

Aleksi Sivonen

# Toimistojen, majoitus- ja liiketilojen ilmanvaihdon palotekninen suunnitteluohje

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri AMK  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Insinöörityö  
25.5.2012

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Aleksi Sivonen Toimistojen, majoitus- ja liiketilojen ilmanvaihdon palotekninen suunnitteluohje 38 sivua + 2 liitettä 25.5.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	diplomi-insinööri Unto Hakkarainen yliopettaja Olli Jalonen
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli selventää Suomen rakentamismääräyskokoelman E7 <i>Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus</i> mukaisia esimerkkejä ja ohjeita ja tehdä niistä selkokielineen ilmanvaihdon palotekninen suunnitteluohje. Työn tilaajalle luovutettiin yleiset ohjeet koskien ilmanvaihdon paloteknistä suunnittelua sekä tarkempi ohjekortisto koskien toimistojen, majoitus- ja liiketilojen ilmanvaihdon paloteknistä suunnittelua, jossa käsitellään kyseisille tiloille ominaisia ongelmia ja pohditaan niille ratkaisuja.</p> <p>Työssä käsiteltiin erilaisia vaihtoehtoja toteuttaa määrätty palokestävyysaika ilmanvaihtokanaville. Käsitteilyn alla olivat palonrajoittimet, savunrajoittimet ja paloeristeet. Sen lisäksi laitevalmistajilla on tuotevalikoimissaan erilaisia kuristimia, jotka toimivat savunrajoittimina sekä palopeltiventtiileitä, joita voidaan käyttää tietyissä tapauksissa. Työssä on myös käsitelty paloteknisten ilmanvaihto-osien asennustekniikkaa ja tarkennettu tapoja, miten asentaa ne oikein, ja täten saada niille riittävä toimintavarmuus tulipaloja vastaan. Lisäksi työssä vertailtiin eri paloeristevalmistajien paloeristeratkaisuja, joissa eristeen paksuus ja tiheys vaihtelivat. Huomasin myös, että tiheyden kasvaessa paloeristeen vaatima paksuus pienenee. Varsinkin korjausrakentamisessa paloeristetyn kanavan mahtuminen sille tarkoitettuun tilaan on usein senttimetreistä kiinni, joten on hyvä tietää, että vaadittuun palonkestoluokkaan voidaan päästä eri menetelmin.</p>	
Avainsanat	ilmanvaihto, paloeriste, palonrajoitin, savunrajoitin, kuristin

Author(s) Title Number of Pages Date	Aleksi Sivonen Design model for ventilation fire safety in accommodations, commercial and office buildings 38 pages + 2 appendices 25th June 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructors	Unto Hakkarainen, Master of Science in Technology Olli Jalonen, Principal Lecturer
<p>The goal for this final year project was to interpret The National Building Code of Finland part E7 – “Fire safety of ventilation installations” and write a clear design model about fire safety. Both general instructions for ventilation fire safety design, and more specific design instructions for accommodation, commercial and office buildings were written for the commissioner of the final year project.</p> <p>The Bachelor’s thesis discussed different ways of implementing the required fire resistance for ventilation ducts, and compared these to each other. It was established that the required fire resistance could be achieved by using a fire damper, a smoke damper with fire insulation or by using fire insulation. Besides of that, air terminal manufacturers also make air terminals and measurement and regulation devices which control the smoke. That way it does not have access to the ventilation system and spread from one fire compartment to another. In some cases, the use of these air terminals is enough to reach a proper level of fire safety.</p> <p>The comparison of the products showed that the density and thickness of products in a fire class may vary a lot. Since the space reserved for the ventilation ducts may be limited, it is good to know that it is possible to fit the duct with a thinner layer of insulation to get same fire resistance, if the density of the insulation is increased.</p>	
Keywords	fire damper, smoke damper, fire insulation

## Sisällys

### Käsitteitä ja määritelmiä

1	Johdanto	3
2	Teoria	5
2.1	Tulipalon kehittyminen	5
2.2	Palokuorma	6
2.3	Paloluokkien muodostuminen	7
2.3.1	Rakennukset	7
2.3.2	Rakennusosat ja -tarvikkeet	9
2.4	Rakennusten palo-osastojen muodostuminen	10
2.5	Palon ja savukaasujen leviämisen rajoittaminen osastossa	12
2.6	Palon ja savukaasujen leviämisen rajoittaminen osastosta toiseen	13
2.6.1	Palonrajoittimet	15
2.6.2	Savunrajoittimet	20
2.6.3	Kanaviston eristäminen	22
2.6.4	Kuristimet	24
2.6.5	Palonrajoitinventtiilit	26
2.6.6	Palokatkot	28
2.6.7	Savunilmaisimet ja valvontajärjestelmät	28
3	Suunnitteluohje	31
3.1	Palonrajoittimien käyttö	31
3.1.1	Palonrajoittimien käyttö uudiskohteissa	32
3.1.2	Palonrajoittimien käyttö saneerauskohteissa	34
3.2	Savunrajoittimien käyttö	34
3.3	Paloeristeen käyttö	34
4	Yhteenveto	36
	Lähteet	38
	Liitteet	
	Liite 1. Kuristimina toimivat päätelaitteet	
	Liite 2. Paloeristepaksuudet ja tiheydet	

## Käsitteitä ja määritelmiä

automaattinen palonilmoitin	Laitteisto, joka automaattisesti ja välittömästi ilmoittaa alkavasta palosta. Palonilmoitin antaa myös ilmoituksen sen toimintavarmuutta vaarantavista vioista.
automaattinen sammutuslaitteisto	Tulipalon sammuttamiseen tarkoitettu automaattisesti toimiva laitteisto.
ISO-834 -standardi (standardipalo)	Standardipalolla tarkoitetaan normitettua palotilannetta, jota käytetään tutkimustarkoituksiin. Normitettua prosessia tarvitaan, jotta voidaan testata ja mitoitaa rakennusosia ja -tarvikkeita yhteismitallista menetelmää käyttäen. Menetelmä perustuu yhteisesti hyväksytyyn matemaattiseen malliin, jota käytetään polttokojeissa todellista tilannetta mallintaen.
keskusilmanvaihtolaitteisto	Ilmanvaihtolaitteisto, joka palvelee vähintään kahta palo-osastoa. Rakennus saattaa sisältää sekä useita keskusilmanvaihtolaitteistoja että yhtä osastoa palvelevia ilmanvaihtolaitteistoja.
paloeristys	Ilmakanavaan, muihin laitteisiin tai rakenteisiin kiinnitetty palonkestoaikaa lisäävä verhous. Paloeristys tehdään vähintään A2-s1,d0-luokan rakennustarvikkeista.
palokatko	Palokatko on LVIS-johtojen, -putkien, tai muiden teknisten järjestelmien palotekninen tiivistys läpäistävän rakenteen palo-osastointia vastaan. Palokatko estää tulipalon syttyessä

	liekkien, kuumuuden ja savukaasujen leviämisen läpivientien kautta.
palokuorma	Vapautuva kokonaislämpömäärä, kun tilassa oleva aine palaa täydellisesti. Siihen luetaan kantavat, runkoa jäykistävät, osastoivat ja muut rakennusosat sekä irtaimisto.
palo-osasto	Rakennuksen osa, josta palon leviäminen on määrätyn ajan estetty osastoivin rakennusosin tai muulla tehokkaalla tavalla.
palonkestävyysaika	Minuutteina ilmaistu aika, jonka rakennusosan on todettu täyttävän sille asetetut vaatimukset.
palonrajoitin	Laite tai rakennusosa, jonka avulla estetään palon leviäminen palo-osastosta toiseen määrätyn palonkestoajan.
palonkestävä kanava tai laite	Asetetun paloluokan vaatimukset täyttävä kanava tai laite. Useimmiten palonkestävyys saadaan aikaan paloeristyksen avulla.
roilo	Osastoivin rakennusosin rajoitettu yleensä pystysuora tila, johon sijoitetaan ilmakehän ja mahdollisesti muita putkia ja johtoja. Kevytrakenteinen osastoimaton kotelo ei ole roilo.
savunrajoitin	Laite, laitteisto tai rakennusosa, jolla rajoitetaan palon alkuvaiheessa syntyvän savun leviämistä ilmanvaihtolaitteiston kautta palo-osastossa tai palo-osastosta toiseen.

## 1 Johdanto

Tässä insinööriyössä on tarkoitus selventää Suomen rakentamismääräyskokoelman E7 "Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus" mukaisia esimerkkejä ja ohjeita ja tehdä niistä yrityksen omat selkokiekiset ilmanvaihdon palotekniset yleissuunnitteluohjeet. Tarkeimmat ilmanvaihdon palotekniset suunnitteluohjeet rajataan koskemaan toimistoja, liike- ja majoitustiloja, joissa syvennyttään miettimään eri käyttöryhmille ominaisia ongelmia ja ratkaisuja. Ohjeet noudattavat Suomen rakentamismääräyskokoelmaa. Työ tehdään Insinööritoimisto Äyräväinen Oy:lle, joka on erikoistunut mm. hotellien, koulujen, päiväkotien, toimistorakennusten ja maanalaisten turvatilojen lviajkorjausrakennussuunnitteluun. Myös uudisrakennusten lviaj-suunnittelu ja talotekninen konsultointi kuuluu yrityksen toimenkuvaan. Yritys on toiminut vuodesta 1972 lähtien. Se työllistää 28 henkilöä, ja sillä on toimistot Helsingissä ja Rovaniemellä. [1.]

Erilaiset tilat tuovat omat sääntönsä koskien paloturvallisuutta. Jos tiloihin majoitetaan ihmisiä, vaatii palosuojaus erityisvaatimuksia. Erityisesti tilat, jotka saattavat olla ihmiselle vieraita, kuten hotellit, kokoontumis-, liike- ja majoitustilat, jolloin tulipalon sattuessa poistuminen kiinteistöstä on ongelmallista. Myös ihmisten määrä, arvio heidän kyvystään pelastautua ja toimia itsenäisesti tulipalon aikana sekä aika, jolloin pelastuslaitoksen yksiköiden oletetaan saapuvan palopaikalle pitää ottaa huomioon. [2, s. 6.] Erityisesti tämä pitää huomioida, kun suunnitellaan tiloja liikuntarajoitteisille tai sairaille. Myös tilat, joissa on erityisen paljon palokuormaa tai sisältävät palavia aineita, pitää huomioida erikseen paloturvallisuutta ajatellen. [2, s. 31.]

Tässä työssä tullaan käsittelemään erilaisia paloeristeitä, savun- ja palorajoittimia ja muita paloa rajoittavia kanavatuotteita, joita käytetään esimerkiksi ilmanvaihtokanavissa siirryttäessä palo-osastosta toiseen. Erityisesti käsittelyssä ovat niiden käyttö erilaisissa ratkaisuissa ja tiloissa. Savunpoistolaitteistot ovat työn laajuuden kannalta rajattu pois tästä työstä.

Ilmanvaihdon paloteknisessä suunnittelussa pyritään yleensä mahdollisimman yksinkertaisiin ratkaisuihin. Hintavat EI-luokan palonrajoittimet voidaan yleensä korvata riittäväällä paloeristeellä tietyissä tapauksissa. Ne voidaan myös korvata E-luokan palonra-

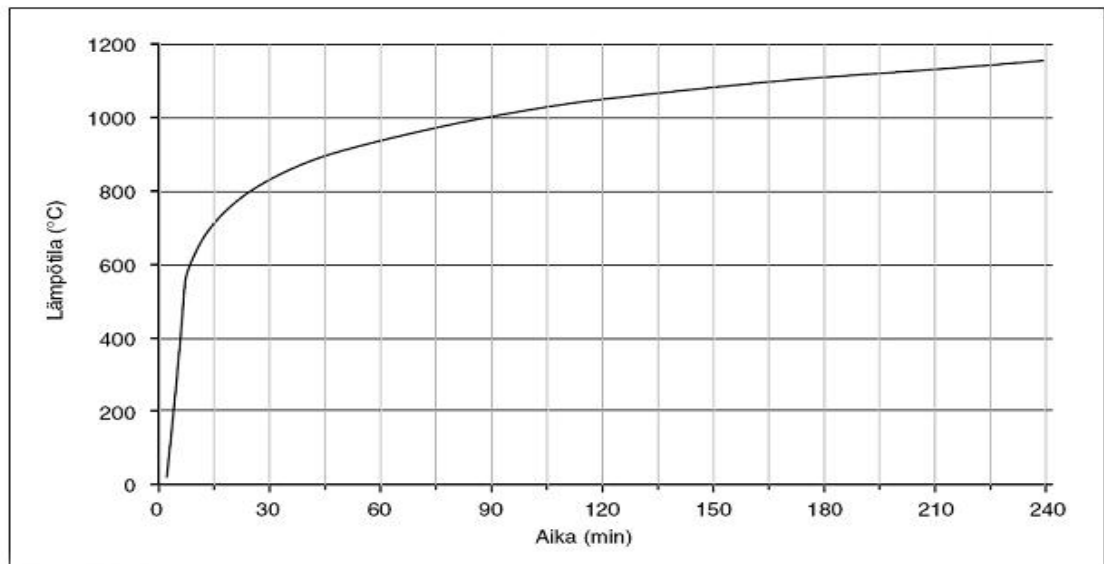
joittimilla ja riittäväällä paloeristeellä. Paloeristeiden paksuus ja tiheys vaikuttavat olennaisesti palonsuojausluokan täyttymiseen.

Lopputuloksena yritykselle luovutetaan ilmanvaihdon palotekninen yleissuunnitteluohje sekä tarkempi ohjekortisto liike-, toimisto- sekä majoitustilojen osilta. Tarkoituksena olisi, että ohjekortisto voidaan myöhemmin laajentaa kattamaan myös yrityksen muiden erikoisalaa olevien käyttötaparyhmien osalta.

## 2 Teoria

### 2.1 Tulipalon kehittyminen

Tulipalo tarvitsee kolmea asiaa palaakseen. Se tarvitsee palavaa materiaalia, ilman seassa olevaa happea ja lämpöenergiaa [3]. Palon yhteydessä ilma laajenee voimakkaasti luoden tilaan ylipaineen. Ilman paineen ja lämpötilan kasvaessa kuuma ja myrkyllinen palamiskaasu pyrkii tunkeutumaan ympäröiviin tiloihin, joissa paine on pienempi. Palo loppuu vasta kun yksi tarvittavista elementeistä puuttuu, eli joko se sammutetaan, siltä loppuu happi tai palava materiaali palaa loppuun tai se poistetaan. [4, s. 7.] Tulipalossa kuumuus ei ole se, johon ihminen yleensä menehtyy, vaan kaasut, joita tulipalossa ja kytemisessä syntyy. Palamiskaasut, kuten esimerkiksi häkä ja hiilidioksidi, pääsevät keuhkojen kautta verenkiertoon ja syrjäyttävät siitä hapen. Hapen puute verenkierrrossa aiheuttaa ihmisen menehtymisen. Esimerkiksi jo yhden nojatuolin pehmusteiden palaminen tekee tulipalon tappavan myrkylliseksi. [5]. Kuvasta 1 nähdään, kuinka ISO-834-standardin mukainen palo etenee ajan funktiona sekä kuinka palon ensimmäisillä minuuteilla tulipalon kehitys on hyvin nopeaa.



ISO-834 -standardin mukainen lämpötila-aikakäyrä

Kuva 1. Tulipalon kehittyminen ISO-834-standardin mukaan [6].

## 2.2 Palokuorma

Tilassa oleva palokuorma määrittää tilan palonkestävyysajan. Palokuorma voidaan arvioida tai laskea, mutta ensisijassa se määritetään palo-osaston käyttötavan perusteella. Esimerkiksi varastotiloille voidaan arvioida jokin palokuorma, koska voidaan olettaa, että siellä säilytetään tavaraa. Siihen vaikuttavat myös palokuorman sijainti, palamisominaisuudet, kuten palamisnopeus, sekä -lämpötila. [7, s. 9.]

Taulukko 1. Käyttötaparyhmien jakautuminen palokuormaryhmiin [7, s. 10].

Palokuormatiheys	Käyttötaparyhmät	Huom.
> 1200 MJ/m <sup>2</sup>	Varastot, jotka ovat erillisiä palo-osastoja	Kohdekohtainen palokuorman arviointi tai määrittäminen tuotanto- ja varastotiloissa.
600–1200 MJ/m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Osa kokoontumis- ja liiketiloista: <ul style="list-style-type: none"> <li>• myymälät</li> <li>• näyttelytilat</li> <li>• kirjastot</li> </ul> </li> <li>– Asuinrakennusten kellariosastot, jotka sisältävät irtaimistovarastoja</li> <li>– Moottoriajoneuvojen korjaus- ja huoltilat</li> </ul>	
< 600 MJ/m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Asunnot, majoitustilat ja hoitolaitokset</li> <li>– Osa kokoontumis- ja liiketiloista: <ul style="list-style-type: none"> <li>• autosuojat</li> <li>• enintään 300 h-m<sup>2</sup>:n myymälät</li> <li>• kirkot</li> <li>• koulut</li> <li>• päivähoitolaitokset</li> <li>• toimistot</li> <li>• teatterit</li> <li>• urheiluhallit</li> </ul> </li> </ul>	h-m <sup>2</sup> , huoneistoala

Taulukko 1 näyttää, mihin palokuormatiheysryhmään kukin käyttötaparyhmä kuuluu, jos palokuormaa ei voida täsmällisesti laskea.

## 2.3 Paloluokkien muodostuminen

### 2.3.1 Rakennukset

Suomen rakentamismääräyskokoelma E1 "Rakennusten paloturvallisuus" mukaan rakennukset jaetaan kolmeen paloluokkaan P1, P2 ja P3. Paloluokassa P1 rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan kestävän sortumatta palossa. Tässä paloluokassa rakennuksen henkilömäärää tai kokoa ei ole rajoitettu, kuten taulukosta 2 voi huomata. Paloluokassa P2 rakennuksen kantavien rakenteiden vaatimukset voivat olla tasoa P1 matalammat. Tässä paloluokassa pyritään pääsemään tarpeelliseen turvallisuustasoon asettamalla erityisvaatimuksia sisäpintojen, kuten lattioiden, seinien ja sisäkattojen ominaisuuksille. Toisin kuin P1-paloluokassa, henkilömääriä ja rakennuksen kokoa joudutaan rajoittamaan käyttötavasta riippuen. Paloluokassa P3 ei aseteta erityisvaatimuksia kantaville rakenteille, eikä rakennustarvikkeille palonkeston suhteen vaan riittävä turvallisuustaso saadaan rajoittamalla henkilömääriä ja rakennuksen kokoa käyttötavasta riippuen, kuten taulukosta 2 voi havaita. [2, s. 7.]

Taulukko 2. Rakennuksen suurin sallittu henkilömäärä [7, s. 12].

Käyttötapa	Kerrokset	Rakennuksen paloluokka		
		P1	P2	P3
Asunnot		ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Majoitustilat	1	ei rajoitusta	paikkaluku 150	paikkaluku 50
	2	ei rajoitusta	paikkaluku 50	paikkaluku 10
Hoitolaitokset	1	ei rajoitusta	paikkaluku 100	paikkaluku 10
	2	ei rajoitusta	paikkaluku 25	ei sallittu
Kokoontumis- ja liiketilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	henkilöitä 500
	2	ei rajoitusta	henkilöitä 250	henkilöitä 50
Työpaikkatilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
	2	ei rajoitusta	ei rajoitusta	työntekijöitä 150
Tuotanto- ja varastotilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
	2	ei rajoitusta	työntekijöitä 50	ei sallittu

Taulukosta 3 voi nähdä, kuinka Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 mukaan rakennusten kokoa rajoitetaan rakennuksen paloluokan mukaan. Kuten aiemmin mainittiin, P1 -luokassa rajoitteita ei ole.

Taulukko 3. Rakennusten kokoa koskevat rajoitukset [7, s. 11].

Rakennuksen ominaisuus	Rakennuksen paloluokka		
	P1	P2	P3
<b>KERROSLUKU</b>			
yleensä	ei rajoitusta	enintään 2	enintään 2
asuinrakennus, työpaikkarakennus	ei rajoitusta	enintään 8	enintään 2
tuotanto- tai varastorakennus, autosuoja	ei rajoitusta	enintään 2	enintään 1
<b>KORKEUS</b>			
yleensä	ei rajoitusta	enintään 9m	enintään 9m
asuinrakennus, työpaikkarakennus 3–4 krs.	ei rajoitusta	enintään 14m	ei sallittu
asuinrakennus, työpaikkarakennus 5–8 krs.	ei rajoitusta	enintään 26m	ei sallittu
yksikerroksinen tuotanto- tai varastorakennus	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 14m
<b>KERROSALA</b>			
Kerrosala yleensä			
– yksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 2400m <sup>2</sup>
– kaksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 1600m <sup>2</sup>
– yli kaksikerroksinen	ei rajoitusta	enintään 12000m <sup>2</sup>	ei sallittu
Kerrosala tuotanto- ja varastorakennuksissa sekä autosuojissa			
– yksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
– kaksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei sallittu

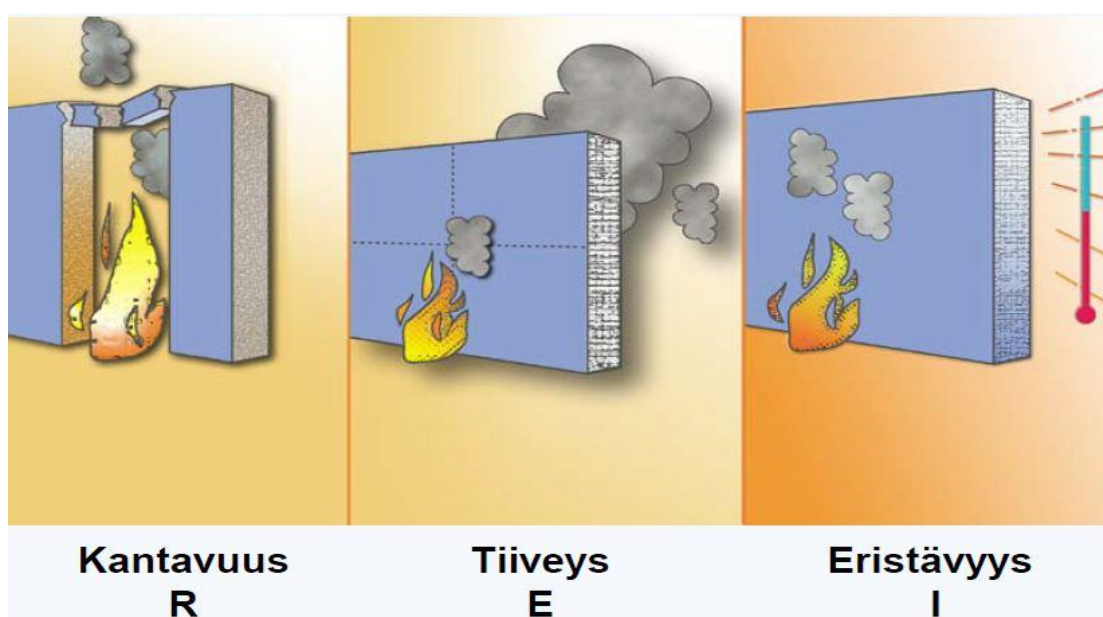
Rakennuksen korkeus lasketaan taulukossa 2 julkisivupinnan ja vesikaton leikkausviivan korkeudelta maan pinnasta (MRA 58 §). Tarvittaessa voidaan laskea myös rakennuksen nurkkapisteiden keskiarvo niiden etäisyydestä maanpintaan. [7, s. 11.]

Henkilömäärärajoituksia ei ole yli kaksikerroksisissa rakennuksissa, silloin kun sen saa taulukon mukaan rakentaa. Jos rakennuksessa on useampiin käyttötaparyhmiin kuuluvia tiloja, tulee rakennuksen turvallisuustaso arvioida kokonaisuutta tarkastellen. Huomioitavaa on myös, että kaksikerroksisten rakennusten henkilömäärärajoitukset koskevat rakennuksia, joissa mainitun käyttötavan alaiset tilat sijaitsevat kokonaan tai osaksi

toisessa kerroksessa. Jos mainittuja tiloja on vain ensimmäisessä kerroksessa, sovelletaan rajoituksia, jotka koskevat yksikerroksisia rakennuksia. [7, s. 12].

### 2.3.2 Rakennusosat ja -tarvikkeet

Rakennusosille on vaadittu seuraavanlaisia ominaisuuksia ja niitä kuvataan kirjaimilla R, E ja I, joista R tarkoittaa rakenteen kantavuutta, E tiiveyttä ja I eristävyyttä (kuva 2). Rakenteen tiiveydellä tarkoitetaan sen kykyä rajoittaa savujen ja kaasujen leviämistä muualle. Rakenteen eristävyydellä tarkoitetaan sen kykyä rajoittaa lämpösäteilyn läpäisemistä. Kirjainyhdistelmän tai kirjaimen jälkeen ilmoitetaan palonkestävyysaika minuutteina. Minuuttiaika voi olla jokin seuraavista: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 tai 240. Rakenteen paloluokaksi muodostuu siis esimerkiksi EI60, joka tarkoittaa, että rakenne kestää tiiveyden ja eristävyyden osalta paloa 60 minuuttia. Toisaalta rakennusosa, joka täyttää ainoastaan tiiveysvaatimuksen E, voi olla vaarallinen aiheuttamansa lämpösäteilyn takia, jolloin tämä on otettava huomioon esimerkiksi määriteltäessä suojaetäisyyksiä syttyviin materiaaleihin. Jotta rakennuksen suunnittelu olisi yksinkertaisempaan, suunnitellaan rakenteet yleensä vähintään EI-luokkaisiksi. Lisäksi merkinnällä S voidaan kuvata rajoitettua savuvuotoa, jolla tarkoitetaan yleensä ilmanvaihtokomponentin, esimerkiksi savunrajoittimen kykyä rajoittaa savun tai palokaasujen pääsy komponentin läpi niin ympäristön ollessa tavanomaisessa lämpötilassa kuin tulipalonkin aikana. [2, s. 7.]



Kuva 2. Rakennusosien ominaisuudet [8].

Rakennustarvikkeita, lattiapäällysteitä lukuun ottamatta, kuvataan luokilla A1, A2, B, C, D, E ja F. Sen lisäksi lisämääreillä s1, s2 ja s3 kuvataan tuotteen savuntuottoa ja d0, d1 ja d2 pisarointia. Muiden paitsi A1- ja F-luokan kanssa käytetään lisämääreitä. E-luokka voi olla myös ilman lisämäärettä, mikä tarkoittaa, ettei tarvikkeesta irtoa palavia pisaroita. [2, s. 8.] Rakennustarvikkeiden paloluokat on listattu taulukossa 4.

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa E1 on listattu lisätarkennuksia rakenteiden, sisäpintojen, ulkoseinien, yms. luokkavaatimuksille, joita ei tässä insinööriyössä käydä niiden laajuuden takia läpi.

Taulukko 4. Rakennustarvikkeiden paloluokat [2, s. 8].

A1	Tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon.
A2	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu.
B	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu.
C	Tarvikkeet, jotka osallistuvat paloon rajoitetusti.
D	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä.
E	Tarvikkeet, joiden käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä.
F	Tarvikkeet, joiden käyttäytymistä ei ole määritetty.
s1	Savuntuotto on erittäin vähäistä.
s2	Savuntuotto on vähäistä.
s3	Savuntuotto ei täytä s1 tai s2 vaatimuksia.
d0	Palavia pisaroita tai osia ei esiinny.
d1	Palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti.
d2	Palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä vaatimuksia d0 tai d1.

## 2.4 Rakennusten palo-osastojen muodostuminen

Rakennuksen palo-osastoinnit määrittää pääsuunnittelija, joka on yleensä arkkitehti yhdessä mahdollisen palokonsultin kanssa, mikäli se on tarpeen. Palo-osastoinnit ja niiden rajat tulee esittää pääpiirustuksissa eli rakennuksen pohjapiirroksissa. [9, s. 21.] Ensisijaisesti palo-osastot muodostuvat rakennuksen tai sen osan käyttötavan mukaan. Lisäksi ne ryhmitellään käyttöajan ja sen mukaan, kuinka hyvin rakennuksen käyttäjät tuntevat sen tilat ja miten he pystyvät pelastautumaan rakennuksesta itse tai muiden avustamina tulipalon sattuessa. [10, s. 7.] Rakennus, jossa on esimerkiksi tuotanto- ja toimistotilaa, jaetaan ensiksi toimitilojen mukaisesti palo-osastoihin, eli tuotantotilat erotetaan toimistotiloista. Tätä kutsutaan käyttötapaosastoinniksi. Sen jälkeen ne pilkotaan tilan koosta riippuen pienempiin, säännön mukaisesti osastoihin, esimerkiksi raken-

nuksen eri kerrosten välisiin osastoihin. Yleensä ullakko, kellarikerros sekä muut kerrokset eritellään toisistaan omiksi palo-osastoiksi. Tätä kutsutaan kerrossosastoinniksi. Toisinaan palo-osasto voi muodostua useamman kerroksen tiloista. Mikäli kerroksilla on suuri pinta-ala, ne pilkotaan vielä sääntöjen mukaisesti pienempiin osiin. Tätä kutsutaan pinta-alaosastoinniksi. [10, s. 13.]

Osastot muodostetaan yleensä poistumisen turvaamiseksi, palon ja savun leviämisen rajoittamiseksi, omaisuusvahinkojen rajoittamiseksi ja pelastus- ja sammutustoimien helpottamiseksi. Tavanomaisia palo-osastoja ovat esimerkiksi porrashuoneet, muuntamotilat, poistumistiet ja majoitustiloissa asuinhuoneet. [10, s. 13.] Taulukossa 5 on esitetty erilaisten tilojen enimmäispaloaluekokoja. Huomioitavaa on myös, että palo-osaston kokoa voidaan suurentaa, mikäli

- osasto on varustettu automaattisella savunpoistolla,
- automaattisella sammutuslaitteistolla tai
- automaattisella paloilmoinnilla, joka on liitetty hätäkeskukseen.

Taulukko 5. Palo-osastojen enimmäisalut [7, s. 14].

Käyttötapa	Rakennuksen paloluokka		
	P1	P2	P3
KERROKSET			
Asuinrakennukset	osastointi huoneistoittain	osastointi huoneistoittain	osastointi huoneistoittain
Majoitustilat ja hoitolaitokset:			
– yöpymistilat	800 m <sup>2</sup>	800 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>
– muut tilat	1600 m <sup>2</sup>	1600 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>
Kokoontumis- ja liiketilat sekä työpaikkatilat	2400 m <sup>2</sup>	2400 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>
Tuotanto- ja varastotilat sekä autosuojat	harkinnan mukaan 1)	harkinnan mukaan 1)	harkinnan mukaan 1)
ULLAKOT JA YLÄPOHJAN ONTELOT	1600 m <sup>2</sup>	1600 m <sup>2</sup>	alapuolisten osastojen mukaan 2)
KELLARIT	800 m <sup>2</sup>	800 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>

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<sup>2</sup>:n osastoihin.

Taulukko 6 kertoo, miten palokuorma ja kerroslukumäärä vaikuttavat osastointiaikaan kerroksissa ja kellarissa.

Taulukko 6. Osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset [7, s. 18].

<b>Rakennuksen paloluokka ja kerrosluku</b>					
	<b>P1 ja P2 3–8 kerrosta Palokuorma MJ/m<sup>2</sup></b>			<b>P2 1–2 kerrosta</b>	<b>P3</b>
	> 1200	600 – 1200	< 600		
Osastoivat rakennusosat kerroksissa	EI 120	EI 90	EI 60	EI 30	EI 30
Osastoivat rakennusosat kellareissa	EI 120	EI 90	EI 60	EI 60	EI 30

Palokuorman kasvaessa kasvaa myös osastointivaatimus. Rakennuksen paloluokan suurentuessa pienenevät myös osastointivaatimukset, mutta niiden mukana tulevat taulukkojen 2 ja 3 mukaiset rajoitukset.

## 2.5 Palon ja savukaasujen leviämisen rajoittaminen osastossa

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E1 mukaan osastoivat rakennusosat niihin liittyvine laitteineen ja varusteineen tulee tehdä siten, että palon leviäminen osastosta toiseen estyy määrätyn ajan ja pääperiaatteena on, ettei ilmanvaihtolaitteisto heikennä rakennuksen paloturvallisten rakenteisin aikaansaatuja turvallisuustasoa [7, s. 13].

Ilmanvaihtokanavien osalta tämä tarkoittaa sitä, että niiden on kestävä niihin kohdistuvat rasitukset, kuten puhdistuksen ja kuumuuden, riippumatta siitä, onko tulipalo kanavan ulko- tai sisäpuolella. Palon leviäminen kanavan sisällä pyritään estämään kanavan puhdistuksella. Kanavat tulisi puhdistaa suosituksen mukaan 5–10 vuoden välein riippuen kanavassa liikkuvan ilman puhtaudesta. Mikäli kanava rasvoittuu helposti, olisi se syytä puhdistaa useimmin. Pöly yhdessä rasvan kanssa muodostaa kanaaviin palavaa materiaalia, joka edistää tulipalossa palon leviämistä. [7, s. 19.]

Ilmanvaihtokanaviston läpiviennit ovat tehtävä tarkoin, koska ne ovat osastoivien rakenteiden helposti haavoittuva kohta, josta palo ja palokaasut voivat levitä muihin tiloihin [11, s. 133]. Ilmanvaihtokanaviston kannattamiseen katosta tulee kiinnittää huomiota, ja myös kannakkeet pitää tehdä paloa kestävästä materiaaleista, muuten tulipalon aiheuttama rasitus voi vahingoittaa niiden tiiveyttä ja edesauttaa vaarallisten savukaasujen leviämistä rakennuksessa. Kanavien ja kanavaosien seinämät tehdään vähintään A2-s1-d0-luokan rakennustarvikkeista, kuten sinkitystä teräslevystä.

Sinkitystä teräslevystä tehdyt ilmanvaihtokanavat tunnetaan myös peltikanavana. Taulukossa 7 on listattu erikokoisten sinkitystä teräksestä valmistettujen ilmanvaihtokanavien vaatimat seinämäpaksuudet. Vaativilla kanavilla tarkoitetaan puhdistavuudeltaan ja paloturvallisuudeltaan vaativia teräksestä valmistettuja ilmanvaihtokanavia. Näitä ovat esimerkiksi ammattikeittiöiden poistokanavat. [2, s. 14.]

Ilmanvaihtokanavistovalmistajat ovat tuoneet markkinoille myös muovikanavia. Ne on tarkoitettu käytettäväksi pientaloissa ja ilmanvaihtolaitteistoissa, jotka palvelevat yhtä asuntoa, lukuun ottamatta keittiön kohdepoistokanavaa. Nämä kuuluvat P3-paloluokkaan. P2- ja P1-luokan rakennuksissa kanavan täytyy olla palamattomasta materiaalista valmistettua, joten muovikanavia ei niihin saa asentaa. [10, s. 5.]

Taulukko 7. Erikokoisten kanavien seinämäpaksuudet [2, s. 14].

<b>Pyöreä kanava Ø (mm)</b>	<b>Materiaalin paksuus vähintään (mm)</b>
63–315	0,5
400–800	0,7
1000–1250	0,9
<b>Suorakaidekanava</b>	
pidempi sivu ≤ 300 mm	0,5
pidempi sivu 300–800 mm	0,7
pidempi sivu > 800 mm	0,9
<b>Vaativat kanavat</b>	1,25

## 2.6 Palon ja savukaasujen leviämisen rajoittaminen osastosta toiseen

Tulipalon ja savukaasujen leviäminen paloteknisestä osastosta toiseen ilmanvaihtolaitteiston kautta pyritään estämään ensikädessä paloturvallisuusvaatimuksilla. Suomen rakentamismääräyskokoelma E7 käsittelee eri tapoja, joilla varmistetaan ilmanvaihtokanaviston palonkestävyys ja paloturvallisuus. [11, s. 132–133.]

Käytännössä palon leviäminen osastosta toiseen ilmanvaihtokanavassa estetään palonrajoittimien käytöllä, palonkestävillä eristeillä ja ilmanvaihtolaitteistojen yhdistelmärajoituksilla. Yhdistelmärajoituksilla tarkoitetaan sitä, ettei majoitustilojen keskusilmanvaihtoon saa liittää esimerkiksi toimistotilojen tai muiden käyttötaparyhmien ilmanvaihtoa.

Sen lisäksi majoitustilojen ilmanvaihtokoneen tulisi olla omassa tilassaan, poissa muiden käyttötaparyhmien ilmanvaihtokoneiden luota. [10, s. 6.]

Poistumistiet ja uloskäytävät on suojeltava erityisesti savukaasuilta. Se tarkoittaa sitä, että kukin uloskäytävä on varustettava omalla ilmanvaihtolaitteistolla, sekä sitä, että niiden raittiin ilman säleiköt on sijoitettava niin, ettei niihin pääse palotilanteessa tunkeutumaan savukaasuja. Mikäli uloskäytävän alueella on muita tiloja palvelevia ilmanvaihtokanavia, ne paloeristetään. Lisäksi iv-konehuoneet ja hissikuilut olisi hyvä varustaa omalla itsenäisellä ilmanvaihtolaitteistolla. [2, s. 20.] Taulukossa 8 on esitetty käyttötaparyhmien yhdistelmärajotuksia. Asuinrakennuksissa alle 300 m<sup>2</sup>:n toimistot ja kokoontumistilat voidaan kuitenkin yhdistää samaan keskusilmanvaihtoon asuntojen kanssa. Myös samassa rakennuksessa olevat keittiöt ja säilytystilat, kuten varastot, voidaan kytkeä samaan keskusilmanvaihtoon. [10, s. 6.]

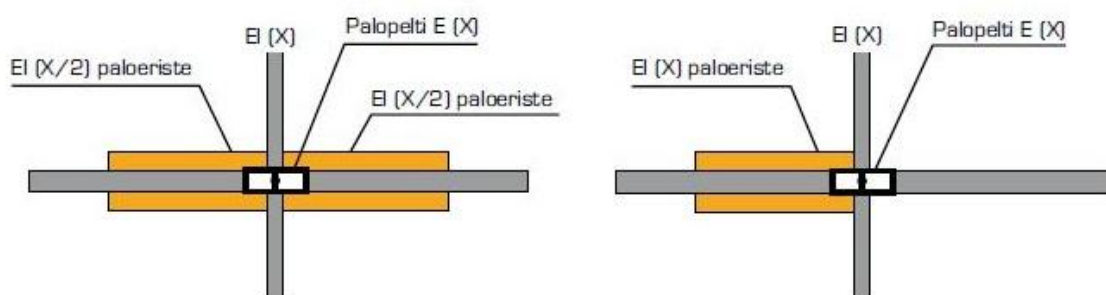
Taulukko 8. Käyttötaparyhmien yhdistelmärajotukset [2, s. 18].

Käyttötaparyhmä	<p>● Ei yhdistetä toiseen käyttötaparyhmään edes keskenään (yksittäinen asunto voidaan yhdistää).</p> <p>■ voidaan yhdistää keskenään samaan keskusilmanvaihtolaitteistoon *)</p> <p>✘ ei voida yhdistää keskusilman vaihtolaitteistoon</p>
Asunnot	●
Majoitustilat	●
Hoitolaitokset	●
Kokoontumis- ja liiketilat	■
Tavanomaiset työpaikatilat	■
Tuotanto- ja varastotilat	■
Autosuojat	■
Uloskäytävät	✘
Palo- tai räjähdysvaaralliset tilat	✘

\*) Suomen rakentamismääräyskokoelman D2 – Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto mukaisia yhdistelmärajotuksia noudattaen.

## 2.6.1 Palonrajoittimet

Palonrajoitin asennetaan yleensä kanavaan sen lävistäessä osastoivan rakennusosan. Palonrajoittimen, eli ns. palopellin tehtävänä on eristää kuumuutta ja estää savukaasujen pääseminen palo-osastosta toiseen ilmanvaihtokanavistoa pitkin. Se valitaan usein täyttämään kanavan lävistämän osastoivan rakennusosan palonkestoaikavaatimus, jolloin paloeristettä ei kanavalle vaadita. Palonrajoittimen tulee olla riittävän tiivis ja varmatoiminen, jotta se suojaisi ihmisiä ja esineitä tulipaloilta. Ne tulee olla testattu Euroopan unionin jäsenmaissa standardin EN 1366-2 mukaan. Lisäksi niiden tulee olla tyyppihyväksytty standardin EN 13501-3 mukaisesti. Lisäksi niiden tulee olla CE-merkittyjä ja täyttää standardin SFS-EN 15650 mukaiset vaatimukset. [12, s. 3]. Tyypillinen osastointivaatimuksen täyttävä palonrajoitin on rakenteeltaan sellainen (kuva 4), että se koostuu runko-osasta sekä läpystä, joka eristää kuumuutta hyvin ja sulkeutuu riittävän nopeasti. Palonrajoittimen eristävydestä voidaan tinkiä asentamalla pelkästään tiiviyden takaava E-luokan palonrajoitin, joka vaatii kanaviston osittaisen eristämisen kuvan 3 mukaisella tavalla, mikäli on tarve päästä EI-luokan osastointivaatimukseen, joka on yleistä. Kanava voidaan eristää joko molemmilta puolilta E-luokan palonrajoitinta, jolloin paloeriste voi olla puolet paloluokasta tai vain toiselta puolelta, jolloin paloeristeen paloluokan täytyy olla osastoivan seinän paloluokan veroinen. [2, s. 20.]

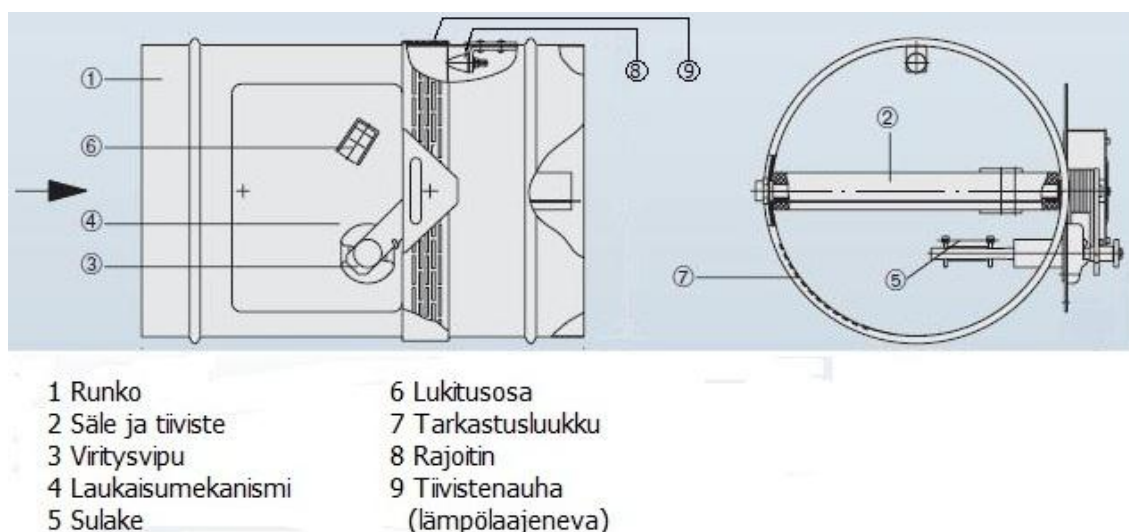


Kuva 3. Esimerkkejä paloeristeen käytöstä E-luokan palonrajoittimen kanssa [4, s. 19].

Yleensä läpän laukaisee palosulake, jonka toimintalämpötila on  $70\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ . Sulakkeen lauettua mekaaninen palautusjousi sulkee läpän. Sulakkeita saa myös kuumemmille ilman lämpötiloille. Jos poistoilman lämpötila on erittäin korkea, sulake ei laukea turhaan. Esimerkiksi saunan poistoilman lämpötila saattaa jossain tapauksissa laukaista pienemmille lämpötiloille suunnatun sulakkeen. [11, s. 134.] Suuremman lämpöti-

lasulakkeen käyttö on perusteltua, mikäli se ei aiheuta vaaraa palo- tai henkilöturvallisuudelle [2, s. 21]. Palosulake on materiaaliltaan matalassa lämpötilassa sulavaa metallia [11, s. 134]. Toisaalta pienemmän lämpötilan lämpösulakkeita voidaan käyttää henkilöturvallisuuden kannalta vaativissa kohteissa [2, s. 21].

Palonrajoittimia voidaan ohjata myös automaation avulla, jolloin automatiikka yhdessä palonrajoittimen toimimoottorin kanssa helpottaa niiden sulkemista ja uudelleen avaamista. Savunilmaisimen lauettua virransyöttö palonrajoittimelle katkaistaan, ja sen sulkulevy menee kiinni-asentoon, koska virrattomina ne ovat aina kiinni-asennossa. [13.] Automatiikalla ja moottoroiduilla palonrajoittimilla päästään huomattavasti turvallisempaan ratkaisuun kuin pelkästään palosulakkeilla varustelluin palonrajoittimin. Pelkästään lämpösulakkeilla varustettuihin palonrajoittimiin saadaan asennettua mikrokytkin, joka ilmoittaa sulkulevyn sulkeutumisen. Mikrokytkimen asennuksen avulla voidaan valvoa palonrajoittimen toimintakuntoa sekä se voidaan yhdistää rakennuksen valvontakeskukseen hälytyksen tekoa varten. [14.]

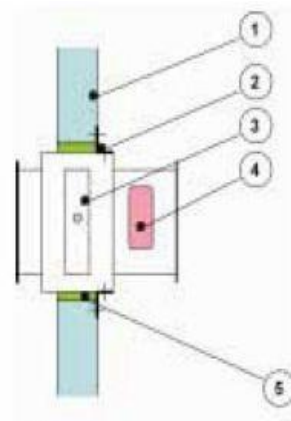


Kuva 4. Erään laitevalmistajan EI-luokan palonrajoittimen rakenne ilman toimilaitetta [muokattu 15].

Kuvassa 5 voi nähdä, kuinka tavanomainen palonrajoitin tulisi asentaa. Sen molemmille puolille tulisi asentaa puhdistusluukut, jotta kanava sekä palonrajoitin päästään puhdistamaan huolella. Sen lisäksi palonrajoitin voidaan tarkistaa ja sulake voidaan vaihtaa helposti. [16, s. 20.] Työaukon täytössä eli palokatossa käytettäviä menetelmiä käsitellään luvussa 2.6.5 Palokatkot.

*Palonrajoittimen asennusperiaate osastoivaan rakenteeseen.*

- 1 Osastoiva seinärakenne
- 2 Asennuskehys
- 3 Palonrajoitin (EI)
- 4 Toimilaite
- 5 Työaukon täyttö (palokatko)

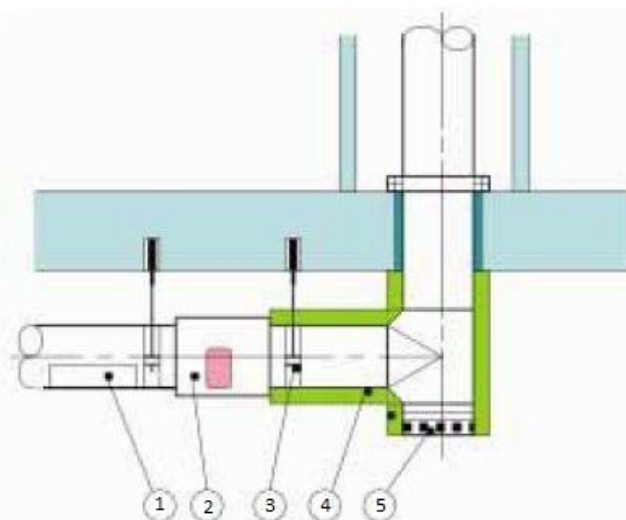


Kuva 5. Palonrajoittimen asennus kantavaan seinään [2, s. 22].

Jos palonrajoittimen tavanomainen seinään asennus ei esimerkiksi tilanpuutteen takia onnistu, voidaan palonrajoitin asentaa kuten kuvassa 6. Tässä on huomioitavaa palonrajoittimen kannakointi, joka tulee tehdä siten, että se kestää paloa osastoivan rakenteen paloluokan mukaan, joka saattaa tarkoittaa hyvin järeääkin kannakointia. Huomioitavaa on myös kanavan eristäminen ennen palonrajoitinta. Kannakoinnin palonkestävyyden arviointi kuuluu rakennesuunnittelijan tehtäviin. [2, s. 24.]

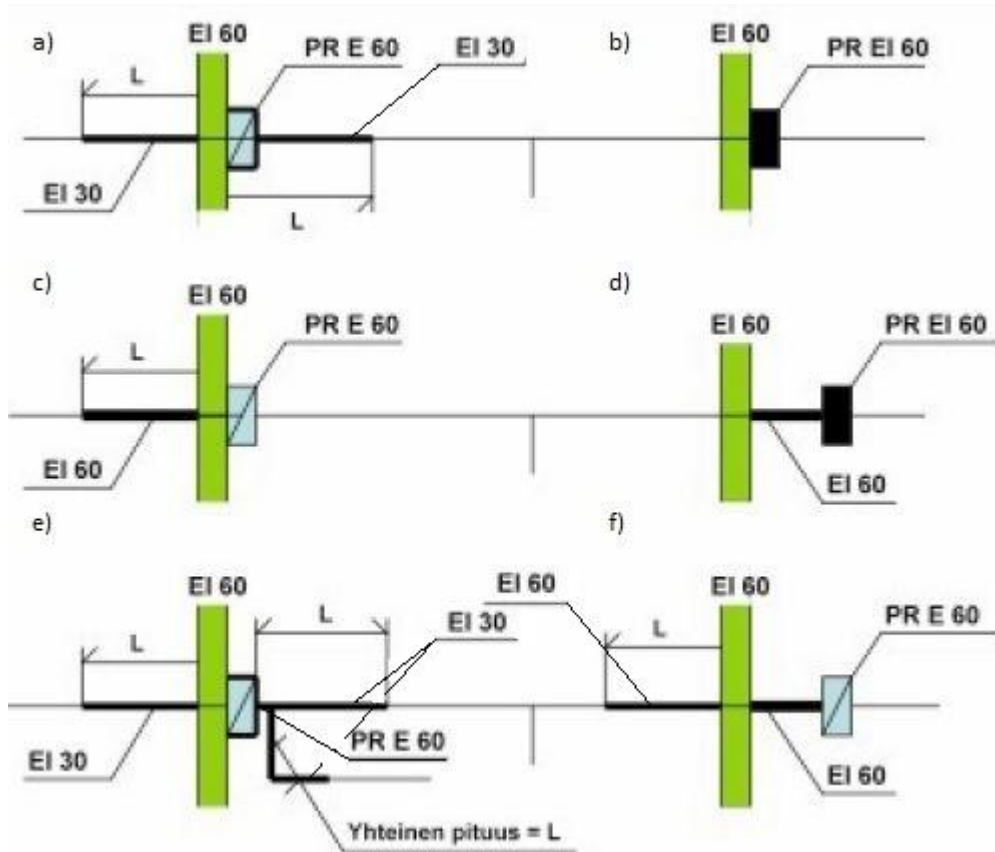
*Esimerkki palonrajoittimen asennuksesta irti osastoivasta rakenteesta.*

- 1 Puhdistusluukku
- 2 Palonrajoitin (EI)
- 3 Kierretanko ja kiilapultti-ankkuri (rakennesuunnittelija arvioi kannakoinnin palonkestävyyden)
- 4 Kanavan paloeristys
- 5 Puhdistusluukku (EI)



Kuva 6. Palonrajoittimen asennus irti osastoivasta rakenteesta [2, s. 24].

Kuvassa 7 on esitetty erilaisia periaatteellisia tapoja E- ja EI-luokan palonrajoittimien (PR) asennukseen yhdessä paloeristeen kanssa. Pituudet (L) eristeille saadaan taulukosta 8.



Kuva 7. Periaatekuvia ilmanvaihtolaitteistossa käytettävistä palonrajoittimista yhdessä palonkestävän kanavan kanssa [muokattu 2, s. 33].

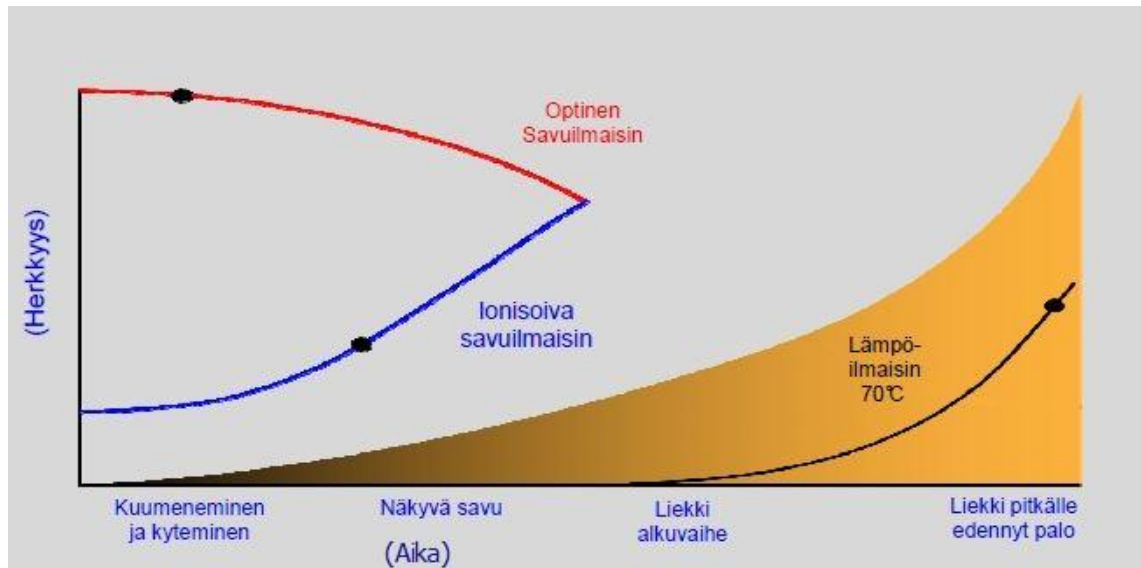
Kuvassa 9 näkee, kuinka savunilmaisimen yhdessä valvontayksikön kanssa (kuva 8) sulkee palonrajoittimen läpän jo palon alkuvaiheessa. Palavassa tilassa on jo erittäin kuuma ja tulipalo on pitkälle kehittynyt, ennen kuin ilmanvaihtokanavan ilman lämpötila nousee sulakkeen laukeamislämpötilaan. Tällöin vaarallisia palamiskaasuja on jo päässyt ilmanvaihtokanavien kautta muualle. Sen lisäksi jos halutaan käyttää E-luokan palonrajoitinta ja paloeristettä, kestää sulakkeella laueta vielä kauemmin sen takia, koska paloeriste toimii lämpöeristeenä kanavalle, joka estää lämpötilan nousua kanavassa. Tämä on todettu erilaisissa palonrajoittimien testauksissa.

## Savuilmaisin rajoittaa savukaasujen leviämisen



Kuva 8. Havainnekuva savunilmaisimen, valvontakeskuksen ja palonrajoittimen yhteistoiminnasta [17].

Kuvassa 9 on esitetty x-akselilla tulipalon kehitysvaiheet ja y-akselilla laitteen herkkyys, eli se, kuinka nopeasti laite reagoi alkavaan paloon. Väritetty käyrä kuvastaa tulipalon normaalikäyttäytymistä. Jos tiloissa on savuvahingoille herkkiä esineitä tai asioita, on hyvä varustaa palonrajoittimet savunilmaisimien ohjauksella. Palonrajoittimet sulkeutuvat, mikäli hälytys ilmoittaa mahdollisesta savusta, ja täten suojaavat tiloja savukaasujen leviämiseltä ilmanvaihtokanavia pitkin. Riski on suuri silloin kun sama keskusilmanvaihtolaitteisto palvelee useita eri palo-alueita, vaikka ilmanvaihtolaitteisto suljettaisiin heti kun palo havaitaan. [11, s. 132–133.]



Kuva 9. Optisen savuilmaisimen, ionisoivan savuilmaisimen ja sulakelaukaisimen toiminta tulipalossa [muokattu 17].

Kuvasta 9 voi huomata, kuinka savuilmaisimin varustetut palonrajoittimet reagoivat jo palon alkuvaiheessa ja miten lämpöilmaisimella eli palonrajoittimessa olevalla sulakkeella kestää reagoida tulipaloon huomattavasti pidempään. Ilmaisimen reagointipiste on merkattu mustalla pisteellä kuvaan.

### 2.6.2 Savunrajoittimet

Savukaasujen leviämisen rajoittamiseen voidaan Suomen rakentamismääräyskokoelman E7 kohdan 6.1 mukaan käyttää kuristimena toimivia kanava- sekä päätelaitteita, jossa niiltä vaaditaan rajoitettua ilmavirtaa  $42 \text{ dm}^3/\text{s}$   $100 \text{ Pa}$ :n paine-erolla, laitteen ollessa täysin auki tai rajoitettuna tiettyyn säätöarvoon. Nousukanava, joka on vähintään 2,5 metriä tai 10 kertaa kanavan halkaisija tai suorakaidekanavan pidemmän sivun pituus, lasketaan myös savua rajoittavaksi rakennusosaksi. [10, s. 9.]

Savunrajoittimena voivat toimia E-luokan palonrajoittimet, jotka tunnetaan myös ns. kevyinä palopelteinä tai savunrajoitinpelteinä. E-luokan palonrajoittimet tulee savunrajoitinkäytössä kytkeä valvontayksikköön ja savuilmaisinjärjestelmään, jonka hälyttäessä signaali sulkee rajoittimen virransyötön ja savunrajoittimen sulkulevy menee palautusjousen avulla kiinni. Sen lisäksi ne on varustettava myös sulakkeilla. E-luokan palonrajoittimena toimiva savunrajoitin ei voi olla ilman toimilaitetta asennettu, koska silloin sen toiminta perustuu pelkästään lämpöilmaisimen eli lämpösulakkeen toimintaan, jol-

loin se ei anna kovin hyvää suojaa savukaasuja vastaan, koska sulake reagoi hitaasti paloon, kuten kuvasta 9 huomaa. Kuvassa 10 on havainnollistettu asia vielä tarkemmin. Savunrajoitin estää savukaasujen pääsemisen kanavistoon, mutta ei eristä lämpösäteilyä. Virrattomana toimilaitteella varustettu savunrajoitin menee aina kiinni asentoon jousen toimesta, eli laite suojaa, vaikka ennen tulipaloa sähkön jakelussa olisi häiriö. [14.]

### Lämpösulake ei estä savukaasujen leviämistä



Kuva 10. Lämpösulakkeellisen E-palorajoittimen toiminta [17].

Taulukossa 9 on esitetty eristettävän kanavaosuuden pituudet. Yksittäisen alle 200cm<sup>2</sup> pinta-alaltaan olevan kanavan, joka tarkoittaa halkaisijaltaan 160mm:n kanavaa, ei savunrajoittimen kanssa tarvitse käyttää paloeristettä. [4, s. 19.]

Taulukko 9. Kanavan paloeristäminen, kun palonrajoitin ei täytä eristävyysvaatimusta [10, s. 7].

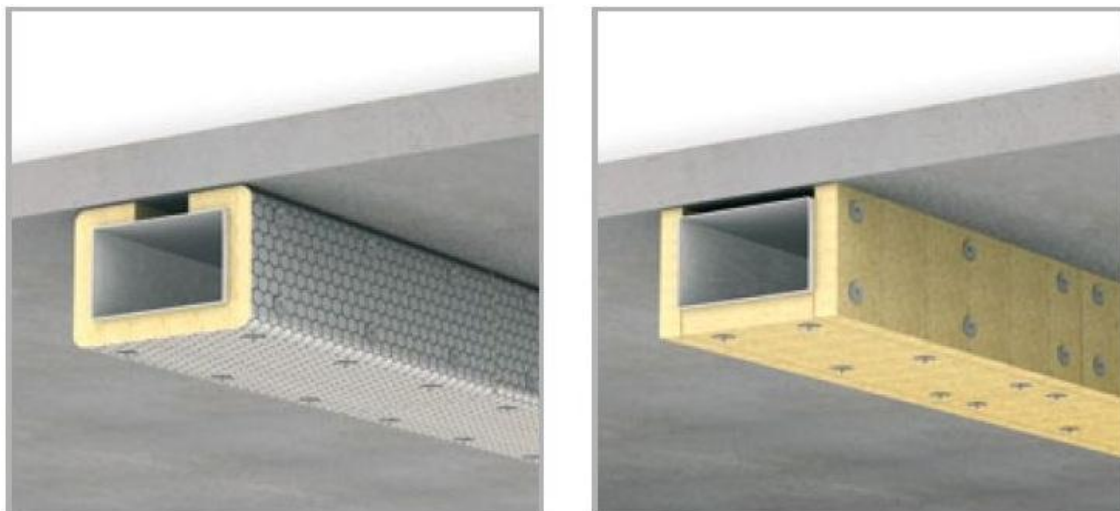
Rakennusosan palonkestävyysaikavaatimus (min)	Kanavan nimellinen koko (mm) *	
	≤ 300	> 300
	Eristetyn kanavaosan pituus L (m)	
30	0,5	1,0
60	1,0	2,0
90...120	2,0	4,0
240	4,0	4,0

\*) Pyöreän kanavan sisämitta tai suorakaidekanavan pidemmän sivun sisämitta.

### 2.6.3 Kanaviston eristäminen

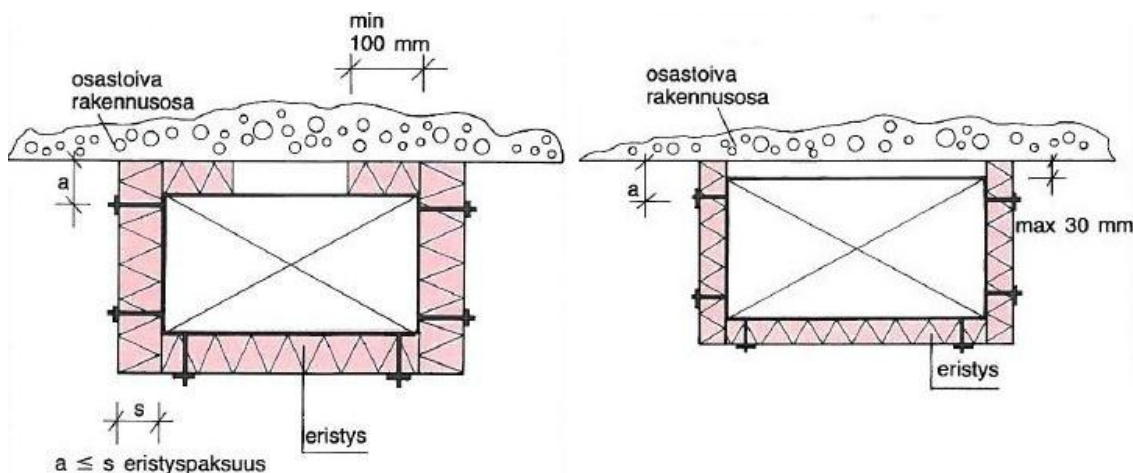
Ilmanvaihtokanavan mennessä yhden tai useamman palo-osaston läpi avautumatta niihin, voidaan koko kanava eristää, eikä palon- tai savunrajoittimia kanavassa tarvita [11, s. 134]. Eristeiden, kanaviston kannakointien ja niiden asennusmenetelmien tulee kestää niille asetetut palonkestovaatimukset, minkä lisäksi niille on asetettu tiettyjä vaatimuksia viranomaisten taholta. Paloeristysasennukset on tarkastettava aina paloviranomaisilla. Eristevalmistajat ovat laatineet tarkemmat paloeristeiden asennusohjeet. Kanaviston puhdistus on tärkeä osa paloturvallisuutta, joten on pidettävä huoli, että kanaviston puhdistusluukut eivät jää eristeiden alle. Siksi puhdistusluukkujen kohdat ovat eristettävä huolella ja siten, ettei se olennaisesti heikennä kanavan paloeristävyttä. Paloluokitusvaatimus voidaan myös täyttää eristämällä roilo, jossa kanava kulkee tai jakamalla palonkestovaatimus roilolle ja kanavalle. [18, s. 89.] Roilon seinämät on tällöin tehtävä vähintään A2-s1, d0 -luokan rakennustarvikkeista [10, s. 7].

Paloeristetty ilmanvaihtokanava voidaan myös lisäeristää, mutta silloin on pidettävä huoli, että lisäeriste täyttää paloeristetyn kanavan seinämälle asetetut palamattomuus- ja pintakerrosvaatimukset. Joskus pelkkä paloeriste kanavan päällä voi toimia myös ääni- kuin lämpöeristeenäkin. [13, s. 90.] Kuvassa 11 on esitetty, miten suorakaideilmanvaihtokanava tulisi eristää osastoivaa rakennusosaa vasten. Tämä voidaan kuitenkin tehdä vain, jos osastoivan rakennusosan palonkestävyysluokka on vähintään yhtä suuri kuin hormin palonkesto- ja eristävyysvaatimus [19, s. 62].



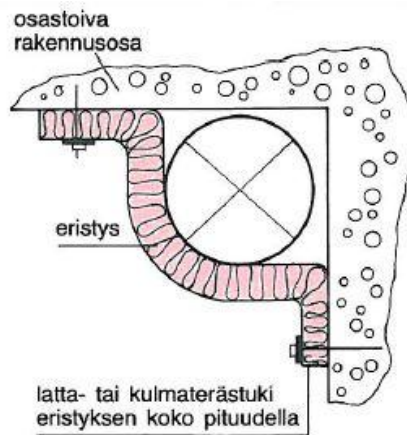
Kuva 11. Osastoivaa rakennusosaa vasten asennettu suorakaidekanava [20, s. 22].

Kuvassa 12 näkee tarkeleikkauksen, miten suorakaidekanava tulisi eristää osastoivaa rakennusosaa vasten. Eriste kiinnitetään vain niille sivuille, jotka eivät ole osastoivaa seinämää vasten. Mikäli  $a$ -mitta, eli kanavan ja seinämän välinen etäisyys on yli 30 mm, tulee paloeristettä laittaa myös osastoivan rakennusosan ja kanavan väliin 100 mm:n matkalta molemmista suunnista. Paloeristeen tulee täyttää kanavan ja seinämän väliin jättämä tila. Jos taas  $a$ -mitta on alle 30 mm, ei eristystä tarvita kanavan ja seinämän välille.



Kuva 12. Leikkauskuva seinämää vasten asennetuista suorakaidekanavista [19, s. 62].

Mikäli kanava asennetaan osastoivan seinän ja laatan muodostamaan kulmaan, eristetään kanava edelleen vain niiltä osin kuin se ei ole pintoja vasten, kuten kuvassa 13 näkyy. Paloeriste tuetaan seinään latta- tai kulmaterästuella siten, että se pysyy kiinnitettynä seinässä palonkestävyysluokituksen mukaan.



Kuva 13. Pyöreän kanavan eristäminen seinämiä vasten [19, s. 62].

Ilmanvaihtokanavistoon ei saa asentaa mitään sinne kuulumattomia kaapeleita tai sähkölaitteita, koska ne aiheuttavat syttymisvaaran sekä palaessaan ne muodostavat ja levittävät savukaasuja. Ilmavaihtokanavat sijoitetaan yleensä erillisten paloeristeiden sisään, ei yhteiseen paloeristeeseen. [2, s. 32.]

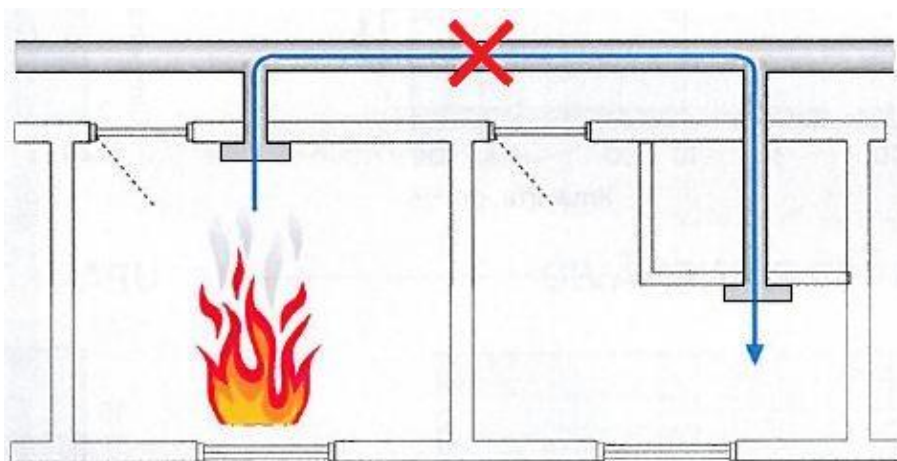
#### 2.6.4 Kuristimet

Kuristimia voidaan käyttää tietyissä tilanteissa savunrajoittimina. Ne ovat suomalaisten oma keksintö, jolla on pyritty tuomaan rakennuskustannuksia alas. Eri tuotevalmistajien tuotevalikoimista on pääte- ja kanavalaitteita, jotka täyttävät savunrajoittimille vaaditut kriteerit. Kuristimella tarkoitetaan laitetta, joka rajoittaa savukaasujen leviämistä. Se voi olla riittävän virtausvastuksen omaava tulo- tai poistoilmalaite. Myös jotkin kanavistoon asennettavat laitteet, esim. mittaus- ja säätölaitteet sekä erilaiset kanavakuristimet voivat toimia kuristimina. Kanavalaitteen aukeamista rajoitetaan tai säädetään tiettyyn säätöarvoon, jottei siitä saada enempää ilmaa kulkemaan läpi näillä kriteerein. [10, s. 9.] Tavallisella päätelaitteen painehäviöllä (30 Pa) tämä tarkoittaa noin 22 dm<sup>3</sup>/s. Sen lisäksi kuristimen tulee täyttää ympäristöministeriön ilmanvaihdon päätelaitteiden tyyppihyväksyntäohjeet savunrajoittimena toimivalle kuristimelle, jotka ovat:

- Suurin sallittu ilmavirta 42 dm<sup>3</sup>/s paine-erolla 100 Pa.
- Kuristimen tulee olla valmistettu palamattomasta materiaalista eli A1 tai A2-s1, d0-luokan materiaaleista.

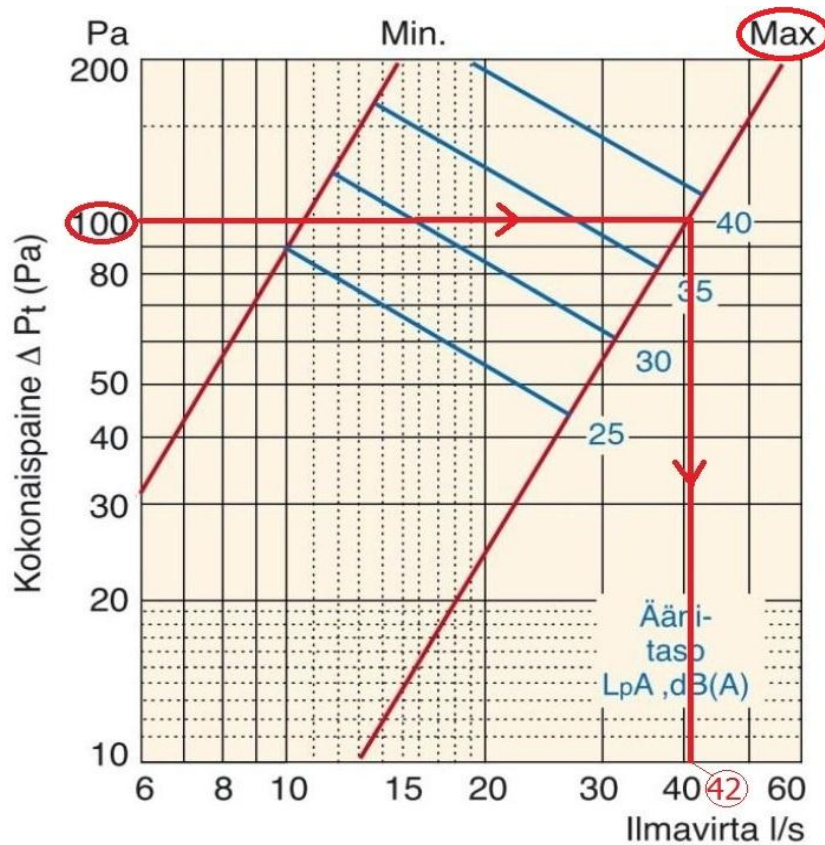
- Kuristimen tulee pysyä palossa paikallaan vähintään saman ajan kuin siihen liitetyn kanavan palonkestoaikavaatimus edellyttää.
- Palonkestävyyskoemenetelmän, jossa sovelletaan standardia EN 1363-1, mukaan kuristimessa ja siihen liitetyissä komponenteissa ei saa näkyä yli 10 sekuntia kestäviä liekkejä vastakkaisella puolella. [21, s. 7.]

Kuristin tulee myös kiinnittää valmistajan ohjeiden mukaisesti niin, että se pysyy ehjänä paikallaan palonkestävyysluokan edellyttävän ajan. Mikäli kuristin asetetaan kanaavaan, saa sen jälkeen asennettavat päätelaitteet olla ns. tavallisia päätelaitteita, joilta ei vaadita erityiskriteereitä. [22, s. 2.] Kuvassa 14 on havainnollistettu savunrajoittimen ideaa. Ideana on siis estää savukaasujen pääseminen tilasta, jossa palaa ilmanvaihtokanavistoa pitkin muihin tiloihin.



Kuva 14. Savunrajoittimen havainnollistamiskuva [22, s. 52].

Kuvassa 15 on esitetty erään tyyppihyväksytyin kanavakuristimen säätökäyrä, josta näkee, että 100 Pa:n paine-erolla rajoittimen ollessa täysin auki saadaan maksimissaan 42 dm<sup>3</sup>/s ilmaa virtaamaan sen läpi.



Kuva 15. Erään savunrajoittimen toimivan kanavakuristimen säätökäyrä [muokattu 23].

Kuristimina toimivien päätelaitteiden valmistajat ovat soveltaneet erilaisia sääntöä, jonka mukaan 100 Pa:n paine-erolla maksimi-ilmavirta on  $42 \text{ dm}^3/\text{s}$ . Joillain päätelaittevalmistajien tuotteilla teknisissä tiedoissa sanotaan, että tietyllä säätöarvolla päästään tähän vaatimukseen ja toisilla valmistajilla päätelaitetta ei ole edes mahdollisuutta säätää suuremmaksi. Turvallisempaa tietysti on, ettei päätelaitetta voida vahingossakaan esimerkiksi sen puhdistamisen yhteydessä mennä säätämään siten, että sen toiminta kuristavana savunrajoittimena lakkaa toimimasta.

### 2.6.5 Palonrajoitinventtiilit

Palonrajoitinventtiilit ovat kätevä tapa täyttää ainakin tiiveyden (E) osalta osastointivaatimus silloin kun poistetaan tai tuodaan yksittäiseen omaan palo-osastoinnin vaati-vaan tilaan ilmaa. Tällaisia tiloja voivat olla esimerkiksi porrashuoneet, hissikuilut ja iv-konehuoneet. Tällöin on muistettava paloeristys kanavassa vähintään kuvan 3 mukaan. Näin ollen suhteellisen kallis palopelti voidaan jättää pois. Kuvassa 16 on esitetty erään laitevalmistajan palonrajoitinventtiili poistoilmakanavaan. Myös eristävyden (I) täyttä-

viä palonrajoitinventtiileitä on joillakin tuotevalmistajilta, joten aina ei paloeristettäkään tarvita. [24, s. 3.]



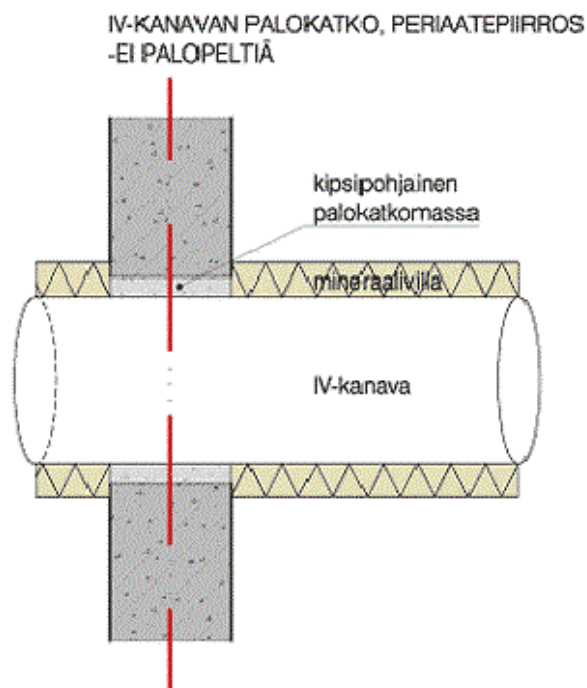
- 1 Keskikartio
- 2 Lukitusmutteri
- 3 Liitoskaulus

Kuva 16. Tyypillisen E-luokan palonrajoitinventtiilin rakenne [24, s. 3].

Palonrajoitinventtiin ei saa yleensä erillistä toimilaitetta, vaan toiminta perustuu lämpösulakkeen laukeamiseen, joka vapauttaa keskikartion sisällä olevan jousen, joka sulkee keskikartion tiiviisti liitoskaulusiin [24, s. 3]. Palonrajoitinventtiin laukeaminen voidaan tietysti indikoida mikrokytkimen avulla, joka asennetaan venttiin sisään, josta saadaan tieto valvontajärjestelmään.

### 2.6.6 Palokatkot

Suomen rakentamismääräyskokoelman E1 mukaan palokatko tulee tehdä siten, ettei läpimentävän rakennusosan osastointivaatimus olennaisesti heikenny [7, s. 19]. Tämä tarkoittaa ilmanvaihtokanavan osalta sitä, että kanavan läpivientiin tulee kiinnittää erityisen paljon huomiota. Siitä tulee tehdä tarpeeksi tiivis, etteivät myrkylliset savukaasut pääse sitä kautta tulipalon sattuessa tunkeutumaan muihin tiloihin. [25.]



Kuva 17. Esimerkki palokatkon tekemisestä osastoivan seinän lävistyksessä [26].

Läpivienti tiivistetään erilaisilla palokatkomassoilla, -eristeillä tai -tyynyillä. Niiden toiminta perustuu yleensä laajaan paisumiseen tulipaloissa. Palokatkomassoja saa eri olomuodoissa, esimerkiksi muoviluvahan tapaisena, ruiskutettavana ja itsetasoituvana massana. [25.] Kuvassa 17 on esitetty periaatepiirros ilmanvaihtokanavan läpivienistä osastoivan seinän läpi.

### 2.6.7 Savunilmaisimet ja valvontajärjestelmät

Savunilmaisimia käytetään yleensä yhdessä valvontajärjestelmien kanssa, jolloin yhden savunilmaisimen hälyttäessä saadaan useampi palonrajoitin suljettua ja savun leviämistä muihin palo-osastoihin rajoitettua. Savunilmaisimien voidaan kytkeä valvontayksikköön,

rakennusautomaatioon tai palonilmoitusjärjestelmään. Valvontajärjestelmien kautta on myös mahdollisuus saada tehtyä automaattinen palohälytys. Valvontajärjestelmästä saadaan myös lukitusignaali ilmanvaihtokoneelle tai puhaltimelle, joka pysäyttää sen toiminnan. [27.] Valvontajärjestelmillä voidaan myös varmentaa toimilaitteellisten palonrajoittimien toimintakunto. Sillä voidaan myös testata tietyin aikavälein, että palonrajoitin sulkeutuu ja avautuu oikein ja antaa mahdollisessa vikatilanteessa hälytyksen viallisesta palonrajoittimesta. [2, s. 22.] Pelkästään lämpösulakkeella toimivien palon- ja savunrajoittimien testaaminen on työläämpää. Ensiksi niihin käsiksi pääseminen voi olla työlästä mahdollisen alakaton purun takia. Sen lisäksi ne voi olla hankalassa ja ahtaassa paikassa. Ne joudutaan testaamaan käsin löysäämällä lämpösulakkeen ruuvia, kunnes palautusjousi sulkee läpän. Standardin EN 15650 mukaan toimilaitteellisten palonrajoittimien ja savunrajoittimien tarkastusvälin ei tulisi olla enempää kuin puoli vuotta. Suositeltavaa olisi tietenkin tarkastaa ne useammin, kun tämä voidaan tehdä automaattisesti valvontajärjestelmän avulla esimerkiksi 48 tunnin välein. [2, s. 47.] Kuvassa 18 on erään laitevalmistajan palonrajoittimien valvontayksikkö.



Kuva 18. Toimilaitteellisten palonrajoittimien valvontayksikkö [29].

Savunilmaisista on erilaisia, ja niitä voidaan sijoittaa ilmanvaihtokanavistoon tai huonetiilaan. Osa niistä toimii optisesti ja osa ionisoivasti, joista optinen on herkempi kuten kuvasta 8 voi huomata. Se havaitsee herkemmin suuremmat savuhiukkaset, joita syntyy esimerkiksi kytevässä paloissa. Optinen savunilmaisin on hyvä asentaa paikkoihin, joissa voi esiintyä savua hetkellisesti ilmassa kuten keittiöiden lähistöllä, koska se ei anna virrehälytystä niin helposti kuten ionisoivailmaisimien antaisi. Ionisoiva savunilmaisimien huomaa taas pienet savuhiukkaset paremmin, joita syntyy liekehtivässä palossa. Sen toiminta perustuu pieneen ilma-aukkoon, jonka läpi kulkee heikko sähkövirta. Se antaa hälytyksen sähkövirran häiriintyessä savun pienistä hiukkasista. Ionisoivat savunilmaisimet suositellaan asentavaksi esimerkiksi makuuhuoneisiin ja vastaaviin tiloihin, joissa tulipalo voi syttyä hetkessä. [28.] Kuvassa 19 on erään laitevalmistajan kanava-asenteinen savunilmaisimien.



Kuva 19. Kanavaan asennettava savunilmaisimien [30].

### 3 Suunnitteluohje

Insinööritoimisto Äyräväinen Oy:lle tehty suunnitteluohje pitää sisällään yleisohjeet ilmanvaihdon palotekniselle suunnittelulle, sekä tarkemmat ohjeet, joissa käsitellään toimistoja, liike- ja majoitustiloja. Suunnitteluohjeella on tarkoitus yhtenäistää suunnittelua ja saada hyvä turvallisuustaso tulipaloja vastaan ilmanvaihtojärjestelmissä. Suunnitteluohjeessa syvennyttään erityisesti toimistojen, liike- ja majoitustilojen yleisimpiin rakenteellisiin ominaisuuksiin ja pohditaan sääntöjä ja keinoja miten paloturvallisuus voidaan taata ilmastointijärjestelmissä. Yleisohjeissa on pyritty miettimään mahdollisimman yksinkertaiset ohjeet, joilla päästään joko määräysten vastaavalle turvallisuustasolle tai sitä parempaan tasoon. Järjestelmän hintaan ei tässä ohjeessa oteta kantaa, vaan ohje keskittyy henkilöturvallisuuteen. Tässä insinööriyössä käsitellään pääpiirteisesti suunnitteluohjeen sisältöä toimisto-, majoitus ja liiketilojen saneeraus- ja uudiskohteiden kannalta.

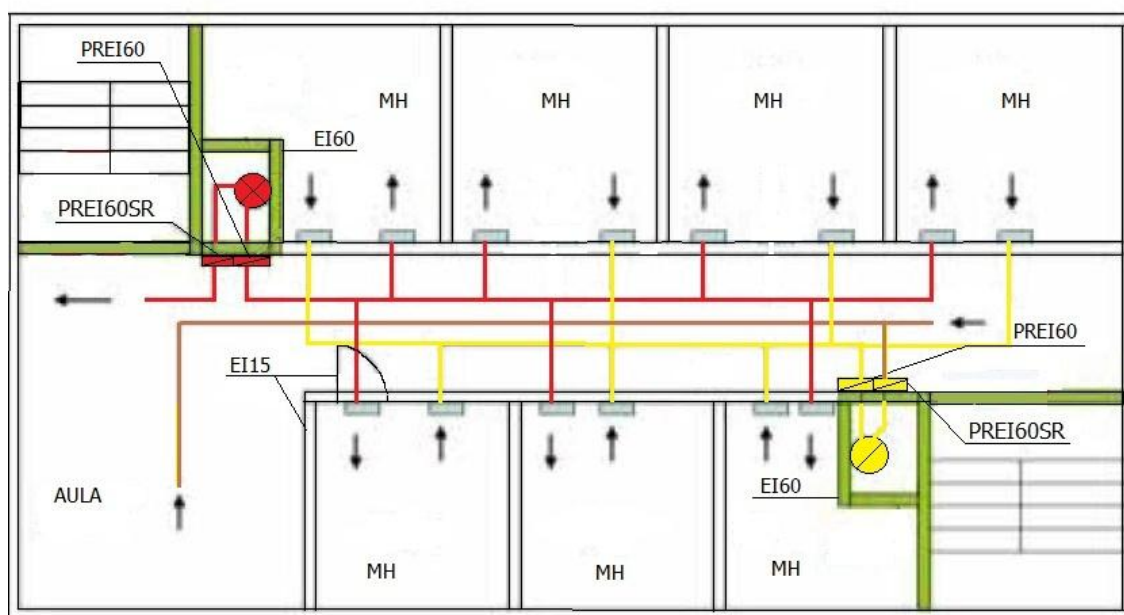
Kuten aiemmin on mainittu, ohjeesta on tarkoitus jättää Suomen rakentamismääräyskokoelmasta pois monimutkaisuudet ja yksinkertaistaa ilmanvaihdon paloteknistä suunnittelua.

#### 3.1 Palonrajoittimien käyttö

Paloeristeiden ja E-luokan palonrajoittimien yhteiskäyttö on turhaa, koska sama loppuulos saadaan helpommin EI-luokan palonrajoittimen kanssa. Suomen rakentamismääräyskokoelmassa E7 sanotaan, ettei pinta-alaltaan alle 200 cm<sup>2</sup>:n, joka tarkoittaa halkaisijaltaan 160 mm:n kanavaa, palonrajoittimelta vaadita eristävyysvaatimusta, mutta paloturvallisuuden kannalta olisi suotavaa valita palonrajoitin täyttämään sen lävistämän osastoivan rakennusosan palonkestoaikavaatimus. On kanava minkä suuruinen tahansa, palo-osaston osastoivan rakennusosan lävistäessä siihen laitetaan aina EI-luokan palonrajoitin, jolloin eristävyysvaatimuskin täyttyy. Siten kuvasta 7 käytettäviä tapoja ovat tapa b) ja tapa d). Mikäli palonrajoitinvalmistajilta ei tahdo löytyä osastointivaatimuksen mukaista palonrajoitinta (esim. EI-45), valitaan palonrajoittimeksi osastointivaatimuksiltaan parempi palonrajoitin.

### 3.1.1 Palonrajoittimien käyttö uudiskohteissa

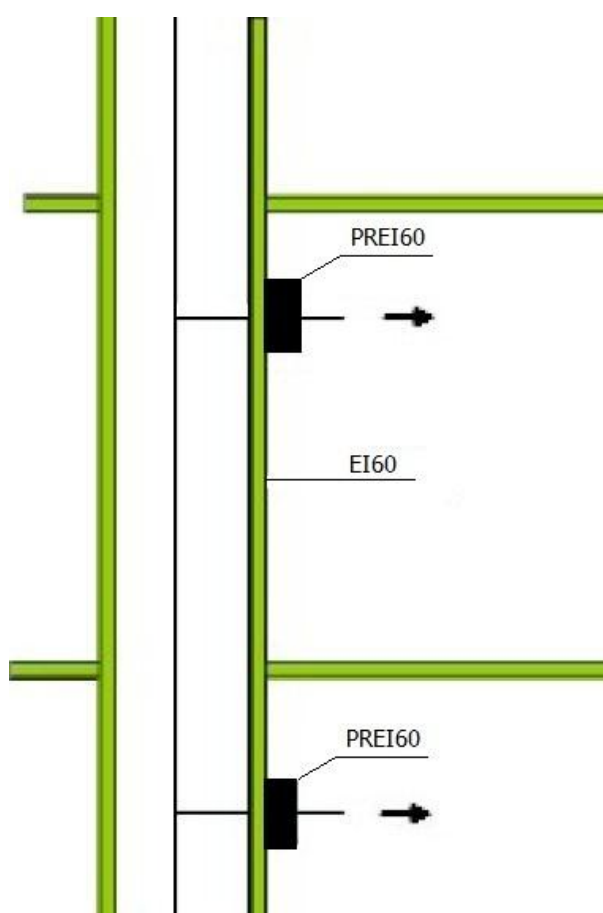
Palonrajoittimina käytetään aina EI-luokan palonrajoittimia. Uudiskohteita suunniteltaessa varsinkin majoitustilojen palonrajoittimet olisi hyvä suunnitella toimivan valvonta-alakeskuksen tai palonrajoittimien ohjauskeskuksen kautta toimiviksi, koska niiden toiminta voidaan silloin säännöllisesti testata. Ohjauskeskukset voivat olla esimerkiksi 8-paikkaisia, ja niistä pyritään jättämään kaksi paikkaa reserviin mahdollista myöhempää käyttöä varten riippuen tietenkin palonrajoittimien asennusmäärästä. Sen lisäksi ne voidaan kytkeä toimimaan yleisen palonilmoitinjärjestelmän kautta toimiviksi, jolloin erillisiä kanavaan asennettavia savunilmaisimia ei tarvita. Palonrajoittimien toiminta tulee testata vähintään puolen vuoden välein. Suosituksena voidaan kuitenkin pitää 48 tuntia testausvälinä. Mikäli majoitustiloissa käytetään muunlaisia kuin kuristavia päätelaitteita, tulee niihin laittaa savun leviämistä estävät savunrajoittimet, esimerkiksi E-luokan palonrajoittimet. Jos majoitustiloissa yleiset tilat on kytketty samoihin pystykanaviin asuinhuoneiden lisäksi, kuten aulaan tms., tulee ne varustaa vähintään toimilaitteellisilla savunrajoittimilla (SR), mutta kuten aikaisemmin on todettu, ei E-luokan palonrajoittimia eli savunrajoittimia käytetä. Tällöin ne varustetaan siis EI60-luokan toimilaitteellisilla palonrajoittimilla, kuten kuvassa 20 on esitetty. E-luokan palonrajoittimien käyttö olisi hyväksyttävää, koska roillon seinämät ovat EI-luokiteltuja.



Kuva 20. Majoitustilojen yleistiloissa toimilaitteellisten palonrajoittimien sekä makuuhuoneiden (MH) savunrajoittimina toimivien kuristavien päätelaitteiden yhteiskäyttö [muokattu 2, s. 30].

Majoitustiloissa on hyvä päästä vaadittua turvallisuustasoa parempiin ratkaisuihin, koska tulipaloissa voi aina olla asioita ja muuttujia, joita ei osata ottaa huomioon. Sen lisäksi tilat ovat usein käyttäjilleen tuntemattomia, joka tuo omat haasteensa paloturvallisuuteen.

Toimisto- ja liikerakennusten voidaan olettaa olevan korkeita, ja täten yleensä ilma jaetaan ja poistetaan roilojen kautta, jotka todennäköisesti ovat omaa paloaluetta, jolloin palonrajoittimet tulevat roilon haaroihin kuten kuvassa 21. Nämä palonrajoittimet voidaan myös varustaa savunrajoitus -ohjauksella, jolloin varsinkin korkeissa rakennuksissa vältetään savun pääsemiseltä muihin kerroksiin. Rakennusmääräykset täytetään, vaikkei savunrajoitustoimintoa olisikaan, mutta henkilöturvallisuuden kannalta savunrajoitusohjaus olisi suotavaa. Toimistohuoneet eivät yleensä ole samalla tavalla omia palo-osastoja kuten majoitustiloissa joten niissä voi käyttää tavanomaisia päätelaitteita.



Kuva 21. Palonrajoittimien käyttö toimisto- ja liikerakennuksissa [muokattu 2, s. 25].

Porrashuoneet varustetaan omalla itsenäisellä ilmanvaihtolaitteistolla, millä varmistetaan se, etteivät ne täyty savusta ja ihmisten poistuminen rakennuksesta on turvattu.

### 3.1.2 Palonrajoittimien käyttö saneerauskohteissa

Saneerauskohteissa palonrajoittimien lukumäärä ja rakennuksen edellisten palonrajoittimien kytkentämalli ohjaa suunnittelua. Mikäli vanhat jo olemassa olevat palonrajoittimet ovat sulaketoimisia, voivat uudet olla samaa tyyppiä. Jos käytötapa taas olennaisesti muuttuu, voidaan miettiä muita ohjaustapoja palonrajoittimille. Jos uusia palonrajoittimia tulee yli 10, asennetaan tällöin ne toimiviksi ohjauskeskusten kautta, koska tällöin säästetään niiden toiminnan testauskustannuksissa. Ohjauskeskukset sijoitetaan mahdollisimman lähelle palonrajoittimia.

### 3.2 Savunrajoittimien käyttö

Suomen rakentamismääräyskokoelman E7 kohdassa 6.2 mainitaan, että savukaasujen leviämistä tulee rajoittaa majoitustilojen ja hoitolaitosten majoitushuoneiden välillä. Savukaasujen leviämistä tulee rajoittaa sen lisäksi myös tiloissa, joissa oleilee henkilöitä, joiden poistumismahdollisuudet ovat tavanomaista huonommat alentuneen toimintakyvyn seurauksena. Sen lisäksi kohdassa 6.3 mainitaan, että savunrajoittamista vaaditaan vain yli 50 henkilön majoitustiloissa, mutta tässä ohjeessa savunrajoittamista suositellaan myös alle 50 henkilön majoitustiloihin. Majoitustiloissa huoneiden palo-osastointi on luokkaa EI15, jossa voidaan käyttää savunrajoittimina kuristavia päätelaitteita, joita on listattu liitteessä 1. Sen lisäksi voidaan käyttää tavallisia päätelaitteita, jos kanavaan asennetaan erikseen savunrajoittimena toimiva kuristin, kuten E-luokan palonrajoitin toimilaitteella tai kuristimena toimiva säätölaite.

### 3.3 Paloeristeen käyttö

Palonrajoittimia ei käytetä silloin kun ilmanvaihtokanava kulkee yhden tai useamman palo-osaston läpi avautumatta siihen, vaan silloin se paloeristetään palo-osaston vaatimuksen mukaan. Tämä tietysti siinä tapauksessa, ettei eristettävä matka ole suhteettoman pitkä. Suhteettoman pitkänä matkana voidaan pitää 10 metriä. Paloeriste pellitetään, mikäli se on näkyvässä eikä ole esimerkiksi alaslasketun katon yläpuolella. Paloeristeitä käytetään myös yksittäisissä poistokanavissa, joita esiintyy esim. kohdepoistoissa. Poistumisteiden läpi kulkevat kanavat paloeristetään.

Eri paloeristevalmistajien eristepaksuuksia ja tiheyksiä on listattu liitteessä 2, mutta suunnittelussa voidaan käyttää markkinoilta löytyvää maksimipaksuutta, koska tällöin varmistetaan kanavan ja eristeen mahtuminen sille varattuun paikkaan. Käytettävät eristepaksuudet ovat taulukossa 10.

Taulukko 10. Suunnittelussa käytettävät tilavaraukset paloeristeille pyöreissä kanavissa.

<b>Paloluokka</b>	<b>Eristepaksuus (mm)</b>
EI15	50
EI30	60
EI45	80
EI60	90
EI90	105
EI120	125

Taulukko 11. Suunnittelussa käytettävät tilavaraukset paloeristeille suorakaidekanavissa.

<b>Paloluokka</b>	<b>Eristepaksuus (mm)</b>
EI15	50
EI30	60
EI45	90
EI60	100
EI90	120
EI120	140

Mikäli kanavalle ja eristeelle varattu tila on tiedossa ja näyttää siltä, ettei kanava suurimman saatavilla olevan eristeen kanssa mahdu sille varattuun tilaan, voidaan tällöin tyypittää paloeristeeksi jokin tietty paloeriste liitteen 2 mukaan.

## 4 Yhteenveto

Insinööriyössä käsiteltiin eri tapoja päästä palo-osaston vaatimaan osastointiluokkaan ilmanvaihtokanavien ja -komponenttien osalta sekä pohdittiin paloturvallisuutta edistäviä ratkaisuja ilmanvaihdon kannalta. Työssä myös esiteltiin olennaisia ilmanvaihdon paloteknisiä komponentteja, joilla haluttuun turvallisuustasoon voidaan päästä.

Rakennusmääräyksiä tarkastellessani sain laajemman kuvan siitä, miten palo-osastoinnit rakennuksille määritetään ja miten käyttötaparyhmät niihin vaikuttavat. Opin myös paljon uutta ilmanvaihdon paloteknisestä suunnittelusta, palonrajoittimien, savunrajoittimien ja kuristimien käytöstä sekä toiminnasta. Myös käsitteet tulivat selkeämmäksi minulle, vaikka laitevalmistajan myyvät palonrajoittimia ja savunrajoittimia milloin milläkin nimellä. Paloeristeistä tarkastellessani huomasin, että joillakin paloeristevalmistajilla eristeen paksuus riippuu myös siitä, oletetaanko tulipalon olevan kanavan sisä- vai ulkopuolella. Myös pysty- ja vaakakanavissa tarvittava eristeen paksuus saattaa vaihdella. Taulukossa 10 listaamani eristepaksuudet on valittu ns. huonoimman vaihtoehdon mukaan, jolloin varmistutaan siitä, että taulukko pitää paikkansa pahimmassakin tapauksessa.

Epäselväksi kuitenkin jäi savunrajoittimena toimivien kuristavien päätelaitteiden tyypittäminen, koska eräillä päätelaittevalmistajilla päätelaitetta ei saa säädettyä suuremmaksi, kuin  $42 \text{ dm}^3/\text{s}$  ja  $100 \text{ Pa}$ :n sääntö edellyttää. Joillain päätelaittevalmistajilla taas ehto täytetään säätämällä laite tiettyyn säätöarvoon, mutta kun arvo ylitetään, ei ehto enää täyty. Ympäristöministeriön ohjeessa ilmanvaihdon päätelaitteista on ilmeisesti jätetty tulkinnan vara tähänkin sääntöön.

Lopputuloksena luovutettiin ilmanvaihdon yleiset palotekniset suunnitteluohjeet sekä ohjekortisto, joka koskee toimisto, liike- sekä majoitustiloja. Kokosin myös listan palonrajoittimina toimivista kuristavista päätelaitteista muutaman tunnetun päätelaittevalmistajan osalta. Sen lisäksi tein muutaman tunnetun paloeristevalmistajan paloeristeistä taulukon, josta voi vertailla paloeristeiden paksuuksia ja tiheyksiä, jonka avulla voi tiukassa paikassa tyypittää jonkun paloeristetyypin kanavan eristämiseksi, jotta se varmasti mahtuu sille varattuun tilaan. Listan avulla voidaan myös luoda toimistossamme

käytettävään suunnitteluohjelmaan tilanvaraussysteemi ilmanvaihtokanaville käytettäessä tiettyä paloeristettä, joka auttaa mallintamisessa ja yksityiskohtaisempien ilmanvaihtopiirustuksien tekemisessä.

## Lähteet

- 1 Insinööritoimisto Äyräväinen Oy:n kotisivu. 2012. Verkkodokumentti. <[http://ayravainen.fi/index.php?node\\_id=13684](http://ayravainen.fi/index.php?node_id=13684)> Luettu 19.3.2012.
- 2 Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuusopas. 2012. Verkkodokumentti. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=134352&lan=fi>> 1.2012. Luettu 19.3.2012.
- 3 Palon synty ja kehitys. 2012. Verkkodokumentti. <[http://www.niscayah.fi/Templates/Page\\_\\_\\_\\_\\_21041.aspx](http://www.niscayah.fi/Templates/Page_____21041.aspx)> Luettu 19.4.2012.
- 4 Fläktwoods Oy. 2012. Palontorjuntakäsikirja. Versio FI 2012.01.
- 5 SPEK: Palokaasut turmiollisimpia tulipalossa. 2007. Verkkodokumentti. <<http://www.pelastustoimi.fi/uutiset/3374?keyword=palokuolema>> Luettu 19.4.2012.
- 6 Standardipalo. 2012. Verkkodokumentti. <<http://www.gyproc.fi/suunnittelu/palositustieto/tulipalot/standardipalo>> Luettu 19.4.2012.
- 7 Rakennusten paloturvallisuus. 2011. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa E1. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 8 Perttunen Raimo. Fläktwoods Oy. 2012. Ilmanvaihtolaitteiston paloturvallisuus, tekniset ratkaisut. Verkkodokumentti <intranetlähde>. Luettu 16.4.2012.
- 9 Rakennuksen suunnittelijat ja suunnitelmat. 2002. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa A2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 10 Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus. 2004. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa E7. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 11 RIL 232-2008. Rakennusten paloturvallisuus. 2008. Savunpoiston suunnittelu, laitteiston asennus ja ylläpito. Hansaprint: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
- 12 Halton - Ilmanvaihdon paloturvallisuus. 2012. Verkkodokumentti. <[http://www.halton.com/halton/images.nsf/files/DFD4433EDEC6D229C2257430006879EA/\\$file/Halton\\_fire\\_safety\\_brochure\\_FI.pdf](http://www.halton.com/halton/images.nsf/files/DFD4433EDEC6D229C2257430006879EA/$file/Halton_fire_safety_brochure_FI.pdf)> Luettu 15.5.2012.
- 13 Fläktwoods palopeltiesite ETPR-EI-1 ja ETPR-EI-2. 2012. Verkkodokumentti. <<http://www.flaktwoods.fi/3c327a64-b4f5-4a2c-b3df-f533f488e61d>> Luettu 16.4.2012.
- 14 BSD Palopelti. 2012. Verkkodokumentti. <[http://www.halton.fi/halton/fi/cms.nsf/files/EC6F0849B0ABEA79C22572A6003B1FE/\\$file/firedampers\\_other\\_fi.pdf](http://www.halton.fi/halton/fi/cms.nsf/files/EC6F0849B0ABEA79C22572A6003B1FE/$file/firedampers_other_fi.pdf)> Luettu 16.5.2012.

- 15 Palo- savunpoistopelti EN-TNR. Oy Teknocalor AB. 2012. Verkkodokumentti. <[http://www.teknocalor.fi/files/Tekninen\\_esite\\_TNR\\_FI.pdf](http://www.teknocalor.fi/files/Tekninen_esite_TNR_FI.pdf)> Luettu 8.5.2012.
- 16 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 17 Bevent mainosesitys. Bevent RCBK.
- 18 Mäkelä, Simo (toim.). 1999. Tekninen eristäminen. Helsinki: Opetushallitus.
- 19 Oy Partek Ab. 1988. Palokirja. Helsinki: Partek Oy.
- 20 Talotekniikan eristysratkaisut. Paroc Oy. 2011. Verkkodokumentti. <[http://www.paroc.com/SPPS/Finland/TI\\_attachments/FI\\_3-2\\_0\\_TI\\_fi.pdf](http://www.paroc.com/SPPS/Finland/TI_attachments/FI_3-2_0_TI_fi.pdf)> Luettu 10.5.2012.
- 21 Ilmanvaihdon päätelaitteet. Tyyppihyväksyntäohjeet. 2008. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Verkkodokumentti. <[http://www.finlex.fi/data/normit/33883-THohje\\_151108\\_ilmanvaihdon\\_paatelaitteet.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/33883-THohje_151108_ilmanvaihdon_paatelaitteet.pdf)> Luettu 13.5.2012.
- 22 RCL tuotekansio 2. 2011.
- 23 Palokuristin SAM-P. 2008. Verkkodokumentti. <[http://www.climecon.fi/download.php?liite\\_id=9597](http://www.climecon.fi/download.php?liite_id=9597)> Luettu 14.5.2012.
- 24 FRH Palonrajoitinventtiili. Halton Oy. 2012. Verkkodokumentti. <[http://www.halton.fi/halton/fi/cms.nsf/files/C874D95BD5C67BC7C22572920035422F/\\$file/frh\\_fi.pdf](http://www.halton.fi/halton/fi/cms.nsf/files/C874D95BD5C67BC7C22572920035422F/$file/frh_fi.pdf)> Luettu 14.5.2012.
- 25 3M Palokatkotuotteet. 2012. Verkkodokumentti. <[http://solutions.3msuomi.fi/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?lmd=1215017423000&locale=fi\\_FI&assetType=MMM\\_Image&assetId=1180601658038&blobAttribute=ImageFile](http://solutions.3msuomi.fi/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?lmd=1215017423000&locale=fi_FI&assetType=MMM_Image&assetId=1180601658038&blobAttribute=ImageFile)> Luettu 14.5.2012.
- 26 Palokatkot. 2012. Verkkodokumentti. <[http://www.hbpaloturva.fi/image/pk\\_03.gif](http://www.hbpaloturva.fi/image/pk_03.gif)> Luettu 13.5.2012.
- 27 Valvontajärjestelmä FICO-2. 2009. Verkkodokumentti. <<http://www.flaktwoods.fi/tuotteet/7dac087c-9f47-46c6-bba9-78e7d3343f2f>> Luettu 14.5.2012.
- 28 Optinen vai ionisoiva palovaroitin? 2011. Verkkodokumentti. <<http://www.palovaroitin.fi/vertaile-palovaroittimia/optinen-vai-ionisoiva-palovaroitin>> Luettu 14.5.2012.
- 29 Tuote-esitys RCMU8-MOD. 2012. Verkkodokumentti. <<http://www.bevent.fi/pdf/rcmu8.pdf>> Luettu 14.5.2012.
- 30 Tuote-esitys RCKD. 2012. Verkkodokumentti. <<http://www.bevent.fi/pdf/RCKD-RCRD.pdf>> Luettu 14.5.2012.

## Kuristimina ja palonrajoitinventtiileinä toimivat päätelaitteet

Lista on kerätty tuotevalmistajien sivuilta. Palonrajoitinventtiilit ovat ilmoitettu erikseen, muut ovat savunrajoittimina toimivia kuristimia.

Taulukko 1. Kuristimina ja palonrajoitinventtiileinä toimivat päätelaitteet.

Valmistaja	Tuloilma	Poistoilma
<b>Fläktwoods</b>	KTS-100 KTS-125  KTI-100  STI-K 100  STQA-100 STQA-125	KSO-100 KSO-125 KSO-M-100 KSO-P-100 (palonrajoitinventtiili) KSO-P-125 (palonrajoitinventtiili) KSO-P-160 (palonrajoitinventtiili) KSO-P-200 (palonrajoitinventtiili)
<b>Climecon</b>	LINO-100 LINO-100W LINO-125 LINO-125W  TINO-100P TINO-125P TINO-100D  OKE-100P OKE-125P  OKI-100P OKI-125P  OKA-100P OKA-125P	PINOCq-100 PINOCq-125 PINOCr-100 PINOCr-125 PINODg-100 PINODg-125 PINODr-100 PINODr-125  TINOi-100 TINOi-125 TINOi-100D  SET-100P SET-125P
<b>Halton</b>	ULC-100 ULE-100 BOS-100 BOS-125	URH-100
<b>Lindab</b>	KIR-100 KIR-125  SHH-100 SHH-125  VTTB-100 VTTB-125	KSU-100 KSU-125 KSUB-100 (palonrajoitinventtiili) KSUB-125 (palonrajoitinventtiili) KSUB-160 (palonrajoitinventtiili) KSUB-200 (palonrajoitinventtiili)

## Paloeristepaksuudet ja tiheydet

Luettelot on kerätty tuotevalmistajien sivuilta.

Taulukko 1. Pyöreiden kanavien eristepaksuudet ja tiheydet tuotteittain.

Pyöreät kanavat					
	Valmistaja	Tuote	Tiheys	Eristepaksuus	Huom.
			(kg/m <sup>3</sup> )	(mm)	
<b>EI15</b>	Isover	U Protect Wired Mat 4.0 Alu 1	66	35	Ø ≤1000mm
	Paroc	Hvac AirCoat	85	50	Ø ≤250mm
	Paroc	Hvac Fire Mat	>100	40	Ø ≤1000mm
	Paroc	Pro section 100	85	50	Ø ≤250mm
	Paroc	Wired Mat 80	80	30	Ø ≤1250mm
	Paroc	Wired Mat 100	100	30	Ø 100–1250mm
	Rockwool	kaikki paloeristeet	>85	40	Ø ≤1000mm
<b>EI30</b>	Isover	U Protect Wired Mat 4.0 Alu 1	66	50	Ø ≤1000mm
	Isover	Ultimate U Protect	66	50	Ø ≤1000mm
	Paroc	Hvac AirCoat	85	50	Ø ≤250mm
	Paroc	Hvac Fire Mat	>100	60	Ø ≤1000mm
	Paroc	Pro section 100	85	50	Ø ≤250mm
	Paroc	Wired Mat 80	80	40–50	Ø 100–1250mm
	Paroc	Wired Mat 100	100	35–45	Ø 100–1250mm
	Rockwool	kaikki paloeristeet	>85	60	Ø ≤1000mm
<b>EI45</b>	Paroc	Hvac Fire Mat	>100	80	Ø ≤1000mm
	Paroc	Wired Mat 80	80	50–65	Ø 100–1250mm
	Paroc	Wired Mat 100	100	45–55	Ø 100–1250mm
<b>EI60</b>	Isover	U Protect Wired Mat 4.0 Alu 1	66	75	Ø ≤1000mm
	Isover	Ultimate U Protect	66	75	Ø ≤1000mm
	Paroc	Hvac Fire Mat	>100	80	Ø ≤1000mm
	Paroc	Wired Mat 80	80	60–80	Ø 100–1250mm
	Paroc	Wired Mat 100	100	50–70	Ø 100–1250mm
	Rockwool	kaikki paloeristeet	>85	90	Ø ≤1000mm
	3M	Fire Barrier Duct Wrap 15A	170	38	Ø ≤1016mm
<b>EI90</b>	Isover	U Protect Wired Mat 4.0 Alu 1	66	95	Ø ≤1000mm
	Paroc	Hvac Fire Mat	>100	80	Ø ≤1000mm
	Paroc	Wired Mat 80	80	70–105	Ø 100–1250mm
	Paroc	Wired Mat 100	100	60–90	Ø 100–1250mm
<b>EI120</b>	Isover	U Protect Wired Mat 4.0 Alu 1	66	115	Ø ≤1000mm

	Paroc	Hvac Fire Mat	>100	100	Ø ≤1000mm
	Paroc	Wired Mat 80	80	85–125	Ø 100–1250mm
	Paroc	Wired Mat 100	100	70–105	Ø 100–1250mm
	3M	Fire Barrier Duct Wrap 15Ax2	170	76	Ø ≤1016mm

Taulukko 2. Suorakaidekanavien eristepaksuudet ja tiheydet tuotteittain.

Suorakaidekanavat					
	Valmistaja	Tuote	Tiheys	Eristepaksuus	Huom.
			(kg/m <sup>3</sup> )	(mm)	
<b>EI15</b>	Rockwool	kaikki paloeristeet	>80	60	max. 1200x1000mm
	Isover	U Protect Slab 4.0	66	35	Kanavan suurin pituus/leveysmitta 1000 mm
	Paroc	Hvac Fire Mat	80	40	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	Paroc	Fire Slab 80	80	40	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	Paroc	Hvac Fire Slab EI30 (AluCoat)	80	60	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	Paroc	Wired Mat 80 Wired Mat 100	80 100	40	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
<b>EI30</b>	Rockwool	kaikki paloeristeet	>120	60	max. 1200x1000 mm
	Isover	U Protect Slab 4.0	66	50	Kanavan suurin pituus/leveysmitta 1000 mm
	Paroc	Hvac Fire Mat	80	60	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	Paroc	Fire Slab 80	80	60	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	Paroc	Hvac Fire Slab EI30 (AluCoat)	80	60	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	Paroc	Wired Mat 80 Wired Mat 100	80 100	60	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
<b>EI45</b>	Paroc	Hvac Fire Mat	80	90	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	Paroc	Fire Slab 80	80	80	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	Paroc	Hvac Fire Slab EI60 (AluCoat)	80	60	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	Paroc	Wired Mat 80 Wired Mat 100	80 100	80	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
<b>EI60</b>	Rockwool	kaikki paloeristeet	>140	60	max. 1200x1000 mm
	Isover	U Protect Slab 4.0	66	80	Kanavan suurin pituus/leveysmitta 1000 mm
	Paroc	Hvac Fire Mat	80	90	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	Paroc	Fire Slab 80	80	100	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	Paroc	Hvac Fire Slab EI60 (AluCoat)	120	60	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	Paroc	Wired Mat 80 Wired Mat 100	80 100	80	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	3M	Fire Barrier Duct Wrap 15A	170	38	Max. 600x1500 mm

<b>EI90</b>	Isover	U Protect Slab 4.0	66	90	Kanavan suurin pituus/leveysmitta 1000 mm
	Paroc	Hvac Fire Mat	80	100	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	Paroc	Fire Slab 80	80	120	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	Paroc	Hvac Fire Slab EI120 (AluCoat)	140	60	Kanavan suurin leveys 1250mm ja korkeus 1000mm
	Paroc	Wired Mat 80 Wired Mat 100	80 100	120	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
<b>EI120</b>	Isover	U Protect Slab 4.0	66	100	Kanavan suurin pituus/leveysmitta 1000 mm
	Paroc	Hvac Fire Mat	80	100	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	Paroc	Fire Slab 80	80	140	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	Paroc	Hvac Fire Slab EI120 (AluCoat)	180	60	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	Paroc	Wired Mat 80 Wired Mat 100	80 100	120	Kanavan suurin leveys 1250 mm ja korkeus 1000 mm
	3M	Fire Barrier Duct Wrap 15A	170	76	Max. 800x800 mm