



Nico Vilhunen

Palokatkosuunnittelun ja palokatkojen toteutuksen tyypilliset haasteet

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

9.11.2023

Tiivistelmä

Tekijä:	Nico Vilhunen
Otsikko:	Palokatkosuunnittelun ja palokatkojen toteutuksen tyypilliset haasteet
Sivumäärä:	54 sivua
Aika:	30.10.2023
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine:	Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat:	Palokonsultti, Ora Meckelburg Lehtori, Anssi Knuutila

Työn tarkoitus oli tutkia tyypillisimpiä palokatkosuunnitteluun ja sitä seuraavaan tekniseen toteutukseen liittyviä haasteita sekä näiden kahden välistä syy-seurausriippuvuutta. Merkittävänä osana tarkoituksen saavuttamisessa työssä syvennyttiin palokatkosuunnittelua ohjaavaan poltokoestandardiin ja niihin pääperiaatteisiin, joiden perusteella palokatkoedalleja laaditaan. Työn tavoite oli tunnistaa ensisijaisesti ne pääurakoitsijan suunnittelunohjauksen menetelmät, joiden avulla ym. haasteet voidaan ennakoida ja torjua ennen ko. työvaiheen alkamista hankkeessa. Työn toimeksiantaja oli YIT Suomi Oy.

Tutkimuksen toteuttamisessa on hyödynnetty kolmea menetelmää – kirjallisuustutkimus, tapaustutkimus ja haastattelut. Pääosa tutkimuksen tietoperustasta perustuu palokatkosuunnitteluun liittyvään tekniseen kirjallisuuteen ja poltokoestandardiin. Työhön on kerätty tietoja kahden rinnakkaisen ja keskenään vertailukelpoisen kouluhankkeen palokatkosuunnittelusta ja toteutuksesta tapaustutkimuksen kontekstissa. Näiden lisäksi työn aineiston keräämiseksi on haastateltu rakenne- ja palokatkosuunnittelijaa.

Työn tuloksena syntyi kattava ja yksityiskohtainen kirjallinen johdantoteos palokatkosuunnittelun pääperiaatteisiin ja siihen liittyviin tyypillisimpiin haasteisiin, joiden vuoksi palokatkosuunnittelu jää puutteelliseksi ja sitä myöten heijastuu palokatkojen toteutukseen hankkeissa. Tämän kirjallisen työn avulla pääurakoitsijan työjohto ja erityisesti suunnittelunohjauksesta vastaava voi ennakoida ja torjua työssä käsiteltyjä haasteita.

Työn seurauksena havaittiin kaksi hyvin olennaista ja merkittävää asiaa. Palokatkosuunnitteluun olennaisesti liittyvien muiden suunnittelualojen vastuualueissa on epäselvyyksiä, mikä johtaa puutteellisiin palokatkosuunnitelmiin ja heijastuu työmaatoteutuksessa. Tämän lisäksi havaittiin, että palokatkosuunnitteluun liittyvä suunnittelunohjaus vaatii tavallista syvempää perehtyneisyyttä palokatkoihin, jotta työssä käsiteltyjä haasteita voitaisiin tunnistaa ja torjua riittävän varhaisessa vaiheessa.

Avainsanat: palokatkot, palokatkosuunnittelu, rakenteellinen paloturvallisuus

Abstract

Author: Nico Vilhunen
Title: Typical Challenges in Firestop Design and Installation
Number of Pages: 54 pages
Date: 30 October 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Professional Major: Project Management
Supervisors: Ora Meckelburg, Fire safety consultant
Anssi Knuutila, Senior Lecturer

The purpose of the graduate study was to investigate the typical challenges faced both in firestop designing and installation, and the cause-effect relationship between the two. Getting acquainted with the fire resistance test standards and the main principles of composing firestop details played a significant role in the study process. The goal of the thesis was to recognize the methods of design management the prime contractor could employ to identify and avoid the challenges mentioned above before initiating the firestop installation in the project. The thesis was assigned by YIT Finland Ltd.

The methods employed in the final year project were literature study, case studies, and interviews. The majority of the theoretical information of the thesis is based on technical literature related to firestop designing and fire resistance test standards. Data for the case studies has been collected from two parallel and comparable school building projects. To gain further information for the study the structural and the firestop designer of the respective projects were interviewed.

A comprehensive and detailed introductory work into the main principles of firestop designing and the typical respective challenges thereof was produced as the result of the thesis. It is argued in the thesis that such challenges lead to incomplete firestop designs and furthermore complicating the installation work itself. By this introductory work the supervisors and design managers of the prime contractor are able to identify and recognize the challenges addressed in the thesis.

As the result of the thesis process two significant issues were noticed. Obscurities about the responsibilities between the different designing parties relevant to firestop designing exist, which leads to incomplete firestop designs and also impacts the execution in the construction site. It was also noticed that successful design management requires in depth acquaintance with the field of firestopping in order to be able to identify and recognize the challenges in practice.

Keywords: firestop, firestop designing, structural fire safety

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Yleisesti rakenteellisesta paloturvallisuudesta	3
2.1	Rakennuksen paloturvallisuuden merkitys	3
2.2	Rakennuksen paloluokat	4
2.3	Rakenteiden palo-osastointi	5
2.4	Palokatkot	7
3	Palokatkosuunnittelun lähtökohdat	10
3.1	Yleisimmät palokatkoratkaisut	10
3.2	Polttokoestandardi ja palonkestoluokitusstandardi	12
3.3	ETA-dokumentit	14
3.4	Lähtötiedot muilta suunnittelualoilta	16
3.5	Palokatkotuoteperhe	18
4	Palokatkosuunnitteluun liittyvät haasteet	20
4.1	Polttokoestandardista poikkeavat rakenteet	20
4.1.1	TT-laatta	21
4.1.2	Ontelolaatta	21
4.1.3	Puurunkoiset välipohjat	22
4.1.4	Levyrakenteiset tekniikkahormit	23
4.1.5	Alle 100 mm vahvuiset harkkoseinät	23
4.1.6	PVP-elementit	24
4.2	Harmonisoidusta standardista poikkeavat talotekniikkaratkaisut	24
4.3	Korjausrakentaminen	26
4.4	Puutteelliset lähtötiedot ja muutokset työmaalla	27
5	Palokatkojen toteutukseen liittyvät haasteet	29
5.1	Puutteelliset palokatkosuunnitelmat	29
5.2	Ahtaat tilat	30
5.3	Väärän kokoiset tekniikkavaraukset	35
5.4	Korroosioriski	37
5.5	Tilaaajan näkökulma – laadunvarmistus	39
6	Opinnäytetyön kehitystehtävä	42

7	Pohdinta	46
8	Yhteenveto	49

1 Johdanto

Palokatkot on yksi niistä rakennusalaan liittyvistä erikoisaloista, joka on usein työvaiheena haastava kokonaisuus pääurakoitsijan työnjohdolle valvoa ja ohjata oikein. Palokatkosuunnitelmat säilyttävät harvoin työmaatoteutuksen läpi alkuperäisen muotonsa ja joissain hankkeissa joudutaan konsultoimaan palokatkosuunnittelijaa ja revisioimaan palokatkosuunnitelmia säännöllisesti läpi projektin. Palokatkosuunnitteluun liittyy myös toisinaan epäselvyyksiä eri suunnittelutahojen vastuurajapinnoissa. Palokatkoja ei juurikaan käsitellä rakennustekniikan koulutusohjelmissa eivätkä palokatkot lähtökohtaisesti kuulu kirvesmiehen tai rakennusmiehen osaamisalueiden kirjoon. Opinnäytetyön tarve on syntynyt kahden haastavan koulurakennushankkeen palokatkojen toteutusvaiheen ohjaamisen myötä, mikä on vahvistanut työn laatijan aiemman kokemuksen perusteella muodostettua teesiä siitä, että palokatkojen suunnitteluun ja toteutukseen liittyy usein samat tyypilliset ongelmat erityisesti toimitilarakentamisessa. [1, 2, 3]

Opinnäytetyön tarkoituksena on työmaatoimihenkilöiden valmiuksien kehittäminen työnjohto- ja suunnittelunohjaustehtävissä palokatkojen toteutuksessa. Palokatkoilla on merkittävä rooli rakennuksen paloturvallisuudessa ja palokatkokourakan läpivienti pääurakoitsijan näkökulmasta on usein teknisesti heikolla tasolla. Tutkimuksen myötä on päädytty johtopäätökseen, että eri suunnittelualojen yhteensovittamisella ja riittävän tarkalla suunnittelunohjauksella voitaisiin ennaltaehkäistä monia palokatkojen toteutukseen liittyviä ongelmia. Tästä syystä osana työn tarkoituksen saavuttamista työssä käsitellään kattavasti palokatkosuunnittelun lähtökohtia ja periaatteita, eri suunnittelualojen yhteensovittamiseen liittyviä kysymyksiä sekä varsinaiset suunnittelutyön kipupisteet ja ongelmatekijät – näin voidaan parantaa suunnittelunohjauksen valmiuksia tunnistaa todennäköisiä ongelmia ennakoivasti. Työn tavoite on luoda edellytykset erillisen kirjallisen koulutuspaketin suunnittelemista ja laatimista varten työmaatoimihenkilöiden kouluttamiseksi työn tarkoituksen saavuttamisen kontekstissa.

Tutkimusongelman moniulotteisen luonteen vuoksi tutkimus on toteutettu kolmea eri menetelmää käyttäen. Työn tarve on tunnistettu ja työn suunnittelu aloitettu jo koulutusohjelman alkuvaiheessa, jonka vuoksi tutkimusongelman analysoimiseksi on kerätty kolmen vuoden ajan palokatkosten suunnitteluun ja toteutukseen liittyvää aineistoa kahdesta keskenään vertailukelpoisesta Espoon koulurakennushankkeesta. Aineiston keräämisellä ja analysoimisella on kartoitettu yhtäläisyyksiä sekä edellä mainittujen että muiden samankaltaisten toimitilahankkeiden välillä. Ongelmien juurisyiden ymmärtämiseksi ja tutkimusongelmaan syvemmin perehtymiseksi on työssä tehty kirjallisuustutkimusta polttokoestandardiin, ETA-dokumentteihin sekä muuhun palokatkoihin liittyvään kirjallisuuteen. Kirjallisuustutkimuksen kautta saamme muodostettua käsityksen siitä, millaisissa puitteissa palokatkosuunnittelua tehdään ja millaisia teknisiä vaatimuksia ja parametrejä palokatkosten oikeaoppinen toteutus siihen organisaation sisällä edellyttää. Työssä on myös haastateltu EK 4B Tuomarilan koulun ja EK 4B Laajalahden koulun työmaatoimihenkilöitä, vastaavaa rakennesuunnittelijaa sekä palokatkosuunnittelijaa tutkimusongelman kannalta sellaisten olennaisten lisätietojen keräämiseksi, joita ei ole ollut mahdollista selvittää muutoin, sekä osana työn kehitystehtävää.

Tässä työssä on työn rajauksen näkökulmasta tarkoitus käsitellä sellaisia palokatkosten suunnitteluun ja toteutukseen liittyviä ongelmia, joita voidaan todennäköisimmin odottaa ilmenevän toimitilarakentamisessa erityisesti koulurakennushankkeiden kontekstissa. Työssä ei huomioida puurakenteisiin toimitilarakennuksiin liittyviä mahdollisia erityispiirteitä tutkimusongelman suhteen. Tutkimusongelmaa ja siihen kehitettävää ratkaisua lähestytään projektin päätoteuttajan työnjohdon näkökulmasta, jolle tässä yhteydessä esioletetaan tavanomaisesta projektitekniikasta poiketen tietyn verran vastuuta suunnittelunohjauksesta. Työtä ei ole tarkoitettu universaaliksi ja täysin kattavaksi teokseksi palokatkoihin liittyvistä ongelmista tai suunnitteluohjeeksi. Työllä nähdään kuitenkin olevan yleispätevä arvo ja hyöty työmaatoimihenkilöille kaikessa toimitilarakentamisessa.

2 Yleisesti rakenteellisesta paloturvallisuudesta

2.1 Rakennuksen paloturvallisuuden merkitys

Rakennusten paloturvallisuus on saanut viimeisen 20 vuoden aikana korostuneen merkityksen rakennustekniikassa ja sitä säätelevässä lainsäädännössä. Historian ja kokemuksen perusteella on huomattu, että rajoittamattomasti leviävä tulipalo rakennuksessa voi aiheuttaa erittäin mittavaa tuhoa rakennuksille ja omaisuudelle sekä pahimmillaan johtaa vakaviin henkilövahinkoihin. Turun yliopistollisen keskussairaalan tulipalo vuonna 2011 on yksi Suomen tunnetuimpia tapauksia, jossa tulipalon aiheuttamat omaisuusvahingot ovat arvioidusti 17,5 miljoonaa euroa kaiken kaikkiaan [4, s. 3]. Pelastusopiston tutkimusyksikön johtaman palotutkinnan kehittämishankkeen yhteydessä tehdyn tutkimusraportin mukaan vuosina 2007 ja 2008 vakaviin henkilövahinkoihin johtaneet tulipalot aiheuttivat 192 ihmishengen menetystä ja 105 vakavaa loukkaantumista [5, s. 3].

Tulipalojen aiheuttamien vahinkojen torjumiseksi rakennuksen paloturvallisuus suunnitellaan ja toteutetaan siten, että tulipalojen syttymispotentiaali minimoidaan, tulipalon syttyminen voidaan havaita ja siihen reagoida nopeasti, tulipalon leviämistä rajoitetaan hallitusti ja rakennuksessa olevat ihmiset voivat pelastautua tulipalon syttyessä. Rakennuksen paloturvallisuus käsittää siis sekä aktiivisen että passiivisen ulottuvuuden (vrt. sprinkleri- ja paloilmajärjestelmiä kantavien rakenteiden palonkestotekniikkaan). Olennainen osa rakennuksen passiivista paloturvallisuutta on rakenteellinen paloturvallisuus. Tässä työssä tutkimusongelman käsittely rajautuu palokatkoihin, koska niillä on kriittinen rooli tulipalon leviämisen hallitussa rajoittamisessa rakennuksessa. Palokatkot ovat rakenteiden kantavuuden ohella tärkein rakenteellisen paloturvallisuuden osatekijä. [6, 117 b §; 7, s. 9–11; 8, s. 45, 49, 59, 145–149]

2.2 Rakennuksen paloluokat

Maankäyttö- ja rakennuslaki velvoittaa rakennuttajaa huolehtimaan siitä, että ”rakennus suunnitellaan ja rakennetaan sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla paloturvalliseksi” ja että rakennuksessa ”olevat voivat palon sattuessa pelastautua tai heidät voidaan pelastaa” [6, 117 b §]. Rakennuksen paloturvallisuus koostuu hyvin laajasta kirjosta eri osatekijöitä, joiden moninaisuus, toimintaperiaatteet sekä herkkyys yhdessä muodostavat paloturvallisuuden tason. Rakennuksen paloturvallisuuden taso riippuu rakennukselle määritellystä paloluokituksesta ja vaikuttaa suoraan rakenteiden ja taloteknisten järjestelmien materiaalivalintoihin, teknisiin ratkaisuihin ja niiden toteutukseen sekä paloturvallisuuden suunnittelun vaativuustasoon. Rakennuksen paloluokitus määritetään rakennuksen käyttötarkoituksen, ominaisuuksien ja tulipalon sattuessa sen aiheuttamien seuraamusten merkityksen perusteella. Rakennuksen paloluokat ovat tasoltaan vaativimmasta kevyimpään P0, P1, P2 ja P3. [8, s. 25]

Paloluokkien P1, P2 ja P3 paloturvallisuuden tason erot toisiinsa nähden ovat hyvin loogisia ja niiden suunnittelu tukeutuu suoraviivaisesti Ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen paloturvallisuudesta (848/2017) esitettyjen luokkien ja lukuarvojen käyttämiseen [8, s. 22]. P3-luokan rakennukset ovat pieniä, niiden henkilömäärää on rajoitettu käyttötarkoitukseltaan eikä niiden kantaville rakenteille aseteta palo-osastojen rajojen ulkopuolella erityisvaatimuksia. P2-luokan rakennukset ovat automaattisesta sammutuslaitteistosta riippuen joko enintään kahden tai kahdeksan kerroksen rakennuksia, joissa on mm. erityisvaatimuksia pintamateriaalien palonkestoluokkiin sekä pintojen suojaverhoukseen liittyen. P1-paloluokka käsittää tavanomaisesti yli kaksikerroksiset rakennukset, jotka suunnitellaan kestämään koko palokuorman palamisen ja jäähtymisen sortumatta, ja joihin liittyy korkeat palotekniset vaatimustasot. [8, s. 26]

P0-paloluokitus poikkeaa muista paloluokista siinä, että rakennuksen palotekninen suunnittelu perustuu ”rakennuksen paloturvallisuuden kannalta

merkittävältä osin tai kokonaan oletettuun palonkehitykseen” [8, s.26]. Tämä tarkoittaa sitä, että paloteknisessä suunnittelussa ei voida tukeutua ensisijaisesti tai pelkästään Ympäristöministeriön asetuksessa (648/2017) esitettyihin luokkiin ja lukuarvoihin, vaan suunnittelussa täytyy analysoida tulipalon leviämistä ja palonkehitystä huomioiden tilojen pinta-alat, rakenteelliset ratkaisut, pintamateriaalit sekä toiminnallisten paloturvallisuuslaitteistojen vaikutus palonkehitykseen. P0-paloluokitusta sovelletaan tavanomaisesti vaativiin erityiskohteisiin, joissa esimerkiksi palo-osaston pinta-ala ylittää Ympäristöministeriön asetuksessa (648/2017) 15 § esitetyt paloluokka- ja tilakohtaiset enimmäispinta-alat. [8, s. 26]

2.3 Rakenteiden palo-osastointi

Rakenteellisen paloturvallisuuden perustavanlaatuinen lähtökohta on rakennuksen jakaminen palo-osastoihin rakennuksen koon ja eri tilojen käyttötarkoituksen sitä edellyttäessä. Palo-osastoinnin tarkoitus on, että potentiaalisen tulipalon ja sen synnyttämien myrkyllisten savukaasujen leviäminen voidaan hallitusti ja suunnitellusti estää ennalta määritettyjen rakennuksen eri osien eli palo-osastojen välillä. Rakennuksen eri osien hyvin suunnitellulla ja oikein toteutetulla palo-osastoinnilla luodaan edellytykset pelastusviranomaisille ennustaa tulipalon etenemistä ja rakennuksen eri osien säilyvyyttä tulipalotilanteessa. Näin luotettavalla palo-osastoinnilla voidaan turvata ihmisten pelastautuminen ja pelastusviranomaisten sammutustyön onnistuminen. [6, 14 §; 8, s. 59–60]

Maankäyttö- ja rakennuslaissa on palo-osastojen määrittämiseksi asetettu kolme pääperiaatetta – kerrososastointi, pinta-alaosastointi ja käyttötarkoituksen osastointi. Hyvänä nyrkkisääntönä voidaan pitää, että pientalorakentamisen ulkopuolella rakennuksen eri kerrokset, ullakko ja kellari mukaan lukien, ovat käytännössä aina eri palo-osastoja. Kerrososastoinnissa on siis kyse siitä, että rakennuksen alapohja, välipohjat ja yläpohja rakennetaan niin, että ne kestävät tulipalotilanteessa olennaisesti vaurioitumatta ja kykenevät rajaamaan tulipalon ja savukaasujen leviämisen toiseen kerrokseen niille

määritellyn palonkeston ajan (tavanomaisesti yhden tunnin, EI60-palonkestoluokka). Mikäli sama kerros käsittää riittävän suuren alueen, on tarkoituksenmukaista rajata kerros edelleen omiin palo-osastoihin – pinta-alaosastoinnilla voidaan rajata palo tiettyyn rakennuksen osaan ja ehkäistä kohtuuttomien omaisuusvahinkojen syntyminen. Käyttötarkoituksosastoinnissa rajataan omiksi palo-osastoiksi käyttötarkoitukseltaan tai palokuormaltaan toisistaan oleellisesti poikkeavat tilat (esim. muuntamo, sprinklerikeskus). [6, 14 §; 8, s. 59–63]

Rakennuksen tilat eri palo-osastoihin jakaville rakenteille ja rakennusosille voidaan asettaa eri vaatimuksia palonkeston teknisten ominaisuuksien suhteen, joista tyypillisimmät ovat kuitenkin savukaasutiiveys (E) ja lämmöneristävyys (I). Palo-osastoivan rakenteen tiiveydellä ja eristävyydellä tarkoitetaan teknisesti sitä, että rakenteen läpi ei saa päästä toiseen palo-osastoon merkittävästi tulipalossa syntyviä savukaasuja ja tulipalossa syntyvän lämmön siirtymistä rakenteen läpi on rajoitettu niin, ettei se aiheuta syttymisvaaraa toisen palo-osaston rakenteille ja laitteistoille tai vaaranna poistumista tilasta ja pelastautumista määrättyä aikana. Savukaasutiiveyden ja lämmöneristävyuden lisäksi palo-osastoiduille rakenteille voidaan asettaa vaatimuksiksi rakenteen kantavuus (R) sekä iskunkestävyys (M) tulipalotilanteessa. Rakenteen kantavuus tulipalotilanteessa (esim. R60) on tavanomaisesti standardivaatimus kaikille rakennuksen kantavan rungon osille, kuten palkeille, pilareilla ja välipohjille. R60 -palonkestovaatimus runkorakenteelle ei kuitenkaan tee rakenteesta sinänsä palo-osastoitua, jonka vuoksi rakenteellisen paloturvallisuuden ja rakenteiden palo-osastoinnin välinen suhde ei ole yksiselitteinen. [6, 16 §; 8, s. 49, 67–68]

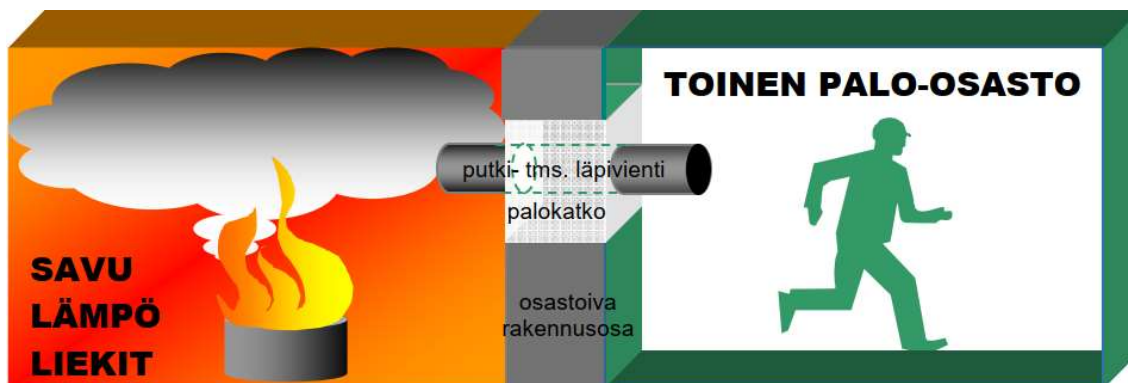
Rakenteille ja rakennusosille määritettyjen palonkestovaatimusten täyttäminen asettaa vaatimuksia sekä rakenne- että taloteknisille ratkaisuille. Esim. seinärakenteen palo-osastointi täyttämään EI60-palonkestovaatimuksen edellyttää, että seinä on rakennettu joko palamattomista ja hyvin lämpöä eristävistä materiaaleista, kuten kipsilevy ja kivivilla levyrakenteisessa väliseinässä, tai palokäyttäytymiseltään muista soveltuvista materiaaleista,

kuten massiivipuusta. Paloteknisen tiiveyden varmistamiseksi on seinän ja muiden rakenteiden liittymät sekä seinän tekniikkalävistyksiset tiivistettävä polttokokeessa todennetun ja tämän osoittavan ETA-dokumentin asettamien teknisten laatuvaatimusten mukaisesti. Tekniikkalävistysten materiaalien lämmönjohtavuus ja mahdollinen paloeristämisen tarve huomioidaan seinärakenteen palonkestovaatimusten mukaan. Mikäli kyseessä on osa rakennuksen runkoa oleva EI60 -palo-osastoitu laattarakenne (esim. yläpohja), on rakenteen täytettävä myös sille asetetut kantavuusvaatimukset. Tämä tarkoittaa tavanomaisesti teräsrakenteiden osalta (esim. deltapalkit) palosuojamaalausta, palosuojabetonointia tai kipsilevykoteloitua, ja teräsbetonirakenteissa (esim. paikallavaletut välipohjaholvit) vaikutusta raudoituksen mitoittamiseen ja tyyppiin, betonisuojapeitteeseen sekä betonin suhteitukseen. [7, s. 24–27; 8, s. 49–51, s. 67–69, 73–74; 9, s. 35, 79; 10, s. 127–129]

2.4 Palokatkot

Palokatolla tarkoitetaan yleisnimitystä palo-osastoivien rakenteiden lävistävien järjestelmien tiivistämiseksi ja eristämiseksi niin, että palo-osastoivan rakenteen palonkestovaatimuksen tekniset ominaisuudet kyetään säilyttämään lävistyksestä huolimatta – palo-osastoidun rakenteen tekniikkalävistys saatetaan vastaamaan rakenteen palo-osastointia. Palokatkon toiminta perustuu läpivientiaukon täyttämiseen palamattomalla materiaalilla, joka tiivistyy tekniikka-asennuksen ja rakenteen väliin hyvin sekä säilyttää muotonsa ja tiiveytensä kovassa lämpötilassa alhaisen lämmönjohtavuuden vuoksi. Palokatko voi myös jäähdyttää läpiviientä tulipalon aikana kipsipohjaisen massan sisältämän kideveden vapautuessa tai tiivistää läpiviennin kokonaan umpeen grafiittipohjaisen massan turpoamisen myötä tulipalossa sulavan tekniikka-asennuksen ympäriltä. Palokatkon asentaminen on työteknisenä suorituksena rinnastettavissa muihin tekniikkalävistysten tai rakenteissa olevien aukkojen tiivistämiseen ja ummistamiseen (esim. dB-tiivistykset, viemäriputkien umpeen betonointi). Koska palokatkoilla on rakenteellisen paloturvallisuuden ja siten koko rakennuksen paloturvallisuuden kannalta merkittävä rooli, liittyy

palokatkoihin yksi olennainen erityispiirre – palokatkoasennukselle on asetettu palokatkoetäljissa palokatkotuotteen ETA-dokumentin vaatimuksiin perustuvat tekniset laatuvaatimukset, joiden täyttämistä *ei voi* poiketa palokatkon luotettavuuden vaarantumatta. Palokatkoasennuksen laadunvarmistus perustuu täysin ETA-dokumentissa esitettyjen teknisten laatuvaatimusten täyttymisen todentamiseen. [7, s. 11, 24–26, 29–30; 11, s. 14–17]



Kuva 1. Palokatkon toimintaperiaate. [11, s. 7]

Palokatkojen merkityksen ja työhön liittyvien tiukkojen teknisten laatuvaatimusten vuoksi palokatkojen toteuttajaksi valitaan tavanomaisesti palokatkoihin ja rakenteelliseen paloturvallisuuteen erikoistunut urakoitsija. Riittävän perehtyneisyyden ja pätevyitymisen palokatkoihin urakoitsija voi osoittaa todentamalla Eurofins Expert Services järjestämän sertifiointikoulutuksen ja palokatkotuotetoimittajien järjestämien koulutusten suorittamisella. On ensiarvoisen tärkeää valita palokatkojen asennustyöhön ammattitaitoinen urakoitsija, koska palokatkojen asentajalta edellytetään tyypillisesti monia muita työvaiheita tarkempia ja tiukempia laadunvarmistustoimenpiteitä (esim. läpivientien valokuvaaminen ennen ja jälkeen), dokumentoidun vakuuden myöntämistä työlle (palokatkokilpi, johon merkitty vastuullinen asentaja, palonkestoluokka ja käytetyt tuotteet), palokatkosuunnittelijan konsultaatiota sekä palokatkosuunnitelmien itsenäistä täydentämistä ja päivittämistä. [7, s. 45–46, 48–49, 52–53]

Palokatkot ovat usean eri tahon ryhmätyöskentelyä vaativa kokonaisuus. Palokatkojen oikeaoppinen toteutus asettaa omat vaatimuksensa sekä talotekniikka- ja rakennusurakoitsijalle että LVI-, rakenne- ja pääsuunnittelijalle. Talotekniikkaurakoitsijalta edellytetään palo-osastoivien rakenteiden läpivienneissä erityistä huolellisuutta tekniikka-asennusten keskittämisessä, kannakoinnissa ja eristämässä. Rakennusurakoitsijan on toteutettava puuttuvat läpivientivaraukset sekä tekniikka-asennuksen ja sen eristeen että palokatossa käytettävän tuotteen vaatiman asennustilan huomioiden. LVI-suunnittelijan on syytä huomioida taloteknisten järjestelmien materiaalivalintoja valitessa olemassa olevien palokatkoratkaisujen kelpoisuus. Rakennesuunnittelijan määrittäessä kohteen rakennetyyppejä on varmistuttava siitä, että palo-osastoihin rakenteisiin suunnitellaan vain sellaisia rakenneratkaisuja, joihin palokatkojen asennus polttokoestandardin vaatimusten mukaisesti on mahdollista. Pääsuunnittelijan vastuulle jää viime kädessä huolehtia eri suunnitelmien huolellisesta yhteensovittamisesta ja palokatkosuunnitelmien riittävästä sisällöllisestä laajuudesta hankkeen vaativuustaso huomioiden. [7, s. 10–11, 45–49, 58–61]

Yllä mainittujen vastuurajapintojen ja niihin liittyvien tehtävien toteutuminen on palokatkojen toiminnallisten asennusedellytysten täyttymisen kannalta tärkeää – tässä työssä tullaan osoittamaan, että kaikki työssä käsiteltävät ja siten työn argumentaation perusteella tyypillisimmät palokatkojen suunnitteluun ja toteutukseen liittyvät haasteet poikivat siitä, että palokatkojen kannalta olennaisen tahon vastuualueelle kuuluva tehtävä hoidetaan puutteellisesti tai väärin.

3 Palokatkosuunnittelun lähtökohdat

3.1 Yleisimmät palokatkoratkaisut

Tavanomaisen rakennushankkeen palokatkosuunnitelmiin laaditaan lähtökohtaisesti yleisimmät ja tavanomaiset palokatkoratkaisut käsittävä detaljiluettelo, ellei muiden suunnittelualojen tuottamien lähtötietojen perusteella ilmene tarvetta erikoisemmille ratkaisuille. Tyypillisesti suurin osa palokatkoista voidaan hankkeesta ja tuoteperheestä riippumatta toteuttaa samankaltaisin perusratkaisuina. Eri hankkeiden palokatkodejaljiluetteloiden väliset eroavaisuudet ja poikkeukselliset palokatkoratkaisut käsittävät tyypillisesti vain marginaalisen osuuden palokatkodejaljeista. Poikkeukselliset ja harvinaisemmat palokatkoratkaisut tulevat kyseeseen mm. silloin kun palo-osastoitu rakenne poikkeaa polttokoestandardista ja ETA-hyväksynnästä, talotekninen järjestelmä poikkeaa harmonisoidusta tuotestandardista tai on kehityksen myötä muuttunut olennaisilta ominaisuuksiltaan, tai palokatko ei ole asennusteknisistä olosuhteista johtuen toteutettavissa tavanomaisin ratkaisuin.

Tässä yhteydessä yleisimmiksi ja tavanomaisiksi palokatkoratkaisuiksi käsitetään ne ratkaisut, joilla on laajimmat soveltuvuusalueet rakenteesta, palonkestovaatimuksesta ja taloteknisestä järjestelmästä riippumatta, ja jotka sen vuoksi kuuluvat aina palokatkodejaljiluettelon perusratkaisuihin. Akryyli- ja grafiittipohjaisilla palokatkomassoilla voidaan toteuttaa käytännössä kaikki yksittäisten metalliputkien ja ilmanvaihtokanavien sekä kaapelinippujen palokatkoista, ellei tekniikkavarauksella ole merkittävästi suurempi kuin sen lävistävä tekniikka-asennus. Akryyli- ja grafiittipohjaisten palokatkomassojen olennainen rajoittava tekijä on tekniikkavarauksen koko tai asennussaumaleveys. Akryylipohjainen palokatkomassa on yleisemmin käytetty ja edullisempi tuote. Grafiittipohjaista massaa käytetään pääsääntöisesti solukumilla eristettyihin metalliputkiin, komposiittiputkiin ja muoviputkiin, koska se turpoaa lämmitessä moninkertaiseksi. [7, s. 32–33; 11, s. 8, 10]



Kuva 2. Palokatko toteutettu grafiittipohjaisella palokatkomassalla. Valokuva Pasilassa sijaitsevalta asuinrakennustyömaalta.

Pinnoitetuilla palokatkokolevyillä ja valettavilla palokatkomassoilla on käytännössä samat soveltuvuusalueet kuin akryylipohjaisella massalla, mutta ne soveltuvat käytettäväksi myös huomattavasti suuremmissa aukoissa ja yhdistelmäläpivienneissä. Pinnoitettu palokatkokolevy on asennusmenekiltään erittäin tehokas menetelmä toteuttaa palokatkoja suuriin läpivienteihin. Valettavalla kipsi- tai sementtipohjaisella palokatkomassalla voidaan toteuttaa rakenteellisesti kantavia ja iskunkestäviä palokatkoja esim. tekniikkakuilun välipohjaan. Sekä pinnoitetulla palokatkokolevyllä että valettavalla palokatkomassalla voidaan niiden tiheyden ja lujuuden vuoksi toteuttaa tausta- ja pohjamateriaali palokatkomansetin tai -nauhan asentamiseen suurissa läpivienneissä. Palokatkomansetit ja -nauhat ovat tyypillisimmät palokatkotuotteet palavien materiaalien läpivienneissä (solukumieriste, muoviputki). [7, s. 33–34, 36–38; 11, s. 9–11]



Kuva 3. Vasemmanpuoleisessa valokuvassa palokatko toteutettu pinnoitetulla palokatkolevyllä ja akrylipohjaisella palokatkomassalla. Oikeanpuoleisessa valokuvassa palokatko toteutettu kipsipohjaisella palokatkomassalla. Valokuvat Helsingissä sijaitsevalta työmaalta.

3.2 Polttokoestandardi ja palonkestoluokitusstandardi

Polttokoestandardi SFS-EN 1366-3:2021 ja palonkestoluokitusstandardi SFS-EN 13501-2 ovat palokatkosten suunnittelun näkökulmasta perustavanlaatuisia primäärilähteinä palvelevia teknisiä asiakirjoja. Polttokoestandardi on eurooppalaiseen paloluokitusjärjestelmään perustuva koemenetelmä- eli testausstandardi, jossa on määritelty tarkasti polttokokeen järjestelyt, kuten testausmenetelmät ja -olosuhteet, rakenteen ja läpivientikappaleiden materiaalit ja dimensiot, itse testauksen suorittaminen sekä arviointikriteerit.

Polttokoestandardin mukaisesti toteutetuilla polttokokeilla voidaan todentaa kunkin testattavan palokatkoratkaisun palonkestävyysluokka standardisoiduille rakennetyypeille ja taloteknisille järjestelmille erilaisin rajoituksin, joita ovat mm. eristetyypit ja -paksuudet, läpivientivarauksen koko, taloteknisen järjestelmän materiaalit, vähimmäisainevahvuudet sekä halkaisijat. Polttokokeiden tulosten hyödyntäminen palokatkosuunnittelussa edellyttää, että polttokokeet on järjestetty akkreditoitussa testauslaboratoriossa. [7, s. 24; 12, s. 7; 13]

Polttokoe- ja palonkestoluokitusstandardit ovat palokatkosuunnittelun näkökulmasta olennaisia dokumentteja siis siitä syystä, että niissä on esitetty ne reunaehdot ja parametrit, joiden puitteissa polttokokeet eri palokatkoapplikaatioille on toteutettava. Palokatkodetaljien laatiminen ja niissä esitettyjen teknisten laatuvaatimusten määrittäminen perustuvat olemassa olevaan todennettuun tietoon eri rakenne- ja tekniikkaratkaisujen käyttäytymisestä tulipalotilanteessa standardoiduissa olosuhteissa. Palokatkoapplikaatio saavuttaa suunnittelu- ja toteutuskelpoisuuden sen polttokokeiden tulosten täyttäessä polttokokeelle asetetun vähimmäispalonkestovaatimuksen. Hyväksytyjen polttokokeiden tulosten perusteella palokatkoapplikaatiolle luodaan ETA-dokumentti, jossa on esitetty kaikki ne tekniset parametrit, joiden puitteissa palokatkoapplikaatio on sovellettavissa. Tämän työn kontekstissa on tärkeää ymmärtää palokatkosuunnittelun looginen ketju – polttokoe- ja palonkestoluokitusstandardien perusteella luodaan puitteet palokatkoapplikaation polttokokeille, polttokoe tulosten perusteella luodaan applikaation ETA-dokumentti, ja ETA-dokumentin perusteella voidaan laatia palokatkodetaljit, joiden luotettavuus ja toimivuus palotilanteessa on todennettu. Tämän ketjun looginen implikaatio on siis se, että sekä taloteknisten että rakenneteknisten muuttujien rakennushankkeessa on vastattava ETA-dokumentissa esitettyjä teknisiä laatuvaatimuksia palo-osastoivien rakenteiden osalta ja niiden tekniikkaläivistysten osalta. [7, s. 26–29; 12, s. 7–9, 47–56; 13]

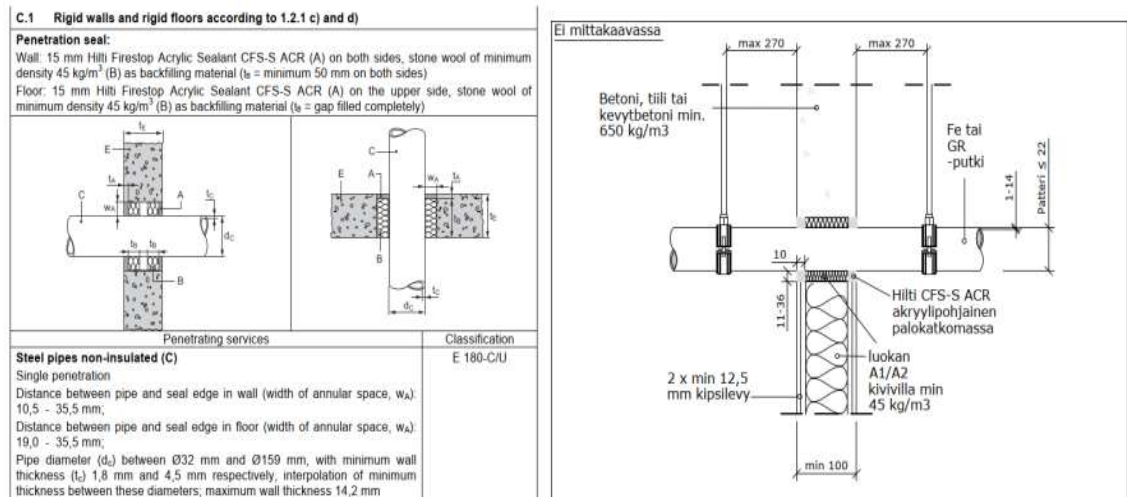
Tässä yhteydessä lienee huomionarvoista mainita, että tämän opinnäytetyön tutkimusongelman analyysissä palokatkosuunnittelun osalta ensisijainen painopiste ja huomio tulee olemaan ETA-dokumenttien sisällössä ja niiden ja palokatkosuunnittelun välisessä riippuvuussuhteessa. Syy ETA-dokumenttien priorisoimiselle työn argumentaation tukemiseksi ja väitteiden osoittamiseksi on, että ETA-dokumentteihin on koottu pelkistetyksi, mutta kuitenkin täysin kattavasti kaikki olennainen tekninen data palokatkodetaljien ja rakennuspaikkakohtaisten arviointien laatimista varten ja se on esitetty muodossa, jota työn lukijan on helpoin ja selkein seurata. ETA-dokumentit ovat

runkorakenteeltaan ja sisällöltään tämän opinnäytetyön kontekstissa olennaisin kirjallinen lähdeaineisto.

3.3 ETA-dokumentit

ETA-dokumentti eli eurooppalainen tekninen arviointi on palokatkotuotteen ja tuotteella testattujen applikaatioiden kelpoisuuden osoittava hyväksyntädokumentti, johon palokatkotuotteille myönnettävä CE-merkintä perustuu. Palokatkotuotteen ETA-arvioinnin sisältö perustuu polttokoe- ja palonkestoluokitusstandardeihin sekä ETAG-asiakirjoihin, joissa on tuoteominaisuuksien arviointiperusteet mm. palokatkotuotteen palokäyttäytymiselle ja palonkestävyydelle, ilman-, veden- ja vesihöyrynläpäisevyydelle sekä mekaaniselle kestävyydelle, ja eri palokatkotuotteiden todennettu yhteensopivuus. Palokatkosuunnittelussa ei lähtökohtaisesti käytetä muita kuin ETA-hyväksytyjä palokatkotuotteita ja -ratkaisuja (tälle muodostaa poikkeuksen ETA-arvioinnin piiriin kuulumattomat rakenne- ja tekniikkaratkaisut, ks. pääluku 4) eikä ETA-hyväksynnästä poikkeavien palokatkoratkaisujen luotettavuutta ja toimivuutta palotilanteessa voida varmistaa. [7, s. 25–27; 11, s. 7–8; 13; 14]

ETA-dokumentit ovat palokatkosuunnittelun kannalta erittäin olennaista aineistoa, koska ne sisältävät kaikki ne tiedot, jota palokatkosuunnittelija tarvitsee palokatkodetaljien laatimiseen – palokatkodetaljissa esitetään aina ETA-dokumentin tunnus, jolla detaljin kelpoisuus todennetaan. ETA-dokumenttia ja siihen perustuvaa palokatkodetaljia verratessa voidaan huomata useita yhtäläisyyksiä näiden välillä:



Kuva 3. Yhtäläisyyksiä ETA-dokumentin (vasen) ja palokatkoetaljin (oikea) välillä. [15, C.1; 16]

Tämän opinnäytetyön kontekstissa olennaista on käsitellä ETA-dokumenttien sisällön suhteen niitä palokatkoapplikaatioiden teknisiä parametreja ja rajoituksia, joiden perusteella palokatkosuunnittelija määrittää palokatkoetaljiin toteutukset reunaehdot ja laatuvaatimukset. Tässä yhteydessä ei kuitenkaan ole vielä tarkoituksenmukaista perehtyä ETA-dokumenttien ja palokatkoetaljiin väliseen dynamiikkaan syvemmin vaan siihen palataan pääluvuissa 4 ja 5, joiden yhteydessä ETA-dokumenttien teknisen sisällön yksityiskohtaisempi käsittely tulee olennaiseksi työn tutkimusongelman näkökulmasta. Alla on luetteloitu palokatkosuunnittelun näkökulmasta olennaisimmat ETA-dokumenteissa esitetyt tekniset vaatimukset:

- vähimmäisvaatimukset palo-osastoivien seinä- ja lattiarakenteiden rakenneteknisille ominaisuuksille ja ainevahvuuksille [15, 1.2.1]
- arvioinnin piiriin kuulumattomat rakenneratkaisut [15, 1.2.1]
- maksimietäisyydet tekniikkakannatuksille [15, 1.2.1]
- asennusolosuhdevaatimukset [15, 1.2.3, 4.2]

- akustotekniset ominaisuudet testatuissa rakenteissa [15, 2.9]
- taloteknisten järjestelmien materiaalit, dimensiot ja eristysratkaisut [15, 2.2, C.1, C.2]
- tekniset vaatimukset palokatkotuotteen asennussyvyydelle ja saumaleveydelle [15, C.1, C.2]
- läpivientiaukkojen dimensiot ja minimietäisyydet toisiin aukkoihin. [15, C.1, C.2]

3.4 Lähtötiedot muilta suunnittelualoilta

Palokatkosuunnitelma koostuu aina kolmesta osatekijästä – palokatkojen sijaintikaaviosta, palokatkodetaljiluettelosta sekä palokatkojen työselostuksesta. Palokatkojen sijaintikaavio on tyypillisesti pelkistetty versio arkkitehdin pohjapiirustuksesta, josta on poistettu palokatkojen kannalta epäolennaiset merkinnät ja johon on korostettu palo-osastojen rajat ja niiden palonkestovaatimukset (esim. EI60 tai EI120) sekä merkitty LVISA-suunnitelmien perusteella alustavat palokatkot detaljitunnuksineen. Palo-osastojen rajoihin voi toisinaan liittyä muuttujia, joita ei voida suoraan hahmottaa arkkitehdin pohjapiirustuksesta – esim. poikkeukset kerrososastoinnissa alueilla, joihin liittyy avoyhteys eri kerrosten välillä tai erilliset omat palo-osastot samassa kerroksessa, kuten tekniikkatunnelit kellarikerroksessa. Palo-osaston raja voi myös olla rinnan akustoteknisen rajan kanssa. Näistä syistä palokatkojen sijaintikaavion laatimisessa tarvitaan lähtötiedot pohjapiirustusten ja LVISA-piirustusten lisäksi yleisleikkauksista, paloteknisistä piirustuksista sekä akustoteknisistä kaavioista. [7, s. 59, 62, 71–72; 11, s. 16]

Palokatkodetaljiluetteloon kootaan kaikki sellaiset ETA-hyväksytyt vaihtoehtoiset palokatkojen toteutustavat, joita palokatkosuunnittelija voi lähtötietojen perusteella tunnistaa tarpeelliseksi hankkeessa. Palokatkodetaljien

laatiminen edellyttää LVISA-suunnittelusta lähtötietoja palo-osastoivien rakenteiden lävistävissä taloteknisissä järjestelmissä käytettävistä materiaaleista, eristeistä, dimensioista ja mittatiedoista. Palokatkoetaljien laatimisessa olennaisia lähtötietoja ovat myös rakennesuunnittelijan laatimat varauspiirustukset aukkokoineen, joiden perusteella voidaan valita kuhunkin läpivientiin parhaiten soveltuva palokatkotuote, sekä rakennetyyppikaavio ETA-arvioinnin piiriin ja polttokoestandardiin kuulumattomien rakenneratkaisujen tarkistamiseksi poikkeuksellisten detaljien laatimista varten. [7, s. 63, 65, 72–74; 11, s. 16]

Palokattojen työselostuksessa esitetään sekä rakennuskohteen yleistiedot että palokattojen toteutukseen liittyvät erityispiirteet ja vähimmäisvaatimukset. Työselostuksessa on esitetty mm. kohteeseen valittu palokatkotuoteperhe, palokattojen palotekniset ominaisuudet, palokattourakoitsijalle asetetut kohdekohtaiset pätevyysvaatimukset sekä menettelyt ja vastuurajapinnat suunnitelmamuutoksissa. Tämän työn kontekstissa palokattojen työselostuksessa olennaisimpia asioita ovat yksilöidyt ETA-hyväksynnän piiriin kuulumattomat ja polttokoestandardin ulkopuoliset palokatko-, tekniikka- ja rakenneratkaisut ja näihin liittyvät hyväksyntä- ja todentamismenettelyt. Tärkeimpiä lähtötietoja viimeksi mainittujen osalta ovat rakennesuunnittelijan laatima rakennetyyppikaavio (ks. alaluku 4.1) sekä LVISA-suunnitelmissa esitetyt kohteessa käytettävät materiaalit ja tyypit taloteknisissä järjestelmissä (esim. uudet dB-viemärit, ks. alaluku 4.2).

Palokattojen työselostuksella on usein taipumus jäädä työmaatoteutuksessa melko vähäiselle huomiolle, koska palokattojen sijaintikaaviosta ja palokatkoetaljeista ilmenee asentajan näkökulmasta olennaiset tiedot. Lukijalle saattaakin syntyä tässä yhteydessä vaikutelma, että käsittelyn kohteeksi on poimittu triviaaleja ja jopa abstrakteja kategorioita. Työssä tullaan kuitenkin osoittamaan todellisen tapauksen käsittelyn kautta palokattojen kelpoisuuden todentamisen merkitys sekä millaisiin seurauksiin kyvyttömyys todentaa poikkeuksellisten palokattojen luotettavuus rakennushankkeessa voi johtaa (ks. alaluku 4.2). [7, s. 74]

3.5 Palokatko tuoteperhe

Rakennushankkeessa käytettävän palokatko tuoteperheen päättää hankkeen tilaaja tai rakennuttaja tyypillisesti joko teknisten tai taloudellisten tavoitteiden perusteella. Rakennusteknisesti yksinkertaisemmissa ja pienemmissä kohteissa voi olla perusteltua valita edullisin tuoteperhe, kun taas erityisesti vaativissa toimitilahankkeissa tilaajan edun näkökulmasta on turvallisinta valita tuoteperhe, jolla on laajempi palokatko tuotteiden ja kattavampi dokumentoitujen polttokokeiden kirjo. Yksinkertaistettuna voidaan todeta, että kaikilla palokatko tuoteperheillä on geneerisellä tasolla suurimmaksi osaksi samanlaiset tuotteet ja tekniset ratkaisut tarjottavanaan. Yksityiskohtaisemmalla tasolla on kuitenkin huomionarvoista mainita, että Hiltillä on vahvin kilpailukyky polttotestattujen palokatkoratkaisujen monipuolisuudessa sekä markkinoilla sellaisia tuotteita, joita kilpailevilla toimittajilla ei ole. Palokatko tuoteperheellä ei ole tämän työn tutkimusongelman analyysissä muuten kovin suurta implisiittistä merkitystä, mutta siihen liittyy muutamia mainitsemisen arvoisia tekijöitä, joiden vaikutuksia palokatojen toteutukseen tullaan lyhyesti käsittelemään pääluvussa 4 ja 5. [3; 7, s. 31, 45, 57–57]

Palokatko tuoteperheen valinnalla voi olla yksi erityislaatuinen vaikutus palokatojen suunnitteluun, joka voi johtaa myös vaikeuksiin palokatojen toteutuksessa työmaalla. Kipsipohjainen palokatkomassa vaikuttaisi olevan suosituin palokatko tuote urakoitsijoiden keskuudessa ja sillä onkin moniin muihin tuotteisiin verrattuna pitkä historia modernien palokatojen toteutuksessa. Kipsipohjaisella palokatkomassalla on niin laajat sovellutusalueet, että sillä voi käytännössä toteuttaa kaikki tavanomaiset palokatkot. Kipsipohjaisen massan etuihin kuuluvat hyvin nopea kuivuminen ja lujuudenkehitys, massan turpoaminen kutistumisen sijasta, erinomaiset tartuntaominaisuudet useille eri materiaalipinnoille, soveltuvuus suuriinkin pystyrakenteiden aukkoihin massan koostumuksen vuoksi sekä kustannus- ja asennustehokkuus työsuoritusteknisestä näkökulmasta. Kyseisten etujen vuoksi kaikilla Suomen markkinoiden suurilla palokatko tuotetoimittajilla (esim. Würth, Nullifire ja Tytan) on valikoimassaan *ETA-hyväksytty* kipsipohjainen

palokatkomassa paitsi Hiltillä, joka on palokatkoammattilaisten ihmetykseksi korvannut tuotteen sementtipohjaisella palokatkomassalla. Sementtipohjainen palokatkomassa ei sovellu huomattavan kuivumiskutistuman, massan koostumuksen sekä heikompien tartuntaominaisuuksien vuoksi pystyrakenteiden palokatkoihin. Hankkeeseen, johon rakennuttaja on vaatinut Hiltin palokatkotuoteperheen käytettäväksi, joudutaan usein hyväksyttämään rakennusvalvontaviranomaisella jonkin toisen tuoteperheen kipsipohjainen tuote, jotta tietyt haastavien olosuhteiden palokatkot voidaan toteuttaa luotettavasti (ks. alaluvut 4.1 ja 5.2). [3; 11, s. 9–10; 17, s. 4, 8–17]

4 Palokatkosuunnitteluun liittyvät haasteet

Tässä luvussa tullaan käsittelemään kaikkia niitä tyypillisimpiä suunnitteluratkaisuja ja rakennushankkeeseen liittyviä piirteitä, jotka vaikeuttavat sekä palokatkosuunnittelijan tehtävää että palokatkoasentajan työtä. Tässä yhteydessä palokatkosuunnitteluun liittyvillä haasteilla tarkoitetaan käytännössä sitä, että erinäisistä syistä johtuen palokatkolle ei voida suunnitella ETA-hyväksynnän mukaista palokatkoratkaisua vaan ETA-hyväksynnässä esitetyistä teknisistä parametreista joudutaan poikkeamaan ja tukeutumaan rakennuspaikkakohtaiseen arviointiin ja soveltamiseen yksittäisten palokatkojen osalta. Tyypillisesti kyseisiin ongelmiin liittyvä dynamiikka suunnittelun ja työmaatoteutuksen välillä toteutuu niin, että palokatkoasentaja huomaa työmaalla ongelmallisen rakenteen, taloteknisen järjestelmän tai muun muuttujan, jonka hän ilmoittaa pääurakoitsijan työnjohdolle ja pyytää palokatkosuunnittelijan konsultaatiota tilanteeseen. Suurin osa tässä yhteydessä käsiteltävistä ongelmakohdista liittyy siis käytännön tasolla hyvin olennaisesti ongelmiin palokatkojen toteutuksen näkökulmasta, mutta ne on tässä työssä valittu käsiteltäväksi suunnitteluongelmien kontekstissa niiden juurisyiden ja tässä työssä esitettävän ratkaisuehdotuksen vuoksi.

4.1 Polttokoestandardista poikkeavat rakenteet

Polttokoestandardista poikkeavista rakenteista puhuttaessa tarkoitetaan kaikkia sellaisia hankkeeseen suunniteltuja palo-osastoivia rakennetyyppejä, jotka eivät kuulu palokatkojen polttokokeissa testattaviin standardoituihin rakenteisiin ja siten ETA-hyväksynnän piiriin. Kaikkien palokatkotuotteiden ETA-hyväksyntäasiakirjoissa on esitetty polttokokeeseen vakioidut ja siinä testatut rakennetyypit, niihin liittyvät vähimmäisainevahvuudet sekä rakenteelta vaaditut rakennetekniset ominaisuudet. Alla on yksilöity kyseiset tekniset vähimmäisvaatimukset sekä seinä- että lattiarakenteille ETA-hyväksytyjen palokatkoratkaisujen näkökulmasta:

- seinärakenteen rakennevahvuus oltava min. 100 mm

- kevyet väliseinät on levytettävä molemmilta puolilta kahdella min. 12,5 mm kipsilevyllä
- betoni-, kevytbetoni- tai muurattavan väliseinän tiheys oltava min. 650 kg/m³
- betoni- tai kevytbetonilattiarakenteen rakennevahvuus oltava min. 150 mm ja tiheydeltään min. 650 kg/m³. [15, s. 3; 17, s. 5]

Yllä eriteltyjen rakenteille asetettujen vähimmäisvaatimusten valossa tarkastellaan seuraavaksi lyhyesti niistä poikkeavia rakennushankkeissa tyypillisimmin esiintyviä palo-osastoivia rakennetyyppejä ja poikkeavan rakenteen aiheuttamia ongelmia palokatkojen toteutukselle.

4.1.1 TT-laatta

Tekniikkavarauksia ja -lävistyksiä voidaan tehdä TT-laattoihin ripojen väliselle laattaosuudelle, jonka paksuus on vain 50 mm. ETA-hyväksynnän piiriin kuuluvilta laattarakenteilta vaaditaan min. 150 mm rakennevahvuus, jonka vuoksi TT-laattojen palokatkoissa on laatan rakennevahvuutta paikallisesti kasvatettava vähintään 100 mm tekniikkalävistyksen kohdalta palokatkosuunnittelijan ohjeiden mukaan esim. betonoimalla. Erityisen haastavaan tilanteeseen voi johtaa muovisten lattiakaivollisten viemäriputkien lävistyksset TT-laatoissa, koska tällöin paikallinen rakennevahvuuden kasvattaminen joudutaan tekemään laatan alapintaan niin, että sekä kaivon pohja että vähintään 50 mm pituinen osuus siihen liittyvää viemäriputkea jää palosuojatuksi, jotta palokatkoa on ylipäättään mahdollista toteuttaa (ks. liite 4). [7, s. 38; 15; s. 3; 18, s. 4, 10]

4.1.2 Ontelolaatta

Ontelolaatat palo-osastoivina ala-, väli- ja yläpohjarakenteina ovat saaneet käytännössä vakiorakenneratkaisun aseman sekä toimitila- että

asuntorakentamisessa. Ontelolaatat eivät kuitenkaan kuulu polttokoestandardin ja ETA-hyväksynnän piirin rakenteisiin, joten niiden yleistyneen käytön vuoksi on ontelolaattojen palokatkoille kehitetty vakioidut ratkaisut. ETA-hyväksynnän piiriin kuuluvan palo-osastoivan laattarakenteen on oltava vähintään 150 mm vahvuinen massiivilaatta eli rakenteellisesti umpibetonia. Ontelolaatan palo-osastoivuuden säilyttäminen edellyttää, että palo ei pääse leviämään laatan ontelotiloihin. Ontelolaattojen palokatoissa läpiviennin kohta on toteutettava vastaamaan paikallisesti massiivilaattaa, ja vakioratkaisuksi tähän on tullut onteloiden betonointi läpiviennin kohdalta. On tärkeää huomioida, että ontelotilojen ummistaminen palavalla materiaalilla (esim. EPS tai XPS eristeet, polyuretaani) ei ole hyväksyttävä ratkaisu palon leviämisen estämiseksi ja palokatkon toteuttamiselle. [15, s. 3, 14–18; 19, s. 2, 11; 20]

4.1.3 Puurunkoiset välipohjat

Puurunkoiset palo-osastoivat välipohjat ovat melko harvinaisia sellaisissa rakenteissa, joihin on suunniteltu mittavia tekniikkalävistyksiä. Toisinaan palo-osastojen rajat, niihin liittyvät rakenteet sekä kyseisen tilan käyttötarkoitus saattavat määräytyä niin, että tekniikkalävistyksiä käsittävä palo-osastoiva lattiarakenne voidaan toteuttaa kohtuullisesti vain puurunkoisena. Suurien aukkojen ja yhdistelmäläpivientien suhteen kyseessä on palokatkotuotteiden hyväksyntäasiakirjoihin ja polttokokeisiin nähden siinä määrin poikkeuksellinen rakenne, että puurunkoisen palo-osastoivan rakenteen palokatkoihin on haettava palotekniseltä asiantuntijalta rakennuspaikkakohtainen arvio palokatkon toteutustavasta. Palokatkoihin liittyvät kysymykset puurunkoisissa rakenteissa on syytä selvittää ennen rakenteen lävistäviä tekniikka-asennuksia, koska palokatkon toteuttaminen voi edellyttää läpiviennin kaikkien pintojen levyttämistä kipsilevyin. Pienissä ja yksinkertaisissa läpivienneissä voidaan tavanomaisesti soveltaa levyrakenteisen väliseinän palokatkotekniikkaa, mikäli lattiarakenne on levytetty kipsilevyllä molemmin puolin ja puurunkoa suojaa kivivillaeriste. [9, s. 442, 444; 12, s. 51; 21, s. 41–43]

4.1.4 Levyrakenteiset tekniikkahormit

Levyrakenteisen tekniikkahormin ollessa kapea ja rajautuessa muiden ympäröivien seinärakenteiden suhteen toteutetaan hormin ummistaminen tavanomaisesti ulkopinnan levyttämällä. Tämä johtuu yksinkertaisesti siitä, että tällaisissa yhteyksissä avointa hormin seinää ei ole työteknisen suorituksen näkökulmasta mahdollista levyttää sekä sisä- että ulkopuolelta. Vain yhdeltä puolelta levytetty seinärakenne ei kuulu polttokoestandardin rakennetyyppeihin ja tällainen rakennetyyppi muutenkin rajoittaa käytettävissä olevat palokatkoratkaisut asennusteknisestä näkökulmasta käytännössä *yhteen*, joka ei välttämättä sovellu olemassa olevalle läpiviennille. Palokatkon luotettavuuden vaarantumisen välttämiseksi tulisi tekniikkahormien palo-osastoinnissa ensisijaisesti soveltaa kerrososastointia sen ollessa mahdollista, jolloin hormia ei ole välttämätön osastoida omaksi palo-osastoksi. Tekniikkahormien palo-osastointiin liittyy kuitenkin jonkin verran epävarmuutta ja epäselvyyksiä suunnittelijoiden keskuudessa ja mikäli hormin seinärakenteet on palo-osastoitava myös (esim. suuri palokuorma), olisi tällöin palokatkon luotettavuuden näkökulmasta syytä toteuttaa tekniikkalävistyksiä sisältävät seinärakenteet muurattuina. [2; 3; 15, s.14–18; 22]

4.1.5 Alle 100 mm vahvuiset harkkoseinät

Iso osa muurattavista väliseinistä toteutetaan nykyään 88 mm vahvuisella kevytsoraharkolla. Alle 100 mm vahvuiset seinärakenteet eivät kuulu ETA-hyväksynnän piirin rakennetyyppeihin ja rajoittavat jonkin verran käytettävissä olevia palokatkoratkaisuja asennusteknisestäkin näkökulmasta. Esim. palokatkonauhat, palokatkokääreet ja pinnoitetut palokatkolevyt vaativat asennusteknisistä syistä vähintään 100 mm vahvuisen seinärakenteen. Läpivienneissä, jotka käsittävät palavaa materiaalia (esim. solukumieriste, muovinen viemäriputki), ja joihin palokatkomansetin asentaminen ei ole mahdollista, on väistämättä käytettävä palokatkonauhaa tai -käärettä. Suurikokoisissa palokatkoissa, joissa on paljon tilaa tekniikkalävistysten ja

seinän välissä, joudutaan hyvin todennäköisesti palokatko toteuttamaan pinnoitetulla palokatkolevyllä. [23, s. 3, 12; 24, s. 6, 18; 25, s. 7, 23]

4.1.6 PVP-elementit

Pelti-villa-pelti eli sandwich-elementit ovat pitkään olleet yksi suurimpia haasteita palokotkojen suunnittelulle – rakenne ei kuulu polttokoestandardiin ja sen rakenteellista palokäyttäytymistä on hyvin vaikea arvioida luotettavasti muiden tunnettujen rakenteiden palokäyttäytymistä projisoiden, koska elementtien pintamateriaalina toimiva peltilevy käyttäytyy kuumetessaan hyvin eri lailla kuin kipsilevy tai betoni. Tästä syystä PVP-elementtien palokotkoihin ei voida soveltaa muiden rakenteiden palokatkoratkaisuja vaan ne on todennettava tapauskohtaisesti. Hilti on kehittänyt yhden ratkaisun ongelmaan toteuttamalla Rf-t:n ja Parocin kanssa yhteistyössä kattavat polttokokeet kaikille tavanomaisille tekniikkalävistyksille, jonka vuoksi Hilti voi tarjota todennetut ratkaisut PVP-elementtien palokotkoihin. On hyvä huomioida tekniikka-asennuksia ja niiden aukkoja suunnitellessa, että palokatkot vaativat PVP-elementtien läpivientiaukon rakenteellista vahvistamista. [12, s. 52; 26]

4.2 Harmonisoidusta standardista poikkeavat talotekniikkaratkaisut

Osaltaan palokotkojen suunnittelua hankaloittaa markkinoille tulevat uudet talotekniikkaratkaisut, jotka eivät kuulu harmonisoidun tuotestandardin piiriin. Tuote, joka ei kuulu harmonisoituun tuotestandardiin, poikkeaa joiltain ominaisuuksiltaan ja piirteiltään harmonisoidussa tuotestandardissa muille samaan tuoteryhmään kuuluville tuotteille määriteltyihin ominaisuuksiin nähden. Polttokoestandardissa on esitetty kaikki ne eri tuoteryhmien (esim. kupariputket ja polypropyleeniputket) tuotestandardit, jonka mukaisesti valmistettaviin tuotteisiin polttokoestandardi on sovellettavissa. Käytännön tasolla tämä tarkoittaa sitä, että palokatkoratkaisujen ETA-hyväksyntäasiakirjoissa ja sen myötä niiden pohjalta laadittavissa palokatkodetaljeissa on esitetty kaikki ne putkimateriaalit ja -tyypit dimensioineen, joiden suhteen palokatkoratkaisun

kelpoisuus on todennettu polttokokeessa (ks. alla oleva kuva). [12, s. 7–9; 13; 27]

2.1.3 PE pipes				
2.1.3.1				
2.1.4 PP pipes				
2.1.3.1.1				
2.1.4.1				
Pipe dia: (r	2.1.5 PVC pipes			
	2.1.5.1 PVC-U pipes according to EN ISO 15493, EN ISO 1452 and DIN 8061/8062			
	Pipe diameter d_c (mm)	Pipe wall thickness t_c (mm)	Collar size (A_1)	Classification
	50	2,4 – 5,6	CFS-C P 50/1.5"	EI 120-U/U
	63	3,0 – 4,7	CFS-C P 63/2"	EI 120-U/U
	75	2,2 – 3,6	CFS-C P 75/2.5"	EI 120-U/U
	90	2,7 – 4,3	CFS-C P 90/3"	EI 120-U/U
	110	2,2 – 8,1	CFS-C P 110/4"	EI 120-U/U
	125	3,7 – 6,0	CFS-C P 125/5"	EI 120-U/U
	160	2,5 – 11,8	CFS-C P 160/6"	EI 120-U/U
Maximum t	Maximum thickness of sound decoupling: 5 mm			

Kuva 4. Esimerkki ETA-hyväksynnässä esitetyistä ko. hyväksynnän sovellusalueeseen kuuluvista harmonisoidun tuotestandardin mukaisista eri putkimateriaaleista [13].

Yleistyvästi rakennushankkeissa käytettäviä harmonisoidun tuotestandardin piiriin kuulumattomia taloteknisiä järjestelmiä ovat esim. desibeliviemärit ja alumiini PEX-komposiittiputket. Kyseiset putket eivät vastaa rakenteellisilta ja kemiallisilta ominaisuuksiltaan minkään harmonisoidun tuoteryhmän muita putkia, jonka vuoksi niille ei voida suoraan soveltaa harmonisoidun tuotestandardin mukaisille tuotteille ETA-hyväksytyjä palokatkoratkaisuja. Mikäli mikään palokatkotuotetoimittaja tai taloteknisen järjestelmän valmistaja itse ei ole toteuttanut tuotteelle muilta osin polttokoestandardin mukaisia polttokokeita, täytyy taloteknisen järjestelmän palokatkoille hakea palokatkosuunnittelijalta tai palokonsultilta rakennuspaikkakohtainen lausunto, joka täytyy myös esittää rakennusvalvontaviranomaiselle hyväksyttäväksi. [13; 19, s. 10–11, 15]

Yksi menetelmä laatia perusteltu rakennuspaikkakohtainen lausunto harmonisoidun tuotestandardin ulkopuolisiin läpivienteihin ehdotettujen palokatkoratkaisujen kelpoisuuden todentamiseksi on osoittaa ehdotetun

palokatkoratkaisun toimivuus jonkin toisen testausstandardin mukaisesti järjestetyissä polttokokeissa, jonka olosuhteet ja polttokoejärjestelyt ovat rinnastettavissa EN 1366 standardissa ja ETA-hyväksynnässä esitettyihin vaatimuksiin nähden olennaisilta osin. Näin voidaan toimia esim. osoittamalla ehdotetun palokatkoratkaisun täyttävän ETA-hyväksynnän mukaiset vähimmäisvaatimukset saksalaisten DIBt normien mukaan järjestettyjen polttokokeiden tulosten perusteella. [19, s. 15; 28]

4.3 Korjausrakentaminen

Korjausrakentamisessa palokatkosuunnittelija kohtaa tavanomaisesti kahden tyyppisiä haasteita – olemassa olevien palokattojen luotettavuuden ja korjaustarpeen arviointi sekä polttokoestandardista poikkeavat rakenteet. Olemassa olevien palokattojen hyödynnettävyyteen vaikuttaa niiden suunniteltu käyttöikä sekä mahdollinen aikaisemmin myönnetty tyyppihyväksyntä. Mikäli vanhoille tyyppihyväksytyille palokattoille ei ole olemassa palokatkotuotetoimittajan ilmoittamaa teknistä käyttöikää, voidaan palokatkon säilytettävyyttä arvioida sekä taloteknisen järjestelmän että palokatkon ulkoisen kunnan tarkastelulla – palokattojen voidaan tavanomaisesti olettaa kestävän yhtä pitkään kuin ne lävistävä talotekninen järjestelmä. Vanhojen palokattojen kelpoisuuden toteaminen ja säilyttäminen on kuitenkin hyväksyttävä rakennusvalvontaviranomaisella. Vanhoja palokattoja uusittaessa on huomioitava olemassa olevan taloteknisen järjestelmän mahdolliset erityispiirteet (esim. metalliputkien pinnoitteet) sekä järjestelmien ja palokatkotuotteiden välinen yhteensopivuus. [3; 7, s. 25, 69; 19, s. 10–11]

Merkittävämpi haaste palokatkosuunnittelulle korjausrakentamisessa on polttokoestandardista poikkeavat vanhat rakenteet, joita ei voida uusida. Näitä ovat esimerkiksi kaksoislaattarakenteet, puurakenteiset välipohjat sekä rakennevahvuudeltaan alle 150 mm laattarakenteet. Kaikkien polttokoestandardista poikkeavien rakenteiden osalta palokatkosuunnittelijan on laadittava rakennuspaikkakohtainen lausunto palokatkoratkaisun kelpoisuuden arvioimiseksi ja toteamiseksi. Rakennuspaikkakohtainen lausunto liitetään

osaksi palokatkosuunnitelman työselostusta ja siinä esitetään mahdolliset paikalliset rakenne- ja palotekniset muutostyöt poikkeavien rakenteiden osalta vaaditun palonkestoluokan varmentamiseksi palokatkojen kohdalla. Palo-osastoivan laattarakenteen poiketessa palokatkoilta edellytetystä vähimmäisainevahvuusvaatimuksesta voidaan rakenteen vahvuutta paikallisesti kasvattaa betonoimalla tai pinnoitetulla palokatkolevyllä. Puurakenteisissa laattarakenteissa voidaan hyödyntää kipsilevyä tai pinnoitettua palokatkolevyä puurakenteiden palosuojausmateriaalina. [3; 19, s. 10–11]

4.4 Puutteelliset lähtötiedot ja muutokset työmaalla

Palokatkosuunnitelmia joudutaan etenkin toimitilarakentamisessa ja isoissa projekteissa hyvin usein revisioimaan useaan kertaan hankkeen aikana. Tämä johtuu tavanomaisesti kahdesta olennaisesti toisiinsa liittyvästä syystä – palokatkosuunnittelijan saamat lähtötiedot muilta suunnittelualoilta ovat usein jossain määrin puutteelliset, ja rakentamisvaiheessa joudutaan toisinaan tekemään muutoksia rakennetyyppien, palo-osastojen rajojen sekä taloteknisten järjestelmien reittien ja niissä käytettyjen materiaalien suhteen. Palokatkojen sijaintikaaviossa esitetyt palokatkodetaljit eivät ole välttämättä aina toteutettavissa, vaan palokatko voidaan joutua toteuttamaan toisella detaljilla. Tämän lisäksi on hyvin tyypillistä, että taloteknisiä lävistyksiä tulee palo-osastoihin rakenteisiin enemmän kuin mitä on suunnitteluvaiheessa ollut tiedossa, erityisesti kaapeliläpivientien osalta. Tästä syystä palokatkosuunnittelijan laatima palokatkojen sijaintikaavio on päätoteuttajan näkökulmasta ensisijaisesti viitteellinen työkalu, ei absoluuttinen hahmotelma hankkeen lopullisesta tilanteesta. Todellisuutta vastaavan palokatkojen sijaintikaavion laatimiseksi on palokatkoinsijan merkittävä sijaintikaavioon kaikki muutokset – puhutaan ”As built” tai punakynäpiirustuksista, joiden pohjalta palokatkosuunnittelija laatii urakan valmistuttua päivitetyn ja lopullisen version sijaintikaaviosta. [3; 7, s. 79; 19, s. 9]

Palokatkosuunnitelmien huolellisella läpikäymisellä ja niihin olennaisesti liittyvien suunnitelmien ristiin tarkastamisella on tärkeä rooli palokatkojen

toteutuksen kannalta, sillä vaikka palokatkosuunnitelmiin liittyvät muutokset ovatkin hyvin yleisiä ja niitä voi ilmetä paljon, on kaikki muutokset kuitenkin hyväksyttävä palokatkosuunnittelijalla ja muutoksen luonteesta riippuen mahdollisesti rakennesuunnittelijalla, rakennusvalvontaviranomaisella ja tilaajalla *ennen* palokatkon toteuttamista. [7, s. 56, 78–79; 19, s. 3–4]

5 Palokatkosten toteutukseen liittyvät haasteet

5.1 Puutteelliset palokatkosuunnitelmat

Palokatkoasentajan näkökulmasta palokatkosuunnitelmat ovat yleensä puutteelliset siinä, että detaljiluettelossa ei ole kaikkia sellaisia palokatkodetaljeja, joita palokatkoasentaja näkee tarpeelliseksi huomioiden työmaalla toteutuneet tekniikka-asennukset, rakenteelliset ratkaisut sekä aukkokoot palokatkon asentamiseksi ETA-hyväksynnässä esitettyjen teknisten laatuvaatimusten puitteissa. Kaikille tekniikkalävistyksille on olemassa useita eri palokatkoratkaisuja, joille palokatkosuunnittelija laatii tyypillisesti sellaiset detaljit, jotka ovat yleisimmin käytettyjä. Palokatkosuunnitelmassa esitetyn palokatkodetaljin toteutuskelpoisuus riippuu ETA-hyväksynnässä määritettyjen teknisten laatuvaatimusten täyttymisestä, joita ovat mm. tekniikan ja rakenteen väliin jäävä vapaa tila (ns. saumaleveys), aukon maksimikoko, käytetty tekniikka- ja eristemateriaali, tekniikan geometrinen sijoittelu suhteessa aukkoon sekä kaapeleiden prosentuaalinen enimmäistäyttöaste aukon poikkileikkauspinta-alaan nähden. Palokatkodetaljiluetteluun ei aina laadita erikseen detaljia yhdistelmäläpiviennille (esim. IV-kanavat ja kaapelit samassa läpiviennissä), joita voi kuitenkin esiintyä esim. hormien välipohjissa tai IV-konehuoneiden suurissa lattialäpiviennissä. [3; 7, s. 31–40, 47-48, 60, 65–67; 19, s. 5–6]

Optimaalisten olosuhteiden luomiseksi palokatkosten asennustyölle sekä palokatkosten luotettavuuden varmistamiseksi tulisi projektimuodon mukaan pääurakoitsijan tai tilaajan suunnittelunohjauksesta vastaavan henkilön tai työvaiheesta vastaavan työnjohtajan varmistua palokatkodetaljiluettelon riittävän kattavasta sisällöstä seuraavin periaattein:

- metalliputkille on detaljit palamattomalla ja palavalla eristeellä sekä ilman eristystä (patteri- ja sprinkleriputket)
- eristetyille metalliputkille ja IV-kanaville on detaljeissa maininta paikallisesti katkaistusta eristeestä läpiviennin kohdalla

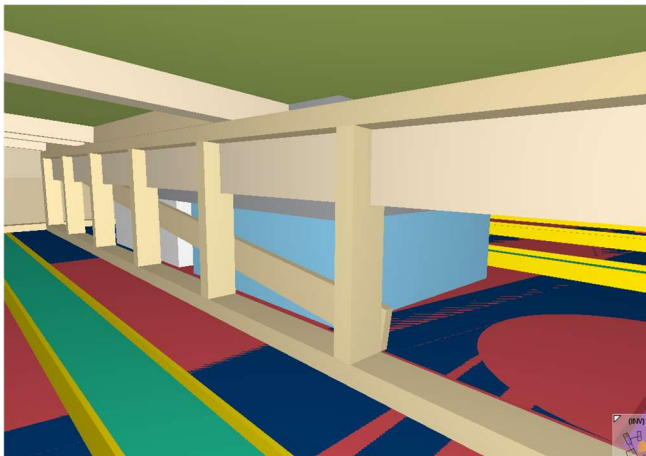
- metalliputkille ja IV-kanaville on detaljit paloakryyllillä, pinnoitetulla palokatkoalevyllä, kipsipohjaisella palokatkomassalla sekä betonilla
- muovisille viemäriputkille on detaljit paisuvalla palokatkomassalla, palokatkonauhalla, ja sekä perinteisellä että joustavalla palokatkomansetilla
- kaapeliläpivienneille on detaljit paisuvalla palokatkomassalla, kaksikomponenttisella palokatkoahdolla, kipsipohjaisella palokatkomassalla sekä pinnoitetulla palokatkoalevyllä
- seinärakenteiden palokatkoissa on detaljit sekä kivirakenteiselle että levyrakenteiselle rakennetyypille
- kylmäainejohdoille on detaljit sekä palavalla eristeellä eristetyille kupariputkelle että muoviselle PEX-putkelle.

5.2 Ahtaat tilat

Tyypillisin palokatkojen asianmukaisen toteutuksen vaarantava tekijä käytännön tasolla rakennustyömailla on liian ahtaat tilat palokatkon asennettavuuteen nähden. RIL 270-2018 julkaisussa on seuraavanlaiset maininnat: ”Palokatkoja suunniteltaessa tulee huomioida palokatkon vaatima asennustila. Palokatkon asennustilan lisäksi koteloinneissa, kuiluissa ja muissa rakenteissa tulee ottaa huomioon eristeiden ja muiden installaatioiden vaatima tila, jotta palokatko voidaan asentaa suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti... Asennustyö tulee voida toteuttaa muut asennustyöt huomioiden siten, että lopputulos on suunnitelma-asiakirjojen mukainen [7, s. 60].” Tavanomaisessa työjärjestyksessä palokatkojen toteuttaminen on asennusteknisestä näkökulmasta viimeinen työsuorite, jota edeltää tekniikka-asennukset kannakointineen ja eristyksineen. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että palokatkoasentajalle jää työpisteelle aina kaikkein vähiten asennustilaa – samaan aikaan kyseessä on työsuorite, jolta edellytetään erityistä tarkkuutta ja huolellisuutta. Erityisen vaativissa ja ahtaissa

tiloissa palokatkojen asianmukaisen toteuttamisen turvaaminen on täysin vastuutyönjohtajan oikea-aikaisen reagoimisen ja oikeiden toimenpiteiden varassa, joita käsitellään seuraavaksi tyypillisten erityisen vaativien tilojen erittelyn yhteydessä.

Harjakatollisen yläpohjan ryömintätilassa voi työskentelytila lappeiden päädyssä räystäiden lähellä, jonne usein huippuimureihin liittyvät ilmanvaihtokanavat sijoitellaan, jäädä hyvin ahtaaksi vesikaton puurakenteiden rakentamisen jälkeen (ks. alla oleva kuvankaappaus tietomallista). Tästä syystä kaikki räystäiden lähelle sijoittuvien yläpohjan läpivientien palokatkot on suotuisaa pyrkiä toteuttamaan mahdollisuuksien mukaan ennen vesikaton rakentamista esim. betonoimalla aukko hyvin tiivistyväällä betonilla, jolloin palokatko voidaan tarvittaessa viimeistellä alapuolelta myöhemmin. Mikäli taloteknistä järjestelmää ei voida asentaa ennen vesikaton rakentamista, voidaan mahdolliset palokatkon asennettavuuteen myöhemmin liittyvät ongelmat ennaltaehkäistä vastaavalla periaatteella käyttämällä valuun asennettavaa läpivientikappaletta. [7, s. 39–40]



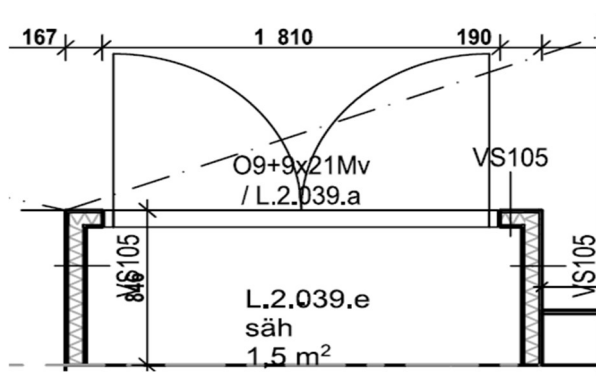
Kuva 5. Kuvankaappaus Tuomarilan koulun tietomallista. Yläpohjan ryömintätila, ilmanvaihtokanavan läpivienti kattopukin vieressä.

Sähkökeskuskomeroiden välipohjat ovat pääsääntöisesti palo-osastoivia, koska ne liittyvät paloteknisesti rakennuksen yleiseen kerrososastointiin, johon toimitilarakentamisessa poikkeuksen muodostavat tyypillisesti vain paikalliset avoyhteydet eri kerrosten välillä [8, s. 60–61]. Pääsuunnittelija mitoittaa

sähkökeskuskomerot samoin periaattein kuin muut käyttötarkoituksen näkökulmasta toisarvoiset tekniset tilat – tilan mitoituksessa huomioidaan lähtökohtaisesti vain ryhmäkeskusten ja muiden tekniikka-asennusten (kaapelihyllyt, valaisimet, paloilmaisimet ja ilmanvaihtokanavat) vaatima tila. Ryhmäkeskusten kautta kulkee kaikki ko. ryhmäkeskuksen palvelualueen sähköasennusten virransyötöt, jonka vuoksi sähkökeskuskomeroiden välipohjien palokatkot voidaan toteuttaa vasta kunkin palvelualueen sähköasennusten valmistuttua. Näistä syistä tilojen välipohjien palokatkot voivat olla sähköasennusten valmistuttua hyvin haastava toteuttaa sellaisin menetelmin, jotka edellyttävät läpivientiaukkoon käsiksi pääsemistä alapuolelta, koska ryhmäkeskukset, kaapelihyllyt ja ilmanvaihtokanavat kaventavat vapaata pääsyä tilan yläpuoliseen välipohjaan merkittävästi:



Kuva 6. Kuvankaappaus Tuomarilan koulun tietomallista. Sähkökeskuskomeron yläpuolisen välipohjan kaapeliläpiviennit.



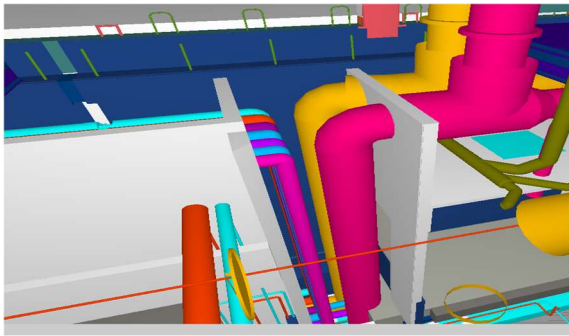
Kuva 7. Kuvankaappaus Tuomarilan koulun arkkitehdin pohjapiirroksesta. Sähkökeskuskomeron mitoitus.

Kuvasta 5 voidaan hahmottaa tilan yläpuolisen välipohjan läpivientien haastava tavoitettavuus tilan tekniikka-asennusten vuoksi, ja kuvasta 6 voidaan laskea miten ahtaaksi tila todellisuudessa jää syvyysuunnassa ryhmäkeskusten asentamisen jälkeen. Kuvasta 5 saadaan myös karkea käsitys siitä, millaisiksi sähkökeskuskomeroiden välipohjien läpivientivaraukset tavanomaisesti suunnitellaan – hyvin usein tämä sulkee rakenteen yläpuolelta helposti toteutettavissa olevat palokatkoratkaisut pois yhtälöstä läpivientiaukon koon ylittäessä ko. palokatkoratkaisujen ETA-hyväksynnöissä esitetyt maksimiaukokoot [29, s. 3; 30, s. 3]. Palokatkojen asianmukaisen ja luotettavan lopputuloksen turvaamiseksi voidaan sähkökeskuskomeroiden suhteen toimia ennakoivasti samoin periaattein kuin edellä käsitellyissä haastavissa yläpohjalaatan palokatkoissa: sähkökeskuskomeroiden välipohjien läpivientiaukot voidaan etukäteen betonoida umpeen jättäen valuun palokatkotuoteperhekohtaisia kaapelivarausputkia, jotka toimivat lopullisena palokatkona vielä kaapeliasennusten jälkeenkin [31, s. 8, 10].

Tekniikkahormit ja kuilut tulevat palokatkojen asennettavuuden näkökulmasta ongelmallisiksi samasta syystä kuin sähkökeskuskomeroiden välipohjat – tilojen mitoituksessa huomioidaan tavanomaisesti vain kuiluun tai hormiin suunniteltujen taloteknisten järjestelmien ja näiden kannakoinnin vaatima tila, koska tekniikkahormit ja kuilut eivät palvele pääsääntöisesti muuta käyttötarkoitusta. Tilat jäävät tästä syystä usein syvyysuunnassa niin kapeiksi, että tekniikka-asennusten ja niiden kannakointien jälkeen kuilun seinärakenteiden palokatkoja ei ole mahdollista toteuttaa liian vähäisen asennustilan vuoksi sisäpuolelta (ks. kuva 7). Ongelma konkretisoituu voimakkaimmin sellaisissa tilanteissa, joissa kuilun seinät toteutetaan levyrakenteisina eikä tilaan ole suunniteltu mitään ovea tai riittävän suurta huoltoluukkua – levyrakenteisten seinien palokatkot täytyy toteuttaa sekä ulko- että sisäpuolelta, mutta tilaan ei edes pääse enää rakennusteknisten töiden valmistuttua.

Eriyisen ahtaaksi jäävien tekniikkahormien ja kuilujen palo-osastoinnin luotettavuus voidaan palokatkojen näkökulmasta varmistaa kahdella tavalla.

Asennusteknisestä näkökulmasta luotettavin tapa turvata tekniikkahormien palokatkojen toimivuus on osastoida hormin välipohjat seinien sijaan, jolloin palokatkot ovat tavanomaisesti toteutettavissa ennen hormin seinien rakentamista. Pieniä ja palokuormaltaan vähäisiä tekniikkahormeja ei ole paloteknisesti tarpeen osastoida kokonaan omiksi palo-osastoiksiin kerrosten välissä, jolloin palo-osastointi voidaan toteuttaa joko hormin seinille tai välipohjille [3; 8, s. 60–61]. Palo-osastojen rajojen määrittäminen on kuitenkin suunnitteluasia ja mikäli kohteen pääsuunnittelija, vastaava rakennesuunnittelija tai palotekninen suunnittelija pitää hormin seinien palo-osastointia välttämättömänä, voidaan toisena vaihtoehtona seinärakenteet toteuttaa min. 100 mm vahvaisina kivirakenteisina seininä, jolloin palokatojen toteuttaminen asianmukaisesti vain ulkopuolelta on usein mahdollista.



Kuva 8. Kuvankaappaus Tuomarilan koulun tietomallista. Palo-osastoitu tekniikkakuilu keittiön ja ruokalan välissä. Kuvankaappauksesta voidaan selvästi hahmottaa, että palokatkoja ei ole mahdollista toteuttaa kuilun sisäpuolelta.

Poikkeuksellisissa tapauksissa voidaan joutua sellaiseen tilanteeseen, että hormin palo-osastoivaa seinää ei voida toteuttaa kivirakenteisena eikä seinän palokatkoja ole mahdollista toteuttaa myöskään kuin yhdeltä puolelta (esim. liian suuri pistekuormitus ulokelaatan päädystä). Tällaisissa tapauksissa joudutaan väistämättä toteuttamaan palokatkot polttokoestandardin mukaisesti testatuista rakennetyypeistä ja palokatkoratkaisuista poiketen, laatimaan rakennuspaikkakohtainen lausunto poikkeukselliselle palokatkoratkaisulle sekä luultavasti tekemään paikallisia rakenteellisia muutoksia palokatojen kohdalle. [22]

5.3 Väärän kokoiset tekniikkavaraukset

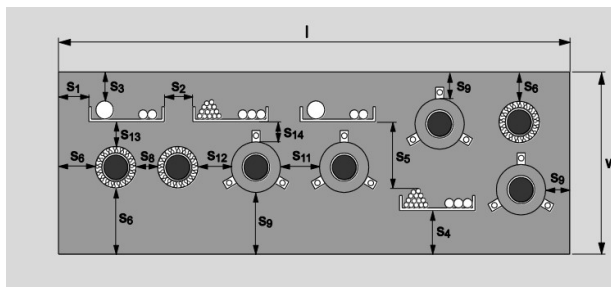
Hyvin tyypillinen toiminnallinen este palokatkosten asianmukaiselle toteutukselle on väärän kokoinen tekniikkavaraus. Kyseessä on toisinaan haastava ongelma ennaltaehkäistä, koska tekniikkavarausten suunnittelu koskettaa rakennesuunnittelijaa, palokatkosuunnittelijaa, LVI-suunnittelijaa ja sähkösuunnittelijaa. Tekniikkavarausten suunnittelussa on huomioitava taloteknisten järjestelmien ja niiden eristeiden sekä rakenteiden mitoituksen lisäksi eri palokatkoratkaisujen tekniset laatuvaatimukset, jotka voivat poiketa toisistaan hyvinkin paljon. Kaikille palokatkotuotteille on määritetty niiden ETA-hyväksynnässä aukon maksimi- ja minimikoko sekä asennettavan palokatkotuotteen maksimi- ja minimisaumaleveys läpivientikappaleen ja rakenteen välissä. Osa palokatkoratkaisuista on myös luonteeltaan sellaisia, että ne edellyttävät useamman kuin yhden palokatkotuotteen osaksi yhtenäisesti toimivaa palokatkoa, mikä täytyy edellä mainittujen tekijöiden lisäksi huomioida tekniikkavarauksissa. Tämä tarkoittaa suunnittelun näkökulmasta käytännössä sitä, että tekniikkavarausten suunnitteluvaiheessa tulisi jo kyetä arvioimaan realistisesti, miten palokatko *tullaan* toteuttamaan työmaalla myöhemmin. [7, s. 62–67; 19, s. 2–4]

Tekniikkavarausten suunnittelun pitämiseksi riittävän yksinkertaisena mitoitetaan varaukset lähtökohtaisesti niin, että niihin on toteutettavissa jokin tavanomainen palokatkoratkaisu – tämän varmistamiseksi tulee LVIAS-suunnittelijoiden käydä tavanomaisten palokatkoratkaisujen tekniset vaatimukset palokatkosuunnittelijan kanssa läpi [7, s. 63]. Kolmella tyypillisimmillä käytetyillä tavanomaisella palokatkoratkaisulla tekniset laatuvaatimukset limittyvät toisiinsa nähden niin, että 20 mm vapaan saumaleveyden täytyessä pystytään palokatko taloteknisestä järjestelmästä ja valitusta tuotteesta riippumatta toteuttamaan ongelmitta – tällöin tekniikkavaraus on mitoitettava halkaisijaltaan 40 mm suuremmaksi kuin sen lävistävä talotekninen järjestelmä eristeineen [15, s. 14; 17, s. 8]. Hyvänä nyrkkisääntönä voidaan pitää sitä, että palokatkot ovat tavanomaisin menetelmin toteutettavissa kaikkien palamattomasta materiaalista koostuvien

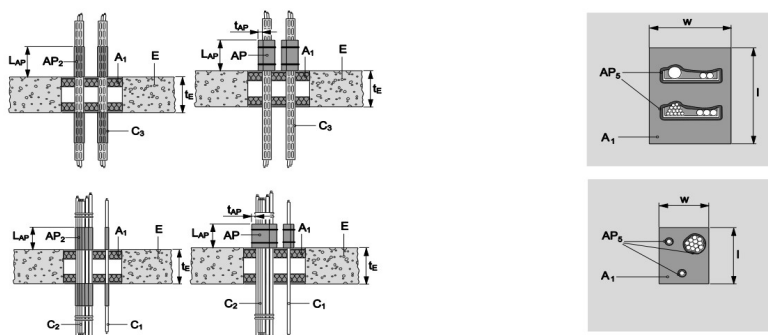
LVI-läpivientien ja saman paksuisista kaapeleista koostuvien kaapeliläpivientien osalta.

Palavasta materiaalista koostuvat tekniikka-asennukset, eri LVI-järjestelmistä muodostuvat yhdistelmäläpiviennit sekä useita eri paksuisia kaapeleita käsittävät kaapeliläpiviennit antavat palokatkojen toteutuksen näkökulmasta aiheita tarkemmalle tekniikkavarausten suunnittelulle, jolloin voi olla tarpeen lisätä palokatkoimittaja mukaan suunnittelukeskusteluun [7, s. 34, 63, 131–132]. Palavasta materiaalista koostuvien läpivientien palokatkoratkaisut usein käsittävät kaksi tai jopa kolme erillistä palokatko tuotetta osana yhtä palokatkkoa, mikä täytyy huomioida tekniikkavarauksen suunnittelussa.

Yhdistelmäläpivienneissä ja useita erilaisia kaapeleita käsittävissä kaapeliläpivienneissä täytyy huomioida vähimmäisvaatimukset etäisyyksiin erityyppisten taloteknisten järjestelmien välillä:



Kuva 9. Kuvankaappaus ETA-11/0429 dokumentista, s. 80. Kompleksi yhdistelmäläpivienti.



Kuva 10. Kuvankaappaus ETA-11/0429 dokumentista, s. 83. Erityyppisten kaapeleiden yhdistelmäläpivienti.

5.4 Korroosioriski

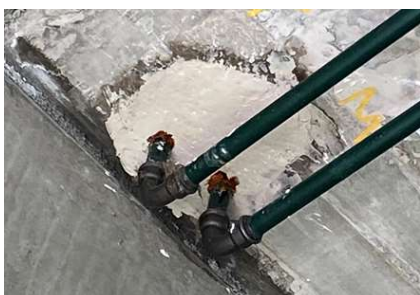
Metalliputkien (kupari, sinkitty teräs ja valurauta) palokatkoihin liittyy aina korroosiovaara, kun palokatko asennetaan suoraan eristämätöntä putkea vasten [3; 32; 33]. Teräs- ja kupariputkien pintaan voi syntyä paikallisia pistekorroosioaurioita, kun ne ovat suoraan kosketuksissa rakennusmateriaalin kanssa, joka sisältää vapaata happipitoista vettä. Korroosio voi johtua tällöin metallin ja hapen välisestä palamisreaktiosta (esim. teräksen ruostuminen) tai vapaan veden liuottaessa metalliputken pinnalle kemiallisesti aggressiivisiä yhdisteitä (esim. kloridit). Palokatkotuotteet asennettuna suoraan metalliputkea vasten voivat näin altistaa putken pinnan korroosiolle erinäisistä syistä – 1-komponenttiset palokatkomassat ovat vesiohenteisia, valettavat palokatkomassat sekoitetaan veteen sideaineen aktivoitumiseksi, ja palokatkomassat voivat sisältää kemiallisesti aggressiivisiä ainesosia. [34, s. 2; 35, s. 69–71; 73; 75]



Kuva 6. Palokatkomassan kohdalla ruostetta.

Kuva 7. Putkea vasten olevasta palomassasta irrotettu pala.

Kuva 11. Sähkösinkityn teräsputken pistekorroosio palokatkotuotteen kohdalla. Hiltin teknisen asiantuntijan lähettämät valokuvat.



Kuva 12. Pistekorroosio pohjamaalatussa teräsputkessa palokatkon kohdalla. Valokuva Espoosta koulurakennustyömaalta.

Palokatkojen asentamiseen liittyvä metalliputkien korroosiopotentiaali on siinä mielessä haastava ongelma, että palokatkot suunnitellaan sellaisen aineiston pohjalta, joka ei ota kantaa palokatkotuotteiden ja eri putkimateriaalien väliseen yhteensopivuuteen korroosiovaaran näkökulmasta. Polttokoestandardissa teos rajataan käsittelemään vain testauskriteerejä ja -olosuhteita eri läpivientien tiivistämisen palonkeston tutkimiseen, ja palokatkotuotteiden ETA-arvioinneissa esitetään vain kunkin tuotteen palotekniset, akustotekniset ja rakennusfysikaaliset ominaisuudet (esim. ilman- ja vedenläpäisevyys) polttokokeiden tuloksiin perustuen. Osa palokatkoratkaisujen polttokoeasetelmista käsittää palokatkotuotteen asentamisen suoraan putken eristämättömään pintaan palokatkotuotteen eristävyuden tutkimiseksi eri skenaarioissa – eristämätön putki, paikallisesti tai jatkuvasti eristetty putki sekä katkaistu eriste molemmissa asetelmissä. Eristävyyden vähimmäisvaatimukset täyttävät testausasetelmat lisätään palokatkotuotteen ETA-arviointiin, jolloin myös palokatkodetalji voidaan laatia katkaistulle eristeelle tai kokonaan eristämättömälle putkelle. [7, s. 58–60; 12, s. 7, 39–41; 15, s. 4–7, 14–15]

Eristämättömien tai paikallisesti katkaistun eristetyn metalliputkien palokatkoihin liittyy siis paikallisen pistekorroosion vaara, vaikka palokatkoasentaja toteuttaa työn palokatkosuunnittelijan laatimien suunnitelmien mukaisesti. Tämä herättää kysymyksen siitä, kenen vastuulla viime kädessä on varmistua palokatkon toteutuksen ja tekniikka-asennuksen välisestä yhteensopivuudesta korroosiovaaran näkökulmasta – tuleeko palokatkoasentajan tuntea riittävästi rakennusainekemiaa tunnistaakseen potentiaalit korroosioriskit, palokatkosuunnittelijan lisätä palokatkosuunnitelmiin ETA-hyväksyntöjen ulkopuolisia teknisiä vaatimuksia vai LVI-suunnittelijan määrittää jatkuvat yhtenäiset eristeet kaikkien palo-osastoivien rakenteiden läpivienteihin taloteknisen järjestelmän vaatimuksista riippumatta? Vastuurajapintoihin liittyvien epäselvyyksien poistamiseksi ja korroosiovaaran syntymisen ennaltaehkäisemiseksi voi projektimuodosta riippuen hankkeen rakennuttaja tai pääurakoitsija tehdä kaksi laadunhallintaan liittyvää toimenpidettä – LVI-suunnittelijalta edellytetään palokatkodetaljien läpikäymistä ja kirjallista selostusta palokatkoihin liittyvistä mahdollisista riskeistä sekä toimenpiteistä

niiden torjumiseksi talotekniikan näkökulmasta, ja palokatkoourakoitsijalta veloitetaan palokatkojen toteutus vain eristettyihin tai muutoin suojattuihin metalliputkiin, mikä myös dokumentoidaan valokuvoin [3; 33].

5.5 Tilaajan näkökulma – laadunvarmistus

Koska palokatkojen polttokokeissa todennettua paloteknistä toimivuutta vastaava toteutus riippuu niin monesta osatekijästä ja palokatkojen tekniset laatuvaatimukset ovat hyvin erityislaatuiset, on tilaajan kannalta ensiarvoisen tärkeää varmistua siitä, että palokatkot ovat toteutettu oikein. Palokatkot ovat funktioltaan ja hyväksyntäprosessiltaan sellainen työvaihe, että niiden laatuvaatimukset ja näiden esitystapa poikkeavat luonteeltaan jossain määrin monista muista työvaiheista. Palokatkojen laatuvaatimukset ovat palokatkojen toimivuuden ja luotettavuuden näkökulmasta detajikohtaisia, luonteeltaan teknisiä ja esitykseltään pääosin numeraalisia. Näistä syistä palokatkojen laatuvaatimukset esitetään palokatkokohtaisesti detajiluettelossa työselostuksen sijaan.

Palokatkojen yksilöllisten laatuvaatimusten täyttymistä on käytännön tason työmaavalvonnassa hyvin vaikeaa tai jopa mahdotonta todentaa, jolloin tilaaja on pitkälti riippuvainen hankkeeseen yksilöidyn palokatkojen laadunvarmistusjärjestelmän dokumentaation kattavuudesta ja tarkkuustasosta. Edellä mainituiden syitten takia ovat sopimusaineistossa määritellyt palokatkojen laadunvarmistusmenettelyt tyypillisesti etenkin toimitilahankkeissa ja isommissa asuintalohankkeissa hyvin monimuotoinen ja palokatkoourakoitsijaa velvoittavuudeltaan vaativa kokonaisuus. Palokatkojen laadunvarmistusjärjestelmä käsittää usein valitusta työkalusta tai alustasta riippumatta samat perusosat, joita ovat palokatkojen dokumentointi valokuvoin ennen ja jälkeen asennustyön, sekä käytetyn tuotteen, toteutetun detajin, palonkestoluokan, asennusajankohdan ja asennustyön suorittaneen asentajan esittäminen kirjallisesti.

Palokatkojen toteutuksen laadunvarmistus lähtee tilaajan tai pääurakoitsijan vähimmäisvaatimuksista palokatkoja toteuttavan urakoitsijan riittävästä pätevyydestä ja sen osoittamisesta [7, s. 12, 81]. Palokatkourakoitsija voi osoittaa pätevyytensä konkreettisesti voimassa olevalla palokatkoasentajan henkilösertifikaatilla, kohteessa käytettävän palokatkotuoteperheen järjestämän tuotekoulutuksen suorittamisella sekä muilla vastaavilla oheiskoulutusten suorittamisella [7, s. 52, 81]. Henkilösertifioidulta palokatkoasentajalta voidaan odottaa palokatkoihin liittyvän lainsäädännön, eri asennusmenetelmien, palokatkojen toteutukseen liittyvien haasteiden, palokatkojen laadunvarmistuksen periaatteiden sekä palokatkoasentajan vastuiden ja velvollisuuksien tuntemista. Palokatkotuoteperheen järjestämän koulutuksen suorittamisella voidaan katsoa asentajalla olevan riittävä perehtyneisyys ko. tuoteperheen tuotteisiin sekä näiden erityispiirteisiin.

Ennen palokatkojen asennustyön aloittamista järjestetään palokatkoja toteuttavan urakoitsijan kanssa aloituspalaveri, jossa sovitaan kirjallisesti kaikki palokatkojen laadunvarmistuksen näkökulmasta sekä tilaajaa että urakoitsijaa velvoittavat olennaiset asiat. Aloituspalaverissa käydään läpi palokatkosuunnitelmien toteutuskelpoisuus urakoitsijan näkökulmasta ja menettely tilanteissa, joissa suunnitelmista joudutaan poikkeamaan tai suunnitelmia joudutaan päivittämään. Tilaajan velvollisuus on huolehtia siitä, että palokatkosuunnitelmissa esitetyt toiminnalliset edellytykset palokatkojen toteutukselle täyttyvät työmaalla. Aloituspalaverissa käydään läpi myös urakoitsijan laatima laadunvarmistussuunnitelma, jossa urakoitsija esittää kirjallisesti menettelyt palokatkojen suunnitelma-asiakirjojen mukaisen toteutuksen varmistamiseksi. Palokatkoasentajan kanssa sovitaan malliasennusten laajuudesta ja hyväksyttämisestä sekä siitä, miten toteutetut palokatkot dokumentoidaan ja mitä laadunhallintajärjestelmää käytetään tämän pohjana (esim. Congrid, Kotopro tai Hilti Document Manager). [7, s. 44, 49, 53, 77–81, 83]

Sekä rakennusvalvontaviranomaisten että työn tilaajan kannalta tärkein laadunvarmistustoimenpide on toteutuneiden palokatkojen dokumentointi, jonka

suorittaa palokatkourakoitsija. Palokatkosten dokumentointi on useasta eri osatekijästä muodostuva kokonaisuus, joka alkaa tyypillisesti tekniikka-asennuksen valokuvaamisella sekä ennen että jälkeen palokatkon asentamisen. Valokuvista voidaan todentaa, että palokatkon asentamisen edellyttämät toiminnalliset vaatimukset täyttyvät ja sen asentamiseen on käytetty siihen suunniteltua tuotetta. Osa valmiin palokatkon dokumentointia valokuvien on palokatkokilven asentaminen palokatkon läheisyyteen, johon on merkitty käytetty tuote, palokatkon palonkestoluokka, palokatkon asentanut henkilö sekä asennuspäivämäärä. Palokatkosten valokuvaamisen lisäksi dokumentoidaan toteutuneet palokatkot kirjallisesti palokatkosten sijaintikaavioon (ns. ”punakynäversio”), jonka pohjalta palokatkosuunnittelija laatii urakan valmistuttua päivitetty loppupiirustukset. [7, s. 80–82; 19, s. 8–9]

Palokatkosten laadunvarmistus päättyy urakoitsijan näkökulmasta luovutusasiakirjojen toimittamiseen rakennuksen käyttäjälle. Käyttäjälle luovutetaan tiedot palokatkoissa käytetyistä tuotteista (esim. suoritustasoilmoitukset, käyttöiät ja tuotekohtaiset huoltotarpeet) sekä käyttö- ja huolto-ohje. Palokatkosten käyttö- ja huolto-ohjeen avulla käyttäjä kykenee paikantamaan palokatkot, voi tehdä asianmukaiset tarkastustoimenpiteet oikea-aikaisesti ja tietää kuinka toimia oikein mahdollisten korjaustarpeiden ilmetessä. Palokatkon voidaan normaaliolosuhteissa olettaa kestävän tuotteen valmistajan ilmoittaman käyttöajan, mutta on käyttäjän edun mukaista suorittaa vähintään huolto-ohjeessa määritetyt palokatkosten säännölliset tarkastukset niiden kunnon säilyvyyden varmentamiseksi sekä mahdollisten ennenaikaisten huoltotarpeiden kartoittamiseksi. Osa palokatkotuotteista on herkkiä kosteusrasitukselle ja fysikaalisten olosuhteiden merkittävät muutokset rakennusvaiheessa palokatkosten asentamisen aikana voivat heijastua palokatkosten ennenaikaiseen kunnon heikkenemiseen rakennuksen käytön aikana. [7, s. 58, 60, 88–92]

6 Opinnäytetyön kehitystehtävä

Opinnäytetyössä tutkittiin kahdessa elinkaarimallilla toteutetussa Espoon koulurakennuksen perusparannus- ja laajennusprojektissa niitä ilmenneitä palokatkojen suunnitteluun ja toteutukseen liittyviä haasteita, joita voidaan niiden taustalla vaikuttavien juurisyiden vuoksi odottaa ilmenevän tulevaisuudessakin samankaltaisissa hankkeissa. Tutkimuksen toteuttamiseksi on kerätty aineistoa EK 4B Tuomarilan koulun ja EK 4B Laajalahden koulun hankkeissa ilmenneistä palokatkoihin liittyvistä haasteista, syvennytty palokatkojen suunnitteluun liittyvään tekniseen kirjallisuuteen sekä haastateltu hankkeiden vastaavaa rakennesuunnittelijaa ja palokatkosuunnittelijaa sekä työmaatoimihenkilöitä.

EK 4B Tuomarilan koulu ja EK 4B Laajalahden koulu ovat tämän työn tutkimusongelman ja työn tavoitteen näkökulmasta erittäin hyvin vertailukelpoiset keskenään. Kummankin hankkeen säilyvä osa on 50-luvulla rakennettu koulurakennus, jolle toteutetaan sekä perusteellinen perusparannus että suuri laajennusosa. Molemmissa projekteissa on pääpiirteittäin samat talotekniset, rakennetekniset ja palotekniset perusratkaisut, joiden suunnittelusta on vastannut sama suunnitteluhenkilöstö. Hankkeiden toteutuksen aikana on ilmennyt useita sellaisia palokatkojen toteutukseen liittyviä haasteita, joissa on jouduttu konsultoimaan kohteen palokatkosuunnittelijaa sekä toisinaan myös Hiltin teknistä neuvontaa. Kaikki palokatkoihin liittyvät ilmenneet ongelmat on dokumentoitu konsultaatiodiosteineen ja muine aineistoineen osaksi työn tutkimusprosessia. Palokatkokourakoiden valmistuttua huomattiin kerätyn aineiston perusteella, että molemmissa hankkeissa ilmeni sekä täysin samoja että samankaltaisia haasteita.

Projektien toteutuksen aikana kerätyn aineiston avulla kartoitettiin ne tyypillisimmät kategoriat ja niiden käsittämät yksittäiset haasteet palokatkojen suunnittelussa ja toteutuksessa, joiden suhteen huomattiin yhtäläisyyksiä tarkasteltujen hankkeiden välillä, ja joita voidaan odottaa ilmenevän muissakin

toimitilaprojekteissa. Ilmenneiden haasteiden taustalla vaikuttavien juurisyiden ja osasyiden selvittämiseksi osana tutkimusprosessia oli kirjallisuustutkimus, jossa perehdyttiin monipuolisesti sekä suomenkieliseen rakenteellista paloturvallisuutta ja palokatkoja käsittelevään kirjallisuuteen että englanninkieliseen tekniseen kirjallisuuteen, kuten ETA-arviointeihin ja polttokoestandardiin. Kirjallisuustutkimuksella selvitettiin suurimmaksi osaksi sitä, millaisia toteutuksen rajapintoja palokatkoihin liittyy eri osapuolten välillä, miten palokatkoja suunnitellaan ja mihin palokatkoille asetetut tekniset laatuvaatimukset perustuvat. Merkittäviksi syiksi isoon osaan palokatkoihin liittyvistä toteutusvaiheen haasteista ilmeni kirjallisuustutkimuksen perusteella epäselvyydet vastuualueissa ja toteutuksen rajapinnoissa sekä epätietoisuus siitä, millaisia vaatimuksia palokatkosten ETA-arvioinnin mukainen toteutus asettaa palo-osastoivalle rakenteelle ja talotekniikkaurakoitsijalle.

Projektien vastaavaa rakennesuunnittelijaa ja palokatkosuunnittelijaa haastateltiin täydentävänä osana tiedonkeruuprosessia. Suunnittelijoilta kerättiin vastauksia sellaisiin työn kannalta olennaisiin kysymyksiin, joihin ei ollut mahdollista löytää tietoa muista lähteistä, sekä kokemuseräistä tietoa tutkimusongelmaan liittyen. Suunnittelijoiden haastattelulla pyrittiin myös kartoittamaan, miten eri yhteensovitus tehtäviin liittyviä vastuualueita suunnittelijoiden välillä tulkitaan palokatkosten ja rakenteellisen paloturvallisuuden kontekstissa. Molemmilta suunnittelijoilta saatiin myös kirjallista lähdeaineistoa opinnäytetyölle, joka osoittautui hyödylliseksi työn teoriaosuuden kannalta. Suunnittelijoiden haastattelut toteutettiin sähköpostitse.

Projektien työmaatoimihenkilöiden haastatteluihin pääsi osallistumaan kuusi henkilöä. Työmaatoimihenkilöiden haastatteluissa kartoitettiin työkokemuksen määrää toimitilaprojekteissa ja vastuutyönjohtajana toimimisesta palokatkourakoissa. Haastateltuja henkilöitä pyydettiin arvioimaan omaa ammattitaitoa palokatkoihin liittyvissä suunnittelunohjaus- ja työnjohtotehtävissä ja tehtävien vaativuustasoa sekä omia valmiuksia tunnistaa ennakoivasti palokatkoihin liittyviä potentiaalisia ongelmia. Haastatteluun osallistuneilta kysyttiin henkilökohtaista näkemystä siitä, millaisin keinoin palokatkoihin

liittyvää työnjohdollista ammattitaitoa voitaisiin parhaiten kehittää opinnäytetyön tutkimusongelman ja tavoitteen näkökulmasta. Haastattelujen kysymykset pyrittiin muotoilemaan niin, että niihin voitaisiin vastata mahdollisimman yksiselitteisesti ja lyhyesti, ja haastateltaville henkilöille esitettiin tätä tarkoitusta palvelevia vastausvaihtoehtoja, esim. ”riittävä”, ”riittämätön” jne.

Työmaatoimihenkilöiden haastattelujen tulokset olivat johdonmukaisia tutkimusprosessin muiden tulosten ja johtopäätösten kanssa. Työkokemuksen pituudesta riippumatta palokatkoihin liittyvät työnjohto- ja suunnittelunohjaustehtävät koettiin vaativaksi. Henkilökohtaisia valmiuksia tunnistaa opinnäytetyössä käsiteltyjä palokatkoihin liittyviä ongelmia rakennushankkeessa sekä yleistä teknistä ammattitaitoa palokatkoihin liittyen arvioitiin riittämättömäksi tai heikoksi. Palokatkoihin liittyvien työnjohto- ja suunnittelunohjaustehtävissä vaadittavien taitojen kehittämistä pidettiin tarpeellisena erityisesti työnjohtajille. Haastattelujen perusteella käytännön tasolla hyödyllisimmiksi keinoiksi kehittää työnjohtajien ammattitaitoa koettiin koulutusten järjestäminen sekä helppolukuisen kirjallisen dokumentin laatiminen.

Yllä mainituin menetelmin kerätyn aineiston analyysin pohjalta on muodostettu käsitys siitä, millaisin toimenpitein toimitilahankkeissa tyypillisimmin esiintyviä palokattojen suunnittelun ja toteutuksen haasteita voitaisiin ennaltaehkäistä oikea-aikaisesti. Työn tutkimusprosessin pohjalta on opinnäytetyön kehitystehtävänä kerätty tausta-aineistoa erillisenä työnä toteutettavan koulutuspaketin suunnittelemista ja laatimista varten, jonka tavoitteena on vastata opinnäytetyössä käsiteltyyn tutkimusongelmaan. Koulutuspaketti kohdistetaan työmaatoimihenkilöille ja sen tarkoituksena on kehittää työmaatoimihenkilöiden valmiuksia palokatkoihin liittyvissä suunnittelunohjaus- ja työnjohtotehtävissä opinnäytetyön tavoitteen näkökulmasta. Koulutuspaketti tullaan laatimaan opinnäytetyön ja tutkinto-ohjelman ulkopuolisessa yhteydessä osana yrityksen sisäistä kehitystyötä eikä sitä luovuteta julkiseen käyttöön.

Opinnäytetyön kehitystehtävällä ja sen pohjalta laadittavalla erillisellä koulutuspaketilla on merkittävä käytännöllinen hyöty yritykselle, koska rakennushankkeen pääurakoitsijan työnjohdolla on suuri merkitys siinä, voidaanko palokatkot toteuttaa asianmukaisesti työmaan olosuhteisiin nähden. Osa tyypillisistä palokattojen toteutukseen liittyvistä ongelmista on luonteeltaan sellaisia, että ne ovat ratkaistavissa vain työnjohtajan oikea-aikaisella reagoimisella ja tehtäväsuunnittelulla. Erityisesti ahtaissa tiloissa, joihin asennetaan paljon tekniikkaa, on ensiarvoisen tärkeää toteuttaa palokatkot niiden asennettavuuden ja vaatiman työskentelytilan valossa oikeaan aikaan. Toisinaan vastaan voi tulla sellaisia tilanteita, että palokattojen toteutus on syytä tehdä useammassa osassa tai muutoin tavanomaisesta poikkeavalla ratkaisulla. Pääurakoitsijan työnjohdolle laadittava koulutuspaketti tulee esittämään kaikki ne palokattojen toteutuksen rajapintoihin liittyvät tarkastuskohdat, joiden suhteen työnjohtajan tulee huomioida tehtäväsuunnitelmassa palokattojen tahdistaminen oikea-aikaisesti tai muut palokattojen toteutukseen liittyvät erityispiirteet, joilla voidaan ennaltaehkäistä palokattojen asennettavuuteen liittyviä potentiaaleja ongelmia.

7 Pohdinta

Omaa kokemusta palokattojen asennustyöstä, työvaiheen johtamisesta ja suunnittelunohjauksesta sekä urakoitsijan että tilaajan näkökulmasta reflektoiden ja tämän opinnäytetyön suunnittelu- ja tutkimusprosessiin kontrastoiden väistämättä päätyy kahteen päivänselvään realiteettiin. Ensinnäkin palokattojen toteuttaminen palokattodetaljien ja kunkin tuotteen ETA-hyväksynnän mukaisesti asettaa siinä määrin vaativia laatu teknisiä edellytyksiä sekä palo-osastoivalle rakenteelle että sen lävistävälle talotekniikka-asennukselle, että työvaiheen läpivieminen onnistuneesti toimitilarakentamisen kontekstissa on erityisen vaativa tehtävä ilman riittävää kokemusta ja teknisen tason tuntemusta työvaiheesta. Tämän vuoksi on kiistaton tarve kehittää toimitilahankkeita toteuttavien urakoitsijoiden työjohto- ja suunnittelunohjaustehtävissä työskentelevien toimihenkilöiden ammattitaitoa palokattoihin liittyen, mihin tämä opinnäytetyökin pyrkii omalla hyvin rajallisella kontribuutiollaan.

Toiseksi huomioiden millaista tarkkuustasoa ja huolellisuutta palokattojen toteuttaminen asennusteknisestä näkökulmasta usein vaatii ja tämän realiteetin jännitteisen suhteen palokattojen tahdistamiseen tavanomaisessa työvaihe- ja tehtäväsuunnitelmassa, voidaan ongelman todeta olevan perustavanlaatuinen ja hyvin haastava ratkaista käytännön tasolla täysin. Vaikka jokainen palokattodetaljissa esitetty tekninen laatuvaatimus rakenteen, aukon ja tekniikka-asennuksen suhteen täytyisikin - mikä on kaikkea muuta kuin itsestäänselvyys - ei palokattoja voida toteuttaa luotettavasti, mikäli siihen ei päästä riittävän hyvin käsiksi. Palo-osastovien rakenteiden läpivientien tavoitettavuus jää tekniikka-asennusten ja niiden eristämisen jälkeen tietyissä tiloissa ja rakenteissa usein niin heikoksi, että joudutaan joko purkamaan taloteknisiä järjestelmiä ja avaamaan rakenteita tai vaihtoehtoisesti tyytymään sellaiseen palokatto toteutukseen, jolle ei voida määrittää luotettavasti minkäänlaista palonkestoa. Tämän hankkeesta toiseen toistuvan ongelman ratkaisemiseksi tulisi työvaiheen vastuutyöjohtajan aktivoitua ennakoivasti asian suhteen jo heti hankkeen sisävalmistusvaiheen alussa ja suunnitella palo-

osastoihin rakenteisiin liittyvien työvaiheiden toteutusjärjestys ja tahdistus niin, että palokatkot voidaan toteuttaa luotettavasti ja ilman laadullisia kompromisseja.

Yllä mainittuja kahta merkittävää realiteettia pohtiessa ja kontrastoidessa omaan kokemukseen viimeisen kuuden vuoden ajalta syntyy jokseenkin synkkä vaikutelma. Vaikka tästä opinnäytetyöstä ja osana sen kehitystehtävän jatkotyönä laadittavasta ohjekortista on pyritty luomaan mahdollisimman kattava, selkeä ja ratkaisukeskeinen, todellisuus on kuitenkin se, että palokatkoihin ja rakenteelliseen paloturvallisuuteen liittyvää tietoisuutta ja osaamista on kehitettävä merkittävästi ja laajassa skaalassa koko rakennusallalla työskentelevien toimihenkilöiden keskuudessa, jotta tässä opinnäytetyössä käsitellyistä palokatkoihin liittyvistä ongelmista tulisi ennemmin poikkeus kuin sääntö. Työn tutkimusprosessin pohjalta ja työssä käsiteltyjen haasteiden luonteen ja juurisyyden vuoksi yksi iso johtopäätös on, että kaikkea ei voida korjata insinööritöillä eikä yritysten sisäisin koulutuksin, vaan kaikkien etu olisi päivittää rakennustekniikan ja rakennusalan työnjohdon opetussuunnitelmia niin, että ne käsittävät oman opintojakson palokatkoista ja rakenteellisesta paloturvallisuudesta.

Aiemmassa yhteydessä työssä mainittiin, että tilaajan voi olla tavanomaisessa työmaavalvonnassa hyvinkin haastava varmistua palokattojen asianmukaisesta toteutuksesta laadunvalvonnan näkökulmasta itse. Palokatkot voivat sijaita hyvinkin ahtaissa, korkeissa ja vaikeasti tavoitettavissa kohteissa, ja osaa niiden teknisten laatuvaatimusten täyttymistä ei voi todentaa muuten kuin asennustyön yhteydessä. Yhtenä asiana osana palokattojen toteutukseen liittyvien toistuvien ongelmien ratkaisemisessa voisi olla tilaajan laadunhallinnallisten työkalujen kehittämisessä ja hienosäädössä. Monia palokattojen suunnitelma-asiakirjojen mukaisen toteutuksen vaarantavia tekijöitä voitaisiin torjua työkohteen valmiuskatselmuksella, jossa tarkastettaisiin palokatkoeteljeissa esitettyjen teknisten laatuvaatimusten edellytysten täyttyminen työkohteessa ennen palokatkourakoitsijan tilaamista. Tällaista katselmusta varten olisi helppo esim. Congridilla luoda valmis katselmuspohja,

johon on palokatko­detal­jien ja rakennetyyppi­kaavion perusteella kirjattu auki kaikki olennaiset laatu­tekniset tarkastuskohteet ja niihin mahdollisesti liittyvät korjaustoimenpiteet. Vastaavanlaisen katselmuspohjan laatiminen ja hyödyntäminen laadunhallinnassa edellyttää tilaajalta kuitenkin erityistä syventymistä palokatko­suunnitelmiin ja asian tuntemista käytännöllisellä tasolla.

8 Yhteenveto

Rakenteellisen paloturvallisuuden ja erityisesti palokatkojen merkitys osana rakennuksen kokonaisturvallisuutta on korostunut huomattavasti muun muassa Turun katastrofaalisen sairaalapalon katalysoimana. Palokatkotuotteita on tutkittu ja kehitetty aiempiin vuosikymmeniin verrattuna todella paljon ja hyvin moninaisessa kirjossa. Palokatkojen asennustyön laadunhallintaan ja dokumentaatioon on kehitetty aivan oma tekniikka, jonka toteutumista rakennushankkeissa kuntien rakennusvalvontaviranomaiset valvovat toisinaan hyvinkin vaativalla tarkkuudella. Palokatkoasentajien luotettavan ammattitaidon osoittamiseksi kerran suoritettua henkilösertifiointia ylläpidetään vuosittaisella päivittämisellä, joka käsittää säännöllisten näyttötöiden antamisen valvovalle kouluttajalle sekä säännöllisiin oheiskoulutuksiin osallistumisen.

Suurista kehitysharppauksista, tiukoista dokumentaatiovaatimuksista ja erityisestä valvonnasta huolimatta palokatkot ovat yhä yksi haastavimpia työvaiheita toteuttaa täysin onnistuneesti sekä urakoitsijan että tilaajan näkökulmasta. Toimitilahankkeissa palokatkokourakoihin yhä liittyy paljon lisä- ja muutostöitä, ylittyneitä tavoitearvioita, ETA-arvioinneista poikkeavia toteutuksia, jatkuvaa palokatkosuunnittelijan konsultaation tarvetta sekä suunnittelelemattomia purkutöitä työmaalla. Työn tutkimusprosessin perusteella yksi selvä johtopäätös on, että palokatkokourakoiden onnistuneen läpiviemisen kehittämiseksi ei ole suunnattu riittäviä toimia työmaatoimihenkilöiden ammattitaidon kehittämiseksi.

Työn ensimmäisessä puoliskossa käsiteltiin palokatkojen suunnittelun periaatteita ja palokatkosuunnitteluun liittyviä tyypillisiä haasteita, jolla pyrittiin osoittamaan työn argumentaation kannalta kolme perustavanlaatuista, toisiinsa organisaation liittyvää kulmakiveä – mihin hyväksytyjen palokatkoratkaisujen toimivuus palotilanteessa perustuu ja miten se on *todennettu* (polttokokeet), millaisissa teknisissä parametreissa ja puitteissa hyväksytyjä palokatkoratkaisuja *voidaan* suunnitella (ETA-arvioinnit) ja millaisia teknisiä laatuvaatimuksia *hyväksytyt* palokatkoratkaisut asettavat sekä suunnittelijoille,

talotekniikkaurakoitsijoille että rakennusteknisten töiden toteuttajille (palokatkoedaltjit). Tässä yhteydessä on osoitettu, miksi työmaalla toteutetun palokatkon *on vastattava* palokatkoedaltjissa esitettyjä teknisiä laatuvaatimuksia kaikkine dimensioineen, materiaaleineen ja geometrisine sijoitteluineen. Hyväksytyt palokatkoratkaisut eivät perustu yleisesti tunnettuun tietoon perustuviin arviointeihin tai laskelmiin varmuuskertoimineen vaan dokumentoituihin polttokokeisiin, joissa on tarkasti säädellyt olosuhteet ja polttokoeasetelmat kaikkine yksityiskohtineen.

Työn tutkimusongelman toisen osa-alueen yhteydessä esitettiin tyypillisimmät ja hyvin usein toistuvat merkittävät palokatkojen varsinaisessa toteutuksessa ilmenevät ongelmakohdat toimitilarakennushankkeissa. Käsiteltäviksi pääkategorioiksi valittiin palokatkosuunnitelmien tyypilliset vajavaisuudet, läpivientien tavoitettavuuden näkökulmasta ahtaat tilat, vääränkokoiset tekniikkavaraukset sekä tiettyjen metalliputkien korroosio potentiaali. Kolme viimeisintä kategoriaa valittiin työhön suuren ilmaantuvuuden sekä niille tyypillisen selkeästi palokatkojen luotettavuuden vaarantavan luonteen vuoksi, minkä takia kyseessä ovat työn rajauksen ja tavoitteen näkökulmista soveliaat ja tarkoituksenmukaiset tarkastelunkohteet.

Luvuissa 4 ja 5 esitetyt ongelmat estävät siis suoraan tai välillisesti palokatkon toteuttamisen niin, että se vastaa hyväksytyä ja toimivaksi todennettua ratkaisua, jonka perusteita on käsitelty luvussa 3. Työssä on pyritty osoittamaan, että kaikki työssä käsitellyt palokatkojen suunnitteluun ja toteutukseen liittyvät haasteet ovat luonteeltaan sellaisia, että ne olisivat vältettävissä oikea-aikaisesti toteutettujen oikein suunnittelunohjauksen ja työnjohtotehtävien keinoin. Tämän vuoksi opinnäytetyössä ja sen kehitystehtävässä on kerätty tausta-aineistoa ja luotu edellytyksiä erillisen koulutuspaketin suunnittelemista ja laatimista varten, jolla voidaan aloittaa yrityksen sisäinen koulutustyö työmaatoimihenkilöiden ammattitaidon kehittämiseksi opinnäytetyön näkökulmasta.

Työn tutkimusprosessin aikana on ilmennyt yksi merkittävä lisätutkimustarve. Luvussa 5 käsiteltiin palokatkoihin liittyvää korroosiovaaraa eräiden eristämättömien metalliputkien osalta. Työn tapaustutkimusten yhteydessä ja palokonsultin haastattelun kautta on ilmennyt, että viime vuosien aikana on ollut tapauksia paljaiden metalliputkien korroosioaurioista palokatkojen kohdalla. Työn kirjallisuustutkimuksen yhteydessä löydettiin yleispätevällä tasolla joitakin mahdollisia rakennusainekemiallisia vaikutusmekanismeja korroosioaurioiden selittämiseksi, mutta ei suoraan varsinaista kysymystä käsitteleviä primäärilähteitä tai riittävän yksiselitteistä aineistoa hypoteesien vahvistamiseksi. Koska metalliputkien korroosioauriot ovat mahdollisten seurauksien merkittävyydeltään hyvin vakava potentiaalinen riski, ja palokatkoratkaisujen testistandardit ja ETA-arvioinnit eivät ota kantaa kysymykseen, olisi palokatkojen aiheuttaman potentiaalisen korroosiovaaran taustalla vaikuttavien tekijöiden ja vaikutusmekanismien selvittäminen perusteltu lisätutkimustarve.

Lähteet

- 1 EK 4B Tuomarilan koulun ja EK 4B Laajalahden koulun työmaatoimihenkilöiden haastattelut.
- 2 EK 4B Tuomarilan koulun ja EK 4B Laajalahden koulun vastaavan rakennesuunnittelijan haastattelu.
- 3 EK 4B Laajalahden koulun palokatkosuunnittelijan haastattelu.
- 4 Onnettomuustutkintakeskus. 2012. Tutkintaselostus B1/2011Y, Rakennuksen evakuointiin johtanut sairaalapalo Turussa 2.9.2011. Helsinki.
- 5 Kokki, Esa & Jäntti, Jarkko. 2009. Vakavia henkilövahinkoja aiheuttaneet tulipalot 2007–2008. Pelastusopisto.
- 6 Maankäyttö- ja rakennuslaki. 1999. Verkkoaineisto. Finlex. <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L17-2P117b>. Luettu 12.5.2023.
- 7 Autere, Mikko & Åström, Gunnar. 2018. RIL 270-2018 Palokattojen suunnittelu, toteutus ja huolto. Helsinki.
- 8 Laaksonen, Juha-Pekka & Kräkin, Samuli. 2018. RIL-195-1-2018 Rakenteellinen paloturvallisuus, yleiset perusteet ja ohjeet. Helsinki.
- 9 Saint-Gobain Finland Oy. 2021. Gyproc Käsikirja. Helsinki.
- 10 Suomen Betoniyhdistys ry. 2018. by 201 Betonitekniikan oppikirja 2018. Helsinki.
- 11 Suomen Palokatkoyhdistys ry. 2013. Palokatto-opas, osastoivat läpiviennit ja saumaukset.

- 12 Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2021. SFS-EN 1366-3:2021 Fire resistance tests for service installations. Part 3: Penetration seals. Helsinki.
- 13 Ruotanen, Juho. 2020. Paloseminaari 2020 – palo-osastoivien rakenteiden läpiviennit ja palokatko tuotteiden standardisointi.
- 14 RVP-S/T-PA-90 Väärin toteutettujen palokattojen korjaustyöt. 2020. Verkkoaineisto. FISE. <https://fise.fi/virhekortti/vaarin-toteutetut-palokatkojen-korjaustyot/>. Luettu 16.6.2023.
- 15 Austrian Institute of Construction Engineering. 2010. European technical approval ETA-10/0292. Wien.
- 16 EK 4B Laajalahden koulun tuotantosuunnitelmat.
- 17 ETA-Danmark A/S. 2021. European Technical Assessment ETA-21/0210. Nordhavn.
- 18 Pielisen Betoni Oy. 2022. HTT- ja TT-laattojen suunnitteluohje.
- 19 TOPTEN, Rakennusvalvonta. 2023. Palokatto-ohje, rakentamisen yhtenäiset käytännöt.
- 20 Palokatko ontelolaatassa, Hiltin tekninen neuvonta. 2022. Verkkoaineisto. Hilti. <https://ask.hilti.fi/question/palokatko-ontelolaatassa/kedvoh>. Luettu 22.6.2023
- 21 Puuinfo Oy. 2018. Paloturvallinen puutalo, asuin- ja toimitilarakentaminen. Helsinki.
- 22 Ramboll Oy. 2022. Lausunto kuilun yksipuolisen palokatko paloluokkaan EI60 rakennuspaikkakohtaiseksi arvioimiseksi ja varmentamiseksi. Espoo.
- 23 Austrian Institute of Construction Engineering. 2020. European Technical Assessment ETA-20/0993. Wien.

- 24 Austrian Institute of Construction Engineering. 2021. European Technical Assessment ETA-20/0989. Wien.
- 25 SITAC. 2012. European Technical Approval ETA-11/0429. Karlskrona.
- 26 PVP-paneelien uudet palokatkoratkaisut. 2022. Verkkoaineisto. Hilti. <https://www.hilti.fi/content/hilti/E1/FI/fi/business/news/hilti-blog/pvp-paneelien-palokatkoratkaisut.html>. Luettu 23.6.2023.
- 27 CE-merkintä. Verkkoaineisto. hEN Helpdesk. <https://henhelpdesk.fi/ce-merkinta/>. Luettu 23.6.2023
- 28 Ramboll Oy. 2021. Lausunto Wavin AS+ dB-viemärin palokatkojen rakennuspaikkakohtaiseksi arvioimiseksi ja varmentamiseksi. Oulu.
- 29 SINTEF Building and Infrastructure. 2010. European Technical Approval ETA-10/0109. Oslo.
- 30 Austrian Institute of Construction Engineering. 2011. European technical approval ETA-10/0406. Wien.
- 31 ETA-Danmark A/S. 2022. European Technical Assessment ETA-21/0075. Nordhavn.
- 32 Tuomarilan koulun LVI-projektipäällikön sähköpostiviesti.
- 33 Hiltin teknisen neuvonnan sähköpostiviesti.
- 34 Mark L. McFarland, Tony L. Provin, & Diane E. Boellstorff. 2021. Drinking Water Problems: Corrosion. Texas.
- 35 Ulf Nürnberger. 2001. Corrosion of metals in contact with mineral building materials. Otto-Graf-Journal Vol. 12.