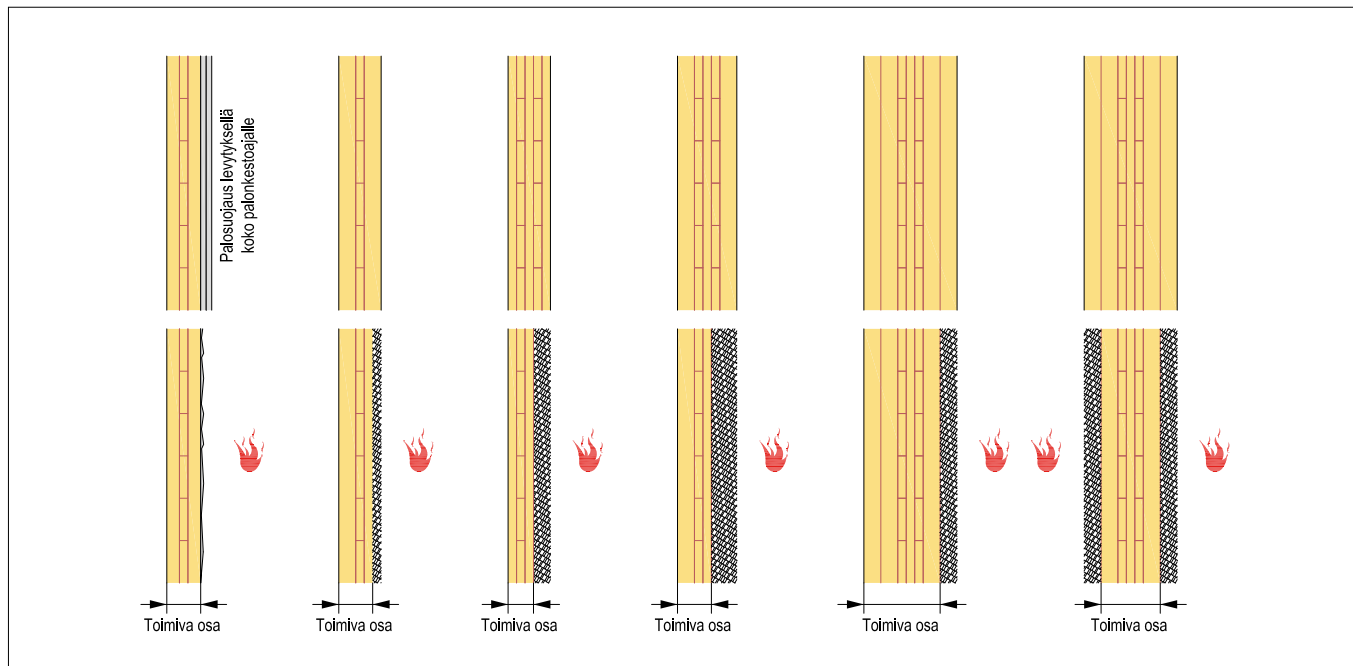
10.5 CLT-LEVYN PALOMITOITUS

CLT-levylle ei ole tällä hetkellä yleisiä palomitoitusohjeita, joten sen palomitoitus perustuu valmistajakohtaisiin ohjeisiin. Lamellikerrosten delaminointumisesta johtuen CLT-levyn hiiltymisen ei ole lineaarista, vaan hiiltymisen tapahtuu useammalla hiiltymisnopeudella.

CLT-levyn palomitoituksessa tulee tarkastaa, mitkä lamellikerrokset toimivat palotilanteessa taivutuksessa sekä vedossa ja puristuksessa. Esimerkiksi 3-kerroksisessa CLT-levyssä pintalamellikerroksen palaessa pois, koko levyn kantavuus menetetään, kun taas esimerkiksi 5-kerroksisessa CLT-levyssä jää usein 3-kerroksinen levy jäljelle.

Delaminointuminen tapahtuu, kun palo saavuttaa CLT-levyn pohyuretaaniliimasauman. Tämän jälkeen hiiltyneen lamellikerroksen oletetaan kuoriutuvan pois, jolloin hiiltymisen alkaa seuraa-

vassa lamellikerroksessa suuremmalla nopeudella (lamellikerros on esilämmennyt), kunnes 25 mm:n hiiltymissyvyys on saavutettu. Tämän jälkeen hiiltymisnopeus palaa alkuperäiseen arvoon. Mikäli seuraava lamellikerros on ohuempi kuin 25 mm, ei hiiltymisnopeus palaudu alkuperäiseen arvoon, koska seuraava liimasauma saavutetaan tätä ennen, jolloin delaminointuminen tapahtuu uudelleen ja nopeutettu hiiltymisen jatkuu. CLT-levyn hiiltymämitoituksessa ainakin 3-kerroksisen levyn tapauksessa pintalamellikerrosten rakenne tulisi olla sellainen, että hiiltymissyvyys ei vaaditun palonkestoajan sisällä saavuta liimasaumaa. Käytännössä levyssä tulisi olla riittävän paksut pintalamellikerrokset, jotka eivät hiilly pois vaaditun palonkestoajan sisällä. Joissain tapauksissa CLT-levyt kannattaa palosuojata levytyksellä koko vaaditulle palonkestoajalle, jotta CLT-levyn paksuus saadaan optimoitua.



Kuva 86. Esimerkkejä CLT-levyn toimivasta osasta palotilanteessa erilaisilla levytyypeillä.

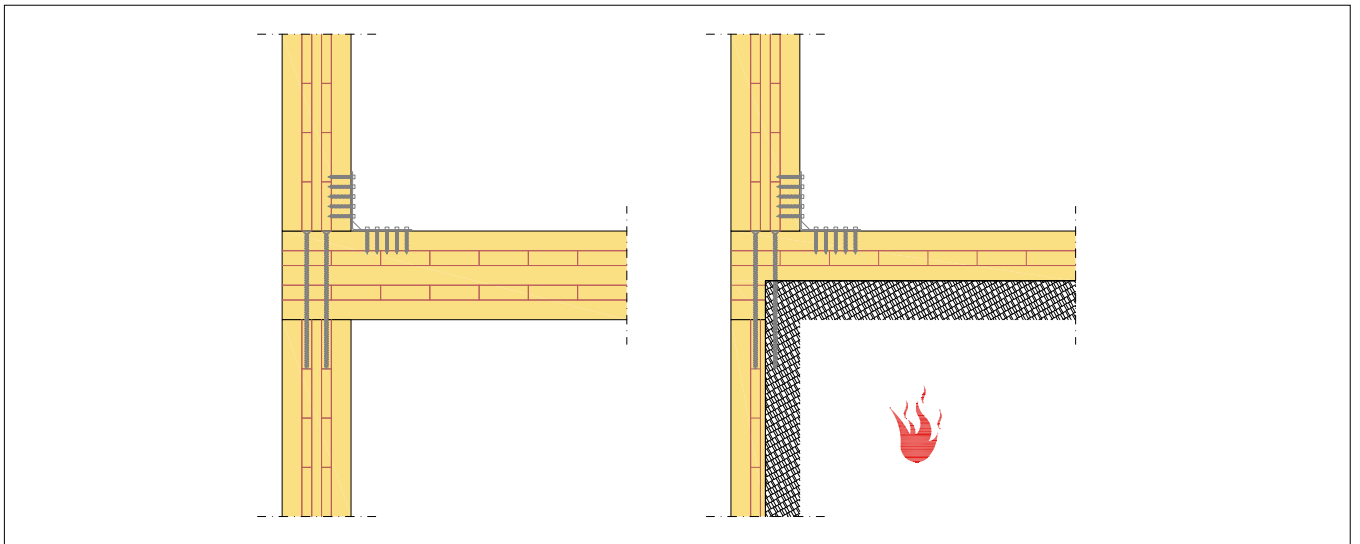
10.6 LIITOSTEN PALOMITOITTAMINEN

Puurakenteiden liitosten palomitoittaminen on kokonaisvaltainen suunnittelutehtävä, joka alkaa oikeanlaisen liitostyyppin valinnalla. Liitoksissa käytetään tavallisesti teräsosia ja puikkoliittimiä, joiden palonkesto suojaamattomana on rajallinen. Suunnittelemalla liitokset siten, että liitososat jäävät liitettävien puurakenteiden sisään tai palosuojalevytysten taakse, saadaan liitos helposti palosuojattua. Puukerrostalossa liitososat ovat tavallisesti palosuojalevytysten takana jo ulkonäkösyistä, joten liitosten palosuojaus ei ole puukerrostalossa sellainen haaste kuin esimerkiksi hallirakentamisessa. Mikäli liitososia palosuojataan, kannattaa ne suojata koko palonkestoajalle.

Hiiltyvissä puurakenteissa teräsosien kestävyuden lisäksi joudutaan tarkastelemaan puikkoliitinten reuna- ja päätyetäisyyksiä sekä liitettävien puurakenteiden paksuuksia, koska puurakenteen hiiltyessä nämä pienenevät. Suojaamattomilla puikkoliittimillä toteutetuilla liitoksilla voidaan saavuttaa tavallisesti enintään 15...20

minuutin palonkestävyys. Tätä suurempien palonkestävyyksien saavuttamiseksi puurakenteiden dimensioita joudutaan tavallisesti suurentamaan ja liitoksen teräsosia palosuojaamaan. Suojaamattoman naulaliitoksen, ruuviliitoksen ja tappivaarnaliitoksen palonkestävyyttä voidaan kasvattaa enintään 30 minuuttiin suurentamalla liitettävien puurakenteiden dimensioita sekä puikkoliittimien reuna- ja päätyetäisyyksiä. Puikkoliittimissä ei tällöin saa olla ulkonevia kantoja.

Puurakenteiden välistä liitosta ei aina tarvitse toteuttaa teräsosilla ja puikkoliittimillä. Esimerkiksi leikkausvoimaa ja normaaliveimaa siirtävä liitos voidaan toteuttaa myös ns. kontaktiliitoksilla. Erityisesti massiivipuurakentamisessa, jolle CNC-työstö on ominaista, voidaan käyttää tehtaalla valmiiksi työstettyjä kontaktiliitoksia.



Kuva 87. Palosuojamattoman massiivipuulevyyn hiilymämitoitus saattaa johtaa paksuihin levyihin ja ongelmiin liitosten kestävyysien kannalta (kuvassa levy mitoitettu R 90-luokkaan).



Kuva 88. Massiivipuulevyihin tehty hammastus siirtää tehokkaasti leikkausvoimaa ja pystykuormaa ilman teräsosia.