



PALOKRITEERIT KERROSTALOIS- SA JA HALLIRAKENNUKSISSA

Jukka Inha

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015
Rakennustekniikan koulu-
tushjelma
Talorakennustekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talonrakennustekniikka

INHA, JUKKA:

Palokriteerit kerrostaloissa ja hallirakennuksissa

Opinnäytetyö 88 sivua, joista liitteitä 17 sivua
Toukokuu 2015

Työn tarkoituksena oli esitellä kerrostaloissa ja hallirakennuksissa huomioon otettavia palomääräyksiä. Lisäksi tavoitteena oli selvittää, millaisilla rakenteilla ja suojaustavoilla olisi mahdollista saavuttaa vaadittavat vähimmäiskriteerit eri käyttötarkoituksiluokissa toimivissa rakennuksissa. Tutkinnan kohteena olivat yleiset kerrostalo- ja hallirunkoisten rakennusten kantavina rakenteina toimivat betoni-, teräs- ja puutuotteet.

Palomääräyksiä monipuolisuuden vuoksi työssä käsiteltiin ensin tarkemmin määräyksissä olevien merkintöjen tarkoitusta ja huomioimista. Sitten selvitettiin, miten materiaalit reagoivat palotilanteessa ja kuinka niiden suojauksella voitiin vaikuttaa palonkestävyyteen. Tutkituista materiaaleista pystyi selvittämään lukuisia erillisiä paloluokiteltuja rakenteita, joten työ rajattiin käsittelemään vain teräsrunkoisten kevyiden väliseinien suojausten vaikutuksia rakenteiden palonkestävyyteen.

Rakenteiden toiminnassa on palotilanteessa joitakin eroavaisuuksia. Materiaaleista puu on ainoa palava materiaali, jolloin se määräyksiensä mukaan erotellaan erikoisasemaan rakentamisessa. Betoni- ja terästuotteet ovat taas palamattomia, mutta suojaamattoman teräksen palonkestävyys on lähes olematon pitkäaikaisessa palossa.

Puurakenteiden toimintaan vaikuttavat eniten puulajikkeesta toiseen muuttuva hiiltennopeus, jonka avulla pystytään määrittelemään tarkasti puun toiminnallisen pinnan palonopeus. Betonituotteet ovat palamattomia, mutta pitkäaikaisessa palossa pinnan ja rakenteen sisäosien lämpötilojen kasvava eroavaisuus saattaa aiheuttaa pinnan hallitsematonta lohkeilua. Tällöin varsinkin teräsbetonirakenteissa rakenteen teräkset voivat joutua palolle alttiiksi. Suojaamattomat teräsrakenteet saadaan kestämään kantavina palossa enintään 15 minuutiksi. Mikäli teräsrakenteille asetetaan palonkestävyysvaatimuksia, rakenteet tulee poikkeuksetta palosuojata. Osastovien väliseinien palonkestävyyteen vaikuttaa suojaukseen käytetty materiaali. Erikoistuotteilla suojaus pystytään toteuttamaan tehokkaammin vähemmällä materiaalilla, mutta poikkileikkaukseltaan kapeat seinät eivät välttämättä täytä ääneneristävyysvaatimuksia.

Rakenteiden mitoituksessa saavutetaan ajoittain tilanne, jolloin vaadittavat palomääräykset täyttyvät jo muiden määräyksiensä kautta. Osastoinnissa ja korkeissa rakennuksissa palomääräykset ovat jo kuitenkin itsestään merkittäviä. Jatkossa voisi vertailla enemmän eri materiaaleista valmistettujen rakenteiden palonkestävyyksiä. Varsinkin tuotantorakennuksissa yleisiä iskunkestävien seinien rakennemalleja voisi tutkia enemmän.

Asiasanat: palomääräykset, materiaalit, osastointi.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Technology
Option of Building Construction

INHA, JUKKA:
Fire Regulations in Block of Flats and Hall Buildings

Bachelor's thesis 88 pages, appendices 17 pages
May 2015

The objective of this study was to gather information about fire regulations in blocks of flats and hall buildings. The secondary objective was to determine which kind of structures and fire protection would be needed to reach the minimum criteria in different buildings. The focus was on Concrete -, steel – and wood products which are the most common used in load-bearing structures in blocks of flats and hall buildings.

There are many types of fire regulations in existence which means the initial task in the study was to search all those essential fire regulations that are related to the study topic. The building materials were researched in the next phase, in which the goal was to establish how they react to fire and how the fire protection affects fire resistance. Steel-framed non-load bearing dividing walls made from these materials were compared in the final stage. The comparison clarified which of the chosen fire protection types were the most suitable in a certain fire class.

The researched materials react differently in fire situation. Concrete and steel are both non-flammable while wood products are inflammable. Because of this, there are special fire regulations which need to be taken into account while using wood products. Concrete and steel has also differences. While concrete resist a long-term fire, unprotected steel loses structural strength quickly.

The carbonization speed impacts most to the functions of the wood products as it is individual for different wood types. Burn-off speed of the functional wood plane can be calculated if carbonization speed is known. Concrete is a non-flammable material but uncontrollable cracking is possible in a long-term fire. Cracking can expose the structural steels to fire. The unprotected steel products can withstand 15 minutes of fire exposure at most. Fire protection is necessary for load-bearing steel products if the building is required to resist fire. Material used for fire protection always has an impact on the fire resistance of the dividing walls. Products which are designed for fire give the most efficient protection against fire but these flexible structures do not always fulfill the sound reduction index requirements.

Fire regulations are not usually the most demanding requirements in structural design, although they can have a significant role in partitioning and high-rise buildings. A comparison of fire resistance between different structures is suggested as a topic for further study. For example, fireproof walls in factory buildings would make a potentially useful subject.

Key words: fire regulations, materials, partitioning.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	9
2	PALAMINEN	10
	2.1. Valvonta.....	10
	2.1.1 Viranomaisvalvonta	10
	2.2. Palotilanne	11
	2.2.1 Palon leviäminen.....	12
	2.2.2 Palon vaiheet	13
	2.2.3 Standardipalokäyrä.....	14
	2.3. Palokuorma	14
	2.3.1 Palokuormaryhmät	15
	2.3.2 Palokuorman määrittäminen.....	15
	2.4. Palonkestävyysaika	17
	2.5. Rakennustarvikkeiden luokittelu	18
	2.5.1 Rakenteiden suojaaminen.....	19
3	PALOLUOKAT	21
	3.1. Paloluokkien määrittäminen.....	21
	3.1.1 Rakennuksen koko ja henkilömäärä.....	21
	3.1.2 E1-paloluokitus	22
	3.2. Tuotanto- ja varastorakennusten paloluokkien määrittäminen	24
	3.2.1 Palovaarallisuusluokka.....	24
	3.2.2 Suojaustaso.....	24
	3.2.3 E2-paloluokitus	26
	3.2.4 Kerroksien määrittäminen	26
4	OSASTOINTI	27
	4.1. Palo-osastointi.....	27
	4.1.1 Kerrososastointi	27
	4.1.2 Käyttötapaosastointi.....	27
	4.1.3 Pinta-alaosastointi	28
	4.1.4 Tavanomainen palo-osasto.....	28
	4.2. Tuotanto- ja varastorakennusten palo-osastointi	29
	4.2.1 Pinta-alaosastoinnin rajoitukset	29
	4.2.2 Käyttötapaosastointi.....	30
	4.2.3 Rakennusosien liittymät	30
5	RAKENTEET	31
	5.1. Kantavat rakenteet	31
	5.1.1 Luokkavaatimukset	31

5.1.2	Tuotanto- ja varastorakennusten lievennykset	32
5.2.	Osastoivat rakenteet	34
5.2.1	Lasirakenteet	35
5.2.2	Ovet	36
5.2.3	Läpiviennit	37
5.3.	Sisä- ja ulkopinnat	38
5.3.1	Sisäpuoliset pinnat	38
5.3.2	Ulkoseinät	40
5.3.3	Katteet	40
6	POISTUMINEN	42
6.1.	Palotilanne	42
6.1.1	Poistumisalueet	42
6.1.2	Poistuminen uloskäytäviin ja varatiet	43
6.1.3	Uloskäytävä.....	44
6.1.4	Uloskäytävien mitoitus	45
6.1.5	Pelastustie.....	46
7	MATERIAALIT	47
7.1.	Betonituotteet.....	47
7.1.1	Kerrostalo- ja hallirungot	48
7.1.2	Palosuojaus.....	49
7.2.	Puutuotteet	50
7.2.1	Puukerrostalot	51
7.2.2	Puuhallit	54
7.2.3	Palosuojaus.....	55
7.3.	Terästuotteet.....	56
7.3.1	Kerrostalo- ja hallirungot	56
7.3.2	Palosuojaus.....	58
7.4.	Palosuojausmenetelmät.....	58
7.4.1	Eristäminen	58
7.4.2	Levytys.....	59
7.4.3	Ruiskutus.....	60
7.4.4	Betoni	61
7.4.5	Vesi	61
7.4.6	Tiili- ja kivipinnat	61
7.4.7	Maalaus	61
8	OSASTOIVAT SEINÄT	63
8.1.	Levytysratkaisut.....	64
	POHDINTA	67
	LÄHTEET.....	69

LIITTEET	71
Liite 1. Rakennustarvikeluokittelu (E1 2011) 1(2).....	71
Liite 1. Rakennustarvikeluokittelu (E1 2011) 2(2).....	72
Liite 3. Suuntaa-antavia materiaalien paloluokituksia (Puuinfo 2012).....	74
Liite 4. Palovaarallisuusluokittelun esimerkkejä (E2 2005).....	75
Liite 5. P2-paloluokan 5-8-kerroksen ulkoseinä (Puuinfo:P2-luokan ulkoseinä)	76
Liite 6. Tuotanto- ja varastorakennuksien palosuojaamattomat osat (B7 1996, 36).....	77
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10) 1(10)	78
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10) 2(10)	79
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10) 3(10)	80
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10) 4(10)	81
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10) 5(10)	82
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10) 6(10)	83
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10) 7(10)	84
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10) 8(10)	85
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10) 9(10)	86
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10) 10(10)	87
Liite 8. Palokuolemat 1964–2014 (SPEK).....	88

ERITYISSANASTO

Alkusammutuskalusto	Palon alkuvaiheen sammutukseen tarkoitettu tavallisesti yhden henkilön sammutuskalusto
E	Tiiviys. Osastoivan rakennusosan kyky kestää pinnan vastakkaiselta puolelta läpätunkevia liekkejä tai kuumia kaasuja
Huoneistoala	Pinta-ala, jota rajaavat huoneistoa ympäröivien seinien sisäpinnat ja josta on vähennetty huoneiston sisäisten kantavien ja osastoivien rakennusosien sekä hormiryhmien alat
I	Eristävyys. Osastoivan rakennusosan kyky kestää pinnan vastakkaiselta puolelta lämmönsiirtymisen seurauksena leviäviä paloja
Kerrosala	Rakennuksen kerrosten yhteenlaskettu pinta-ala. Kerrosalaan lasketaan alat aina ulkoseinien ulkopintaan asti
Kiinteä sammutusjärjestelmä	Automaattisesti palon havaitseva, palosta hälyttävä ja sammutuksen aloittava laitteisto
Kulkureitti	Uloskäytävään johtava kulkukelpoinen tie
Lieskahdus	Rajatussa tilassa olevien palavien tarvikkeiden kaikkien pintojen nopea syttyminen
OH-luokka	Sprinklerilaitteistojen yleinen luokka
Palomuuri	Seinä, joka estää määrätyn ajan palon leviämisen sen toiselle puolelle ja kestää siihen liittyvän rakennuksen tai rakennusosan sortumatta
Poistumisalue	Poistumisen järjestämiseen tarkoitettu yhtenäinen ja tarkoituksenmukainen rakennuksen osa. Usein myös palo-osasto
R	Kantavuus. Rakennusosan kyky kestää mekaanisesti kuormitettuna yhdelle tai useammalle pinnalle kohdistuvan paloaltistuksen ajan ilman rakenteellisen stabiliteetin menetystä
SFS-5980	Standardi asuntosprinklerilaitteistoille
SFS-12845	Standardi kiinteille palonsammutusjärjestelmille
Sisäinen käytävä	Poistumisalueeseen kuuluva ja sen tiloista uloskäytävään johtava käytävä

Uloskäytävä	Poistumisalueelta ulos johtava ovi taikka rakennuksessa tai sen ulkopuolella oleva tila, jonka kautta turvallinen poistuminen on palonaikana mahdollista
Varatie	Uloskäytävää vaikeakulkuisempi reitti, jota pitkin on mahdollisuus pelastautua palotilanteessa

1 JOHDANTO

Työ on toteutettu kirjallisuustutkimuksena. Työssä esitellään yli 2-kerroksisten- sekä hallirakennuksien tyypillisimpiä palokriteerejä. Lisäksi tekstissä pyritään selvittämään, mitä vaatimukset käytännössä tarkoittavat rakenteiden valinnassa. Palomääräykset perustuvat Rakennusmääräyskokoelman E1- sekä E2-asiakirjoihin, joihin on kirjoitettu määräyksiä ja ohjeita maankäyttö- ja rakennuslain pohjalta. E1-asiakirja kertoo rakennuksien yleisistä palomääräyksistä ja E2-asiakirja teollisuus- ja varastorakennuksista.

Rakennuksien palokriteerit ohjautuvat määräyksiin asetettujen luokittelujen perusteella. Kohteiden suojaustarve perustuu rakennuksen palonaikaiseen pelastumisen tarpeeseen sekä palon laatuun. Mikäli tilassa on samanaikaisesti reilusti ihmisiä, pelastumisen kannalta on tärkeintä, etteivät rakennuksen kantavuuden varmistavat rakenteet vahingoitu ja pahimmassa tapauksessa aiheuta sortumaa. Poistumisen turvaamiseksi rakennuksen palaminen pyritään eristämään osastoinnilla välttämällä palon yltiöpäinen leviäminen.

Työssä pyritään selvittämään millaisia asioita rakennuksen palomitoituksessa otetaan huomioon sekä mihin nämä vaikuttavat rakennuksen suunnittelussa. Tekstin pääpainona ovat kerrostalorakennuksien sekä tyypillisten hallirakennuksien luokitusten esittely, mutta selvyuden sekä vertailukohtien avuksi myös muiden rakennustyylien ohjeistuksia on jätetty esille.

Rakennuksien palokriteerien luokkarajat voidaan täyttää kriteereitä kestävimmillä rakenteilla. Korkeimman luokan rakennukset pyritään rakentamaan palamattomista materiaaleista, joten jokainen materiaali ei sovellu kaikkiin käyttökohteisiin. Työssä selvitetäänkin miten käyttökohteissa palokriteerien puolesta rakentamiseen soveltuvat materiaalit vertautuvat toisiinsa. Kerrostalo- ja hallirakennuksissa käytetään pääasiassa runkorakenteina betoni-, puu- ja teräsrakenteita, joiden palonaikainen toiminta eroaa merkittävästi toisistaan. Lisäksi työssä tutkitaan valittujen teräsrunkoisten ei-kantavien osastoitvien seinien suojauksen muutos, kun kohteessa vaaditaan korkeampaa paloluokkaa tai rakenne toimii huoneistojen välisenä. Työssä ei käsitellä savunpoistoa sekä muita turvallisuutta kohentavia laitteistoja kuten sprinklerilaitteistoja, mutta tekstissä kerrotaan esimerkiksi milloin savunpoistolaitteisto on välttämätön.

2 PALAMINEN

2.1. Valvonta

Rakentamista säädellään maankäyttö- ja rakennuslailla, jonka perusteella ympäristöministeriö julkaisee Suomen rakentamismääräyskokoelmaa. Erilaisten asetusten, säädöksi-en, ohjeiden ja oppaiden avulla pyritään ohjaamaan rakennuskohteiden suunnittelua, rakentamista ja valvontaa.

2.1.1 Viranomaisvalvonta

Kuntatasolla rakennusvalvontaviranomaisilla on päätösvalta ja vastuu rakentamisen lupakäsittelyssä sekä rakentamisen aikaisessa valvonnassa. Päätöksenteossa rakennusvalvoja saa tarvittaessa käyttää myös muita viranomaisia asiantuntijoina ja pyytää heiltä lausuntoja rakennuslupakäsittelyn tueksi. Valvonnalla pyritään täyttämään rakennuksen ja sen ympäristön terveellisyyden, turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden vaatimukset aiheuttamatta ympäristölle haittaa tai rumentamatta ympäristöä. (Ympäristöopas 39 2003, 18–19)

Paloturvallisuusvaatimusten toteuttamisen valvonta kuuluu lupahakemuksia käsitteleville rakennusvalvontaviranomaisille sekä luvasta päättävälle lautakunnalle (Ympäristöopas 39 2003, 19). Pelastuslain (379/2011) mukaan pelastusviranomaisen täytyy toimia yhteistyössä muiden viranomaisten kanssa, sekä osallistua paikalliseen ja alueelliseen turvallisuussuunnitteluun.

Pelastusviranomainen voi toimia muun muassa rakennuslupaan liittyvissä paloteknisissä kysymyksissä asiantuntijana. Useissa kunnissa viranomaisista muodostettu tarkastuselin tai katselmusmiehistö käsittelee hakemukset ja poimii erikseen kohdat, joihin halutaan pelastusviranomaisen kannanotto. Rakennusmääräyskokoelman E1:n mukaan pelastusviranomaista tarvitsee kuulla varatien, uloskäytävien ja hissikuilujen savunpoiston järjestämisen suunnittelussa sekä toteutuksessa (E1 2011, 29, 35). Muita huomiota pelastusviranomaiset voivat antaa muun muassa alueen palokunnan toimintavalmiuteen ja

asemakaavaan kirjattavista palokunnan kohteen operatiivisen toiminnan tarpeista (Ympäristöopas 39 2003, 19.)

Pelastusviranomaisen valvoo rakentamisessa käytönaikaista paloturvallisuutta palotarkastusten ja muun valvonnan avulla. Tällöin pelastusviranomaisen arvioi havaitsemien puutteiden, esimerkiksi maankäyttö- ja rakennuslain tai sen nojalla säädettyjen velvoitteiden toteutumisesta. Pelastusviranomaisella on oikeus määrätä havaitsemansa ongelmat korjattavaksi, mikäli ne aiheuttavat vaaraa henkilöturvallisuudelle. (Ympäristöopas 39 2003, 19.) Palotarkastuksien yhteydessä ei voi kuitenkaan enää asettaa uusia, rakennusluvasta poikkeavia rakenteellisia vaatimuksia, ellei kohde aiheuta pelastuslain (379/2011) mukaista turvallisuuteen harvoin käytännössä toteutuvaa tavanomaista suurempaa vaaraa.

Rakennuksen käytönaikainen valvonta kuuluu Pelastuslain (379/2011) perusteella kiinteistön omistajalle sekä toiminnanharjoittajalle. Laki velvoittaa heitä ehkäisemään vaaratilanteet ja varautumaan henkilöiden, omaisuuden ja ympäristön suojaamiseen. Rakennuksen kunnossapidon avuksi on kehitetty kiinteistökohtainen käyttö- ja huolto-kirja, jonka avulla rakennuksissa pyritään ehkäisemään vaaratilanteet pitämällä kiinteistön osat ja laitteet käyttöikätaivoitteissaan. (RakMk A4 2000, 2.)

Rakennuskohteeseen suunnitellut laitteiden asennus-, huolto ja tarkastustoiminta sekä vaatimustenmukaisuus kuuluvat Turvatekniikan keskus TUKESin vastuulle. Lisäksi TUKES toimii rakennustuotteille pakollisten Euroopan unionin CE-merkintöjen markkinoitivalvojana. (Ympäristöopas 39 2003, 19)

2.2. Palotilanne

Tulipalon syttymiseen tarvitaan aina lämmönlähde, kuten liekki tai riittävän korkeassa lämpötilassa oleva esine. Lisäksi jatkuvaan palamiseen tarvitaan palavan aineen, hapen, korkean lämpötilan ja näiden yhdistelmänä syntyvä häiritsemätön ketjureaktio. Palon reaktion nopeus vaihtelee tilan ja palavan aineen ominaisuuksien mukaisesti. (Ympäristöopas 39 2003, 23.)

2.2.1 Palon leviäminen

Lämpö siirtyy palotilanteessa kolmella eri tavalla:

1. Säteilemällä
2. Johtumalla
3. Virtaamalla

Säteilemällä lämpö siirtyy aina lämpimämmästä aineesta kylmempään. Lämpimämmästä kappaleesta säteilee ympäristöönsä sähkömagneettista säteilyä, joista suurin osa on näkymätöntä infrapunasäteilyä. Säteily kulkee ilmassa lähes vaimentumatta ja jossakin määrin myös läpinäkyvien aineiden läpi kuten lasirakenteiden (Ympäristöopas 39 2003, 23). Palon aiheuttamaan säteilyalueen suuruuteen vaikuttavat palavan kohteen lämpötila, koko ja etäisyys. Säteilevää palonleviämistä tapahtuu tilanteissa, joissa palon vaikutuspiirissä olevien aineiden tai rakenteiden lämpötila nousee yli niiden syttymislämpötilan. Palon läheisyydessä olevat palamattomat aineet vähentävät palon leviämisen riskiä. (Gyproc: Palon leviäminen tulipalossa.)

Johtumalla lämpö siirtyy nesteen tai kaasun sisällä tai kiinteän aineen välittömän kosketuksen kautta eteenpäin. Mitä tiheämpi aine on, sitä paremmin se yleensä johtaa lämpöä. Metallit siirtävät lämpöä paljon paremmin kuin huokoiset aineet. Palaessa lämpö voi kulkeutua muun muassa metallisten putkien kautta osastoivien seinien läpi palo-osastolta toiseen. Kuitenkin hyvin lämpöä johtavien aineiden pinnat lämpenevät usein hitaasti, mikä rajoittaa niiden syttymisen nopeutta. (Ympäristöopas 39 2003, 23.)

Palo voi levitä myös virtaamalla eli konvektiolla. Virtaus syntyy, kun tuli lämmittää ympäröivän tilan ilman ja synnyttämänsä palamiskaasun. Tapauksessa lämmenneet kaasut, jotka ovat kylmiä kaasuja kevyempiä, voivat kulkeutua etäälle alkuperäiseltä paloalueelta. Syttymistä edesauttavat lämmenneiden kaasujen mahdollisesti kasvanut hapensaanti, mikäli alkuperäisessä palotilassa oleva hapen määrä on vähäinen. Virtauksen tyypillisimpiä leviämisreittejä rakentamisessa ovat ontelot ja käytävät, koska niihin ei tällöin sekoitu laimentavaa ja jäähdyttävää ilmaa. Etäpalojen syntymisen riskiä voidaan vähentää käyttämällä rakenteiden pinnoissa syttymistä ja palamisen leviämistä estäviä materiaaleja palokatkoina. (Gyproc: Palon leviäminen tulipalossa.)

2.2.2 Palon vaiheet

Tulipalon eteneminen voidaan jakaa kolmeen toisistaan eroavaan vaiheeseen:

1. Syttymis- ja kasvuvaihe
2. Täysin kehittynyt palo
3. Sammumis- ja jäähtymisvaihe

Syttymis- ja kasvuvaiheeseen kuuluu palon syttymisen jälkeinen aika lieskahdukseen asti. Syttyessään tuli aloittaa ympäröivän tilan lämmittämisen, jolloin palon leviämisen nopeuteen vaikuttavat palavasta aineesta vapautuva lämpö ja palon ympäröivän alueen materiaalien syttymisherkyys. Lisäksi paloon vaikuttavat palavan aineen määrä, sijainti, tilan pinta-ala sekä ilmansaantiaukkojen koko ja sijainti. Lämpötilan kohottua tilan katonrajassa satoihin asteisiin, myös rakenteiden pintojen lämpötilat ja syttymisherkyys kohoavat. Palolämpötilan kohotessa 400 °C:seen palon leviäminen kiihtyy. 500 – 600 °C:n lämpötilassa kaikki palamiskykyinen materiaali syttyy palamaan eli tapahtuu ns. lieskahdus. Kytevästä palosta syttyvä palo lieskahdukseen asti kestää tilasta ja palavasta materiaalista riippuen noin 5 – 15 minuuttia. Kuitenkin palavan materiaalin määrän ollessa vähäinen ja hapen saanti estynyt, voi palo sammua itsestään. (Ympäristöopas 39 2003, 23–24.)

Lieskahduksen jälkeen syntyvään täysin kehittyneen palon laatuun vaikuttaa palavan aineen hapensaanti. Tilan sisältäessä palamiseen nähden vain pieniä aukkoja, rajoittaa hapenpuute palosta vapautuvan energian määrää. Pienet aukot vähentävät palon voimakkuutta, mutta tilaan jäävät palamiskykyiset kaasut palavat kauemmin ja pyrkivät leviämään paloalueen ulkopuolelle. Tiloissa, joissa aukkoja on runsaasti, saattaa ylimääräinen ilma pitää palosta syntyvän lämpötilan hallinnassa. Kuitenkin tavanomaisissa asuinhuoneistoissa, ikkuna- oviaukot laskien, saattaa palolämpötila kohota täysin kehittyneen palon aikana 1000 – 1200 °C:seen. (Ympäristöopas 39 2003, 24.)

Tulipalon jälkimmäistä vaihetta kutsutaan sammumis- ja jäähtymisvaiheeksi. Ympäröivän tilan ja palamiskaasujen lämpötilat alkavat laskea, kunhan tulipalon edellyttäneen palavan aineen määrä lähenee loppua. Kuitenkin kuumentuneista rakenteista kulkeutuu lämpöä jäähtyneeseen huonetilaan sekä rakenteiden vastakkaisille puolille, mikä lisää riskiä palon leviämisestä ja syttymisestä vielä tunteja palon sammumisen jälkeen. (Ympäristöopas 39 2003, 24.)

2.2.3 Standardipalokäyrä

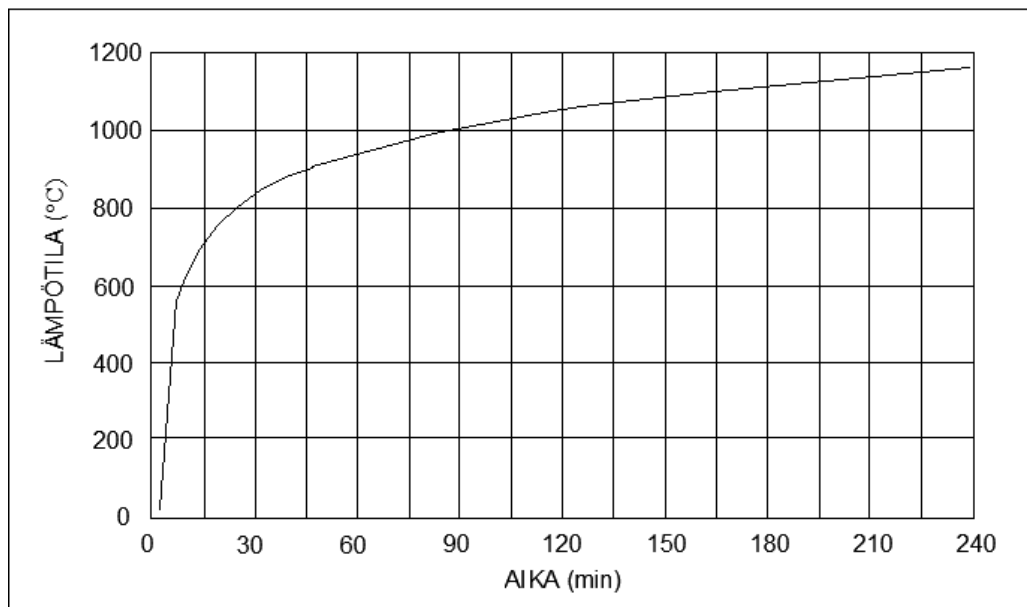
Palotilanteen edistymisen seurantaan käytetään usein standardipalokäyrää (kuva 1). Standardipalokäyrän avulla saadaan selville palon lämmön nousu tietyn ajan kuluessa. Standardipalossa lämpötila kuitenkin kohoaa jatkuvasti, eikä se tällöin ota huomioon tilassa olevan palavan materiaalin määrää. Standardipalokäyrän kaavana käytetään:

$$T - T_0 = 345 \log_{10}(8t + 1), \text{ jossa}$$

T = palotilan lämpötila °C

T_0 = alkuperäinen lämpötila

t = lämpöaltistuksen kesto minuutteina. (Iso-Mustajärvi & Inha 1999, 12.)



KUVA 1. Standardipalokäyrä (Gyproc: Standardipalo.)

2.3. Palokuorma

Palokuormalla tarkoitetaan osastoidun alueen kokonaisuutena vapautuvaa lämpömäärää, kun tilassa oleva aine palaa täydellisesti. Siihen lasketaan mukaan kantavat, runkoa jäykistävät, osastoivat ja muut rakennusosat ja irtaimisto. Palokuorma ilmoitetaan megajouleina huoneistoalan neliometriä kohden ja se jaetaan palokuorman tiheyden mukaan kolmeen palokuormaryhmään. Kohteen palokuorman tuomat vaatimukset valikoituvat tilan palokuormaryhmän mukaan. Mikäli osastossa on paljon palokuormaa, myös vaatimukset ovat korkeammat. (Ympäristöopas 39 2003, 45.)

2.3.1 Palokuormaryhmät

Rakennusmääräyskokoelman E1:n asettamat palokuormaryhmät ovat seuraavat:

- $> 1200 \frac{MJ}{m^2}$
- $\geq 600 \frac{MJ}{m^2}$:n $\leq 1200 \frac{MJ}{m^2}$
- $< 600 \frac{MJ}{m^2}$

Yli $1200 \frac{MJ}{m^2}$:n palokuorman tiloihin kuuluvat pääasiassa varastot, jotka ovat eristetty omiksi palo-osastoiksi. Tuotanto- ja varastorakennuksissa palokuorma määritetään tapauskohtaisesti, sillä kohteiden mahdolliset toiminnot voivat erota merkittävästi riskeiltään. (RakMk E1 2011, 10.)

Palokuormaluokkien välitasona käytetään $600 \frac{MJ}{m^2}$:n ja $1200 \frac{MJ}{m^2}$:n välistä palokuormaa ja pienimpänä alle $600 \frac{MJ}{m^2}$:n palokuormaa. Näihin kohteisiin kuuluvat osastoinnin koon mukaisesti kokoontumis- ja liiketilat, sekä asuinrakennukset, majoitustilat ja hoitolaitokset. (RakMk E1 2011, 10.)

Asuinrakennukset, majoitustilat, hoitolaitokset ja pienikokoiset kokoontumis- ja liiketilat sijoitetaan yleensä alle $600 \frac{MJ}{m^2}$ palokuormaluokkaan, sillä rakennuksissa palokuormaa lisäävät pääasiassa irtaimisto ja osastossa käytetty palava ainesosa. Alimpaan ryhmään voidaan usein sijoittaa yli $600 \frac{MJ}{m^2}$:n -palokuormaiset rakennukset, mikäli kohde varustetaan automaattisella sammutuslaitteistolla. (RakMk E1 2011, 10.)

2.3.2 Palokuorman määrittäminen

Rakennuksen palokuormaryhmä määräytyy normaalitapauksessa sen käyttötavan perusteella (RakMk E1 2011, 9). Käyttötapoina käytetään kuvan 2 esimerkkejä, joiden määrittämisen lähtökohtana pidetään

- onko kohde päiväkäytössä, iltakäytössä vai yökäytössä

- kuinka hyvin käyttäjät tuntevat tilat
- miten käyttäjät kykenevät toimimaan palotilanteessa.

Kuvan käyttötapojen luokittelu perustuu vain rakennuksien yleiseen käyttöön. Tarkempi jaottelu tarvitsee tehdä kohteen tapauskohtaisen käytön tai käyttäjien perusteella. Tuotanto- ja varastotilojen kohdalla määrittäminen tehdään tilan palovaarallisuusluokan perusteella. (RakMk E1 2011, 7.)

Asunnot

Esimerkiksi

- asuinhuoneistot
- vapaa-ajan asunnot

Majoitustilat

Tilat, jotka yleensä ovat ympärivuorokautisessa käytössä ja joissa ei ole hoidettavia tai eristettyjä henkilöitä.

Esimerkiksi

- hotellit
- lomakodit
- asuntolat

Hoitolaitokset

Tilat, jotka ovat ympärivuorokautisessa käytössä ja joissa on hoidettavia tai eristettyjä henkilöitä.

Esimerkiksi

- sairaalat
- vanhainkodit
- suljetut rangaistuslaitokset

Kokoontumis- ja liiketilat

Tilat, jotka yleensä ovat päivä- tai iltakäytössä ja joissa on merkittävästi yleisöä tai asiakkaita.

Esimerkiksi

- ravintolat
- myymälät
- koulut
- päiväkodit ja muut varhaiskasvatuksen tilat
- urheiluhallit
- näyttelyhallit
- teatterit
- kirkot
- kirjastot
- päivähoitolaitokset

Työpaikatilat

Tilat, jotka yleensä ovat päiväkäytössä ja joissa on pääosin tilat tuntevaa henkilökuntaa.

Esimerkiksi

- toimistot
- virastot
- hallintotilat

Tuotanto- ja varastotilat

Tilat, joissa yleensä on vakinaista, paikallisiin olosuhteisiin perehtynyttä henkilökuntaa.

Esimerkiksi

- tavanomaiset teollisuustilat
- maatalouden tuotantotilat
- suurehkot varastot

KUVA 2. Rakennusten käyttötavat (RakMk E1 2011, 7.)

Harvinaisemmissa tapauksissa palokuorma voidaan myös laskea. Laskentatapaa käytetään pääasiassa erityistapauksissa, joissa palokuorma ei sellaisenaan sovellu käyttötapojen mukaiseen palokuormaryhmään. Esimerkiksi tilassa oleva todellinen palokuorma voidaan todistaa merkittävästi pienemmäksi kuin yleisessä käyttötaparyhmässä. Lisäksi P1-luokan tuotanto- ja varastorakennuksissa, joissa palokuormat eroavat suuresti toimialoittain ja erityistoiminnoissa palokuorma pitää laskea. (Ympäristöopas 39 2003, 45)

Yksityiskohtaisessa laskennassa kohteesta tarvitaan osastolla sijaitsevan ja sen ympäröivien rakenteiden palavien aineiden määrä ja laatu, sekä alueen pinta-ala. Palavat aineet kerrotaan materiaalikohtaisilla lämpökertoimilla, joiden tulosten summasta saadaan palo-osaston kokonaislämpömäärä. Palokuorman tiheys muodostuu kokonaislämpömäärästä, kun se jaetaan laskettavan tilan huoneistoalalla. (Ympäristöopas 39 2003, 45–46.)

2.4. Palonkestävyysaika

Rakenteiden palonkestävyysaika eli palonaikainen kestävyys minuutteina määritellään materiaalikohtaisesti tai rakenneyhdistelminä joko kokeellisesti, laskennallisesti, yhdistämällä koe- ja laskennalliset tulokset tai käyttämällä hyväksyttävää taulukkomitoitusta (RakMk E1 2011, 38). Edellä mainituilla tavoilla saadaan materiaalin tai yhdistelmä-rakenteen tyyppihyväksyntä, jota voidaan soveltaa kyseisiin rakenteisiin jatkossakin. Käytössä olevia palonkestävyysaikoja ovat 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 ja 240 minuuttia (RakMk E1 2011, 5).

Yhdessä palonkestävyysajan kanssa, rakenteelle määritetään lisäksi niiden käyttöominaisuudet palotilanteessa. Kantavien rakenteiden vaatimus mitoituksessa on palonaikainen kantavuus (RakMk E1 2011, 16). Tällöin palonkestävyysajan eteen lisätään rakenteiden luokkavaatimuksissa R-kirjain merkitsemään kyseisen rakennusosan tarkoitusta.

Osastoivien rakenteiden pitää tyyppillisesti kestää tarvittava aika eristävyyden ja tiiviyyden suhteen. Näitä kahta kuvataan luokkavaatimuksissa EI-kirjainyhdistelmänä edeltämässä tavanomaista 15–120 minuutin kestävyysaikaa. Määräyksien mukaan osastoivaksi rakenteeksi voidaan kuitenkin hyväksyä myös rakenteita, jotka kestävät palotilanteessa ainoastaan tiiviyyden suhteen (RakMk E1 2011, 18). Tällaisia rakenteita ovat yleensä osastoivat lasirakenteiset ovet ja -ikkunat.

Tuotanto- ja varastorakennuksissa palo-osastojen välisille seinille vaaditaan tiiviyyden ja eristävyyden ohella iskunkestävyyttä (RakMk E2 2005, 5). Iskunkestävät rakenteet voivat toimia palomuurina, jolloin sen tehtävänä palotilanteessa on kestää siihen liittyvien rakennusten tai niiden osien sortuminen (Ympäristöopas 39 2003, 107). Palomuuereista käytetään lyhenteenä EI-M -merkintää ja rakenteen palonaikaista kestävyyttä minuutteina.

2.5. Rakennustarvikkeiden luokittelu

Rakennustarvikkeet luokitellaan niiden palonaikaisen toiminnan perusteella. Niiden toiminnasta tutkitaan vaikutukset

- palon syttymiseen sekä leviämiseen
- savun tuottoon
- palavaan pisarointiin.

Rakennustarvikkeet ovat yleensä palokokeilla hyväksytyjä erikoisrakenteita tai liitteen 1 mukaisia ilman testausta ja luokitusta hyväksytyjä tarvikkeita. (RakMk E1 2011, 5, 41)

Rakennustarvikkeet luokitellaan kirjaimin kuvaamaan rakenteen toimintaa palotilanteessa. Tarvikkeiden luokat ovat:

- A1 - Paloon osallistumattomat
- A2 - Erittäin rajoitetusti paloon osallistuvat
- B - hyvin rajoitetusti paloon osallistuvat
- C - rajoitetusti paloon osallistuvat
- D - hyväksyttävästi paloon osallistuvat
- E - palossa hyväksyttävästi käyttäytyvä
- F - määrittelemättömät

Lattiapäällysteisiin ja putkimaisiin lämmöneristeisiin lisätään lisäksi alaindeksit erottelemaan tarvikkeita. Rakennustarvikeluokka merkitään aina yhdessä savun tuoton ja palavan pisaroinnin kanssa, poikkeuksena A1 -luokan palamattomat rakenteet. Katteiden osalta käytössä on yksi varsinainen luokka B_{ROOF} (t2). Tähän kuuluvat rakenteet ovat taulukoituna liitteeseen 2. (RakMk E1 2011, 5-6, 42.)

Savun tuoton suuruus ilmoitetaan rakennustarvikkeissa s-lisämääreellä. Määre jaotellaan lisäksi kolmeen eri alaluokitukseen s1, s2 ja s3, joista s1 luokitus on tiukin. Poikkeuksena lattiapäällysteet, jotka jaetaan kahteen käytössä olevaan alaluokkaan s1 ja s2, jolloin s1:llä tarkoitetaan rajoitettua savuntuottoa ja s2:lla muunlaista savuntuottoa aiheuttavia tarvikkeita. Palavaa pisarointia merkitään d-lisämääreellä. Se pilkotaan savun tuoton tavoin kolmeen luokkaan d1, d2 ja d3, joista d1-luokitus on vaativin (RakMk E1 2011, 5-6).

Edellämainittujen lukuisien määreiden perusteella rakennustarvikkeet pystytään jaottelemaan kymmeneen toisista poikkeaviin luokkiin. Suomen rakennusmääräyskokoelmassa käytetään kuitenkin vain taulukko 1:n mukaisia tarvikeluokkia, jolloin rakenteen osallistumista paloon kuvaa vain yksi merkintä per pääluokka. Jatkossa tekstissä esiintyvät rakennetarvikeluokat ilmoitetaan vain tarvikeluokan tason mukaan esimerkiksi A1-, B- tai C-luokka. Liitteessä 3 on eritelty merkittävimpien rakennusmateriaalien suuntaa-antavat paloluokat. Monilla materiaaleilla on kuitenkin paloluokallisesti erilaisia tarvikkeita. Rakennustarvikkeita selvittäessä tuotteesta täytyykin selvittää sen todelliset ominaisuudet. (Ympäristöopas 39 2003, 33.)

TAULUKKO 1. Suomessa käytössä oleva luokittelu (RakMk E1 2011, 6)

Yleiset rakennustarvikeluokat	Putkimaisten lämmöneristeiden luokat	Lattiapäällysteiden luokat
A1		
A2-s1, d0	A _L -s1, d0	A _{FL} -s1
B-s2, d0	B _L -s1, d0	
C-s2, d1	C _L -s2, d1	
D-s2, d2	D _L -s2, d2	D _{FL} -s1

2.5.1 Rakenteiden suojaaminen

Rakennuksien pinnat tulee yleensä suojaverhota, mikäli kohteen runkorakenteet tai suojaverhouksen taakse jäävät rakenteet toteutetaan paloon osallistuvista materiaaleista P1- tai P2-paloluokassa (RakMk E1 2011, 16, 22). Suojaverhouksella rakenteet suojataan määräyksien mukaiseksi ajaksi palon leviämiseltä sisäpuolisiin rakenteisiin. Suojauksella estetään pinnan syttyminen, hiiltyminen tai muu palon aiheuttama vaurioituminen. (Ympäristöopas 39 2003, 29.)

Suojaverhouksessa rakenteen pintaan lisätään paloa eristävä rakennusmateriaali, jonka materiaaliominaisuuksien tulee täyttää kohteen mukaiset luokkien K₁10, K₂10, K₂30, K₂60 -vaatimukset. Suomessa käytössä olevissa määräyksissä käytetään kuitenkin vain 30 minuutin tai 10 minuutin suojaverhousvaatimuksia eli K₂30 ja K₂10 -luokkia. 30

minuutin suojaverhous korvataan usein vastaavan ajan suojaavalla osastoivalla rakenteella. (RakMk E1 2011, 5.)

3 PALOLUOKAT

3.1. Paloluokkien määrittäminen

Rakennuksen toteutusta ohjataan asettamalla kohteelle paloluokka. Paloluokka määräytyy kohteen käyttötarkoituksen (Kuva 2), koon ja oletettavan henkilömäärän mukaisesti (kuvat 3, 4 ja 5). Paloluokat jaotellaan vaatimuksien perusteella kolmeen luokkaan P1, P2 ja P3. Vaativimmassa luokassa eli P1-luokassa rakennuksen palokriteerit ovat asetettu tasolle, jossa sen oletetaan kestävän palossa sortumatta, vaikka palokuorma palaisi loppuun. P2-paloluokka mahdollistaa lievennyksiä asuin- ja työpaikkarakennuksille rakennuksen suuruuteen, verrattaessa muihin käyttötarkoituseräluokkiin. (RakMk E1 2011, 7, 10–12.)

3.1.1 Rakennuksen koko ja henkilömäärä

Rakennuksen koko asettaa kohteelle enimmäiskerros määrän, -korkeuden ja -kerrosalan eli huoneistoalan. Tilan suurin sallittu henkilömäärä taas ratkeaa rakennuksen käyttötarkoituksen ja kerros määrän perusteella. Yli kaksikerroksisissa rakennuksissa henkilömäärälle ei ole enää rajoituksia. Kuitenkin kohteen enimmäiskorkeuden ja pinta-alan määräävät vaatimukset tulee tällöinkin täyttyä. (RakMk E1 2011, 11–12.)

Rakennuksen kerros määrällä tarkoitetaan jokaista maan päällä olevaa päällekkäistä kerrosta. Rinnetaloissa tai muissa monimuotoisissa rakennuksissa tarkastellaan kerros tasojen määrää saman pystyleikkauksen kohdalta. Muita kerroksiin lukeutumattomia osia voivat olla kellarikerrokset, ullakko tai parvi. Parvi lasketaan kuitenkin kerrosalaan, mikäli se on rakennuksen pääasiallisen käyttötarkoituksen mukaisessa käytössä. Ullakkoon ja kellarikerrokseen ei tavallisesti saa sijoittaa asuin- tai työtiloja. Erillinen kaavamääräys kuitenkin mahdollistaa tilojen mukauttamisen rakennuksen pääkäyttöä vastaavaksi, jolloin tilat lasketaan myös mukaan rakennuksen kerros määrään ja kerrosalaan. Muutetuissa tiloissa tulee huomioida mahdolliset vaikutukset rakennuksen turvallisiin poistumisteihin ja savunpoistoon. (Ympäristöopas 39 2003, 50.)

Rakennuksen korkeus mitataan maan pinnasta rakennuksen ulkopintaa pitkin vesikaton leikkausviivaan asti eli räystäskorkeuteen. Maan pinnan tason tulee kadun varressa yleensä noudattaa vahvistettuja katukorkeuksia ja muualla tontilla vahvistettujen nurkkapistekorkojen väliä. Muodoltaan yksinkertaisen rakennuksen korkeus voidaan laskea nurkkapisteistä korkeuden keskiarvona, mikäli rakennus sijaitsee suhteellisen suoraviivaisesti kallistuvassa maastossa. Monimutkaisemmissa rakennuksissa rakennuksen keskikorkeus saadaan jakamalla rakennuksen julkisivujen alat niiden piirillä. Rakennuksen vähäisiä osia tai paloluokkaan merkitsemättömiä osia voidaan hyväksyä laskematta niitä rakennuksen keskikorkeuteen. (Ympäristöopas 39 2003, 51.)

3.1.2 E1-paloluokitus

P1-paloluokka edellyttää rakenteissa ja turvallisuudessa korkeimpia kriteerejä ja valmiuksia. Tällöin rakennuksen suuruuteen ei aseteta kuitenkaan minkäänlaisia rajoituksia, kuten kuvan 3 taulukointi esittää. Korkeimman luokan rakennukset ovat tyypillisesti kolme- tai useampikerroksisia. Kuitenkin myös yksi- tai kaksikerroksiset rakennukset ovat toteutuskelpoisia, mikäli kohteen käyttötarkoitus tai henkilörajoitukset eivät mahdollista matalampaa luokkaa. (Ympäristöopas 39 2003, 47)

KERROSLUKU			
- yleensä		ei rajoitusta	
- asuinrakennus, työpaikkarakennus		ei rajoitusta	
- tuotanto- tai varastorakennus, autosuoja		ei rajoitusta	
KORKEUS			
- yleensä		ei rajoitusta	
- asuinrakennus, työpaikkarakennus 3–4 krs.		ei rajoitusta	
- asuinrakennus, työpaikkarakennus 5–8 krs.		ei rajoitusta	
- yksikerroksinen tuotanto- tai varastorakennus		ei rajoitusta	
KERROSALA			
Kerrosala yleensä			
- yksikerroksinen		ei rajoitusta	
- kaksikerroksinen		ei rajoitusta	
- yli kaksikerroksinen		ei rajoitusta	
Kerrosala tuotanto- ja varastorakennuksissa sekä autosuojissa			
- yksikerroksinen		ei rajoitusta	
- kaksikerroksinen		ei rajoitusta	
			Asumnot
			ei rajoitusta
			Majoitusilat
		1	ei rajoitusta
		2	ei rajoitusta
			Hoitolaitokset
		1	ei rajoitusta
		2	ei rajoitusta
			Kokoontumis- ja liiketilat
		1	ei rajoitusta
		2	ei rajoitusta
			Työpaikatilat
		1	ei rajoitusta
		2	ei rajoitusta
			Tuotanto- ja varastotilat
		1	ei rajoitusta
		2	ei rajoitusta

KUVA 3. P1-paloluokan koon ja henkilömäärän rajoitukset (RakMk E1 2011, 11–12)

P2-paloluokassa palokriteerit kantavissa rakenteissa ovat lievempiä kuin P1-luokassa. Näissä rakennuksissa riittävä turvallisuustaso saavutetaan asettamalla korkeampia vaatimuksia rakennuksen pintarakenteille, jolloin runkorakenteiden paloluokkavaatimukset kevenevät oleellisesti. Lisäksi paloturvallisuutta parantavilla laitteilla, kuten automaattisella paloilmioittimella, -savunpoistolaitteistolla ja -sammuuslaitteistolla sallitaan lie-

vennyksiä rakennuksen yleisiin rajoituksiin ja materiaaleihin. P2-luokan rakennuksissa ohjataan rakennuskorkeutta, kerroslukua, henkilömäärää ja osittain kerrosalaa kuvan 4 mukaisten määräyksien verran. Tyypillisesti rakennukset ovat P2-luokassa maksimissaan 2 kerroksisia, mutta asuin- ja työpaikkarakennukset voivat olla jopa 8 kerroksisia. (RakMk E1 2011, 10–12, 21.)

KERROSLUKU		Asunnot	
- yleensä	enintään 2	Majoitus- ja varastotilat	ei rajoitusta
- asuinrakennus, työpaikkarakennus	enintään 8		
- tuotanto- tai varastorakennus, autosuoja	enintään 2		
KORKEUS		Asunnot	
- yleensä	enintään 9 m	Majoitus- ja varastotilat	ei rajoitusta
- asuinrakennus, työpaikkarakennus 3–4 krs.	enintään 14 m		
- asuinrakennus, työpaikkarakennus 5–8 krs.	enintään 26 m		
- yksikerroksinen tuotanto- tai varastorakennus	ei rajoitusta		
KERROSALA		Asunnot	
Kerrosala yleensä		Majoitus- ja varastotilat	ei rajoitusta
- yksikerroksinen	ei rajoitusta		
- kaksikerroksinen	ei rajoitusta		
- yli kaksikerroksinen	enintään 12 000 m ²		
Kerrosala tuotanto- ja varastorakennuksissa sekä autosuojissa			
- yksikerroksinen	ei rajoitusta		
- kaksikerroksinen	ei rajoitusta		

KUVA 4. P2-paloluokan koon ja henkilömäärän rajoitukset (RakMk E1 2011, 11–12)

Paloluokista kevyimmäksi on määritelty P3-luokka. Luokkaan kuuluvat suurin osa asuinpientaloista ja yksikerroksisista hallirakennuksista. Tämän luokan rakennuksissa on tyypillistä, että rakennuksesta poistuminen on riittävän ripeää, jolloin rakennusmateriaalien luokkavaatimukset voivat olla kevyempiä (Ympäristöopas 39 2003, 48). Tämän mahdollistaa rajoitettu rakennusoikeus, joiden rajat löytyvät kuvasta 5. P3-luokassa rakennukset saavat olla korkeinaan 2-kerroksisia. Poikkeuksena tuotanto- ja varastorakennukset, joiden enimmäiskerroslukumäärä on vain yksi. (RakMk E1 2011, 10–12.)

KERROSLUKU		Asunnot	
- yleensä	enintään 2	Majoitus- ja varastotilat	ei rajoitusta
- asuinrakennus, työpaikkarakennus	enintään 2		
- tuotanto- tai varastorakennus, autosuoja	enintään 1		
KORKEUS		Asunnot	
- yleensä	enintään 9 m	Majoitus- ja varastotilat	ei rajoitusta
- asuinrakennus, työpaikkarakennus 3–4 krs.	ei sallittu		
- asuinrakennus, työpaikkarakennus 5–8 krs.	ei sallittu		
- yksikerroksinen tuotanto- tai varastorakennus	enintään 14 m		
KERROSALA		Asunnot	
Kerrosala yleensä		Majoitus- ja varastotilat	ei rajoitusta
- yksikerroksinen	enintään 2400 m ²		
- kaksikerroksinen	enintään 1600 m ²		
- yli kaksikerroksinen	ei sallittu		
Kerrosala tuotanto- ja varastorakennuksissa sekä autosuojissa			
- yksikerroksinen	ei rajoitusta		
- kaksikerroksinen	ei sallittu		

KUVA 5. P3-paloluokan koon ja henkilömäärän rajoitukset (RakMk E1 2011, 11–12)

3.2. Tuotanto- ja varastorakennusten paloluokkien määrittäminen

Tuotanto- ja varastorakennuksien paloluokittelu koskee palovaarallisia, räjähdysvaarallisia ja erityistiloja. Suunnittelun perustana käytetään RakMk:n E1:n mukaisia päätöksiä. Tuotanto- ja varastorakennuksissa paloluokka määräytyy palovaarallisuusluokan ja suojaustason perusteella. (RakMk E2 2005, 3.)

3.2.1 Palovaarallisuusluokka

Palovaarallisuusluokalla määritetään kohteen mahdollinen palovaara ja räjähdysvaara. Luokitus jaotellaan kahteen alaluokkaan. Alaluokista ensimmäinen eli palovaarallisuusluokka 1 sisältää toiminnot, joissa palovaara on vähäinen tai kohtuullinen. Toista eli palovaarallisuusluokkaa 2 käytetään, jos toiminnoista aiheutuu huomattava tai suuri palovaara taikka räjähdysvaara. Tapauskohtaisesti rakennuksen eri osat voidaan jakaa erillisiin palovaarallisuusluokkiin, mikäli rakennuksen toiminnot eroavat merkittävästi toisistaan.

Palovaaraa aiheuttaville tuotantokohteille asetettu palovaarallisuusluokka ei yksinään riitä määrittelemään kohteen vaarallisuutta, vaan yksittäiset laitekokonaisuudet suojataan yleensä myös erikseen. Liitteessä 4 on esitetty esimerkkejä eri toimialojen palovaarallisuusluokittelusta. Lisäksi liite kertoo sanallisesti mahdollisia tilanteita, jolloin kyseistä palovaarallisuusluokkaa käytetään. (RakMk E2 2005 3, 9.)

3.2.2 Suojaustaso

Tilojen pelastus- ja sammutustyön valmius määritellään suojaustason perusteella. Suojaustasot jaotellaan kolmeen tasoon. Suojaustaso vaikuttaa useisiin rakennuksen määryksiin, kuten

- paloluokkaan
- suurimpaan sallittuun osastokokoon
- savunpoistoon
- kantavien- ja osastoivien rakenteiden paloluokitteluun.

Suojaustaso voidaan määrittellä taulukon 2 avulla. (RakMk E2 2005, 3.)

TAULUKKO 2. Yhteenveto suojaustasoista (RakMk E2 2005, 3-4.)

	Palovaarallisuusluokka 1	Palovaarallisuusluokka 2
Suojaustaso 1	Tavallinen alkusammutuskalusto	Tehostettu alkusammutuskalusto
Suojaustaso 2	Suojaustaso 1:n sammutuskalusto + Paikallisesti ja hätäkeskukseen automaattisen ilmoituksen antava paloilmoitin	Suojaustaso 1:n sammutuskalusto + Paikallisesti ja hätäkeskukseen automaattisen ilmoituksen antava paloilmoitin
Suojaustaso 3	Suojaustaso 1:n sammutuskalusto + Automaattinen sammutuskalusto	Suojaustaso 1:n sammutuskalusto + Automaattinen sammutuskalusto

Ensimmäisellä suojaustasolla käytössä oleva tavallinen alkusammutuskalusto käsittää yhden henkilön käytössä olevia alkavaan paloon suunniteltuja laitteita, kuten paloposteja ja käsisammuttimia. Tehostetulla alkusammutuskalustolla tarkoitetaan tehokasta palopostiverkkoa tai raskaita kemiallisia sammuttimia. (RakMk E2 2005, 3.)

Toisella suojaustasolla automaattisen paloilmittimen käyttö on mahdollista, mikäli paikallisten sammutusvoimien saapuminen on riittävän nopeaa ja siitä seuraavat toimenpiteet parantavat oleellisesti henkilöturvallisuutta ja näin vähentää omaisuusvahinkoja. Tehokkaan sammutustyön alun kestäessä yli 10 minuuttia, kohteeseen tulee selvittää lisäpelastustoimia. (RakMk E2 2005, 4.)

Kolmannen suojaustason automaattisena sammutuskalustona voidaan käyttää joko sprinklerilaitteistoa tai vaahtolaitteistoa. Sprinklerilaitteistoa käytetään rakennuksiin, joissa

- palo-osaston koko on merkittävän suuri
- vesi ei aiheuta suuria materiaalisia vahinkoja
- vesi soveltuu palon luonteeseen.

Vaahtolaitteisto soveltuu erityisesti kohdesuojaukseen eli alueellista suojausta palovaarallisille tuotantokohdille ja tilanteisiin, joissa palon taltuttaminen ei onnistu veden avulla. (RakMk E2 2005, 4.)

3.2.3 E2-paloluokitus

Tuotanto- ja varastorakennusten paloluokittelu jakaantuu muiden rakennusten tapaan kolmeen luokkaan. P1-luokassa ei rajoiteta rakennuksen kerroslukua tai korkeutta, kun taas muissa luokissa kerrosluku on maksimissaan kaksi. Luokkaan kuuluvat rakennukset voivat kuulua joko palovaarallisuusluokkaan 1 tai 2. Kaksikerroksiset rakennukset toteutetaan aina P1-luokan vaatimuksien mukaisesti, mikäli tilan toiminta kuuluu palovaarallisuusluokkaan 2 tai tilassa työskentelee yli 50 ihmistä. (RakMk E2 2005, 4)

P2-luokan rakennukset voivat olla joko yksi- tai kaksikerroksisia. Yksikerroksisiin rakennuksiin ei aseteta erityisiä rajoituksia, toisin kuin kaksikerroksisiin. Kaksikerroksiset tuotanto- ja varastorakennukset voivat olla maksimissaan 9 metriä korkeita. Lisäksi palovaarallisuusluokkaan 1 kuuluviin rakennuksiin saadaan sijoittaa enintään 50 henkilön tilat. (RakMk E2 2005, 4)

Paloluokkaan P3 kuuluvat lähinnä palovaarallisuusluokan 1 mukaiset toiminnot. Kuitenkin suojaustasolla 3, voidaan myös palovaarallisuusluokan 2 toimintoja hoitaa rakennuksessa. Muita rajoituksia P3-luokassa ovat rakennuksen yksikerroksisuus ja 14 metrin maksimikorkeus. (RakMk E2 2005, 4.)

3.2.4 Kerroksien määritys

Kaksikerroksiset rakennukset voidaan lukea paloteknisesti yksikerroksisiksi, mikäli ensimmäisen kerroksen läheiseen toimintaan kuuluvat tilat vievät vain vähäisen osan toisen kerroksen alasta. Tällöin toisen kerroksen pinta-ala saa olla enintään 15 % koko rakennuksen kerrosalasta. Ala ei kuitenkaan saa ylittää 200 k-m²:ä. Rakennuksen toinen kerros tulee erottaa omaksi palo-osastoksi, mikäli kerroksen pinta-ala on vähintään 50 k-m²:ä. Hallin avonaisia varastoparvia tai hoitotasoja ei yleensä lasketa omaksi kerrokseksi, mutta niistä täytyy kuitenkin järjestää varatie turvalliselle alueelle. Kulkureitin pituus on tällöin enintään 45 metriä. (RakMk E2 2005, 4-5.)

4 OSASTOINTI

4.1. Palo-osastointi

Palo-osasto on tila, josta palon leviäminen on estetty etukäteen määritellyn ajan osastovilla rakenteilla tai tarvikkeilla. Turvallisuuden takaamiseksi rakennus jaetaan yleensä toisistaan eroaviksi palo-osastoiksi. Palo-osastoinnin ideana on

- palon ja savun eristäminen palavalle alueelle
- henkilöiden pelastuminen palotilanteessa
- helpommat ja nopeammat pelastus- ja sammutustoimet
- mahdollisimman vähäiset omaisuusvahingot.

Rakennuksen alueet jaotellaan usein käyttökohteen tarpeiden mukaisesti, joko kerrososastointiin, käyttötapaosastointiin tai pinta-alaosastointiin. (RakMk E1 2011, 13.)

4.1.1 Kerrososastointi

Kerrososastointi on yleinen varsinkin asuinkerrostalojen palo-osastoinnissa. Siinä huoneistot, eri kerrokset, kellarikerrokset ja ullakko muodostavat yleensä oman palo-osaston. Kerroksittainen osastointi ei ole kuitenkaan ehdoton vaatimus, vaan osastointi voi sisältää myös useampia avoyhteydessä olevia kerroksia. Tällöin jokaiselle kerrokselle pitää kuitenkin luoda oma poistumisalue paitsi monikerroksisissa asunnoissa, joihin riittää yksi poistumisalue. Kellarikerrosten yhdistäminen useampikerroksiseen palo-osastoon on myös kiellettyä. Muissa käyttötapatiloissa kerrososastointi toteutetaan yleensä kerrostasoinnilla, jolloin osastoidaan oleskelu tai työskentelyalueet erikseen. (Ympäristöopas 39 2003, 57.)

4.1.2 Käyttötapaosastointi

Käyttötapaosastointia käytetään, kun rakennuksen osat eroavat palokuormaltaan oleellisesti toisistaan ja palo-osaston osastoimatta jättäminen vaikuttaisi liikaa tilan henkilöiden turvallisuuteen ja omaisuuden suojeluun. Käyttötapaosastointia käytetään pääasiassa teollisuus- ja varastorakennuksissa, mutta myös kerrostaloissa ilmanvaihtokonehuo-

neet osastoidaan, mikäli ne palvelevat useita eri palo-osastoja. Käyttötapaosastointi perustuu pääasiassa kokemuksiin palovaarallisista tilanteista, joten toimiva suunnittelu vaatii tapauskohtaista harkintaa. (Ympäristöopas 39 2003, 60.)

4.1.3 Pinta-alaosastointi

Pinta-alaosastoinnissa samaan osastoon kuuluvien tilojen pinta-alat lasketaan yhteen. Palo-osaston enimmäisalajat määrittyvät tilan paloluokan ja käyttötarkoituksen perusteella (kuva 6). Samaan pinta-alaosastoon voidaan yhdistää useampiakin kerroksia, kunhan enimmäispinta-ala pysyy sallituissa rajoissa. (Ympäristöopas 39 2003, 59.) Osastointi on yleisintä tuotanto- ja varastorakennuksissa, sillä suurissa tiloissa pinta-alalla voidaan palo-osasto rajoittaa kohtuuttoman suurilta omaisuusvahingoilta. Palo-osaston pinta-alaa voidaan tapauskohtaisesti kasvattaa, mikäli kohde varustetaan turvallisuutta parantavilla laitteilla kuten automaattisella sammutuslaitteistolla. (RakMk E1 2011, 13–14.)

Käyttötapa	Rakennuksen paloluokka		
	P1	P2	P3
KERROKSET			
Asuinrakennukset	osastointi huoneistoittain	osastointi huoneistoittain	osastointi huoneistoittain
Majoitustilat ja hoitolaitokset			
- yöpymistilat	800 m ²	800 m ²	400 m ²
- muut tilat	1600 m ²	1600 m ²	400 m ²
Kokoontumis- ja liiketilat sekä työpaikkatilat	2400 m ²	2400 m ²	400 m ²
Tuotanto- ja varastotilat sekä autosuojat	harkinnan mukaan ¹⁾	harkinnan mukaan ¹⁾	harkinnan mukaan ¹⁾
ULLAKOT JA YLÄPOHJAN ONTELOT	1600 m ²	1600 m ²	alapuolisten osastojen mukaan ²⁾
KELLARIT	800 m ²	800 m ²	400 m ²
Taulukon huomautukset	¹⁾	Tuotanto- ja varastotilojen ohjeet ovat Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa E2 sekä autosuojien ohjeet osassa E4.	
	²⁾	Asuinrakennuksessa voidaan erityisestä syystä korvata palo-osastoinnilla enintään 200 m ² osastoihin.	
Ohje	Pinta-ala lasketaan niin kuin huoneistoala.		

KUVA 6. Palo-osaston enimmäisala (RakMk E1 2011, 14.)

4.1.4 Tavanomainen palo-osasto

Tavanomaisia palo-osastoja voivat olla muun muassa porrashuone, asuinhuoneisto, autosuoja ja uloskäytävä sekä tuotantolaitoksessa tuotantotila ja tuotevarasto. Jos rakennuksen yhteyteen on sijoitettu palo- tai räjähdysvaarallinen tila, rakennuksessa ei saa sijaita asuin-, kokoontumis-, hoito- tai majoitustiloja. Rakennuksissa joissa yhdistelmä on poikkeussyistä sallittu, tilat eivät saa olla välittömässä yhteydessä toisiinsa. (RakMk E1 2011, 13.)

4.2. Tuotanto- ja varastorakennusten palo-osastointi

Toimintojen luonteen vuoksi rakennukset osastoidaan pinta-alaosastoinnilla. Näistä muodostuneet tilat voidaan lisäksi jakaa tarvittaessa kerros- ja käyttötapaosastoinnilla. Osastoinnissa otetaan aina huomioon koko rakennuksen ala, vaikka tuotannon tai varastoinnin viemä pinta-ala veisi vain osan rakennuksen kokonaisalasta. Osastoissa käytössä olevat suurimmat sallitut pinta-alat määräytyvät rakennuksen palovaarallisuusluokan, suojaustason, paloluokan ja kerrosmäärän perusteella (Kuva 7). (RakMk E2 2005, 5-6.)

Sarake	P1			P2		P3
	1 kerros	2-3 kerrosta	yli 3 kerrosta	1 kerros	2 kerrosta	1 kerros
	1	2	3	4	5	6
Palovaarallisuusluokka 1						
- suojaustaso 1	6000 m ²	4000 m ²	3000 m ²	4000 m ²	2000 m ²	2000 m ²
- suojaustaso 2	12000 m ²	6000 m ²	4500 m ²	6000 m ²	4000 m ²	4000 m ²
- suojaustaso 3	harkinnan mukaan	harkinnan mukaan	harkinnan mukaan	harkinnan mukaan	12000 m ²	12000 m ²
Palovaarallisuusluokka 2						
- suojaustaso 1	2000 m ²	1000 m ²	750 m ²	1000 m ²	<i>ei sallittu</i>	<i>ei sallittu</i>
- suojaustaso 2	4000 m ²	2000 m ²	1500 m ²	2000 m ²	<i>ei sallittu</i>	<i>ei sallittu</i>
- suojaustaso 3	harkinnan mukaan	harkinnan mukaan	harkinnan mukaan	harkinnan mukaan	<i>ei sallittu</i>	2000 m ²
Taulukon huomautus:	Pinta-alat lasketaan kuten huoneistoala. Kellarien osastointi harkinnan mukaan.					

KUVA 7. Osaston suurin sallittu koko pinta-alaosastoinnissa (RakMk E2 2005, 6.)

4.2.1 Pinta-alaosastoinnin rajoitukset

Pinta-alaosastoinnissa varastointikorkeus rajoitetaan 6 metriin. Varastointikorkeuden ylittäessä rajan, palo-osaston enimmäispinta-ala kerrotaan sen korkeussuhteella

$\frac{6}{\text{varastointikorkeus (m)}}$. Tuotanto- ja varastorakennusten palo-osastoa rajaavat rakennus-

osat rakennetaan A1-luokan tarvikkeista massiivisina. (RakMk E2 2005, 5.)

4.2.2 Käyttötapaosastointi

Tuotanto- ja varastorakennuksien pinta-alaosastointiin jaetussa palo-osastossa saattaa jossain tapauksessa toimia toisistaan merkittävästi käyttötavaltaan eroavia toimintoja. Tällaisia eroavaisuuksia voivat aiheuttaa muun muassa palveluosastot, yli 50 henkilölle tarkoitettut sosiaalityöt, prosessitilat ja erilaiset varastotilat. Nämä käyttötavaltaan eroavat alueet osastoidaan aina omiksi palo-osastoiksi. (RakMk E2 2005, 6) Kuitenkaan pinta-alaltaan liian pieniä alueita ei tarvitse rajoittaa omiksi palo-osastoiksi palotilanteen sujuvan sammutus- ja pelastustoiminnan vuoksi, ellei suojaustarve ole välttämätön. (Ympäristöopas 39 2003, 60–61.)

4.2.3 Rakennusosien liittymät

Osastoivien rakennusosien liittymät vesikattoon ja ulkoseinään suunnitellaan soveltaen RakMk:n E1:n sisällyttämiä ohjeita palomuurille. Vesikaton kohdalla osastoivan rakennekerroksen suositellaan yltävän yli 300 mm katteen yläpuolelle tai vaihtoehtoisesti molemminpuolisella riittävällä vaakasuuntaisella katkolla. (RakMk E1 2011, 27.)

Yli $1200 \frac{MJ}{m^2}$:n palokuormalla osastoiva rakenne ulotetaan yli 750 mm katetta korkeammalle. Lisäksi vesikattorakenteet ja -eristeet tulee katkaista osastoivan rakenteen kohdalta, mikäli yläpohjarakenteet eivät täytä A2 -luokan vaatimuksia. (RakMk E1 2011, 27.)

Seinäliittymissä alle $1200 \frac{MJ}{m^2}$:n palokuormalla osastoivan rakenteen tulee ylittää seinälinja vähintään 100 mm, kun taas yli $1200 \frac{MJ}{m^2}$:n palokuormalla 750 mm. Seinälinjan ylitys voidaan korvata osastoivan rakenteen vaakasuuntaisella riittävällä katkolla. (RakMk E1 2011, 27.)

Pinta-alaosastoja rajaavien palo-ovien palomääräykset toteutetaan palomuurin vaatimuksia soveltaen (RakMk E2 2005, 6). Ovien tulee täyttää vähintään ympäröivän rakenteen palonkestävyys, jotka selviävät kuvasta 11. Lisäksi P1-luokan rakennuksissa oven materiaalin on oltava vähintään A2-luokkaa. (RakMk E1 2011, 27.)

5 RAKENTEET

Rakenteiden mitoitus voidaan suorittaa standardoidun palokäyrän pohjalta, joko kokeellisesti, laskennallisesti, edellisten yhdistelmänä tai hyväksytyt taulukkomitoituksen avulla. Lisäksi mitoitukseen voidaan käyttää myös oletetun palonkehityksen mukaisia rasiuksia. Oletetun palonkehityksen mitoituksessa huomioidaan rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät tilanteet eli millainen palotilanne on rakennukselle tyypillinen. (RakMk E1 2011, 8.)

5.1. Kantavat rakenteet

Kantavien rakenteiden palonaikaisena tehtävänä on kestää niille määritelty palonkestävyys aiheuttamatta vaaraa henkilöturvallisuudelle missään vaiheessa. Rakennuksen on kestävä sortumatta koko palokuorman palamisen ja jäähtymisen ajan, mikäli henkilöturvallisuus tai vahinkojen suuruus asettaa sen tarpeelliseksi. (RakMk E1 2011, 8, 14–15.)

5.1.1 Luokkavaatimukset

Kantaville rakenteille laaditut vähimmäisvaatimukset ovat kuvan 8 mukaiset. Rakenteet luokitellaan lähtökohtaisesti rakennuksen suuruuden perusteella eli paljon palokuormaa ja suuri kerrosmäärä tuovat laajemmat vaatimukset. P1-luokan rakennuksien luokkavaatimuksilla oletetaan rakennuksien kestävänsä sortumatta palon tai jäähtymisvaiheen ajan. Runkorakenteiden tulee kestää palokohteen todellisen palokuorman palaminen ilman sammuttamista. Sortumattomuutta tavoitellaan vähintään A2-luokan kantavilla rakenteilla tai alle 2-kerroksisissa rakennuksissa A2-luokan eristemateriaaleilla yhdessä kuvan 8 mukaisilla palonkestävyyksillä.

Sarake	P1			P2			P3
	Palokuorma MJ/m ²			Palokuorma MJ/m ²			
	yli 1200	600- 1200	alle 600	yli 1200	600- 1200	alle 600	
	1	2	3	4	5	6	7
Enintään 2-kerroksinen rakennus yleensä	R 120 *	R 90 *	R 60 *	R 30	R 30	R 30	-
- jos rakennuksen eristeet eivät ole vähintään luokkaa A2-s1, d0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R 30	R 30	R 30	-
- hoitolaitokset, majoitustilat, kellarit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R 30	R 30	R 30	-
3–8-kerroksinen rakennus yleensä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.
3–8-kerroksinen asuin- tai työpaikkarakennus							
- kerrokset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	R 180 *	R 120 *	R 60 *	ei mahd.
- kellarikerrokset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ei mahd.
Yli 8-kerroksinen rakennus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.
Ylimmän maanalaisen kellarikerroksen alapuolella sijaitsevat kellarikerrokset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

* = rakennuksen eristeiden ja muiden täytteiden tulee olla vähintään A2-s1, d0-luokan tarvikkeista.

= kantavat rakenteet on tehtävä vähintään luokan A2-s1, d0 tarvikkeista

- = ei luokkavaatimusta (katso kohta 6.1.2)

ei mahd. = ei mahdollinen

KUVA 8. Kantavien rakenteiden paloluokitus (RakMk E1 2011, 16.)

P2-luokan rakennuksissa kantaville rakenteille vaaditaan yleisesti 30 minuutin palonaikein kantavuus. Yli 2-kerroksisissa rakennuksissa vaatimukset ovat kuitenkin reilusti kireämmät. P3-luokan rakennettavissa oleville rakennuksille ei ole asetettu kantavuuden suhteen rajoituksia, paitsi ylimmän maanalaisen kellarikerroksen alapuoliselle kellarikerrokselle. Kantava rakenne voi toimia myös osastoivana rakenteena (kuva 11), jolloin osastointi voi vaatia kantavuuttakin suuremman kestävyuden. Tällöin rakenteen kantavuuden tulee täyttää osastointia vastaavat vaatimukset. (RakMk E1 2011, 15–16.)

5.1.2 Tuotanto- ja varastorakennusten lievennykset

Tuotanto- ja varastorakennuksen kantavat rakenteet toteutetaan pääasiassa kuvan 8 ”Enintään 2-kerroksinen rakennus yleensä” -sarakkeen kriteereillä. Kuitenkin muutamia lievennyksiä voidaan sallia kantaviin ja runkoa jäykistäviin rakenteisiin yksikerroksisissa rakennuksissa. Rakenteiden lievennykset voidaan toteuttaa taulukon 3 keinoin P1-luokan R120 rakennuksissa ja P2-luokan rakennuksissa yleisesti.

(RakMk E2 2005, 5.)

TAULUKKO 3. P1 ja P2 lievennykset (RakMk E2 2005, 5.)

P1	R15	R30
	Automaattinen sammutuslaitteisto Korvattavat rakenteet A2-luokkaa	Automaattinen sammutuslaitteisto
P2		
	Palovaarallisuusluokka 1 Rakenteet A2-luokkaa	
	Palovaarallisuusluokka 2 Automaattinen sammutuslaitteisto Rakenteet A2-luokkaa	

Yläpohjan rakenteiden, jotka eivät ole kantavan rungon tai jäykisteiden olennaisia osia, lievennykset esitetään kuvassa 9. Tuotanto- ja varistorakennuksissa niitä voidaan käyttää, mikäli rakennuksen yläpohjan lämmöneristeenä käytetään vähintään A2-luokan tarvikkeita, jatkuva sortuminen on estetty ja kaikki osastoinnin vaatimukset ja ohjeet täyttyvät. (RakMk E2 2005, 5.)

Yläpohjan rakenteiden vaatimukset enintään 2-kerroksisessa rakennuksessa, jossa ei ullakkoa, mikäli yläpohjan eristeet ovat vähintään A2-s1, d0-luokkaa, tai mikäli yläpohjan eristeet on suojattu syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta:

- P1-luokan rakennuksissa K₂ 60-luokan suojaverhous tai EI 60-luokan rakenne ja
- P2-luokan rakennuksissa K₂ 30-luokan suojaverhous tai EI 30-luokan rakenne.

Läpiviennit ja muut asennukset tulee toteuttaa siten, että eristeiden suojaus ei niiden johdosta heikkene.

- rakenteet, jotka ovat rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa ¹⁾	R 60	R 60	R 60	R 30	R 30	R 30	-
- rakenteet, jotka eivät ole rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa ¹⁾	R 15	R 15	R 15	R 15	R 15	R 15	-
Ullakon tai ontelon vesikattorakenteet, jotka eivät ole rakennuksen rungon olennaisia kantavia tai palossa runkoa jäykistäviä rakenteita	-	-	-	-	-	-	-

Kuva 9. Yläpohjan olennaiset ja ei-olennaiset osat (RakMk E1 2011, 16.)

Kantavan rungon olennaisia osia ovat yleensä pääkannattajat ja runkoa jäykistävät rakenteet. Olennaisia osia ovat myös sekundaarikannattajat, mikäli niiden tehtävänä on säilyttää pääkannattajien stabiilitetti. Muita olennaisia osia ovat esimerkiksi kuorirakenteet, avaruusristikot tai muut yläpohjan yksinään muodostavat rakenteet. Ei-olennaisen rungon aikainen sortuminen ei saa vaikuttaa olennaisen osan stabiilitettiin. (Ympäristö-opas 39 2003, 67.)

5.2. Osastoivat rakenteet

Palo-osastoa ympäröivien rakenteiden ja niihin liittyvien laitteiden ja varusteiden tehtävänä on estää palon leviäminen osastolta toiseen palotilanteessa. Palonaikainen toimivuus perustuu rakenteiden tiiviyyteen ja eristävyys. Rakenteen on oltava riittävän tiivis, ettei tuli ja savukaasut pääse läpäisemään rakennetta. Eristävyydellä taas estetään palotilanteen lämpösäteilyn leviäminen. Palo-osastoinnissa palon vastakkaisen puolen pinnan keskimääräinen lämpötila ei saa koskaan ylittää 140 °C:ta paloluokan edellyttämän mitoituspalon aikana. (Ympäristöopas 39 2003, 74.)



KUVA 10. Rakenteen tiiviyn mittaaminen puuvillavanalla

Osastoivien rakenteiden luokkavaatimukset ovat kuvassa 11 ja erilliset tuotanto- ja varistorakennuksien vaatimukset kuvassa 12. Jälkimmäisessä tapauksessa rakenteet toimivat palomuurin mukaisesti estäen tehokkaasti palon leviämistä. Mikäli kohteessa on reilusti palokuormaa, myös vaatimukset ovat korkeammat. Osastoivien ikkunoiden,

ovien ja pienehköjen aukkojen palonkestävyysaika on yleensä puolet siitä osastoivasta rakennusosasta mihin ne liittyvät (RakMk E1 2011, 18). Pienehkönä aukkona tarkoitetaan enintään 7 neliömetrin aukkoa. Kuitenkin, jos seinän palonkestävyysaikavaatimus on 15 minuuttia, ei liittyvä rakenne voi olla sitä heikompi. (Ympäristöopas 39 2003, 75, 77.)

Rakennuksen paloluokka ja kerrosluku					
Sarake	P1 ja P2 3–8 kerrosta			P2 1–2 kerrosta	P3
	Palokuorma MJ/m ²				
	yli 1200	600–1200	alle 600		
Osastoivat rakennusosat kerroksissa	1 EI 120	2 EI 90	3 EI 60	4 EI 30	5 EI 30
Osastoivat rakennusosat kellareissa	EI 120	EI 90	EI 60	EI 60	EI 30
Taulukon huomautus:	Tuotanto- ja varastorakennuksen pinta-alaosastointia toteuttavien rakennusosien luokkavaatimukset Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeiden E2 mukaan, autosuojan ohjeiden E4 mukaan ja kattilahuoneen sekä polttoainevaraston osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset ohjeiden E9 mukaan.				

KUVA 11. Osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset (RakMk E1 2011, 18.)

	P1	P2	P3
Palovaarallisuusluokka 1			
– suojaustaso 1 ja 2	EI-M 90	EI-M 90	EI-M 90
– suojaustaso 3	EI-M 60	EI-M 60	EI-M 60
Palovaarallisuusluokka 2			
– suojaustaso 1 ja 2	EI-M 120	EI-M 120	<i>ei sallittu</i>
– suojaustaso 3	EI-M 60	EI-M 60	EI-M 60
Taulukon merkintä:		= Edellytetään A1-luokan tarviketta.	

KUVA 12. Osastoivien rakennusosien luokka pinta-alaosastoinnissa (RakMk E2 2005, 5.)

5.2.1 Lasirakenteet

Lasirakenteissa huomioidaan rakenne kokonaisuutena. Lasin lisäksi myös sen komponenttien ja kehysrakenteiden pitää olla hyväksytyjä, ja asennustavan valmistajan ohjeiden mukainen. Osastoivat lasirakenteet voivat olla joko tiiviysvaatimukset (E) tai tiiviys- ja eristävyysvaatimukset (EI) täyttämiä. (Ympäristöopas 39 2003, 75.)



KUVA 13. Palolasin toiminta palotilanteessa

E-rakenne estää savukaasujen leviämisen, mutta päästää lävitseen lämpösäteilyä. Tämän luokan ikkunoille on tarpeellista määritellä kokorajoitus ja suojaetäisyys uloskäytävien kulkureitteihin sekä syttyviin materiaaleihin, sillä suurissa ikkuna-aloissa myös läpipääsevä lämpösäteily on suurempaa. EI-rakenteessa sen läpi pääsevää lämpösäteilyä ei tarvitse erikseen huomioida. (Ympäristöopas 39 2003, 75–76.)

5.2.2 Ovet

Osastoivaa aluetta erottavaa ovea kutsutaan yleisesti palo-oveksi. Se on mahdollista toteuttaa joko A2-luokan materiaaleista tai heikoimmilla materiaaleilla, jotka eivät leviätä savua palossa vaarallisesti. Palo-ovien tulee tavallisesti täyttää sekä tiiviiden että eristävyden vaatimukset, kuitenkin lasiovissa luokkamerkintä voi olla vain tiiviysvaatimukset täyttävä. Ovien palonkestävyys mitataan kokonaisuutena karmeineen, heloineen ja varusteineen. Osastoivan oven kuuluu tavanomaisessa käytössä avautua ja sul-

keutua helposti sekä kestää vaurioittamatta siihen kohdistuvat rasitukset. (Ympäristö-opas 39 2003, 77.)



KUVA 14. Puinen palo-ovi palon vastakkaiselta puolelta ja palon puolelta

Palo-oven pääasiallinen tehtävä on pysyä suljettuna palotilanteen aikana (RakMk E1 2011, 18). Tämä toteutetaan oven itsenäisellä sulkeutumisella ja salpautumisella. Ajoittain tilan käyttö vaatii osastoivan oven jatkuvaa avonaisuutta, silloin itsestään sulkeutuvat ovet voidaan korvata automaattisella suljinlaitteistolla, joka automaattisesti sulkee ja salpaa oven tulipalon sattuessa. Oven jatkuva toimiminen tulee kuitenkin olla varmistettu. (Ympäristöopas 39 2003, 78.)

5.2.3 Läpiviennit

Tärkeää osastoinnin toimivuudessa on huomioida mahdolliset läpiviennit. Osastojen läpi saa johtaa mahdolliset putket, roilot, kanavat, johdot ja hormit, kunhan ne eivät olennaisesti heikennä osastoivuutta. (RakMk E1 2011, 19)

Läpivientien osastointi toteutetaan tiivistämällä läpäisevä materiaali ympäröivään rakenteeseen. Käytännössä tiivistykseen vaadittavan materiaalin tulee täyttää vastaava palonkestävyysaika kuin sen ympäröivä rakenne. Läpäisevän rakenteen materiaali vaikuttaa tiivistysvaatimuksien laajuuteen. Vähintään A2-luokkaisilla tarvikkeilla tehty

läpivienti voidaan toteuttaa yksinkertaisemmin kuin heikompiluokkainen rakenne, jolloin rakenteet tulee katkaista osastoivan rakenteen kohdalla, ympäröidä itsekantavalla suojarakenteella tai muulla palon leviämistä estävällä tavalla. (Ympäristöopas 39 2003, 83)

5.3. Sisä- ja ulkopinnat

Rakennusmääräyskokoelman E1:n mukaan rakennuksessa käytetyt rakennustarvikkeet eivät saa palotilanteessa voimistaa tai ylläpitää paloa vaaraa aiheuttaen. Periaatteellisesti rakennustarvikkeet eivät saa sisältää aineita, jotka palavat ilman yhteisvaikutusta hapen kanssa. Myöskään ympäristölle haitallisia aineita ja palaessaan myrkyllisiä kaasuja levittäviä materiaaleja ei sallita. (RakMk E1 2011, 20.)

5.3.1 Sisäpuoliset pinnat

Sisäpuolisten pintojen, kuten seinien, sisäkattojen ja lattioiden suunnittelussa käytetään rakennuksen käyttötarkoituksen ja paloluokan mukaan määräytyviä pintamateriaalien vaatimuksia (Kuvat 15 ja 16). Kuvien taulukot huomioivat pintojen osallistumisen palon syttymiseen ja sen leviämiseen, savun tuottoon ja palavaan pisarointiin. Vaatimukset täyttävät pinnat voidaan tämän jälkeen päällystää tavanomaisin tapetti-, tasoite-, silote- ja maalikerroksin. Vähäisiä pinta-aloja täyttäviä alueita, kuten ovia, ikkunoita, kiinnityspintoja, käsijohteita, jalkalistoja ja levyjen välisiä saumoja ei lasketa pintarakenteiden vaatimukseen. (RakMk E1 2011, 20–21.)

Pintaluokittelua tarkastellaan tavallisesti palo-osastoittain. Tiloissa, joissa syttyminen ja palon leviämisen riski on huomattavasti palo-osaston tavanomaista tasoa vähäisempi ja poistumismahdollisuudet ovat erittäin hyvät, voidaan pinnat tapauskohtaisesti suunnitella yhtä pääluokkaa lievemällä rakennustarvikeluokan materiaaleilla. Lievennykset eivät kuitenkaan ole mahdollista sisäisillä käytävillä, uloskäytävillä tai tiloissa, joissa vaatimuksena ovat ennestään D-luokkaisia. Lisäksi lievennyksiä sallitaan varustaessa tila automaattisella sammutuslaitteistolla paitsi P2-luokan 3-8-kerroksisissa rakennuksissa. (RakMk E1 2011, 22.)

Käyttötapa	Kohde	Rakennuksen paloluokka		
		P1	P2	P3
Asunnot	seinät ja katot	D*	B**	D*
	lattiat	-	-	-
Majoitustilat	seinät ja katot	D	B	D
	lattiat	-	-	-
Hoitolaitokset	seinät ja katot	B	B	D
	lattiat	D _{FL}	D _{FL}	-
Työpaikatilat	seinät ja katot	D*	B**	D*
	lattiat	-	-	-
Ullakot ja kellarit -käyttöullakot -käyttämättömät ullakot sekä matalat ullakotilat ja ontelot -kellaritilat yleensä -teknisen huollon tilat	lattiat	A2 _{FL}	D _{FL}	D _{FL}
	yläpohjan yläpinta	B	B	D
	seinät ja katot	C	B	D
	lattiat	D _{FL}	D _{FL}	D _{FL}
	seinät ja katot	B	B	B
	lattiat	D _{FL}	D _{FL}	D _{FL}
	kattilahuoneen lattiat	A2 _{FL}	A2 _{FL}	A2 _{FL}
Uloskäytävät	seinät ja katot	A2***	A2	B
	lattiat	D _{FL}	D _{FL}	D _{FL}
Sisäiset käytävät majoitus- ja työpaikatiloissa	seinät ja katot	B	B	B
	lattiat	D _{FL}	D _{FL}	-
Saunat	seinät ja katot	D	D	D
	lattiat	-	-	-

* = Vähäisiä osia seinäpinoista voidaan verhota luokkaan kuulumattomilla tarvikkeilla

** = Vähäisiä osia seinäpinoista voidaan verhota D-luokan tarvikkeilla.

Koskee myös suojaverhottuja seiniä

Seinä- ja kattopinnat voidaan verhota vähintään D-luokan tarvikkeilla, kun tila on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla

*** = Vähäisiä osia seinä- ja kattopinoista voidaan verhota B-luokan tarvikkeilla

KUVA 15. Sisäpuoliset pinnat kerrostalorakennuksissa (RakMk E1 2011, 21.)

Käyttötapa	Kohde	Rakennuksen paloluokka		
		P1	P2	P3
Tuotanto- ja varastotilat				
-palovaarallisuusluokka 1	seinät	D	D	D
	katot	D	B	D
	lattiat	D _{FL}	D _{FL}	-
-palovaarallisuusluokka 2	seinät ja katot	B	B	B
	lattiat	A2 _{FL}	A2 _{FL}	A2 _{FL}
Kokoontumis- ja liiketilat				
-palokuorma < 600 MJ/m ²				
-pinta-ala on ≤ 300 m ²	seinät ja katot	D	D	D
	lattiat	-	-	-
-pinta-ala on > 300 m ²	seinät ja katot	C	C	D
	lattiat	-	-	-
-palokuorma ≥ 600 MJ/m ²	seinät ja katot	B	B	B
	lattiat	D _{FL}	D _{FL}	-

KUVA 16. Sisäpuoliset pinnat hallirakennuksissa (RakMk E1 2011, 21.)

Hallirakennuksissa tulee huomioida vähintään K₂10 -luokkainen suojaverhouk, mikäli P2-luokan enintään 2-kerroksisen rakennuksen pinnat ovat B-luokkaa tai sitä huonompia. Tällöin suojaverhouksen tarvikeluokan tulee täyttää sen takana olevan rakenteen määräystenmukaisuus. Lisäksi vähintään R30-luokkaisille palkeille ja pilareille ei aseteta pintamateriaalin vaatimuksia, yhdessäkään paloluokassa. (RakMk E1 2011, 21.)

5.3.2 Ulkoseinät

Ulkoseinissä asetetaan vaatimuksia ulkoseinän ulkopinnalle ja tuuletusraon ulko- ja sisäpinnalle (Kuva 17). Lisäksi P1- ja yli 2-kerroksissa P2-luokan runkorakenteet ovat luokiteltuja. Materiaalivaatimukset määräytyvät ulkoseinissä kerroskorkeuden, käyttötavan tai paloluokan perusteella. Parvekkeille noudatetaan myös ulkoseinän ulkopinnan vaatimuksia. (RakMk E1 2011, 23–24.)

	Rakennuksen paloluokka ja käyttötapa					
	P1		P2		P3	
	P1-luokan rakennukset yleensä	Enint. 8-kerroksiset asuin- ja työpaikkarakennukset	Hoitolaitokset	3–8-kerroksiset asuin- ja työpaikkarakennukset	Muut P2-luokan rakennukset	
Ulkoseinän ulkopinta	B-s1, d0 ¹⁾	B-s2, d0 ²⁾	B-s2, d0	B-s2, d0 ²⁾	D-s2, d2	D-s2, d2
Tuuletusraon ulkopinta	B-s1, d0 ¹⁾	B-s2, d0 ²⁾	B-s2, d0	B-s2, d0 ²⁾	D-s2, d2	D-s2, d2
Tuuletusraon sisäpinta	B-s1, d0	B-s1, d0	B-s1, d0	A2-s1, d0	D-s2, d2	-
Taulukon merkintä:	-	= ei vaatimusta				

KUVA 17. Ulkoseinien luokkavaatimukset (RakMk E1 2011, 24.)

Kuvan 17 mukaisten luokkavaatimusten lisäksi sallitaan myös lievennyksiä. Lievennykset mahdollistavat D-luokan tarvikkeiden käytön myös P1 ja P2 rakennuksissa. Näihin rakennuksiin tulee kuitenkin toteuttaa kappaleen 7.2.1 sisältämiä lisämääräyksiä. (RakMk E1 2011, 24.)

5.3.3 Katteet

Katteiden tehtävänä palotilanteessa on estää palon leviäminen vaaraa aiheuttavalla tavalla katteessa ja sen alustassa. Tavanomaisen katteen luokitus on B_{ROOF} (t2). Katemateriaalina voidaan käyttää myös luokkaan kuulumatonta katetta, mikäli kyseessä on eril-

linen tulisijaton rakennus tai kohteeseen ei aiheudu aluepalon vaaraa. Suuret kattopinnat jaetaan $2400m^2$:n osiin, mikäli katteen alusta ei ole vähintään A2-luokkaa tai rakenteet eivät ole liitteen 2 mukaisia. (RakMk E1 2011, 25.)

6 POISTUMINEN

6.1. Palotilanne

Hätätilanteessa rakennuksesta poistuminen suunnitellaan suoritettavaksi uloskäytävien kautta. Uloskäytäviä edeltävät rakennuksessa poistumisalueet, joiden sisältämät kulkureitit ohjaavat pääsyn uloskäytäviin. Uloskäytävien ja poistumisalueiden lukumäärä määräytyy rakennuksen käytön ja koon mukaan. (RakMk E1 2011, 27)

Lähtökohtaisesti poistuminen rakennuksesta pitää olla sujuvaa ja turvallista. Rakennuksen uloskäytävien täytyy olla käytön kannalta tasaisesti sijoitettuja, tarpeeksi väljiä ja helppokulkuisia, jottei poistuminen aiheuttaisi lisävaaraa. Uloskäytäväksi ei lasketa hissejä, koska palon sattuessa ne saattavat täyttyä savulla tai jäädä ilman sähkövirtaa. Kuitenkin yli 16 kerroksisissa rakennuksissa hissien tulee olla valmiuskelpoinen pelastus- ja sammutustyöhön. Uloskäytävän reitin pitää päätyä maanpäälle tai muulle turvalliselle alueelle. (RakMk E1 2011, 27–28, 34.) Kattotasannetta ei kuitenkaan suositella luokiteltavaksi turvalliseksi paikaksi (Ympäristöopas 39 2003, 110).

6.1.1 Poistumisalueet

Poistumisalueella tarkoitetaan yleensä rakennuksessa jo olemassa olevaa palo-osastoa, kuten asuinkerrostalossa huoneistoa. Poistumisalueiden ei kuitenkaan tarvitse olla yhtenäisiä palo-osastoinnin kanssa, ellei rakennuksessa sijaitse asuinhuoneistoja. (Ympäristöopas 39 2003, 115)

Huolimatta palo-osastoinnista, poistumisalueiden jokaisen kohdan tulee aina sijaita kuvan 18 mukaisten kulkureittien saavutettavissa. Sijainnista katsoen poistumisalueiden ja uloskäytävien välisien kulkureittien etäisyydet lasketaan aina lyhintä mahdollista kulkukelpoista reittiä pitkin. Jos kahteen erilliseen uloskäytävään johtavat kulkureitit yhdistyvät matkan aikana, lasketaan yhteisen osan pituus kaksinkertaisena. Mikäli kulkukelpoinen reitti ei ole ennakolta määritelty, lasketaan kulkureitin pituus seinien suuntaista reittiä pitkin. (RakMk E1 2011, 28.)

<u>Käyttötapa</u>	<u>Kulkureitin pituus (m)</u>
Asumnot	
- yksi uloskäytävä	30
- useita uloskäytäviä	45
Majoitustilat	30
Hoitolaitokset	30
Kokoontumis- ja liiketilat	
- yleensä	45
- myymälät	30
Työpaikkatilat	
- yleensä	45
- vain yksi uloskäytävä	30
Tuotanto- ja varastotilat sekä autosuojat	
- yleensä	45
- vain yksi uloskäytävä	30

KUVA 18. Kulkureittien enimmäispituudet uloskäytävään (RakMk E1 2011, 28.)

Kuvan 18 mukaisia etäisyyksiä voidaan kasvattaa, mikäli poistuminen on mahdollista avattavien ikkunoiden kautta, maanpinnan tasolla olevasta kerroksesta tai rakennus on varustettu automaattisella sammutuslaitteistolla. Pienempiä matkoja voidaan vaatia, jos tilan erityisestä käytöstä aiheutuu poikkeuksellista riskiä turvalliseen poistumiseen palon syttyessä ja levitessä nopeasti. (RakMk E1 2011, 28.)

6.1.2 Poistuminen uloskäytäviin ja varatiet

Jatkuvassa tai tilapäisessä käytössä olevassa rakennuksessa jokaisesta poistumisalueesta tulee olla vähintään kaksi uloskäytävää saavutettavissa. Mikäli uloskäytävää käytetään vain hätätilanteessa tai poistuvia henkilöitä on vähän, voidaan uloskäytävän vaatimuksia lieventää. Rakennuksiin vaaditaan ainoastaan yksi uloskäytävä ja yksi varatie, mikäli rakennus on enintään 8-kerroksinen ja poistumisalue on käyttötavaltaan

- asunto
- alle 300 h- m^2 :n työpaikkatila
- alle 300 h- m^2 :n tuotanto- ja varastotila. (RakMk E1 2011, 29.)

Varateiksi lasketaan parvekkeet ja ikkuna-aukot, joiden kautta pelastautuminen on mahdollista omatoimisesti varatieksi rakennettuja kiinteitä tikkaita pitkin, vastaavia rakenteita käyttäen tai pelastustoimenpitein. Kiinteitä tikkaita tai muita rakennelmia ei vaadita, mikäli pudotuskorkeus ikkuna-aukosta tai parvekkeelta paloturvalliselle alueelle on enintään 3,5 m. Varatienä käytettävän ikkuna-aukon vapaan aukon on oltava vähintään 600 mm korkea ja 500 mm leveä, mutta korkeuden ja leveyden summa kuitenkin vähin-

tään 1500 mm. Varatien sijainnista, tavoitettavuudesta ja muusta suunnittelusta tulee kuulla paikallisia pelastusviranomaisia. (E1 2011, 29.)

6.1.3 Uloskäytävä

Pääuloskäytävät ovat perinteisessä kerrostalorakennuksessa porrashuoneita. Kahden uloskäytävän rakennuksessa toinen uloskäytävistä voi kuitenkin tarvittaessa olla esimerkiksi rakennuksen rungon ulkopuolella sijaitsevat avoimet kierreportaat. Turvallisuuden takaamiseksi käytävään ei saa koskaan sijoittaa tarvikkeita, rakennusosia eikä laitteita, joiden epäillään lisäävän palokuormaa tai savunmuodostusta. (Ympäristöopas 39 2003, 116.)

Uloskäytävät muodostetaan yleensä omiksi palo-osastoiksi. P1- ja P2-luokkaisien rakennuksien täytyy lisäksi täyttää erityisvaatimuksia. P1-luokan korkeiden rakennuksien pitää täyttää kuvan 19 lisäämät korkeuden ja kerrosluvun vaatimukset. Lisäksi taulukko 4:ssä olevat yli 2-kerroksia rakennuksia koskevat vaatimukset porrassyöksyjen ja tasanneiden rakenteille ovat voimassa. Vaatimukset ovat lisäksi voimassa P2-luokkaisille kerrostaloille, kunhan rakenteiden laadusta ei ole tarvetta poiketa seuraavan kappaleen tavoin.

Ylimmän kerroksen lattian korkeus maasta	Kerrosluku	Uloskäytävät
Enintään 24 m	Enintään 8	Osastoitu
Yli 24 m	Enintään 16	Palolta suojatut
Yli 24 m	Yli 16	Yksi palolta ja savulta suojattu, muut palolta suojattuja

KUVA 19. P1-luokan rakennusten uloskäytävät (RakMk E1 2011, 31.)

TAULUKKO 4. Yhteenveto uloskäytävien palokuorman mukaisista palosuojauksista (RakMk E1 2011, 31–32.)

P1 yli 2 kerrosta	Porrassyöksyt ja tasanteet	Kantavuus
$< 600 \frac{MJ}{m^2}$	A2	R30
$> 600 \frac{MJ}{m^2}$	A2	R60
P2 3-8-kerrosta	Jos ei A2	
$< 600 \frac{MJ}{m^2}$	vähintään K ₂ 30	R30
$> 600 \frac{MJ}{m^2}$	vähintään K ₂ 30	R60

Mikäli porrassyöksyt, -tasanteet ja niitä kannattelevat rakenteet eivät ole A2-luokkaa, niiden pinnat tulee portaiden yläpintaa lukuun ottamatta suojata taulukon mukaisilla suojaverhouksilla. Suojaverhouksen sijasta voidaan käyttää vastaavia saman palonkestävyyden aikaansaamia rakenteita. Taulukossa mainitut palokuormat tarkoittavat uloskäytävää edeltävien poistumisalueiden palokuormia. (RakMk E1 2011, 31–32)

6.1.4 Uloskäytävien mitoitus

Uloskäytävien mitoituksen perustana on poistumisalueen arvioitu tai tiedossa oleva henkilömäärä. Jos rakennuksen henkilömäärä ei ole etukäteen tiedossa, se voidaan arvioida rakennuksen pinta-alan perusteella (kuva 20). (RakMk E1 2011, 30.)

Käyttötapa	Huoneistoala (m ² /henkilö)
Asunnot	10
Majoitustilat	10
Hoitolaitokset	10
Kokoontumis- ja liiketilat	
- yleensä	3
- huvi-, taide- ja vastaavat kokoontumistilat	1
Työpaikatilat	10
Tuotanto- ja varastotilat	30

KUVA 20. Poistumisalueiden henkilömäärän arviointi pinta-alan perusteella (RakMk E1 2011, 30.)

Rakennuksesta poistuvan henkilömäärän perusteella saadaan määriteltyä rakennuksen tarvittava uloskäytävän leveys. Rakennuksen sisältäessä useampia uloskäytäviä, voidaan poistuva henkilömäärä jakaa jokaista uloskäytävää kohden. Uloskäytävien vähimmäisleveys muodostuu jokaisesta käytössä olevasta uloskäytävien leveyden summasta. Leveyteen huomioidaan käytävän kaventavat rakenteet. Kuitenkin joitakin rakenteita, ku-

ten jalkalistoja, reunapalkkeja ja käsijohteita ei lasketa kaventaviksi. (RakMk E1 2011, 30–31.)

Uloskäytävien vähimmäisleveydet lasketaan taulukko 5 sisältämien ohjeiden perusteella. Taulukossa henkilömäärällä tarkoitetaan poistumisalueen yhteenlaskettua huomioon otettavaa henkilömäärää ja uloskäytäväleveydellä kahden uloskäytävän rakennuksissa käytettävää yhteenlaskettua leveyttä. Jos uloskäytävään poistutaan sisäistä käytävää pitkin, myös sen leveydessä käytetään uloskäytävän leveyttä. (RakMk E1 2011, 30)

TAULUKKO 5. Uloskäytävien vähimmäisleveydet (E1 2011, 30.)

Henkilömäärä	Yhteenlaskettu uloskäytävien leveys (mm)
< 60	1200 + 900
60–120	1200 + 1200
121–180	1600 + 1600
181–240	2000 + 2000
...	

Taulukon lisäksi uloskäytävän vähimmäiskorkeus on 2100 mm. Korkeuden alapuolelle ei sallita esteitä, kuten palkkeja, putkia tai valaisimia. Oviaukkojen kohdalle sallitaan kuitenkin mahdolliset karmien ja kynnyksien aiheuttamat kavennukset. Yli 60 henkilölle tarkoitettujen uloskäytävien ovet täytyy avautua poistumissuuntaan, muuten ovien aukeamissuunnat ovat vain suosituksia. Ovien tarvitsee olla hätätilanteessa helposti avattavia. Näihin oviin eivät kuulu esimerkiksi avaimilla avattavat ovet. (RakMk E1 2011, 30–32.)

6.1.5 Pelastustie

Pelastustiet ovat hälytysajoneuvoille rakennettuja alueita rakennuksien välittömässä läheisyydessä (RakMk E1 2011, 34). Pelastustien sijainti määritellään suunnittelun aikana, jolloin myös varmistetaan yhteys mahdollisiin varateihin ja suurienkin hälytysajoneuvojen mahdollinen ajaminen ja kääntyminen pelastustiellä. Kerrostaloihin pelastustie sijoitetaan tavallisesti kulkureittien puoleiselle pitkälle sivustalle. Pelastusasetuksen mukaan pelastustie on merkittävä kohteeseen. (Ympäristöopas 39 2003, 133.)

7 MATERIAALIT

7.1. Betonituotteet

Betoni on palamaton rakennusmateriaali. Lisäksi betoni ei levitä tulipaloa, eikä haihduta myrkyllisiä kaasuja. Kuitenkin normaalilujuuksisen betonin puristuslujuus putoaa lieskahduslämpötilassa lähes puoleen alkuperäisestä. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 109–111.) Hoikkia rakenteita lukuun ottamatta betonirakenteet kestävät tavallisesti vähintään 60 minuuttia palotilanteessa (Betoni: Paloturvallisuus).

Pitkäaikaisessa palossa betonin poikkileikkaus ehtii kuumentua myös sisäosastaan, jolloin raudoitteiden ja lujuuden heikkeneminen saattavat aiheuttaa rakenteen kantokyvyn menetyksen. Betonirakenteiden raudoituksia pyritään suojaamaan palotilanteenkin varalta riittävällä teräksen suojaetäisyydellä betonin ulkopintaan, sillä betonin lämpökapasiteetti on huomattavasti suurempi kuin teräksen. Materiaalien lämpölaajenemiskertoimet ovat kuitenkin lähes yhtä suuret, joten rakenteet reagoivat hyvin yhdessä lämpötilan muuttuessa. Kuitenkin korkeissa lämpötiloissa rakenteen nopeasti kasvanut lämpö voi aiheuttaa halkeilua ja lohkeilua. (kuva 21) (Betonitekniikan oppikirja 2004, 108–109, 113.)



KUVA 21. Betonirakenteen hallitsematon lohkeilu

Hallitsematon lohkeilu aiheuttaa ongelmia rakenteiden kestävyydelle ja raudoituksen suojaakuoreen. Lohkeilua lisäävät lämpötilan nousun lisäksi monet todennäköisemmät-

kin asiat. Yhtenä merkittävimpanä voidaan pitää rakenteen korkeaa kosteuspitoisuutta. Nousevassa lämpötilassa kosteus pyrkii poistumaan rakenteen kylmimpiin osiin. Mikäli kosteus ei pääse riittävästi kulkeutumaan rakenteessa, se höyrystyy ja aiheuttaa tiiviissä tilassa kasvavan höyrynpaineen. Kuumentunut kuiva kerros saattaa nousevassa lämpötilassa irrota lohkeamalla räjähdysmäisesti rakenteesta. Muita lohkeilua mahdollistavia toimia ovat

- Lämpölaajenemiserot kuumen pintakerroksen ja kylmän sisäkerroksen välillä
- suuri puristusjännitys
- ohut poikkileikkaus ja äkilliset poikkileikkauksen muutokset
- palolle alttiiden pintojen suurilukuinen osuus poikkileikkauksen piiristä
- tiheä raudoitus
- kvartsipitoinen kiviaines
- alhainen huokoisuus (Betonitekniikan oppikirja 2004, 113.)

Betonirakenteet kuuluvat EU:n komission sisällyttämään listaan (liite 1), joihin kuuluu rakenteita, joiden toiminta palotilanteessa luokitellaan A1-rakenteiksi ilman testausta. Betonirakenteisiin sisältyvät valmisbetoni sekä raudoitettut ja jännitetyt betonituotteet. (RakMk E1 2011, 41.) Betonirakenteilla päästään tarvittaessa betonipeitettä kastattamalla ja erilaisilla rakenneratkaisuilla aina 360 minuutin palonkestoon, joten rakenteet soveltuvat jokaiseen paloluokkaan (Betoni: Paloturvallisuus).

7.1.1 Kerrostalo- ja hallirungot

Betonirunkoiset kerrostalot rakennetaan, joko paikallavalaen, elementtirakenteilla tai näiden yhdistelmänä.

Elementtiasuinrakennusten yleisimmät runkomenetelmät ovat kantavat seinät - laattarunko, jolloin osa ulkoseinistä ja väliseinistä toimii kantavina rakenteina sekä pilari-palkkirunko. Pilari-palkkirunko mahdollistaa liiketilojen ja pysäköintitilojen yhdistämisen asuinrakennukseen. Asuinkerroksissa kantavat rakenteet toimivat tällöin seinämäisinä palkkeina. Toimisto- ja liikerakennusten tyypillisimmät runkoratkaisut ovat pilari-palkkirunko, joissa palkkilinjat ovat rakennuksen pituussuunnassa sekä kantavien julkisivujen järjestelmä, jolloin laatan kuormituskestävyys määrittelee rungon syvyyden ilman tarvetta keskipalkkilinjalle. (RT 82-10821, 2, 7.)

Teräsbetonirunkoisen hallirakennuksen kantava runko rakennetaan tavallisesti pilari-palkkirunkoisena. Useimmiten hallit ovat yksikerroksisia, mutta myös useampikerroksiset rakennukset ovat mahdollisia. Rakennuksen runko jäykistetään yleensä teräsbetonisilla mastopilareilla. Pilareiden lisäksi rakennus voidaan jäykistää jäykistysristikoilla tai seinämastojäykistyksellä, mikäli seinärakenteet ovat betoniseiniä. (Elementtisuunnitelu: Teollisuus- varastorakennukset)

7.1.2 Palosuojaus

Teräsbetonin palosuojauksessa tulee huomioida niin teräksen kuin betonin yksilöllinen reagointi palotilanteeseen. Palotilanteen vakavuuteen vaikuttavat rakenteiden materiaaliominaisuuksien lisäksi rakenneosien muotoilu, mitat ja liitokset. Betonirakenteen palosuojaus toteutetaan pääasiassa rakenteen poikkileikkausta kasvattamalla ja raudoitusten riittävillä suojaetäisyyksillä. Toimenpiteillä on kuitenkin edistävä vaikutus rakenteiden palonaikaiseen lohkeiluun. (Suomen Betoniyhdistys 2009, 108–113.)

Palkkirakenteissa lohkeilua pyritään estämään lisäraudoittamalla rakenteen pinta teräsvetkolla tai ristiin asetetulla raudoituksella. Tällöin palkkien teräksien betonipeite ulkopintaan on yleensä ≥ 50 mm. (Suomen Betoniyhdistys 2009, 114.)

Myös materiaalivalinnoilla pystytään vaikuttamaan rakenteiden palonkestävyyteen. Kalkkikivi runkoaineena parantaa betonin palonkestävyyttä, koska kalkki on stabiili tulipalossa. Toisaalta taas kvartsipitoinen kiviaines heikentää betonin lujuusominaisuuksia korkeissa lämpötiloissa. Muita huomioitavia asioita palosuojaukseen ovat rakenteen palonaikaiset muuttuvat lujuusominaisuudet sekä muodonmuutosominaisuudet. (Suomen Betoniyhdistys 2009, 110–114.)

Teräsbetonirakenteiden palomitoitus voidaan suorittaa yksinkertaisimmillaan taulukkomitoituksella, jonka avulla rakenteelle määritetään vähimmäismitat ja keskiöetäisyys halutulla palonkestävyydellä. Taulukkomitoituksessa käytetään pienennyskerrointa 0,7, jolloin rakenteen mitat ovat varmalla pohjalla. Palonkestoajan välisiä arvoja pystytään interpoloimaan tarvittavan rakennekoon mukaiseksi. (RIL 202-2011, 115). Elementtirakenteiden palonkestävyysarvot esitetään valmistajien ohjeistuksessa erikseen.

7.2. Puutuotteet

Puu luokitellaan D-luokan materiaaliksi, eli palotilanteessa se osallistuu paloon (Liite 3). Puu pehmenee palotilanteessa, joten sen syttymisnopeuteen vaikuttaa, kuinka kauan puu on ollut lämmölle alttiina. Tavanomaisesti puu syttyy 250 - 300 °C:ssa, jonka jälkeen puu palaa tasaisesti sen ominaisella hiiltymisnopeudella. (Ympäristöopas 39 2003, 24.)

Hiiltymisnopeudella tarkoitetaan puun tulelle alttiin pinnan hiiltymisnopeutta tietyn ajan kuluessa. Palon aikana hiiltyvän puun sisäosien lujuus pysyy lähes muuttumattomana, jolloin sen kantokykyä pidetään riittävänä niin kauan kuin kantavaa poikkileikkausta on jäljellä. (Puuinfo: Paloteknisiä ominaisuuksia) Näin hiiltymisnopeuksien avulla suojaamattomille puurakenteille voidaan arvioida palonkestävyys.



KUVA 22. Hiiltynyt ristikko polttokokeen jälkeen

Puun hiiltymisnopeuteen vaikuttavat niiden rakenne, puulajike sekä tulelle altistuneiden puupintojen lukumäärä. Yksisuuntaisessa palossa puun hiiltymisnopeus on pienempi kuin monisuuntaisessa palossa, kuitenkin toispuolinen palo on suojatuissa rakenteissa käytännössä mahdollista vain levyrakenteissa. Puulajikkeista lehtipuurakenteet hiiltyvät

hieman hitaammin kuin havupuiset. Yleisempien runkorakenteiden hiiltymisnopeudet yksisuuntaisessa ja monisuuntaisessa -palossa löytyvät taulukko 5:stä.

TAULUKKO 5. Hiiltymisnopeuksia palossa mm/min (Puurakenteiden suunnittelu 2011, 45–46)

Puulaji	Ominaisstiheys	Tuote	Yksisuuntainen	Monisuuntainen
Havupuu	$\geq 290 \frac{kg}{m^3}$	Liimapuu	0,65	0,7
	$\geq 290 \frac{kg}{m^3}$	Sahatavara	0,65	0,8
	$\geq 480 \frac{kg}{m^3}$	Viilupuu	0,65	0,7
Lehtipuu	$\geq 290 \frac{kg}{m^3}$	Liimapuu ja sahatavara	0,65	0,7
	$\geq 450 \frac{kg}{m^3}$	Liimapuu ja sahatavara	0,50	0,55

Jatkojalostetut puutuotteet käyttäytyvät palotilanteessa hieman erilailla kuin tavallinen sahatavara. Vaikka sahatavaran hiiltymisnopeus on tyypillisesti hieman korkeampi kuin jatkojalostetuilla puutuotteilla, varsinkin liimapuun syttymisherkkyys palotilanteessa kasvaa suhteessa sen pienenevään tiheyteen, kosteuteen ja poikkileikkaukseen. Myös puun säröisyys, terävät kulmat, karkea pinta ja halkeamat lisäävät syttyvyyttä. (Puuinfo: Paloteknisiä ominaisuuksia.) Käytännössä puurakenteiden palonkestävyys on normaali-tilanteissa 30 minuuttia. Rakenteiden kokoa kasvattamalla voidaan päästä vaivattomasti 60 minuuttiin ja laajemmalla suojauksella tätäkin korkeammalle. (Keronen, A 2009, 10)

7.2.1 Puukerrostalot

Puurakenteisen kerrostalon runkojärjestelmä voidaan rakentaa

- kantaviin seiniin perustuvana
- rankarunkoisena suurelementtitalona
- massiivipuisena CLT -tekniikalla
- pilari-palkkijärjestelmällä
- tilaelementteinä.

Kantaville seinille perustuva järjestelmä rakennetaan, joko rankarakenteisilla tai massiivipuisilla suurelementeillä. Rakennustavassa kantavia seiniä ovat ulkoseinät ja osa väli-seinistä. Rankarunkoisissa suurelementtitaloissa runko tehdään vakiomittaisesta liima-

tai kertopuusta. Kantavat ja ei-kantavat seinät ovat rakenneperiaatteiltaan samanlaisia. Massiivipuulevyrakennuksessa levyt toimivat kantavina sekä jäykistävinä rakenteina seinissä ja välipohjissa. Pilari-palkkijärjestelmällä runko muodostuu liima- tai kertopuisista pilareista ja palkeista, jotka siirtävät rakennuksen kuormat perustuksiin. Tilaelementtitekniikan mukaan rakennus kootaan tehtaalla valmistetuista erillisistä osista valmiiksi. Tilaelementtirakennus voidaan toteuttaa usealla eri tavalla, kuten pilari-palkkirunkoisena, kehärakenteena tai laattamaisilla suurelementeillä. (Puuinfo: Puukerrostalot, 8-9)

Paloluokaltaan yli 2-kerroksiset puurakennukset soveltuvat enintään P2-luokkaan, sillä P1-luokassa kantavat rakenteet tulee toteuttaa vähintään A2-luokkaisella materiaalilla. (kuva 8) Kuitenkin P1-luokkaisiin 7-kerroksisiin asutokäyttöisiin rakennuksiin saadaan rakentaa lisäksi yksi ylimääräinen puukerros.

RakMk:n E1-asiakirja uudistettiin vuonna 2011, jolloin myös puurunkoisten rakennuksien vaatimukset kevenivät. Aikaisemmin rakennukset saivat olla enintään 14 metriä korkeita, kun ne nykyohjein voivat olla 26 metrisiä. (kuva 4) Enimmäiskerros määrä on nykyisin rajattu kahdeksaan, kunhan rakennus toimii asuin- tai työpaikkarakennuksena. Näissä P2-luokan rakennuksissa vaaditaan tosin erillisiä paloturvallisuutta lisääviä laitteita. (RakMk E1 2011, 11, 17)

Sammutukseen kykenevien laitteiden kriteereinä ovat

- 3-4-kerroksisissa rakennuksissa, vähintään SFS-5980 2-luokan asuntosprinklerilaitteisto
- 5-8 kerroksisissa, vähintään SFS-12845 OH-luokan kiinteää sammutusjärjestelmä ja varmennettu vesilähde.

Työpaikkarakennuksien vaatimukset vastaavat 5-8-kerroksisten asuinrakennuksien vaatimuksia kaikilla kerrosmäärillä. (RakMk E1 2011, 17, 36)

Puurunkoisissa kerrostaloissa kantavien rakenteiden yhteydessä olevat eristeet ja muut täytteet toteutetaan vähintään A2 -luokkaisina, joilla tarkoitetaan lähinnä mineraalivillieristeitä tai muita rakennekohtaisesti läpäisseitä ratkaisuja (Isover: Kevyet rakennuseristeet). Kantavuudeltaan rakenteiden täytyy vastata vähintään kuvan 8 sisältämän luokan ”3-8-kerroksinen asuin- ja työpaikkarakennus” -kohdan asettamat P2-luokan palonkestävyydet. (RakMk E1 2011, 16)

Kantavien rakenteiden lisäksi rakennuksien turvallisuutta ohjataan pintarakenteilla. Palavien materiaalien kohdalla varsinkin leviävän palon riskiä lievennetään palokatkomaisilla materiaaleilla. Puurunkoisissa rakennuksissa ulkoseinissä käytettävien materiaalien tulee lähtökohtaisesti täyttää kuvan 17 mukainen vähintään B-luokan materiaali P2 luokan 3-8-kerroksisissa rakennuksissa. Ulkoseinän ja tuuletusraon ulkopinnan materiaalit voivat kuitenkin olla suojaamattomasta puusta, mikäli palon leviäminen on estetty

- tuuletusraossa vähintään kerroksittain riittävän tehokkaasti
- vaakasuunnassa porrashuoneen ulkoseinän tuuletusrakoon
- julkisivusta ullakkoon ja yläpohjaan vähintään EI 30-rakenteella.

Lisäksi estettynä täytyy olla

- julkisivurakenteen laajojen osien putoaminen palon aikana
- rakennuksien tai rakennelmien rakentaminen alle 8 metrin etäisyydelle julkisivusta.

Lievennykset eivät koske rakennuksen alinta kerrosta eivätkä uloskäytävissä ja varateisissä käytettyjen ikkunoiden ja muiden aukkojen ala- ja yläpuolisia pintoja. (RakMk E1 2011, 24)

Yli 2-kerroksisissa puurakennuksissa ulkoseinän ulkopinta tai tuuletusraon sisäpinta tulee suojaverhota. Tällöin ulkoseinäpinta tai tuuletusraon sisäpinta suojataan taulukko 6:n mukaisin keinoin. Liitteestä 5 löytyy esimerkkiratkaisu kantavasta ja osastoivasta ulkoseinästä, jossa ulko- ja sisäpinnalla on käytetty K₂30-luokan suojaverhousta. Taulukossa näkyvä K₂30, A2 voidaan korvata EI 30-rakenteella, joka vastaavan ajan suojaa rakenteita syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muilta vaurioilta. (RakMk E1 2011, 24–25)

TAULUKKO 6. Puujulkisivun suojaus (RakMk E1 2011, 24–25)

Kerros määrä	Suojaverhouk
3-4	K ₂ 10, A2
5-8	K ₂ 30, A2
5-8 (Ulkopinta B-s2,d0)	K ₂ 10, A2

Yli 2-kerroksisen rakennuksen sisäpuoliset pinnat tulee suojata sisäpuolista paloa vastaan. Suojaukset toteutetaan taulukko 7:n mukaisilla kerros määrästä valikoituvilla 10 tai 30 minuutin A2 -luokan suojaverhouksilla. Ulkoseinien suojaverhouksen tavoin 30 mi-

nuutin suojaverhous voidaan korvata myös vastaavan ajan kestäväällä osastoivalla rakenteella. Muuta huomioitavaa taulukosta on, ettei 3-4-kerroksisissa rakennuksissa lattiapinnoille vaadita suojaverhous. (RakMk E1 2011, 21–22.)

Toteutunut palosuojaus saadaan pinnoittaa kuvan 15 mukaisilla P2-luokan asuin- ja työpaikkarakennuksien rajat täyttämällä materiaaleilla. Rakennuksen sammutuslaitteiston täyttäessä vain vähimmäisvaatimukset 3-4-kerroksisissa rakennuksissa, saadaan käsittelemätöntä puuta käyttää pintamateriaalina vain vähäisiä osia kokonaisalasta. Väähäisen osan määritelmää ei kuitenkaan tarkenneta erikseen. Rakennukseen toteutuessa OH-luokan sammutuslaitteisto, suojaverhotut pinnat saadaan kuitenkin aina päällystää suojaamattomalla puupinnoituksella. (RakMk E1 2011, 21–22.)

TAULUKKO 7. P2-luokan sisäsuojaverhous (RakMk E1 2011, 22.)

kerrosluku	Suojaverhous	Kohde
3-4	K ₂ 10, A2	Seinä- ja kattopinnat
5-8	K ₂ 30, A2	Seinä-, lattia- ja kattopinnat, paitsi palo-osaston sisäiset kantamattomat väliseinät

7.2.2 Puuhallit

Puuhallirakennukset rakennetaan tyypillisesti pilari-, kaari- tai kehärunkoisina. Rakennuksille on ominaista, että hallien seinä- ja kattorakenteet ovat omia järjestelmiään, vaikka rakenteellisesti ne voivat toimia yhdessä. Tällöin muun muassa pintojen seinä- ja kattoelementit voivat toimia rungon jäykistyksinä. Rakenteet voidaan toki jäykistää myös ristikkorakenteilla. Suurimman jännevälän rakennuksissa mahdollistaa kaarirunko, jolloin rungon jänneväli voi olla jopa 100 metriä. (Puuinfo: Puuhallit, 2-3)

Hallimaisissa rakennuksissa kantavalle puurungolle ei aseteta erillisiä lisäehtoja. Kantavat rakenteet toteutetaan normaaleissa hallirakennuksissa kuvan 8 mukaisilla ”Enintään 2-kerroksinen rakennus yleensä” -kohdan vaatimuksilla. Ainoa vaatimus kantavalle puurungolle on P1-luokkaisissa rakennuksissa A2-luokan eriste- ja muu täytemateriaali. (RakMk E1 2011, 16)

Hallirakennuksien ulkopinnat saa toteuttaa kuvan 17 perusteella puurakenteisina, mikäli rakennus suunnitellaan P2 tai P3 -luokkaisena. P1-luokassa ulkopintojen tulee olla vähintään B-luokkaa, ellei

- rakennuksen korkeus ole enintään 20 metriä
- ulkoseinä aukkoineen täytä EI 30 vaatimuksia
- ulkoisen syttymisen leviäminen sisätiloihin ole estetty riittävästi
- palon leviäminen julkisivusta yläpohjaan ole estetty.

Kuitenkin tuuletusraon sisäpinnan tulee puurunkoisessa rakennuksessa täyttää kantavien rakenteiden tapaan P1-luokassa A2-luokan ehdot. (RakMk E1 2011, 24)

Sisäpuoliset pinnat toteutetaan kuvan 16 mukaisilla vaatimuksilla. Mikäli seinä- tai katopintoihin sallitaan P2-luokassa kuitenkin B-luokkaa huonommista materiaaleista tehtyjä pintoja, tulee pinnat suojaverhota vähintään K₂10-luokkaisella suojausmateriaalilla. Myös alle R 30 -luokkaa olevat palkit ja pilarit tulee suojata. (RakMk E1 2011, 21)

7.2.3 Palosuojaus

Puurakenteiden vaadittava palosuojaus toteutetaan yleensä puun poikkileikkausta kasvattamalla ja eristämällä puurunko suoralta palolta. Käytännöllisyyden ja kustannuksien hallinnan kannalta poikkileikkauksen kasvattaminen voidaan korvata laajemmalla palosuojauksella. Palosuojauksessa rakenne katsotaan kokonaisuutena, eli erilaisten materiaalien yhteiskäyttö suojauksessa on mahdollista.

Yli 2-kerroksisille puurakennuksille vaaditaan palamatonta eristettä tai muuta täytettä kantavaan runkoon. Lisäksi runkoa suojataan poikkeuksetta kerrostalorakennuksissa sisäpuolista ja ulkopuolista paloa vastaan suojaverhouksilla. (RakMk E1 2011, 16, 21–22.) Suojaverhous toteutetaan puurakennuksissa tavanomaisesti paloa hidastavilla levyrakenteilla. Levyrakenteiden hyöty suojaverhouksessa on niiden mahdollinen käyttö monikerroksisena, jolloin myös rakenteen palonkestävyys kasvaa. Myös muita kohdan 7.4 menetelmiä voidaan käyttää puurakenteiden suojaukseen.

Puun omaa tarvikeluokkaa voidaan kohottaa palosuojamaalalla puun pinta. Parhaimmillaan palosuojamaalauksella puu saadaan kohotettua B-luokkaiseksi, mikäli tuot-

teentuottajalla on vaadittu CE-merkintä, Tällöin pinnoitusmateriaaliksi tarkoitettu käsitelty puupinta soveltuu useammin puurungon yhteyteen. Palosuojamaalatulla puulla voidaan pinnoittaa niin sisä- kuin ulkopinnat. (Wood: Parasta palosuojauksia puulle)

7.3. Terästuotteet

Teräs on käytännössä palamaton materiaali, joka palaessaan ei kasvata palokuormaa. Palotilanteessa teräksen lujuus kuitenkin heikkenee, kunnes lieskahduslämpötilassa sen lujuus on pudonnut jo kolmannekseen alkuperäisestä. Alle sallittujen arvojen pudonnut lujuus voi aiheuttaa rakennuksen kantokyvyn menetyksen ja pahimmassa tapauksessa sortuman. (Ympäristöopas 39 2003, 24.)

Teräksen lämpötilan nousu suhteessa aikaan toteutuu rakenteen mittojen ja muodon perusteella. Koska teräsrakenteiden etuina pidetään keveyttä ja hoikkuutta, rakenteita ei poikkeuksetta voida toteuttaa ilman mittavaa palosuojauksia (Ruukki:Teräsrunkorakenteet). Teräsrakenteet suunnitellaankin yleensä toimimaan yhdessä kappaleen 7.4 sisältämien palosuojauksien kanssa.

Vaikka teräs ei kestä hyvin paloa, luokitellaan se palamattomuutensa perusteella ilman testaamista A1-luokan materiaaliksi (Liite 1). Liitteeseen kuulumattomien rakenteiden yhteisvaikutukset yhdistelmä rakenteista tulee kuitenkin testata erikseen. (E1 2011, 41.)

7.3.1 Kerrostalo- ja hallirungot

Teräksen käyttö on perusteltua niin kerrostalo- ja hallirakennuksissa sen pienen omapainon ja korkean lujuuden ansiosta, jolloin myös hoikat rakenteet ovat mahdollisia. Teräsrunkoiseen kerrostaloon kuuluu tavanomaisesti

- teräspilarit ja palkit
- teräsmuottiin valetut tai esivalmistetut elementtivalipohjat
- täydentävät teräsristikoseinät
- kevyt kate teräspalkeille

Kantavat rakenteet pyritään rakentamaan välipohjien ja seinärakenteiden sisään, jolloin paloturvallisuudesta muodostuvat kustannukset pysyisivät pienempinä. Pilari- ja palkki-

rakenteisen rungon lisäksi kerrostalot voidaan rakentaa pilari-välipohjajärjestelmällä tai kantaviin seinäelementteihin perustuvalla järjestelmällä. (Teräsrakentaminen 2008, 53–57)

Teräsrunkoiset hallirakennukset muodostuvat käytännössä aina pilari- palkkirungosta. Eroja rakenteissa tulee määritettäessä kuinka paljon vaakavoimia rakenteet ottavat vastaan. Lisäksi rakennustapaan vaikuttavat ovatko rakennukset kylmä- tai lämminhalleja. Teko ja käyttötavaltaan hallit voidaan jakaa kahteen luokkaan:

- Kevyisiin halleihin
- Raskaisiin halleihin (Teräsrakentaminen 2008, 58–59)

Kevyissä halleissa poikittaiset voimat siirretään tavallisesti pilarien ja kattopalkkien kautta kattolevyihin. Korkeammissa rakennuksissa on kuitenkin järkevämpää käyttää ristikköä katossa, koska kattolevyille muodostuva kuorma voi kasvaa liian suureksi.

Raskaissa teräsrunkoisissa rakennuksissa on tavallisesti nosturiratapalkkeja, jotka aiheuttavat suuria vaakavoimia niin pitkittäiseen kuin poikittaiseen suuntaan. Tavallisesti runkorakenne muodostuu tuetuista pilareista, jolloin poikittaisvoimat kulkeutuvat pilareiden taipumisen kautta ja pitkittäisvoimat I-profiilisilla tai nelikulmaputkisilla jarrutuilla.

Suojaamattomat teräsrakenteet kestävät palotilanteessa enimmillään vain 15 minuuttia. Kerrostalo- ja hallirakennusten kantavat rakenteet eivät näin käytännössä ole mahdollista toteuttaa suojaamattomasta teräksestä, mikäli rakenteilta vaaditaan tätä korkeampaa palonkestävyyttä. Koska P3-luokan rakennuksille ei aseteta vaatimuksia, voidaan hallirakennukset mitoittaa enintään 2-kerroksiseksi ja tuotanto- ja varastorakennukset 1-kerroksisiksi ilman suojausta. Muutoin kerros- ja hallirakennuksissa voidaan käyttää suojaamattomia rakenteita, mikäli

- laskelmilla osoitetaan teräsrakenteiden maksimilämpötilan olevan pienempi kuin kriittinen lämpötila vaadittuna palonkestoaikana
- rakenteesta vain osa on palolle alttiina ja palolta suojassa olevien rakenteiden lämpötilat nousevat huomattavasti hitaammin kuin palolle altistunut osa
- kantava runko on rakennuksen ulkopuolella tai muuten sisäpuoliselta palolta suojassa

- tuotanto- ja varastorakennus täyttää liitteen 6 mukaiset vaatimukset. (Iso-Mustajärvi & Inha 1999, 47.)

7.3.2 Palosuojaus

Teräsrakenteet voidaan suojata kahdella periaatteellisella tavalla. Rakenne joko eristetään kuumista savukaasuista tai sen lämmönsitomiskykyä parannetaan. Kuumien savukaasujen kulkeutumista voidaan rajoittaa esimerkiksi levyttämällä, ruiskuttamalla, rapaamalla tai maalaamalla -rakenteen pinta. Täyttämällä teräsputki vedelle tai betonilla voidaan parantaa rakenteen lämmönsitomiskykyä. Vaikka suojaustoimenpiteistä joitakin käytetään useimmin, toimenpiteitä ei voi asettaa paremmuusjärjestykseen. Suojaukset toteutetaan kohdekohtaisesti niiden tapauskohtaisen soveltuvuuden ja kustannuksien perusteella. (Iso-Mustajärvi & Inha 1999, 47, 51.)

Suojaustavat jaotellaan yleensä kuivien ja märkien menetelmien mukaan. Kuivan menetelmän suojaukset kiinnitetään tavallisesti tuotteiden mekaanisilla kiinnikkeillä rakenteen pintaan tai kotelona rakenteen ympärille ja märät menetelmät ruiskuttaen tai levittämällä rakenteeseen. (Iso-Mustajärvi & Inha 1999, 51.)

7.4. Palosuojausmenetelmät

Palosuojausta käytetään yleisesti teräs- ja puurakenteiden suojauksessa. Seuraavaksi on esitelty muutamia soveltuvia suojaustapoja kantavuutta ja osastoitavuutta parantamaan.

7.4.1 Eristäminen

Mineraalivilloista erittäin korkeita lämpötiloja kestävä laadut, kuten kivivilla, soveltuvat palosuojaukseen. Mineraalivillan paksuus määräytyy rakenteen poikkileikkauksen suuruuden ja palonkestävyyksivaatimusten perusteella. (Paroc 2013, 5-9) Materiaalin levypaksuudet vaihtelevat 30 – 200 mm:n välillä. Suurissa poikkileikkauksissa tulee huomioida mitoituksessa myös sen riittävä käsittelyjäykkyys. Levyt asennetaan rakenteen pintaan joko teräspiikkien ja lukituslevyjen avulla tai liimaamalla teräsalustaan

palamattomalla silikaattiliimalla. Rakenteen näkyvät pinnat voidaan lisäksi pinnoittaa pellillä tai muilla pintavaatimukset täyttävillä levytyksillä. (Ympäristöopas 39 2003, 70)

Polyuretaani on solumuovieriste, joilla voidaan toteuttaa tiiviitä eristeratkaisuja. Polyuretaanilevyjen pääraaka-aineina toimivat isosyanaatti, polyoli ja ponneaine. Lisäksi ominaisuuksia ja valmistuksen kemiallista reaktiota ohjataan erilaisilla apuaineilla. Polyuretaanilevyjen lopullinen palonkestävyys vaihtelee käytetyn runkomateriaalin kanssa. (PU eristeet: mitä polyuretaani on?.)

7.4.2 Levytys

Kipsilevyn palonkestävyys perustuu kipsiin kemiallisesti sitoutuneen kideveden höyrystymiseen. Kideveden haihtuessa kokonaan, sen palonkestävyys loppuu ja rakenne särkyi. Kideveden haihtuminen alkaa, kunhan levyn molemmissa pinnoissa olevista kartonkikerroksista ensimmäinen murtuu. Tavallisesti palosuojauksessa käytetään 13 tai 15 mm levyjä. Suojauksen vaatiessa korkeampaa palonkestävyyttä, levyjä voidaan asentaa tarpeen mukaan kaksi- tai useampikerroksisena rakenteen pinnalle. (Ympäristöopas 39 2003, 70)

Muuttamalla kipsilevyn ytimen materiaalseosta pystytään kipsilevyn kestävyttä kasvattamaan. Esimerkiksi kuitukipsilevyt ovat kuidulla vahvistettuja kipsilevyjä. Tällaisissa kipsilevyissä levyn kasassa pitävä ydin koostuu kipsin ja paperikuidun yhdistelmästä, jolloin se puristetaan veden avulla korkeassa paineessa yhtenäiseksi massaksi. Kokonaisuutena syntyy tavallista kipsilevyä kestävämpi levyrakenne.

Kipsielementtejä voidaan käyttää muun muassa pyöreiden pilarirakenteiden suojaukseen. Elementit valmistetaan esimerkiksi kipsin, perliitin ja lasikuidun seoksesta puolipyörän muotoisiksi muottien avulla. Elementtien seinämäpaksuudet ovat tavanomaisesti 20–40 mm ja ne kiinnitetään toisiinsa pilarin ympärille lämmönkestävällä liimalla. (Iso-Mustajärvi & Inha 1999, 55.)

Vermikuliittilevyjen perusaineena ovat vermikuliitti eli paisumaton kiille, sekä sideaineena silikaattipitoinen aine kuten sementti. Vermikuliittilevyjen palonkestävyys perustuu sideaineen suureen vesipitoisuuteen ja perusaineen korkeaan lämmönvastukseen.

Levypaksuudet ovat tavanomaisesti 18–75 mm. Vermikuliittilevyt kiinnitetään profiilin ympärille koteloimalla ja toisiinsa laastilla, sekä ruuveilla tai hakasilla. Valmis levy kestää mekaanista rasitusta ja sen voi maalata. (Ympäristöopas 39 2003, 70)

Kalsiumsilikaattilevyjen raaka-aineita ovat hiekka, kalsium ja vesi. Levyjä tuotetaan kahta erilaista tyyppiä: raskasta ja kevyttä, joiden paksuudet ovat 6 – 50 mm tuotteesta riippuen. Levyistä rakennetaan kotelo rakenteen ympärille ja ne kiinnitetään vastaavalla tavalla kuten vermikuliittilevyt. (ympäristöopas 39 2003, 70)

Magnesiumoksidilevyt ovat palamattomia levyrakenteita. Niiden pääasiallinen koostumus on magnesiumoksidia, magnesiumkloridia ja sahajauhoja. Levypaksuudet vaihtelevat 3-20 mm:iin ja ne soveltuvat niin julkisivuihin kuin sisäseinäpinnoitteiksi.

Muita palosuojaukseen käytettäviä levyrakenteita ovat muun muassa sementti-selluloosalevyt sekä palosuojakasetit. Sementti-selluloosalevyjen raaka-aineina ovat sementti, selluloosa ja erilaiset mineraaliset ainesosat. Levyjä käytetään lähinnä keveissä osastoivissa seinissä, joissa ne kiinnitetään suoraan runkoon ruuveilla tai kiinnityslistojen avulla. Palosuojakasettien runkona käytetään teräsohutlevyä. Siihen lisättävä palosuojajaine on tavallisesti mineraalivillaa, kalsiumsilikaattia tai vermikuliittia. Kasettielementit kiinnitetään toisiinsa painamalla elementit reunoistaan kiinni tai ruuvikiinnityksellä. (Iso-Mustajärvi & Inha 1999, 56.)

7.4.3 Ruiskutus

Mineraalikuituruiskutuksessa rakenteen pinnalle ruiskutetaan mineraalivillakuituja ja sementtiä yhdessä veden kanssa. Kerroksen paksuus on normaalisti 10 – 40 mm rakenteen suojaustarpeesta riippuen. Valmis ruiskutuspinna on huokoinen eli se ei kestä mekaanisia rasituksia. Pinta suojataan usein lasikuitukankaalla, levyrakenteilla tai rappaamalla. (Ympäristöopas 39 2003, 70)

Palosuojarappauksien runkoaineena käytetään joko vermikuliittia tai perliittia ja niiden sideaineena sementtiä, kalkkia tai kipsiä yhdessä veden kanssa. Rappaus levitetään ruiskuttamalla tai käsin teräsrakenteen pinnalle tai tukiverkolle 10–40 mm:n kerroksena.

7.4.4 Betoni

Esimerkiksi teräsrakenteen lämpökapasiteettia voidaan kohottaa merkittävästi verhoilemalla teräs verkkoraudoitetulla betonilla. Huokoiseksi ja keveäksi materiaaliksi valmistetun betonin suojakerroksen paksuudet vaihtelevat 30–100 mm:iin. Betonia voidaan lisäksi hyödyntää teräksen ohella myös toiminnallisissa liittorakenteissa. Liittorakenteissa teräsrakenteinen kotelo voidaan esimerkiksi valaa betonilla. Liittorakenteessa teräsprofiilin poikkileikkauksen jäädessä ohueksi, sitä suojaavampi vaikutus on betonitäytteellä. Parhaimmat palonkesto-ominaisuudet saavutetaan erikoisbetoneilla, mutta myös normaalit betonilaadut ovat toimivia. Rakenteen kuumentuessa tulee huomioida betoniin syntyvä vesihöyrynpaine rei'ittämällä teräskoteloita riittävästi. (Ympäristöopas 39 2003, 71)

7.4.5 Vesi

Veden avulla voidaan teräsrakenteen lämpötilan nousua siirtää hyvinkin pitkiä aikoja. Menetelmässä teräsrakenteen sisällä annetaan virrata vettä. Virtaava vesi pitää palotilanteessa kuumentuvan teräsrakenteen lämpötilan matalampana. Viilennyksen tasaisuuteen vaikuttaa virtaavan veden virtaavuus rakenteessa. (Ympäristöopas 39 2003, 71)

7.4.6 Tiili- ja kivipinnat

Palon leviämistä voidaan myös hidastaa eristämällä rakenteen pinnat tiilimuurauksella tai kivipinnoituksella. Pinnoitus soveltuu parhaiten erilaisten pilarien suojaukseen.

7.4.7 Maalaus

Teräsrakenteiden suojaustapana käytetään myös palosuojamaalausta. Palosuojamaalin vaikutus perustuu kuumuudessa paisuvaan eristävään vaahtokerrokseen. Maalipinnoitteella teräsrakenne saadaan suojattua maksimissaan 30–60 minuuttia palorasituksessa. Palosuojamaaleja valmistetaan sekä vesi- että liuoteohenteisina ja levitys suoritetaan

usein ruiskuttamalla. Pinnan lopullinen maalauskerrosten lukumäärä ja maalikerroksen paksuus määräävät rakenteen eristyskyvyn. Maalauskalvon paksuus vaihtelee 0,4 - 4 mm:n väliltä. Palosuojamaalaus ei kestä mekaanisia rasituksia, joten sen pinta tulee suojata kulumista vastaan. Lisäksi pinnan palosuojaus on syytä tarkistaa määräajoin. (Ympäristöopas 39 2003, 71)

8 OSASTOIVAT SEINÄT

Teräs- ja puurunkoisia väliseiniä toteutetaan useiden valmistajien toimesta sekä valmistajien erilaisilla tuotteilla. Kun seinältä vaaditaan kestävyttä tilojen osastoitavuuden säilyttämiseen, runkorakenteet suojataan erilaisilla paloa hidastavilla tuotteilla. Osastoitavilta seiniltä vaaditaan kuvan 11 mukaisia eristävyden ja tiiviyyden vaatimuksia. 30 minuutin ajan kestävät osastoivat väliseinät on mahdollista toteuttaa useilla perinteisillä levyrakenteilla ja vielä 60 minuutin osastoitavuus saavutetaan usein lisäämällä palamattomaa eristysainetta rakenteen yhteyteen. Mikäli seinärakenne vaatii 90 tai 120 minuutin osastoitavuutta, seinien poikkipinta-ala kasvaa merkittävästi. Tällaisissa rakenteissa seinäpinnoitteina käytetään pääasiassa palotilanteeseen suunniteltuja palolevyjä. Vaihtoehtoisesti runkona voivat toimia erilaiset kevytbetoniharkkoista tai betonielementeistä kasattavat rakenteet. Tällaisilla väliseinillä saavutetaan usein korkea palonkestävyys, ääneneristävyys ja seinäjäykkyys, joten ne soveltuvat hyvin muun muassa palomuureiksi tai huoneistojen välisiksi seiniksi.

Palosuojauksen lisäksi osastoivat seinät toimivat usein myös yhden tai useamman melulähteen välisenä esteenä, joten osastoitavuuden lisäksi myös palosuojaukseen vaaditut levyjen materiaalit, mahdollinen eristemateriaalin tiheys, runkorakenteiden väliin jätetty tyhjä tila ja seinän poikkipinta-ala vaikuttavat seinän äänieristävyteen. Esimerkiksi kerrostalohuoneistoissa vaadittava huoneistojen väliseltä seinältä vaaditaan RakMk C1:n mukaan vähintään 55 db:n eristävyys. Toisaalta ovellinen osastoiva seinä vaatii 39 db:n eristävyden. Tosin myös oven ääneneristävyys lasketaan tällöin mukaan. Ääneneristystä vaaditaan lisäksi yksilöllisesti tiloissa myös muissa käyttöluokissa. (RakMk C1 1998, 5).

Teräs- ja puurunkoiset pinnat suojataan tavallisesti kipsilevyillä. Kipsilevyjen elämättömyys ja korkea palonkestävyys suosivat niitä verrattaessa perinteisiin lastulevyihin. Lisäksi kipsin ja erilaisten lujiteaineiden yhdistelmistä valmistetut erikoiskipsilevyt soveltuvat vielä korkeampiinkin palonkestävyystarpeisiin. Toisenlainen palonleviämistä estävä levyrakenne on magnesiumoksidilevyt, joiden palonkestävyysominaisuudet ovat samankaltaiset verrattaessa erikoiskipsilevyihin. Sisältä seinät suojataan korkeimmissa osastointivaatimuksissa usein sisältä erilaisilla mineraalivilloilla, joista korkeatiheyksiset eristeet suojaavat paremmin, mutta matalatiheyksiset eristeet suodattavat ääntä paremmin.

8.1. Levytysratkaisut

Osastoivien seinien palonkestävyyden toteutumista tarkastellaan työssä ei-kantaville teräsrankallisille väliseinille. Seinäpaksuudet soveltuvat periaatetasolla myös puurunkoisille väliseinille, sillä väliseinässä osastoitavuus päättyy levykerrosten hajottua, tulen ja savun kulkiessa rankojen välistä. Rankajakona käytetään tavallisesti 450 tai 600 mm, kuitenkin suositeltavaa on käyttää 600 mm:n rankajakoa hieman heikomman äänenkulkeutumisen ansiosta. Teräsrankana toimii vähimmillään 66 mm:n tai vaihtoehtoisesti 70 mm:n syvyyksinen pystyranka. Rangan leveytenä on käytetty 40 mm, vaikkei leveydellä ole suurta merkitystä seinän osastoitavuuteen muuten kuin levyjen onnistuneen kiinnityksen ja riittävän jäykkyyden kautta. Materiaalipaksuus rangassa on 0,56 mm. Kasvattamalla rangan syvyyttä 66/70 mm:stä 95 mm:iin, voidaan rangan ääneneristävyyttä kasvattaa periaatetasolla 5 dB:llä kussakin ratkaisussa.

Seinärakenteissa toteutuva palonkestävyyden vertailu on tehty yllä mainituilla teräsrankoilla seuraaviin levytuotteisiin. Nämä ovat:

- Gyproc GN13 (12,5 mm)
- Gyproc Rigidur GFH 13 (12,5 mm)
- Gyproc GFL Fireline 15 (15,5 mm) ja 18
- Fermacell kuitukipsilevy (10, 12,5 ja 15 mm)
- Magrock Mg0 rakennuslevy (12 ja 15 mm)

Seinälevyistä ensimmäinen on rakentamiseen tarkoitettu peruskipsilevy. Gyproc Rigidur on vastaavan paksuinen paremmin ääntä eristävä levy ja kolme viimeisintä vähemmän palamiseen reagoivia palolevyjä.

Toteutuvat seinärakenteet on määritelty 30, 60, 90 ja 120 minuutin osastoiville seinille. 30 minuutin osastointia vaaditaan P3 luokan ja 1-2-kerroksisten P2-luokan rakennusten osastoitavissa rakennusosissa. 60, 90 ja 120 minuutin osastointi voidaan vaatia P1-luokan tai vaihtoehtoisesti P2-luokan 3-8-kerroksisissa osastoivissa rakennusosissa palokuorman määrän perusteella.

EI30 -luokkaan soveltuvat seinät on esitelty liite 7 osissa 1-3. Näistä seinistä voidaan huomioida, ettei 30 minuutin suojausaika tuo palolevytykselle vielä suurempaa etua.

Gyproc GN13 ja Rigidur GFH 13 -levyillä rakenne täyttää vaatimukset minimissään vain kaksinkertaisella levytyksellä. Muiden levyjen kohdallakin 30 minuuttiin vaaditaan paksumpi levytys, mikäli seinä halutaan toteuttaa yksikerroksisena 30 minuutin osastoinnin ylittävällä palolevyllä. Tällöin rungon toisen pinnan levytykselle ei ole rajoituksia. Magrock magnesiumoksidilevyllä levyn paksuuden tulee olla minimissään 15 mm, kun taas Gyproc GFL Fireline ja Fermacell kuitukipsilevyn 18 mm. Osastoitavuuteen epäolennaisesti vaikuttava parempi ääneneristävyys tukee kuitenkin usein kaksinkertais-ta levytystä, jota voidaan myös kohentaa lisäksi mineraalivillalla, joka Gyprocin ratkai-suissa on pehmeämpää kuin muiden yritysten levytysratkaisuisissa.

EI60-luokan seinissä (liite 7 osat 4-7) erottuvat paremmin paloon kehitettyjen levytys-ten hyödyllisyys. 60 minuuttiin asti kestäviin seiniin vaaditaan GN13-levytyksillä jo nelinkertainen levytys eli kahden levyn kerros rungon molemmille puolille. Kuitenkin runkokokoa kasvattamalla 95 mm:iin riittää vielä kaksinkertainen levytys. Palolevytystä käyttämällä seinän lopullinen paksuus voidaan säilyttää lähes EI30-tasoa vastaavana. Lisäämällä mineraalivillaa ja yhdistelemällä levyrakenteita liitteen osoittamalla tavalla voidaan seinän ääneneristystä jälleen parantaa hieman. Kuitenkaan esimerkkikuvien mukaisia 60 minuutin seiniä ei voida käyttää huoneistojen välisinä seininä, sillä seinien ääneneristävydet eivät täytä vaadittua vähimmäisarvoa.

EI90-luokan seinät joihin ei kohdistu suurta ääneneristystarvetta, toteutetaan pääasiassa teräs- tai puurunkoisissa seinissä palolevytyksillä. Seiniltä vaaditaan liitteen 7 osien 8-9 mukaisesti levyn paksuus huomioiden joko kolmen- tai nelinkertainen levytys. Mikäli seinärakennetta halutaan käyttää huoneistojen välisenä seinänä, rakennetaan runko yleensä kaksinkertaisena. Rungon sisällä tulee sijaita vähintään 20 mm:n tyhjä rako, jonka ympärille asetetaan mineraalivillaa. 90 minuutin huoneistojen välinen seinä voi-daan toteuttaa palolevytyksellä joko nelinkertaisena levytyksenä tai peruslevyillä kuu-sinkertaisena. Vastaavat EI90-minuutin huoneistojen väliset seinät soveltuvat sellaise-naan myös alempien luokkien vastaaviksi seiniksi.

120 minuutin väliseinä pystytään toteuttamaan nelinkertaisella palolevytyksellä (liite 7 osa 10). Tällöin levyjen paksuudetkin ovat luonnollisesti korkeampia. Lisäksi liitteestä löytyy mahdollinen 120 minuutin huoneiston välinen seinä. Rakenteen kuvissa on käy-tetty Mackrockin 12 ja 15 mm:n levyjä, mutta myös Gyproc GFL Fireline 15 ja Ferma-cellin 12,5 ja 15 mm:n levyillä onnistuvat samankaltaiset ratkaisut.

Seinärakenteissa toteutuvaan osastointiin vaikuttavat materiaalien lisäksi onnistunut ja ohjeiden mukainen asennus. Lisäksi olennaista on seinää rajoittavien liitoksien seinää vastaava osastointitaso. Ääneneristävyyteen voidaan vaikuttaa positiivisesti käyttämällä valmistajien itse kehittämiä runkorakenteita. Gyprocin seinärunkojen ääneneristävyyttä voidaan kohottaa hieman sen omilla runkojärjestelmillä.

POHDINTA

Rakennuksien palotilanteisiin pyritään varautumaan laajoilla määräyksillä sekä ohjeistuksilla. Oikeaoppisella osastoinnilla ja toimivilla rakenteilla, sekä nopeilla pelastustoimilla on lähivuosien aikana estetty monia vielä kohtalokkaampia palotilanteita. Suomen pelastusalan keskusliiton mukaan rakennuspaloissa kuolleiden ihmisten määrä on 1970 – 2014 vuosien aikana lievästi laskenut (Liite 8). Huomioimalla väestömäärän kasvu samaan aikaan, voidaan taulukon lukueroja pitää jo merkittävänä. Taulukosta ei kuitenkaan pysty erottelemaan, minkä tyyllisistä paloista on ollut kyse, eikä rakennuksien käyttökästä. Lisäksi oletuksellisesti useimmat kuolemaan johtamat palotilanteet syntyvät paloturvallisuuden laiminlyönnin seurauksena.

Nykyisin yhä suurempia ja monipuolisempia rakennuksia rakennettaessa, pyritään kriteereitä ja ohjeita jatkuvasti uudistamaan ja lisäämään. Vuonna 2011 julkaistu RakMk:n E1-asiakirjan päivitys mahdollisti ensimmäistä kertaa puurakenteiden käytön runkorakenteissa yli 4-kerroksisissa rakennuksissa. Tällä hetkellä palomääräyksien ohjeistus on kuitenkin erittäin teoriapainotteista lopullisia rakenteita ajatellen. Asiakirjoissa ilmoitetaan usein erillisistä vähimmäisvaatimusluokista, joiden yhteys varsinaisiin rakennuksiin ja rakennelmiin jää auki. Lisäksi määräyksien tasoa voivat muuttaa erilaiset lievennykset rakennettaessa palamattomilla rakenteilla tai turvallisuutta lisääviä laitteita.

”Materiaalit” -luvun tarkoituksena oli avata tarkemmin rakennusmateriaalikohtaisesti, mitä rakennelmat vaativat käytännössä. Materiaalit eivät kuitenkaan ole täysin verrattavissa toisiinsa, sillä betoni-, puu- ja teräsrakenteista vain puu on palava aine. Lisäksi teräsrakenteiden huono palonkestävyys asettaa niiden käytön lähes hyödyttömäksi ilman toimivaa palosuojausta. Ainoastaan betonirakenteita pystytään käyttämään tehokkaasti ilman suojausta, vaikka betonin halkeilu voikin muodostua ongelmaksi.

Materiaalien esittely tarkemmin oli kuitenkin haastavaa, sillä kokonaisrakenteiden palonkestävyydet on saavutettu usein rakennekohtaisilla kokeiden läpäisevillä rakenteilla ja läpäistyjä rakenneratkaisuja löytyisi satoja. Työhön lisätty ”Osastoivat seinät” -luku kertoo tarkemmin yhdestä osa-alueesta. Tässä luvussa esitetyt ei-kantavat osastoivat seinien paloluokittelu ja ääneneristävyydsarvot ovat vain yleispäteviä, joten niiden todellinen toiminta tulee tarkistaa valmistajilta.

Opinnäytetyön tutkimustapa osoittautui onnistuneeksi. Jatkossa työhön voisi lisätä savunpoiston ja muiden turvallisuutta parantavien laitteiden esittelyä, sillä edellä mainitut laitteistot ovat merkittävä osa palomääräyksiä. Lisäksi työhön voisi lisätä enemmän rakenneratkaisuja erilaisista rakenteista ja tutkia lisää materiaalien toimintaa palotilanteessa.

LÄHTEET

Betoni. Paloturvallisuus. Luettu 25.5.2015

<http://www.betoni.com/tietoa-betonista/betoni-ja-kestava-kehitys/paloturvallisuus>

Betonitekniiikan oppikirja 2004. 2009. Suomen Betoniyhdistys. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

Elementtisuunnittelu. 2010. Teollisuus- ja varastorakennukset. Luettu 25.5.2015

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/rakennejarjestelmat/teollisuus-ja-varastorakennukset>

Gyproc. 2011. Palon leviäminen tulipalossa. Luettu 25.5.2015

<http://www.gyproc.fi/suunnittelu/palositivusto/tulipalot/palon-leviaminen>

Gyproc. 2011 Standardipalo. Luettu 25.5.2015.

<http://www.gyproc.fi/suunnittelu/palositivusto/tulipalot/standardipalo>

Iso-Mustajärvi, P. & Inha, T. 1999. Kantavien teräsrakenteiden palosuojaus. Tampere: Tammer-Paino

Isover. Kevyet rakennuseristeet. Luettu 25.5.2014

<http://www.isover.fi/tuotteet/rakennuseristeet/kevyet-rakennuseristeet>

Keronen, A. 2009. Puuhallin rakenteet. Esisuunnittelu ja valintaperusteet. Pdf-painos. Helsinki: Puuinfo Oy

<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/puuhallin-rakenteet-esisuunnittelu-ja-valintaperusteet/090202-puuhallin-rakennesuunnittelu.pdf>

Pelastuslaki 29.4.2011/379.

PU eriste. Mitä polyuretaani on?. Luettu 25.5.2015

<http://www.pueristeet.fi/pu-eristeet/mita-polyuretaani-on/>

Puuhallin rakenteet. 2009. Esisuunnittelu ja valitaperusteet

Puuinfo. Paloteknisiä ominaisuuksia. Luettu 25.5.2015

<http://www.puuinfo.fi/puu-materiaalina/paloteknisia-ominaisuuksia>

Puuinfo. Puuhallit. Luettu 25.5.2015

<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/puurunkoiset-hallit/103302-puuinfo-puuhallit-lr.pdf>

Puuinfo. Puukerrostalo. Luettu 25.5.2015

<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/puufon-julkaisut-ammattilaisille/puukerrostalo.pdf>

Puuinfo. Sahatavaran jatkojalosteet. Luettu 25.5.2015

<http://www.puuinfo.fi/puu-materiaalina/sahatavaran-jatkojalosteet>

Puuinfo. P2-luokan ulkoseinä Luettu 25.5.2015

<http://www.puuinfo.fi/suunnitteluty%C3%B6kalut/p2-paloluokan-max-8-krs-asuin-ja-ty%C3%B6paikkarakennuksen-rakennetyypit>

Puurakenteiden suunnittelu. 2011. Eurokoodi 5 Lyhennetty suunnitteluohje. 3. painos. Helsinki: Puuinfo

RakMk A4. 2000. Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje. Luettu 25.5.2015
<http://www.finlex.fi/data/normit/6022-A4.pdf>

RakMk C1. 2011. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksissa. Luettu 25.5.2015
<http://www.finlex.fi/data/normit/1917-c1.pdf>

RakMk E1. 2011. Rakennusten paloturvallisuus. Luettu 25.5.2015
http://www.finlex.fi/data/normit/37126-E1_2011-fi.pdf

RakMk E2. 2005. Tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuus. Luettu 25.5.2015
<http://www.finlex.fi/data/normit/28207-E2su2005.pdf>

RIL 201-2011. Betonirakenteiden suunnitteluohje. 2011. Suomen Rakennusinsinöörien liitto. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys

RT 82-10821. 2004. Betonielementtirunkorakenteet. PDF-dokumentti. Luettu 25.5.2015
https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/RT_8862.html.stx

Ruukki. Teräsrunkorakenteet. Luettu 25.5.2015
<http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Rakentamisen-ratkaisut/Steel-frame-structures>

SPEK. Palokuolemat 1964-2014.pptx. Suomen Pelastuslain Keskusjärjestö. Luettu 27.3.2015
<http://www.spek.fi/Suomeksi/Ajankohtaista/Palokuolematilastot>

Teräsrakentaminen. 2008. Hämeen ammattikorkeakoulu. Hämeenlinna: Saarijärvi Offset Oy

Wood. Parasta palosuojausta puulle. Luettu 25.5.2015
<http://www.wood.teknos.fi/?pageid=H14374&lang=7>

Ympäristöopas 39. Rakennuksen paloturvallisuus & paloturvallisuus korjausrakentamisessa 2003. Ympäristöministeriö. Helsinki: Edita Prima Oy

LIITTEET

Liite 1. Rakennustarvikeluokittelu (E1 2011)

1(2)

5 Luokkiin A1 ja A1_{FL} kuuluvat rakennustarvikkeet

Taulukossa 1 mainittujen rakennustarvikkeiden voidaan yleensä katsoa kuuluvan luokkiin A1 ja A1_{FL} ilman testausta ja erillistä luokitusta. Taulukko perustuu EU:n komission päätöksiin 96/603/EY, 2000/605/EY ja 2003/424/EY.

TAULUKKO 1 ILMAN TESTAUSTA JA LUOKITUSTA HYVÄKSYTTÄVÄT RAKENNUSTARVIKKEET	
Yleiset huomautukset:	
Tuotteet pitäisi valmistaa ainoastaan yhdestä tai useammasta seuraavista materiaaleista, jos ne aiotaan luokitella luokkiin A1 ja A1 _{FL} ilman testausta. Tuotteet, jotka on valmistettu liimaamalla yhteen yhtä tai useampia seuraavista materiaaleista, luokitellaan luokkiin A1 ja A1 _{FL} ilman testausta edellyttäen, että liiman määrä ei ylitä 0,1 paino- tai tilavuusprosenttia (sen mukaan, kumpi on vaativampi).	
Yhden tai useamman orgaanisen kerroksen sisältävät pintalevyt (esimerkiksi eristävästä materiaalista valmistetut) tai epähomogeenisesti jakautunutta orgaanista materiaalia (liimaa lukuun ottamatta) sisältävät tuotteet on jätetty pois luettelosta.	
Tuotteet, jotka on valmistettu päällystämällä jokin seuraavista materiaaleista epäorgaanisella kerroksella (esimerkiksi päällystetyt metallituotteet), voidaan myös luokitella luokkiin A1 ja A1 _{FL} ilman testausta.	
Yksikään taulukossa luetelluista materiaaleista ei saa sisältää yli 1,0 paino- tai tilavuusprosenttia (sen mukaan, kumpi on vaativampi) homogeenisesti jakautunutta orgaanista materiaalia.	
Materiaali	Huomautukset
Kevytsoora	
Paisutettu perliitti	
Paisutettu vermikuliitti	
Mineraalivilla	
Solulasi	
Betoni	Sisältää valmisbetonin sekä raudoitettuja ja jännitetyt betonituotteet.
Runkoainebetoni (raskaat ja kevyet mineraalirunkoaineet, ei koske kiinteää lämmöneristystä)	Voivat sisältää lisä- ja seosaineita (esimerkiksi lentotuhkaa), pigmenttejä ja muita materiaaleja. Sisältää esivalmistetut tuotteet.
Höyrykarkaistut kevytbetonituotteet	Tuotteet, jotka on valmistettu hydraulisista sideaineista kuten sementistä ja/tai kalkista yhdistettynä hienoihin materiaaleihin (kvartsipitoinen materiaali, lentotuhka, masuunikuona) ja paisuttaviin aineisiin. Sisältää esivalmistetut tuotteet.
Kuitusementti	
Sementti	
Kalkki	
Masuunikuona/lentotuhka (PFA)	
Mineraaliset runkoaineet	
Rauta, teräs ja ruostumaton teräs	Ei hienojakoisessa muodossa.
Kupari ja kupariseokset	Ei hienojakoisessa muodossa.
Sinkki ja sinkkiseokset	Ei hienojakoisessa muodossa.
Alumiini ja alumiiniseokset	Ei hienojakoisessa muodossa.
Lyijy	Ei hienojakoisessa muodossa.
Kipsi ja kipsipohjaiset tasoiitteet	Voivat sisältää seosaineita (hidastimia, fillereitä, kuituja, pigmenttejä, sammutettua kalkkia, ilmaa- ja vettäpidättäviä aineita sekä notkistimia), kiviainesta (esimerkiksi luonnonhiekkaa tai murskattua hiekkaa) tai kevytrunkoaineita (esimerkiksi perliittiä tai vermikuliittia).
Epäorgaanisia sideaineita sisältävä laasti	Yhteen tai useampaan epäorgaaniseen sideaineeseen, esimerkiksi sementtiin, kalkkiin, muuraussementtiin ja kipsiin pohjautuvat rappaus/tasoiitelaaetit, lattiatasoiitteet ja muurauslaaetit.
Savesta poltetut tuotteet	Savesta tai muista savipitoisista materiaaleista valmistetut tuotteet, jotka sisältävät tai eivät sisällä hiekkaa, palavaa ainetta tai muita seosaineita. Sisältää tiilet, tiililaatat, lattialaatat ja tulenkestävät tuotteet (esimerkiksi savuhormien sisäkuoret).

Kalkkiliiekkatuotteet	Kalkin ja luonnon kvartsipitoisten materiaalien (hiekkä, kvartsipitoinen sora tai kivi tai niiden seos) seoksesta valmistetut tuotteet. Voivat sisältää värjääviä pigmenttejä.
Luonnonkivi- ja liuskekivituotteet	Luonnonkivestä (magmaattinen, sedimenttinen tai metamorfinen kivilaji) tai liuskekivestä valmistettu työstetty tai työstämätön tuote.
Kipsituotteet	Sisältää harkot ja muut kalsiumsulfaattista ja vedestä valmistetut kappaleet. Voivat sisältää kuituja, fillereitä, kiviaineksia ja muita sideaineita. Voivat olla pigmenttien värjäämiä.
Mosaiikki	Sisältää betonimosaiikkilaatat ja paikalla valetut lattiat.
Lasi	Sisältää lämpölujitetun lasin, kemiallisesti lujitetun lasin, laminoidun lasin ja metalliverkkolasin.
Lasikeraamit	Kiteiset ja lasimaiset lasikeraamit.
Keraamit	Sisältää kuivapuristetut ja suulakepuristetut tuotteet, ovat lasitettuja tai lasittamattomia.

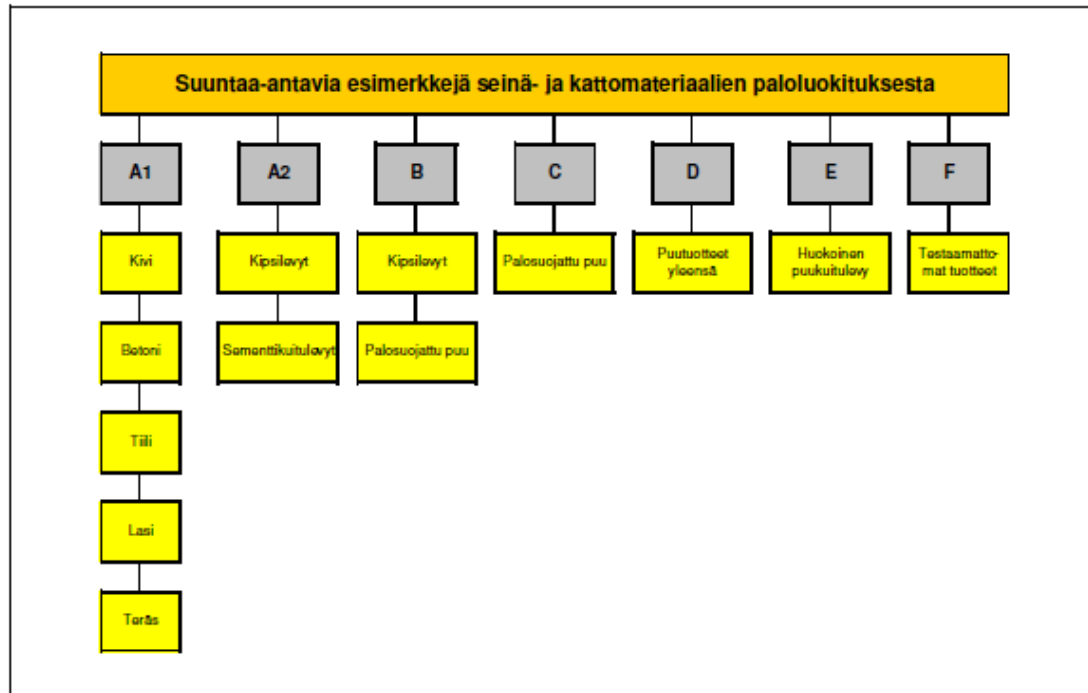
Liite 2. Kateluokittelu (E1 2011)

6 Luokkaan B_{ROOF} kuuluvat katteet

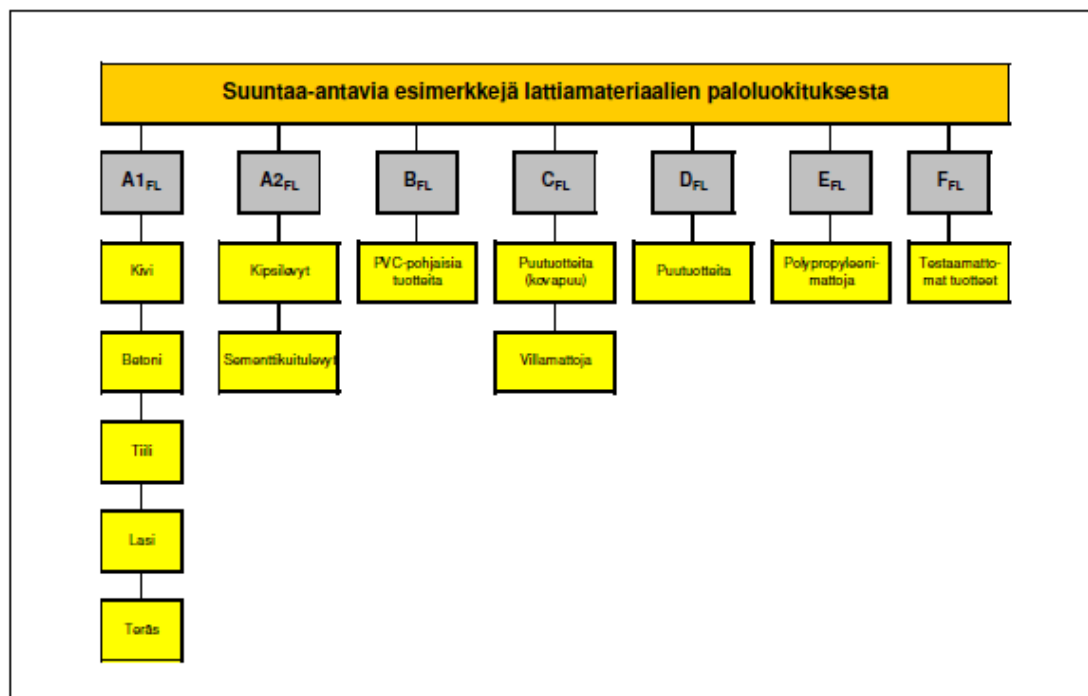
Taulukossa 2 mainittujen katteiden voidaan yleensä katsoa kuuluvan luokkaan B_{ROOF} ilman testausta ja erillistä luokitusta. Taulukko perustuu EU:n komission päätökseen 2000/553/EY.

TAULUKKO 2 ILMAN TESTAUSTA JA LUOKITUSTA HYVÄKSYTTÄVÄT KATTEET	
Kate ¹⁾	Eritisehdot
Laatat: luonnonkivi, liuskekivi ²⁾	Täyttävät komission päätöksen 96/603/EY vaatimukset.
Tiilet: kivi, betoni, poltettu savi, keramiikka tai teräs ²⁾	Täyttävät komission päätöksen 96/603/EY vaatimukset. Ulkopuolisen pinnoitteen on oltava epäorgaaninen tai $PCS \leq 4,0 \text{ MJ/m}^2$ tai massa $\leq 200 \text{ g/m}^2$.
Kuitubetonit: profiloimattomat ja profiloituvat levyt, katelaatat ²⁾	Täyttävät komission päätöksen 96/603/EY vaatimukset tai $PCS \leq 3,0 \text{ MJ/kg}$.
Profiloimattomat ja profiloituvat metalliohuttelevyt: alumiini alumiiniseos, kupari, kupariseos, sinkki, sinkkiseos, pinnoittamaton teräs, ruostumaton teräs, galvanoitu teräs, maalipinnoitettu teräs, emalipinnoitettu teräs ²⁾	Paksuus $\geq 0,4 \text{ mm}$. Ulkopuolisen pinnoitteen on oltava epäorgaaninen tai $PCS \leq 4,0 \text{ MJ/m}^2$ tai massa $\leq 200 \text{ g/m}^2$.
Tuotteet, jotka on normaalikäyttöä varten tarkoitettu päällystettäväksi (oikealla luetelluilla epäorgaanisilla päällysteillä)	Irtosorapäällyste, jonka paksuus on vähintään 50 mm tai massa $\geq 80 \text{ kg/m}^2$ (raekoko 4-32 mm). Hiekka/sementtitasoitekerros, jonka paksuus on vähintään 30 mm. Betoni-, keinokivi- tai mineraalilaatat, joiden paksuus on vähintään 40 mm.
Taulukon huomautukset:	
¹⁾ Katteella tarkoitetaan tuotetta, joka muodostaa katon ylimmän kerroksen.	
²⁾ Katteen alusta on vähintään luokkaa D-s2, d2 ja sen tiheys on vähintään 400 kg/m^3 .	
Tunnus: PCS on ylempi lämpöarvo.	

Liite 3. Suuntaa-antavia materiaalien paloluokituksia (Puuinfo 2012)



Kuva 1. Seinä- ja kattomateriaalien paloluokituksia.



Kuva 2. Lattiamateriaalien paloluokituksia.

Liite 4. Palovaarallisuusluokittelun esimerkkejä (E2 2005)

1 *Palovaarallisuusluokittelu***Palovaarallisuusluokka 1**

Toiminnot, joihin liittyy vähäinen tai kohtuullinen palovaara, kuten

- toiminnot, joissa aineita jähmeässä tai sulassa olo-muodossa käsiteltäessä tai työstettäessä säteilylämpöä, valokaarta tai avointa liekkiä käyttäen esiintyy vähäisessä määrin palovaaraa;
- toiminnot, joissa käsitellään kosteita raaka-aineita tai joissa kerrallaan käsiteltävien raaka-aineiden tai puolivalmisteiden määrä on pieni;
- toiminnot, joissa tuotannon tai varastoinnin yhteydessä käsitellään aineita, joihin kokemukseräisesti prosessiin kuuluvana tai käyttökokemuksiin liittyvä-nä sisältyy rajoitettu palovaara;
- toiminnot, joissa teollisesti käsitellään tai varastoi-daan palavia nesteitä, joiden leimahduspiste on yli 55 °C tai sellaisia höyryjä ja pölyjä, jotka ovat vain rajoitetussa määrin palovaarallisia.

Esimerkkejä

Autokorjaamot ja autohuoltamot

Betoniteollisuus

Elintarviketeollisuus

Hiihivoimalat

Kirjapainot

Kiviteollisuus

Konepajat

Maataloustuotanto ja maatalouden varastointi

Meijerit

Metalliteollisuus

Muuntoasemat

Nahkateollisuus

Palavien nesteiden (leimahduspiste yli 55 °C) teollinen käsittely tai varastointi

Panimot

Paperi- ja kartonkiteollisuus

Pesulät

Puristemuoviteollisuus

Selluloosateollisuus

Sementtiteollisuus

Tekstiiliteollisuus

Tiiliteollisuus

Vesivoimalat

Öljyvoimalat

Palovaarallisuusluokka 2

Toiminnot, joihin liittyy huomattava tai suuri palovaara tai joissa voi esiintyä räjähdysvaara, kuten

- toiminnot, joissa tuotannossa tai varastoinnissa syn-tyy prosessin laadun tai muun syyn johdosta sellai-sia höyryjä tai hienojakoisia pölyjä, jotka yhdessä ilman kanssa voivat muodostaa räjähtävän tai hel-posti syttyvän seoksen;
- toiminnot, joissa käsitellään tuotannon tai varastoi-nin yhteydessä herkästi syttyviä ja nopeasti lämpöä luovuttavia raaka-aineita, puolivalmisteita tai val-misteita;
- toiminnot, joissa teollisesti käsitellään tai varastoi-daan eri asteisesti palavia nesteitä, joiden leimah-duspiste on enintään 55 °C ja joiden höyryt voivat muodostaa ilman kanssa räjähtävän seoksen;
- toiminnot, joissa käsitellään varsinaisia räjähdysai-neita tai aineita, jotka esimerkiksi veden, ilman, kit-kälämmön tai tärähdyksen vaikutuksesta voivat syt-tyä itsestään tai räjähtää.

Esimerkkejä

Bitumiteollisuus

Jalostamot (palavat nesteet)

Kattohuopateollisuus

Lastulevyteollisuus

Lujitemuoviteollisuus

Mekaaninen puuteollisuus (kuiva puutavara)

Myllyt, rehuvarastot

Palavien nesteiden (leimahduspiste enintään 55 °C) teollinen käsittely tai varastointi

Pintakäsittelyosastot paperi- ja kartonkiteollisuudessa

Räjähdysainetehtaat

Sahateollisuus

Turvevoimalat ja turpeen käsittelylaitokset


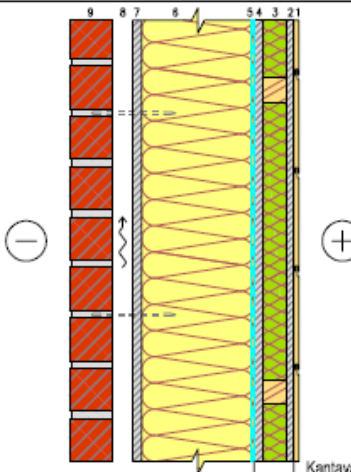
Vaahтомуoviteollisuus

Vaneriteollisuus

Vanuteollisuus

Öljynpuhdistamoiden määrätty osat

Liite 5. P2-paloluokan 5-8-kerroksen ulkoseinä (Puuinfo:P2-luokan ulkoseinä)

		TYÖN NRO		TUNNUS
		PAIVÄYS	TEKIJÄ	US805
RAKENNUSKOHTEN NIMI JA OSOITE P2-paloluokan asuin- ja työpalkkarakennus 5 - 8 kerrosta		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ Kantava ulkoseinä		
1:10 				
US805	Uusutuote	Uusitutuminen	Vhiteensä	
Luonnonvarojen kulutus	23 - 31 kg/m ³	263 - 274 kg/m ³	295 - 297 kg/m ³	
Energiakulutus	98 - 126 MJ/m ³	612 - 787 MJ/m ³	738 - 885 MJ/m ³	
Hilidioksidipäästö			57 - 68 kg/m ³	
Energiasisältö			370 - 460 MJ/m ³	
Sitoutuneen hiilidioksidin määrä			31 - 39 kg/m ³	
Rakenteen massa			204 - 207 kg/m ³	
RAKENNUKSESSA AINA SPRINKLAUS				
NRO	TARKOITUS	VAATIMUS	ESIMERKKITUOTE / -MENETELMÄ	PAKSIUS
1	Sisäverho	D-s2, d2	ARK suunn. mukaan	
2	Palosuojaus 15 minuuttia		Kipsilevy	13 mm
3	Lämmöneristys Palosuojaus 15 minuuttia Tila sähköasennuksille	A2-s1, d0	KiviVilla ≥ 60 kg/m ³	48 mm
4	Suojaverho K _z 30 Palosuojaus 30 minuuttia Jäykistävä levytys	A2-s1, d0	Koolaus 48x48 k600 Kultukipsilevy	48 mm 18 mm
5	Ilman- ja höyrynsulku *		Höyrynsulkumuovi tai -kangas tai ilmansulkupaperi	0,2...0,3 mm
6	Lämmöneristys Kantava runko	A2-s1, d0	Mineraalvilla Tolpat 48x223 k600 RAK suunn. mukaan	223 mm 223 mm
7	Tuulensuoja Suojaverho K _z 30 Jäykistävä levytys	A2-s1, d0	Kultukipsilevy	18 mm
8	Tuuletus		Rako	≥ 40 mm
9	Julkisivu	B-s2, d0	TII	≥ 85 mm
*) Ilman- ja höyrynsulkumateriaali valitaan siten, että sisäilman vesihöyryvastus suhteessa tuulensuojan vesihöyryvastukseen on riittävä.				
TEKNISET TIEDOT				
U-arvo	0,15 W/m ² K (Lämmöneristeen λ _d = 0,037 W/mK)			
Paloluokitus	REI 60 => Kantava runko palosuojattu			

Liite 6. Tuotanto- ja varastorakennuksien palosuojaamattomat osat (B7 1996, 36)

36

$$\Delta T_s = \frac{\alpha_s + \alpha_r}{c_s \cdot \rho_s} \cdot \frac{F}{V} \cdot (T - T_s) \cdot \Delta t \quad (8.8)$$

jossa α_s on kuljettumisen lämmönsiirtymiskerroin, $\alpha_s = 25 \text{ W/m}^2\text{C}$
 α_r on säteilyn lämmönsiirtymiskerroin kaavan 8.9 mukaan [$\text{W/m}^2\text{C}$]
 c_s on teräksen ominaislämpö kaavan 8.6 mukaan [$\text{J/kg}^\circ\text{C}$]
 ρ_s on teräksen tiheys, $\rho_s = 7850 \text{ kg/m}^3$
 F on teräsoosan palolle altis pinta-ala pituus yksikköä kohti [m^2/m]
 V on teräsoosan tilavuus pituusyksikköä kohti [m^3/m]
 T on palotilan lämpötila ajanhetkellä t [$^\circ\text{C}$]
 T_s on teräsoosan lämpötila ajanhetkellä $t - \Delta t$ [$^\circ\text{C}$]
 Δt on laskenta-aikaväli, enintään 5 s [s].

$$\alpha_r = \frac{\varepsilon_r \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}}{T - T_s} \cdot [(T + 273)^4 - (T_s + 273)^4] \quad (8.9)$$

jossa ε_r on resultoiva emissiokerroin, ε_r :n arvona voidaan käyttää 0,5 ilman tarkempaa selvitystä.

Palosuojatun teräksen lämpötilan nousu ΔT_s [$^\circ\text{C}$] lasketaan kaavasta 8.10. Palotilan lämpötilan nousun aikana $\Delta T_s \geq 0$.

$$\Delta T_s = \frac{\lambda_s}{d_s \cdot c_s \cdot \rho_s} \cdot \frac{F_s}{V} \cdot \frac{1}{1 + \mu/3} \cdot (T - T_s) \cdot \Delta t - (e^{\mu \Delta t} - 1) \cdot \Delta T \quad (8.10)$$

jossa λ_s on palosuoja-aineen lämmönjohtavuus [$\text{W/m}^\circ\text{C}$]
 d_s on palosuoja-aineen paksuus [m]
 F_s on palosuoja-aineen sisäpinnan pinta-ala teräsoosan pituusyksikköä kohti [m^2/m]
 μ on tekijä [-], joka ottaa huomioon palosuoja-aineen ominaislämmön. Tekijä μ lasketaan kaavasta 8.11, kun palosuojauksen ominaislämpö on otettu huomioon määrittettäessä palosuojauksen lämmönjohtavuuden arvoja λ_s .
 Δt on laskenta-aikaväli, enintään 30 s [s]
 ΔT on palotilan lämpötilan muutos laskenta-aikavälillä Δt [$^\circ\text{C}$].

$$\mu = \frac{c_s \cdot \rho_s}{c_r \cdot \rho_r} \cdot d_r \cdot \frac{F_r}{V} \quad (8.11)$$

jossa c_s on palosuoja-aineen ominaislämpö [$\text{J/kg}^\circ\text{C}$]
 ρ_s on palosuoja-aineen tiheys [kg/m^3].

Palosuojatun teräksen lämpötilan nousua määrittäessä teräksen ominaislämpönä c_s käytetään sovellettavan standardin mukaista arvoa. Eristeen lämmönjohtavuutena λ_s ja ominaislämpönä c_s käytetään sovellettavan standardin perusteella kokeista johdettuja arvoja.

8.5 Laskennallisia ohjeita

Sauvan ja sen osien muunnettuna hoikkuutena $\bar{\lambda}$ käytetään teräsoosan vallitsevan lämpötilan mukaan laskettuja arvoja. Nurjahdusluokkana käytetään luokkaa C. Kiepahduskestävyyden laskentaan liittyvässä kaavassa 4.21 tekijä $n = 1,5$.

8.6 Yksikerroksiset tuotanto- ja varastorakennukset

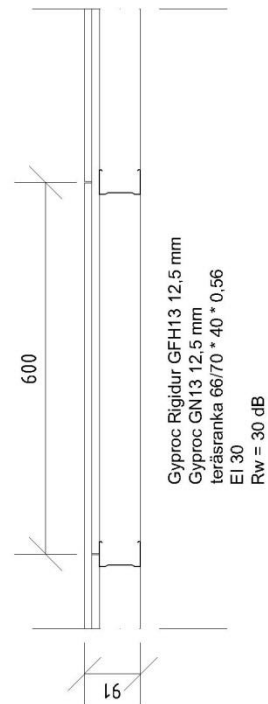
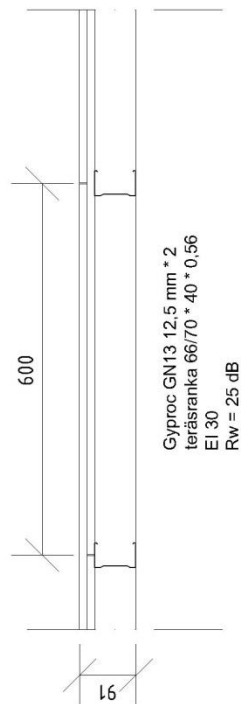
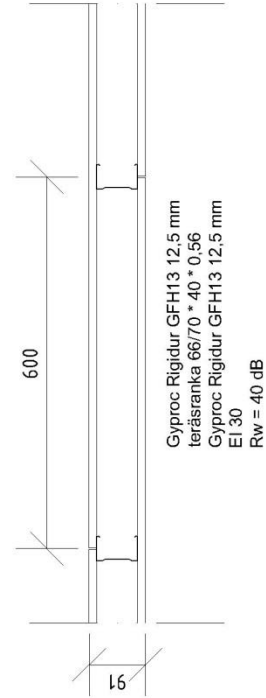
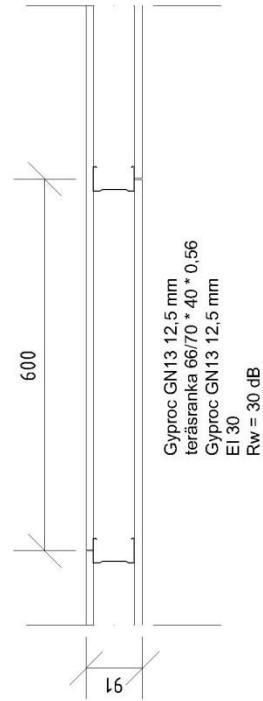
Yksikerroksisen tuotanto- ja varastorakennuksen teräsrungossa tai sen osissa voidaan käyttää palosuojaamatonta terästä sellaisissa paikoissa, joissa tuotanto- ja varastorakennusten paloturvallisuutta koskevat ohjeet E2 edellyttävät 15 minuutin palonkestoaikaa seuraavissa tapauksissa:

- koko runko, kun rakennus on varustettu automaattisella vesisprinklauslaitteistolla, jonka suunnittelussa on otettu huomioon rakenteiden jäähdytys
- kattorakenteet palotilan hitaan lämpötilan nousun vuoksi palovaarallisuusluokkaan 1 kuuluvissa palo- ja pidättävissä rakennuksissa, joiden korkeus on vähintään 14 m, kun kattorakenteiden läheisyydessä ei ole huomattavaa määrää palokuormaa
- pilarit, joiden poikkileikkaustekijä F/V on enintään 180 m^{-1} , palovaarallisuusluokkaan 1 kuuluvissa paloapidättävissä rakennuksissa.

Tämä edellyttää lisäksi, että yläpohjan lämmöneriste on palamatonta tai tähän tarkoitukseen erikseen hyväksyttyä rakennustarviketta ja kantavien rakennusosien ns. jatkuva sortuma on estetty.

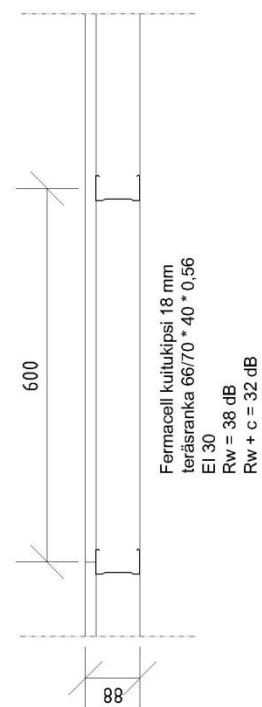
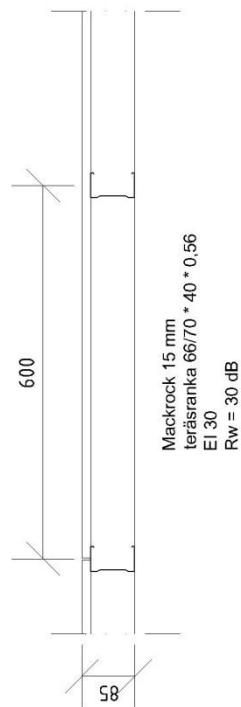
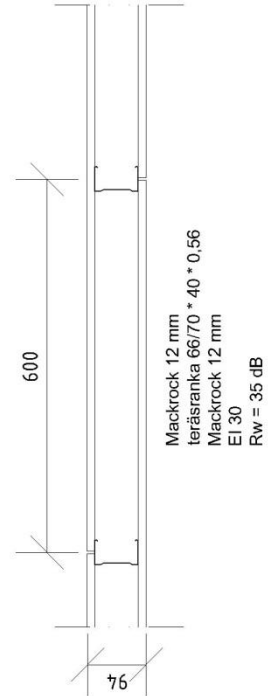
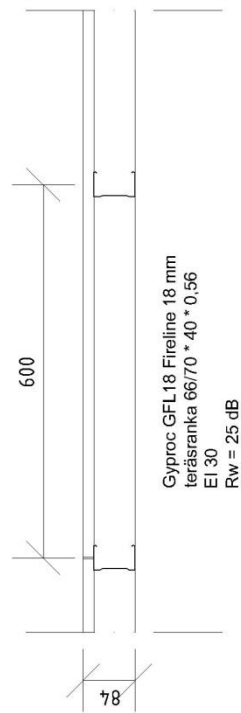
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10)

1(10)



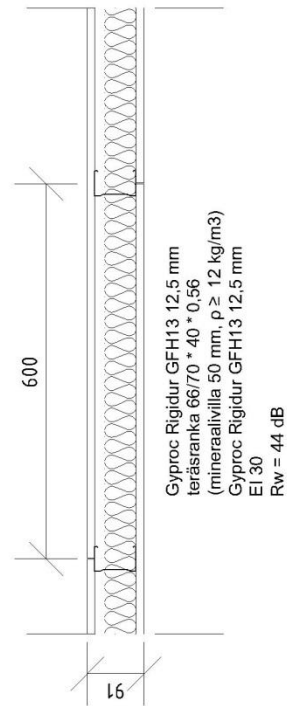
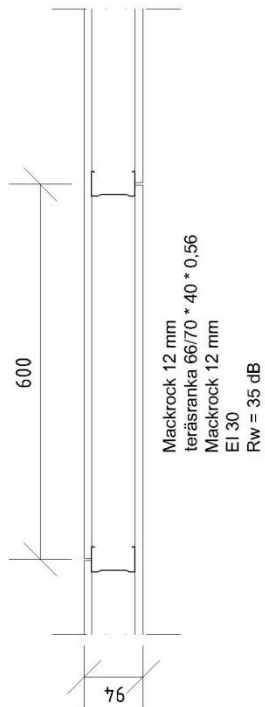
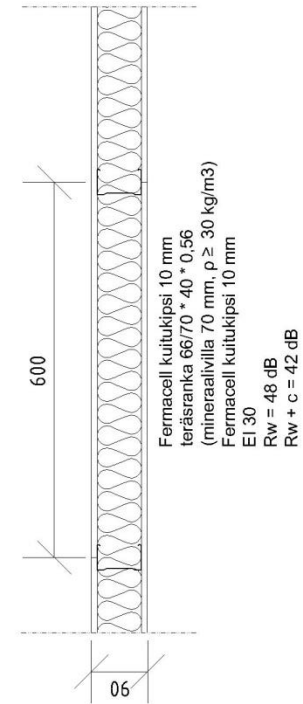
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10)

2(10)



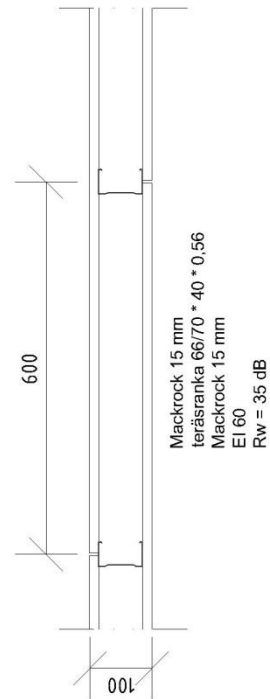
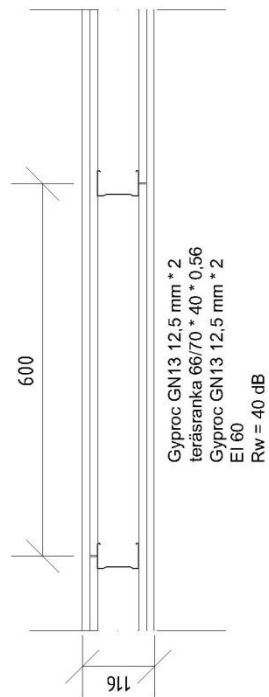
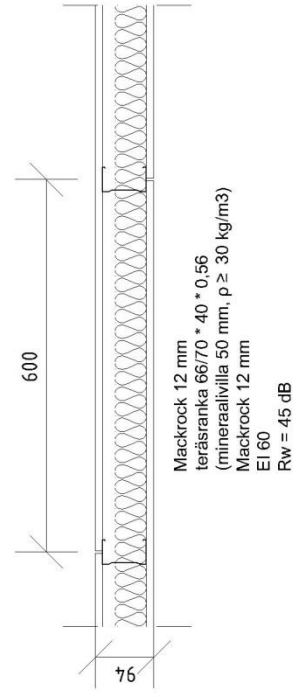
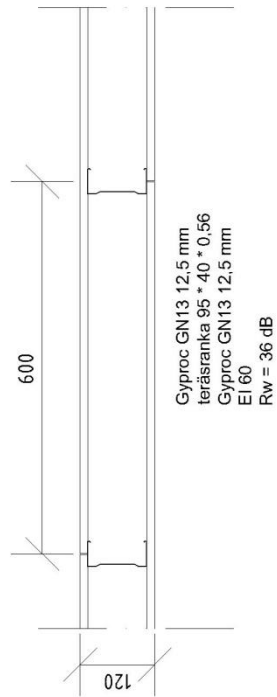
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10)

3(10)



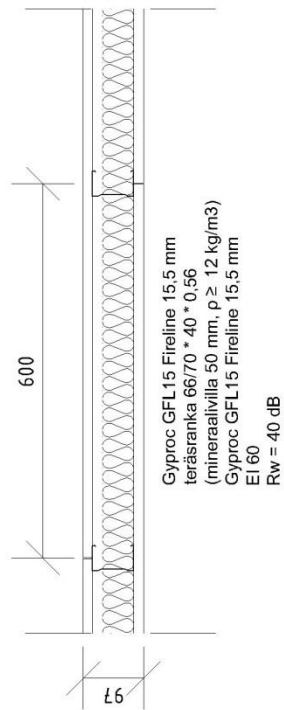
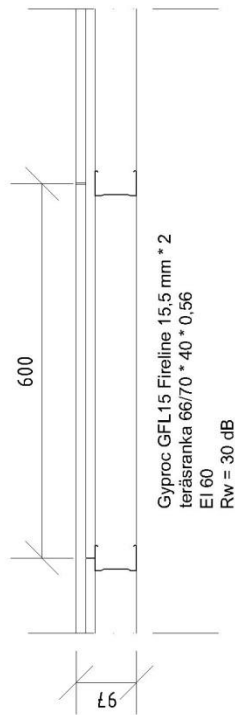
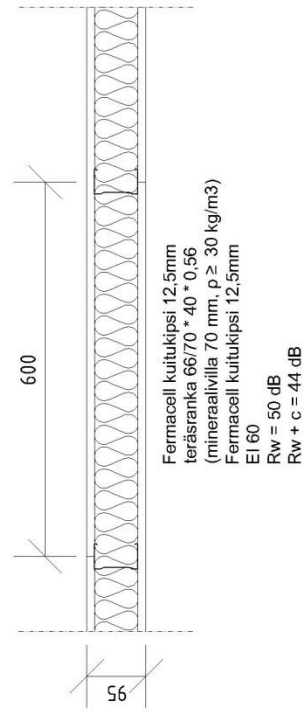
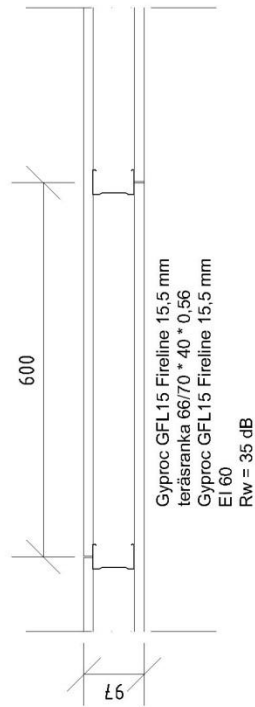
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10)

4(10)



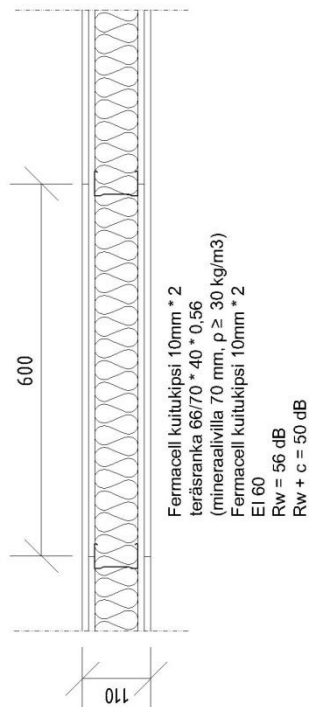
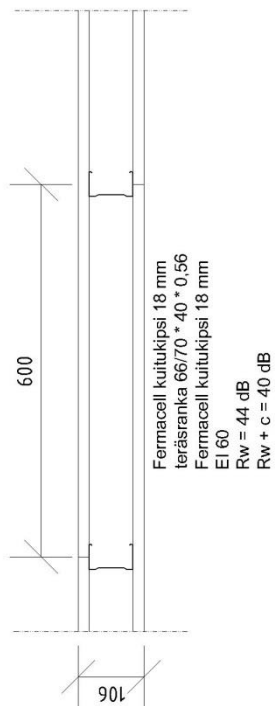
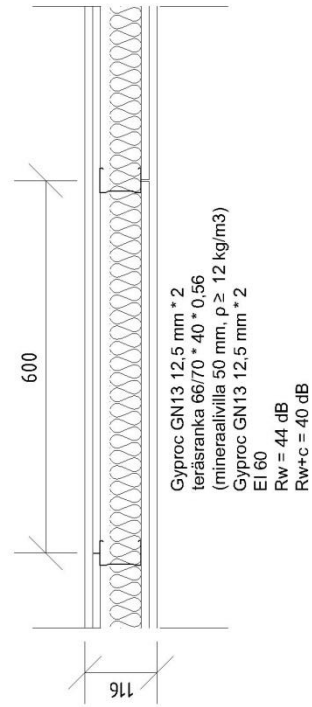
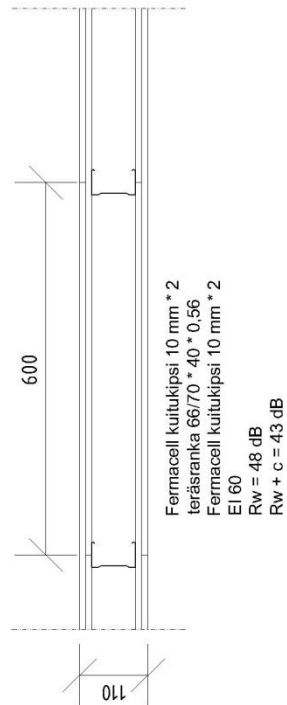
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10)

5(10)



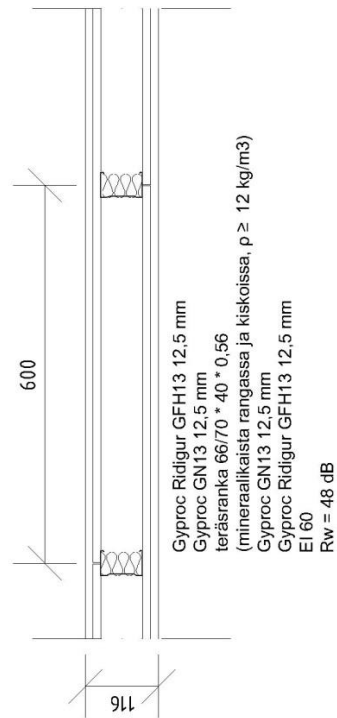
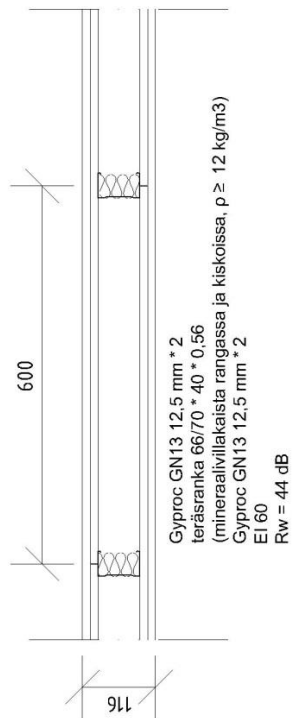
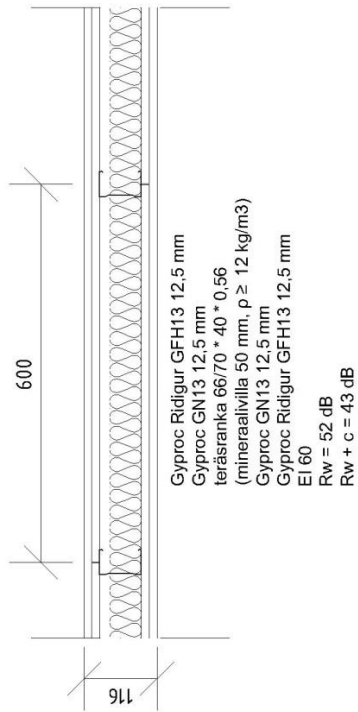
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10)

6(10)



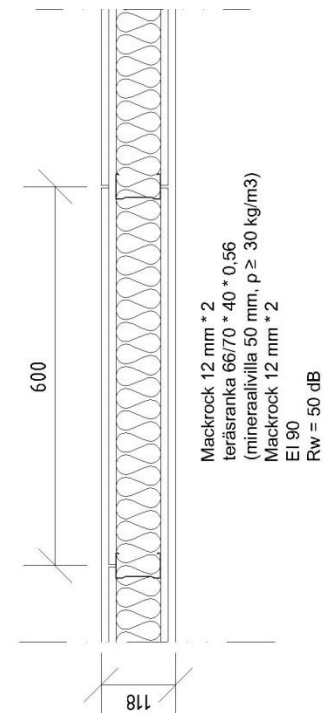
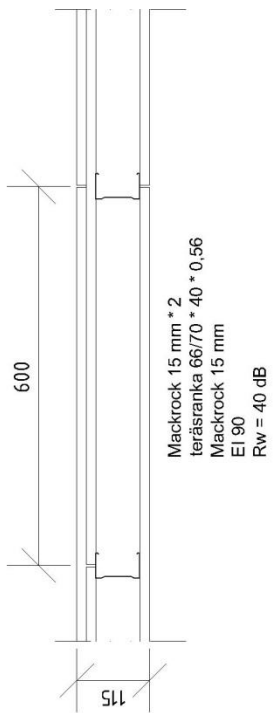
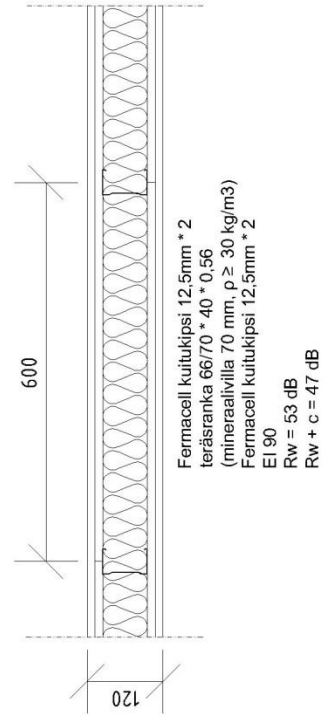
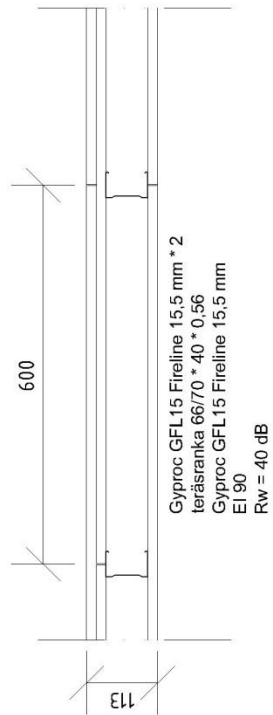
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10)

7(10)



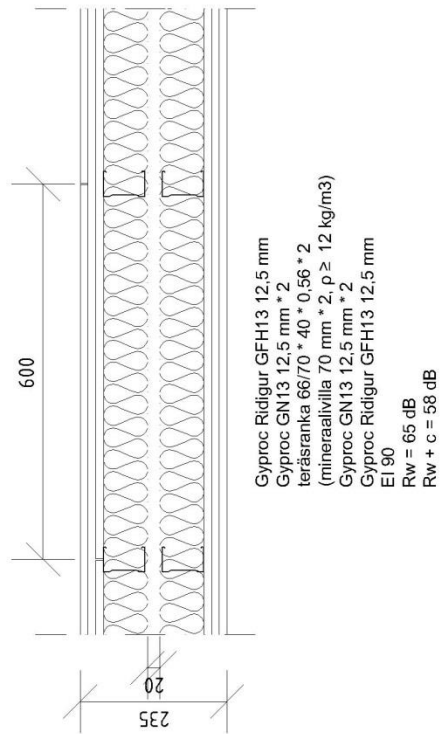
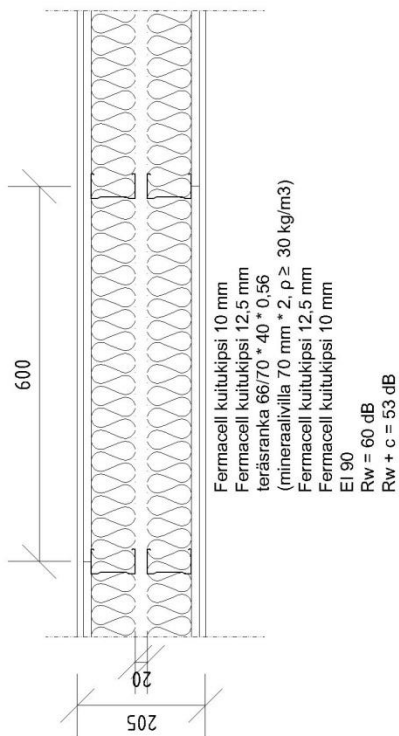
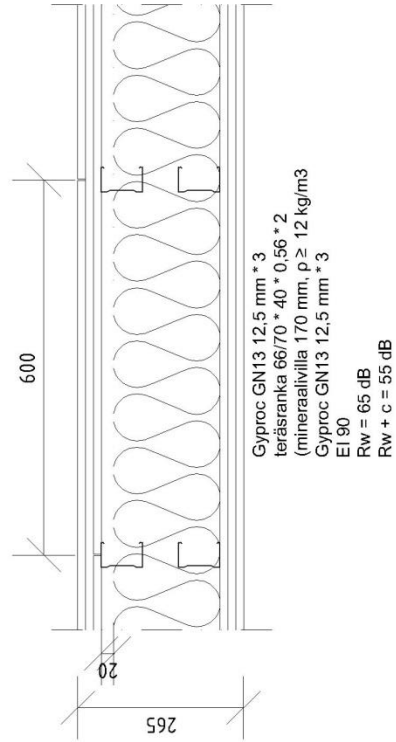
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10)

8(10)



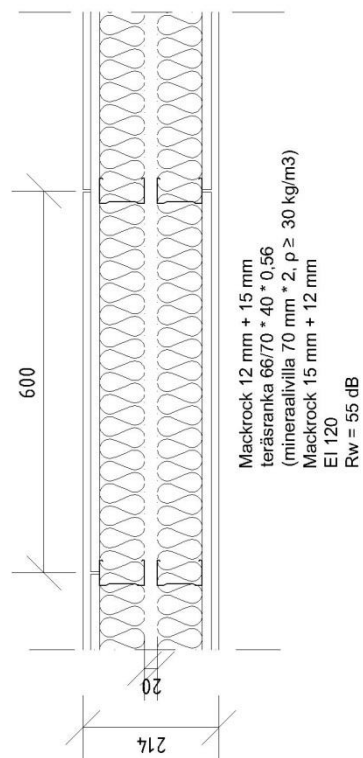
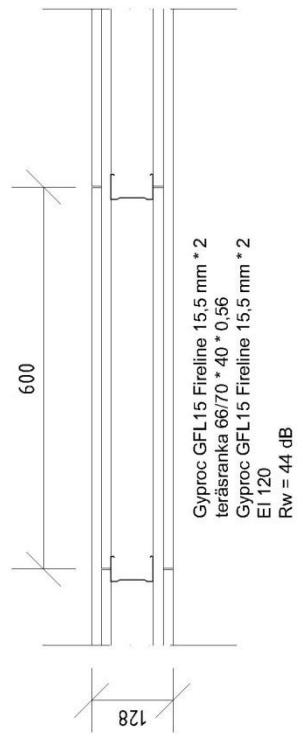
Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10)

9(10)



Liite 7. Osastoivat väliseinät (1:10)

10(10)



Liite 8. Palokuolemat 1964–2014 (SPEK)

