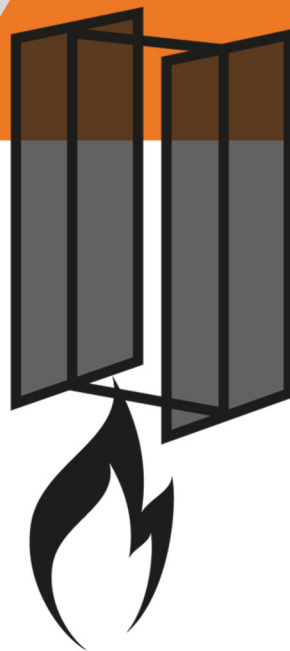




LOCAFI+

Legal Context

Temperature assessment of a vertical steel member subjected to localized fire - Valorization
Legal context and reference documents in Finland



Foreword

This project has received funding from the Research Fund for Coal and Steel under grant agreement No 754072. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

This publication has been produced as a result of the RFCS projects LOCAFI+ “Temperature assessment of a vertical steel member subjected to localized fire - Valorization”.

| | |
|--|--|
| ArcelorMittal B&D (Coordinator) Luxembourg | Centre Technique Industriel de la Construction Métallique France |
| Universitatea Politehnica Timisoara Romania | Liège Université Belgium |
| Ulster University UK | Universita Degli Studi Di Trento Italy |
| Tallinna Tehnikaulikool Estonia | Univerza V Ljubljani Slovenia |
| Instytut Techniki Budowlanej Poland | Universitat Politecnica de Valencia Spain |
| Technicka Univerzita V Kosiciach Slovakia | Stichting Bouwen Met Staal The Netherlands |
| InfoSteel Belgium | Ceske Vysoke Uceni Technicke V Praze Czech Republic |
| Miskolci Egyetem Hungary | Tampere University of Technology Finland |
| Universidade de Aveiro Portugal | The Steel Construction Institute UK |
| Bauforumstahl ev Germany | RISE Sweden |

Sisällysluettelo

| | |
|---|----|
| 1. Johdanto | 3 |
| 2. Vaatimusten täyttymisen osoittaminen | 3 |
| 3. Toimivuuteen perustuva mitoitusmenettely | 6 |
| 3.1. Lämpörasitusten määrittäminen ja keskeiset parametrit | 6 |
| 3.2. Kantavan rakenteen palotekninen suunnittelu | 9 |
| 4. Rakennushankkeen toiminnallinen suunnitteluprosessi | 9 |
| 4.1. Laskentamenetelmät ja niiden kelpoisuuden osoittaminen | 9 |
| 4.2. Lähtötietojen, menetelmävalintojen ja tulosten tarkastus ja hyväksyntä | 10 |
| 4.3. Suunnittelijoiden kelpoisuusvaatimukset | 11 |
| 4.4. Paloturvallisuussuunnittelun dokumentointi | 13 |
| 5. Suomen määräysten mukaiset esimerkkilaskelmat..... | 13 |
| 6. Lähteet | 14 |

1. Johdanto

Rakenteilla tulee olla riittävä palonaikainen kestävyys sortumista vastaan. Rakenteiden kantavuuden ohella palon aikainen toiminta tulee varmistaa myös taipumien, rakennuksen jäykistyksen, rakenneosien stabiliteetin edellyttämän tuennan sekä rakennuksen jatkuvan sortuman estämisen suhteen. Paloturvallisuutta koskevien olennaisten teknisten vaatimusten täyttyminen voidaan osoittaa soveltaen lähinnä kahta dokumenttiryhmää. Maankäyttö- ja rakennuslaissa [1] sekä siinä viitatuissa asetuksissa on määritelty rakennusten paloturvallisuudelle asetetut vaatimukset sekä menetelmät vaatimusten täyttyminen osoittamiseksi. Eurokoodi-standardeissa sekä niihin liittyvissä kansallisissa liitteissä esitetään suunnittelussa ja mitoituksessa sovellettavat laskentamenetelmät.

Kaikissa Euroopan maissa rakenteiden kantavuuteen liittyvät vaatimukset vaihtelevat riippuen rakennusta kuvaavista parametreista kuten esimerkiksi rakennuksen korkeus, kerrosten lukumäärä, kerrosala, henkilömäärä, käyttötarkoitus sekä palovaaran taso. Nämä suunnittelua ohjaavat vaatimukset, jotka vaihtelevat R30 ja R240 välillä, perustuvat standardissa ISO 834 [2] määriteltyyn lämpötila-aikakäyrään (standardipalokäyrä). Todellisella palolla on kuitenkin ominaisuuksia, joita standardipalokäyrä ei ota huomioon. 90-luvulla paloturvallisuussuunnittelussa alettiin soveltamaan todennäköisuuksilaskentaan perustuvia menetelmiä, joiden avulla palonkehitystä kyettiin kuvaamaan aikaisempaa tarkemmin. Standardipalokäyrästä poiketen, näillä todennäköisyyspohjaisilla ns. toiminnallisen palomitoituksen menetelmillä pystyttiin ottamaan huomioon mm. täyden palon jälkeinen jäähtyminen, palokuorman suuruus, palo-osaston koko sekä tuuletusaukkojen määrä.

Tässä selostuksessa esitetään kantavien rakenteiden oletettuun palonkehitykseen perustuvaan palomitoitukseen liittyvä lainsäädäntö ja ohjeistus, laskentamenetelmät rakenteen lämpörasitusten määrittämiseksi sekä oletettuun palonkehitykseen perustuva suunnitteluprosessi ja suunnitelmien hyväksyntä Suomessa.

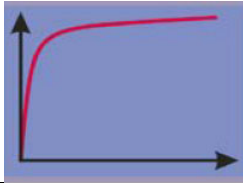
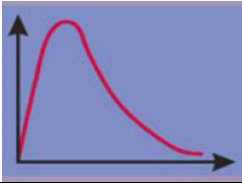

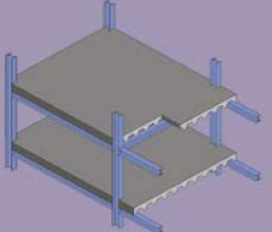
2. Vaatimusten täyttyminen osoittaminen

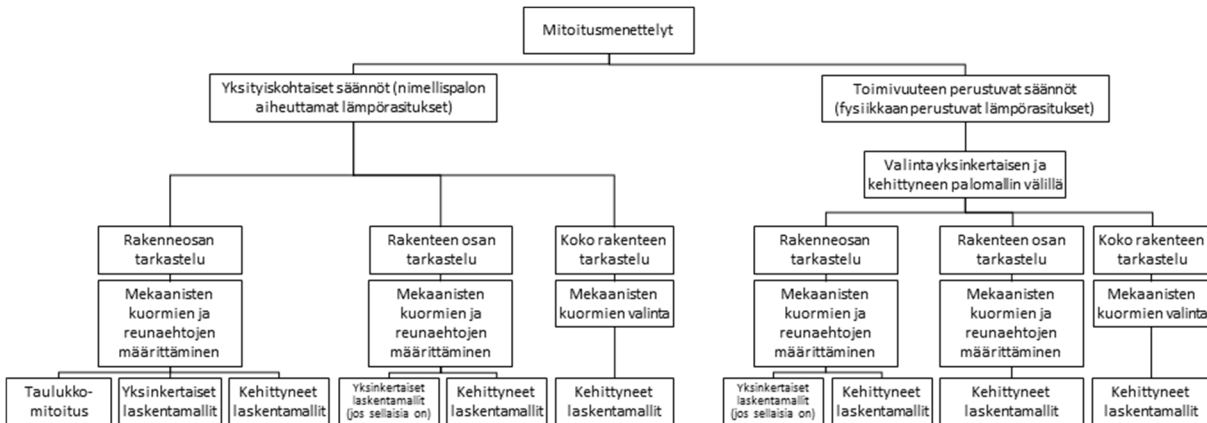
Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta [3] kohta 117 b § esittää, että rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla paloturvalliseksi. Rakennuksen kantavien rakenteiden on oltava sellaiset, että ne palon sattuessa kestävät vähimmäisajan ottaen huomioon rakennuksen sortuminen, poistumisen turvaaminen, pelastustoiminta ja palon hallintaan saaminen. Tarkemmat ohjeet on annettu Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten paloturvallisuudesta [4].

Asetus rakennusten paloturvallisuudesta [4] edellyttää, että pääsuunnittelija, rakennussuunnittelija ja erityissuunnittelija tehtäviensä mukaisesti huolehtivat rakennuksen suunnittelusta siten, että rakennus käyttötarkoituksensa mukaisesti täyttää paloturvallisuudelle asetetut olennaiset tekniset vaatimukset. Vaatimusten täyttyminen voidaan osoittaa joko suunnittelemalla ja rakentamalla rakennus noudattaen asetuksessa esitettyjä luokkia ja lukuarvoja (ns. taulukkomitoitus), tai vaihtoehtoisesti suunnittelemalla

ja rakentamalla rakennus perustuen oletettuun palonkehitykseen, joka kattaa kyseisessä rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät palotilanteet. Asetus mahdollistaa myös näiden kahden menetelmän käytön samassa kohteessa rakennuksen eri osille. Tämä vastaa standardin SFS-EN 1991-1-2 [5] mukaista menettelyä, jossa käsittelytavat on jaettu vastaavasti kahteen ryhmään, joita ovat yksityiskohtaisiin sääntöihin perustuva käsittelytapa ja toimivuuteen perustuva käsittelytapa. Standardiin SFS-EN 1991-1-2 liittyvissä Suomen kansallisissa valinnoissa esitetään, että yksityiskohtaisiin sääntöihin perustuvassa käsittelytavassa, joka noudattaa määräysten ja ohjeiden paloluokkia ja lukuarvoja, käytetään lämpörasitusten selvittämiseen standardin SFS-EN 1991-1-2 [5] kohdan 3.2.1(1) mukaista standardipalon lämpötila-aikakäyrää [6]. Kun rakennus suunnitellaan ja rakennetaan perustuen oletettuun palonkehitykseen, voidaan käyttää standardin SFS-EN 1991-1-2 [5] kohdan 3.3 mukaisia luonnollisen palon malleja tai kohdassa 3.2 esitettyjä muita nimellisiä lämpötila-aikakäyriä. Sovellettavat käsittelytavat on esitetty taulukossa 1 ja kaavio vaihtoehtoisista mitoitusmenettelyistä kuvassa 1.

Taulukko 1. Käsittelytavat kantavien rakenteiden paloturvallisuudelle asetettujen olennaisten teknisten vaatimusten täyttymisen osoittamiseksi.

| | Lämpörasitusten määrittäminen | |
|---|--|---|
| | Standardipalokäyrä ISO 834 | Luonnollisen palon mallit |
| Rakennemalli |  |  |
|  | Yksityiskohtaisiin sääntöihin perustuva mitoitus (paloluokat ja lukuarvot) | Toiminnallinen mitoitus |
|  | Toiminnallinen mitoitus | Toiminnallinen mitoitus |



Kuva 1: Standardin SFS-EN mukaiset vaihtoehtoiset rakenteiden mitoituksmenettelyt [5]

Rakennus, joka suunnitellaan oleellisilta osin tai kokonaan käyttäen oletettuun palonkehitykseen perustuvaa menettelyä, kuuluu asetuksen [4] mukaan paloluokkaan P0. Tällöin asetuksessa esitetyt luokkia ja lukuarvoja ei tarvitse noudattaa ja suunnittelija määrittää rakennuksen mitoituksen perusteena käytettävät palokuormat tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen ominaisuudet ja käytön. Rakennuksen paloluokka ilmoitetaan suunnitelma-asiakirjoissa ja P0-paloluokan merkitseminen osoittaa valvovalle viranomaiselle, että suunnittelu on oleelliselta osin (rakennuksen paloturvallisuuden kannalta merkittävältä osin) tai kokonaan tehty oletettuun palonkehitykseen perustuen. Suunnittelussa käytettävien menetelmien kelpoisuus on kyettävä osoittamaan ja suunnittelun perusteet, käytetyt mallit ja saadut tulokset on esitettävä rakennuslupamenettelyn yhteydessä. Toiminnallisella mitoituksella on saavutettava vähintään yhtä hyvä turvallisuustaso kuin yleisillä taulukkomitointimenetelmillä. [4]

Asetuksen [4] mukaan rakennuksen on oletettuun palonkehitykseen perustuvassa suunnittelussa, jos henkilöturvallisuuden takia tai vahinkojen suuruuteen nähden on tarpeellista, riittävän luotettavasti kestettävä sortumatta koko palokuorman palaminen ja jäähtymisvaihe. Palorasituksena on käytettävä oletetun palonkehityksen mukaisia olosuhteita siten, että palorasitus todennäköisesti kattaa kyseisessä rakennuksessa esiintyvät tilanteet. Mitoituksen perusteisiin sovelletaan taulukkoa 1. Standardin SFS-EN 1991-1-2 Suomen kansallisen liitteen [6] kohta 3 esittää, että kun rakennus suunnitellaan ja rakennetaan perustuen oletettuun palonkehitykseen, voidaan lämpötila-analyyseissä käyttää lämpörasituksina luonnollisen palon malleja tai muita nimellisiä lämpötila-aikakäyriä. Lämpörasituksena voidaan käyttää esim. standardin SFS-EN 1991-1-2 [5] kohdan 3.2 mukaisista nimellisistä lämpötila-aikakäyristä saatavia arvoja tai kohdan 3.3 mukaisista palomalleista saatavia arvoja. Suunnittelija voi valita käytettävän menettelytavan tapauskohtaisesti. Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista [7] esittää, että kantavia rakenteita koskevat olennaiset tekniset vaatimukset täyttyvät, kun rakenteet suunnitellaan ja toteutetaan eurokoodien sekä niitä koskevien kansallisten valintojen mukaan.

Taulukko 1. Mitoituksen perusteet, kun olennaisten kantavien rakenteiden mitoitus perustuu oletettuun palonkehitykseen [4].

| Rakennus | Olennaisten kantavien rakenteiden kestävyys palossa | Mitoituspalokuorman tiheys MJ/m ² |
|--|---|---|
| 1-kerroksinen yleensä, h ≤ 9 m | 30 minuuttia ilman jäähtymisvaihetta | Q _{fi,k} |
| 1-kerroksinen yleensä, h > 9 m | 60 minuuttia ilman jäähtymisvaihetta | Q _{fi,k} |
| 2-kerroksinen yleensä, h ≤ 9 m | 30 minuuttia ilman jäähtymisvaihetta | Q _{fi,k} , vähintään 600 MJ/m ² |
| 2-kerroksinen yleensä, h > 9 m | 60 minuuttia ilman jäähtymisvaihetta | Q _{fi,k} , vähintään 600 MJ/m ² |
| Yli 2-kerroksinen, h ≤ 28 m | Palo- ja jäähtymisvaihe | Q _{fi,k} , vähintään 600 MJ/m ² |
| Yli 2-kerroksinen, h > 28 m | Palo- ja jäähtymisvaihe | 2*Q _{fi,k} , vähintään 900 MJ/m ² |
| Q _{fi,k} , on tilastollisesti tai laskennallisesti määritetty kokonaispalokuorman tiheyden ominaisarvo (80 % fraktiili). h on rakennuksen korkeus. | | |

Kantavien rakenteiden mitoitus tarkastelut tehdään täysin kehittyneelle palolle. Jos voidaan osoittaa, että lieskahtamista ei tapahdu, mitoitus voidaan tehdä paikalliselle palolle. Lieskahtamisen katsotaan tapahtuneen, kun kuuman savukerroksen keskilämpötila saavuttaa 500 °C tai kun säteily savukerroksesta lattiaan on yli 20 kW/m² [4]. Jos lieskahtaminen on epätodennäköistä, paikallisen palon aiheuttamaa lämpörasitusta voidaan arvioida standardin SFS-EN 1991-1-2 [5] kohdan 3.3.1.3 ja liitteessä C esitettyjen laskentamenetelmien avulla. Paikallisesta palosta kantavaan rakenneosaan tuleva lämpövuoto voidaan laskea standardin SFS-EN 1991-1-2 [5] liitteen C kaavojen, liitteen G mukaan määritetyn näkyvyyskertoimen ja liitteen E.4 mukaan määritetyn lämmönluovutusnopeuden Q avulla. Standardin SFS-EN 1991-1-2 Suomen kansallisten valintojen mukaisesti liitettä G ja liitettä E.4 voidaan soveltaa Suomessa. Muilta osin liitettä E ei voida Suomessa soveltaa [6].

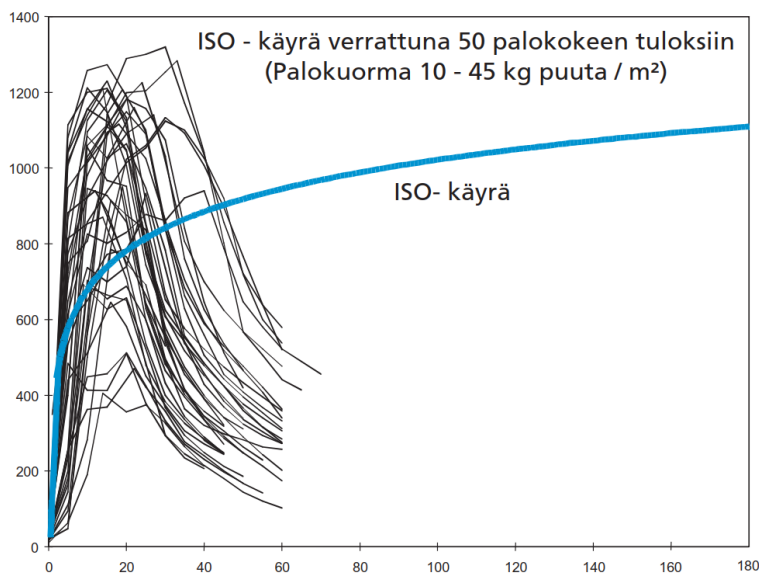
3. Toimivuuteen perustuva mitoitusmenettely

3.1. Lämpörasitusten määrittäminen ja keskeiset parametrit

Standardin SFS-EN 1991-1-2 [5] kappale 3 esittää menetelmiä ja malleja lämpötila-analysissä käytettävien lämpörasitusten määrittämiseksi. Kaasun lämpötiloina voidaan käyttää standardin kohdan 3.2 mukaisista nimellisistä lämpötila-aikakäyristä tai kohdan 3.3 mukaisista luonnollisen palon malleista saatavia arvoja. Nimellisten lämpötila-aikakäyrien, mukaan lukien Standardipalon, mukaisessa lämpötilankehityksessä palotilan lämpötila nousee alussa nopeasti ja vaikka nousunopeus alkuvaiheen jälkeen hidastuu, jatkaa lämpötila nousuaan rajatta. Standardipalon lämpötila-aikakäyrä ei sisällä palon hiipumisvaihetta eikä myöskään ota huomioon esimerkiksi palotilan geometriaa, palokuorman tyyppiä, määrää ja sijaintia tai palon saamaa hapen määrää. Luonnollisen palon malleissa näitä erilaisiin paloskenaarioihin liittyviä fysikaalisia ominaisuuksia voidaan ottaa huomioon ja palonkehitys koostuu tyypillisesti viidestä eri vaiheesta:

- Kytemisvaihe, johon lasketaan kuuluviksi syttyminen ja kytevä palo alhaisissa lämpötiloissa.
- Kasvuvaihe eli lieskahdusta edeltävä vaihe.
- Lieskahdus, jolla tarkoitetaan koko tilan yleispalovaiheen alkua. Leiskahdus on yleensä lyhytkestoinen tapahtuma, jonka aikana palotilan lämpötila nousee voimakkaasti.
- Lieskahduksen jälkeinen vaihe, jonka kesto riippuu palokuormasta ja palon happirajoitteisuudesta. Tässä vaiheessa palotilan lämpötila on korkeimmillaan.
- Hiipumisvaihe, palo alkaa menettää tehoaan ja lämpötila laskee.

Kuvassa 2 on esitetty sinisellä paksulla käyrällä standardipalon lämpötila-aikakehitys (ISO) kolmen ensimmäisen tunnin osalta. Ensimmäisen 20 minuutin aikana lämpötila nousee voimakkaasti, minkä jälkeen nousu hidastuu. Standardipalon lämpötila-aikakäyrän mukainen lämpötila tunnin kohdalla on 945 °C ja kolmen tunnin kohdalla 1110 °C. Samassa kuvassa on esitetty myös luonnollisen palon mallien avulla määritettyjä palokäyriä, joissa palotilan kaasun lämpötilaan vaikuttaville fysikaalisille parametreille on annettu erilaisia lähtöarvoja. Parametrejä ovat mm. palo-osaston koko, palokuorman määrä ja seinäeristeiden ominaisuudet. Rakennuksen sisäpuolisia rakenneosia koskevissa tarkasteluissa palotilan kaasun parametrinen lämpötila-aikakäyrä voidaan laskea standardin SFS-EN 1991-1-2 [5] Liitteen A mukaisesti erikseen kuumenemis- ja jäähtymisvaiheille. Vertaamalla kuvassa 2 esitettyjä standardipalon ja luonnollisen palon käyriä, voidaan todeta standardipalon ja parametrinen palomallin antamien tulosten poikkeavan selvästi toisistaan.



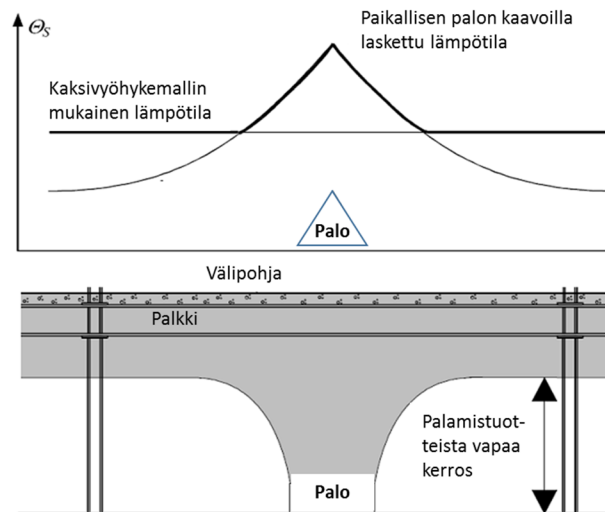
Kuva 2: Standardipalon lämpötila-aikakäyrä (ISO-käyrä) sekä erilaisilla palotilan parametreilla määritettyjä luonnollisen palon mallin mukaisia lämpötila-aikakäyriä [8]

Sekä standardipalon mukainen lämpötila-aikakäyrä että parametriset käyrät olettavat, että koko palotilan lämpötilan jakauma paikan suhteen on tasainen kaikilla ajanhetkillä. Kaksivyöhykemalli on yksi kehittyneistä palomalleista ja se olettaa, että palotilaan muodostuu kaksi vaakasuuntaista kerrosta.

Katon rajaan kuumista palokaasuista muodostuvan ylemmän kerroksen paksuus ja paikan suhteen vakio lämpötila kehittyvät ajan mukana. Mallin alemmassa kerroksessa paikan suhteen vakio ajasta riippuva lämpötila on alempi kuin ylemmän kerroksen lämpötila. Standardi SFS-EN 1991-1-2 [5] ei anna menetelmän käytölle laskentaohjeita, mutta vyöhykemallinnusta varten on olemassa tietokoneohjelmistoja. Tänä päivänä on kuitenkin yleisempää tehdä palon mallinnus ja palotilan lämpötilan määrittäminen vyöhykemallinnusta kehittyneillä laskennallisilla virtausdynamiikkaa soveltavilla ohjelmistoilla. FDS (Fire Dynamics Simulator) on yleisesti käytetty ohjelmisto.

Jos laskelmat ja analyysityökset osoittavat, että palotilan olosuhteet ja lämpötilannousu eivät todennäköisesti johda lieskahdukseen ja tätä seuraavaan täyden palon vaiheeseen, suunnittelu voi perustua paikallisen palon aiheuttamiin lämpörasituksiin. Paikallisessa palossa lämpötilan jakauma paikan suhteen ei ole vakio ja se muuttuu ajan funktiona. Lämpötilakehitys voidaan laskea standardin SFS-EN 1991-1-2 [5] Liitteessä C esitetyn menetelmän mukaisesti.

Jos palon paikallisia vaikutuksia ei oteta huomioon, kaksivyöhykemallin käyttö voi joissain tapauksissa johtaa rakenteiden mitoituksen kannalta liian alhaisiin lämpötiloihin. Standardin SFS-EN 1991-1-2 [5] kohdan 3.3.2(4) mukaan rakenneosan eri kohdissa vallitseva lämpötilajakauma voidaan laskea tarkemmin yhdistämällä kaksivyöhykemallia ja paikallisen palon tarkastelutapaa käyttäen saadut tulokset. Standardin mukaisesti rakenneosan lämpökenttä voidaan määrittää ottamalla huomioon suurempi näillä kahdella mallilla lasketuista arvoista kussakin tarkastelupisteessä. Periaate on esitetty kuvassa 3. Paikallisen palon sijainti mitoitustilanteessa tulee valita siten, että se tuottaa tarkastelevan rakenteen ja mitoituskriteerin kannalta merkittävimmän palorasituksen.



Kuva 3: Rakenneosan eri kohdissa vallitseva lämpötilajakauma, joka on määritetty yhdistämällä kaksivyöhykemallia ja paikallisen palon tarkastelutapaa käyttäen saadut tulokset.

3.2. Kantavan rakenteen palotekninen suunnittelu

Paloturvallisuussuunnittelussa pyritään ratkaisuihin, joiden riskitason yhteiskunta kokee siedettäväksi. Oletettuun palonkehitykseen perustuvan suunnittelun perusvaatimuksena voi olla jokin seuraavista [9]:

- Suunnittelun tuloksena saadun ratkaisun turvallisuustaso on vähintään yhtä korkea kuin Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten paloturvallisuudesta [4] esitettyjen luokkien ja lukuarvojen perusteella muodostunut taso.
- Suunnittelun tuloksena saadaan arvio turvallisuustasosta tai paloriskin suuruusluokasta.
- Suunnitellaan rakennus täyttämään asetetut turvallisuusvaatimukset odotettavissa olevalle vaarallisimmalle tilanteelle.

Turvallisuustasovertilau asetuksen tasoon nähden tehdään tavallisesti joko kokonaisturvallisuuden suhteen tai suunnittelun kohteena olevien olennaisten vaatimusten suhteen käytetään ns. vertailuperiaatetta. Käytännössä saatuja mitoitustuloksia verrataan vastaavan käyttötavan rakennukseen, jonka paloturvallisuus on suunniteltu asetuksessa esitetyjä luokkia ja lukuarvoja käyttäen. Menetelmää on kuvattu lähteessä [10]. Ympäristöministeriön asetuksen [4] taulukkomitoituksen mukaisen ratkaisun voidaan olettaa täyttävän yhteiskunnan asettamat paloturvallisuustavoitteet ja yksinkertainen keino osoittaa tarkasteltavan rakenteen hyväksyttävyyden on verrata sitä taulukkomitoituksen ratkaisuun.

4. Rakennushankkeen toiminnallinen suunnitteluprosessi

4.1. Laskentamenetelmät ja niiden kelpoisuuden osoittaminen

Määräysten mukaan suunnittelussa käytetään menetelmiä, joiden kelpoisuus on osoitettu. Standardin SFS-EN 1991-1-2 kansallinen liite ei rajoita standardissa esitettyjen nimellisten lämpötila-aikakäyrien tai luonnollisten palomallien käyttöä Suomessa. Suunnittelija voi valita käytettävän menettelytavan tapauskohtaisesti. Menetelmien soveltaminen tulee esittää siinä laajuudessa, että laskennan ja analyysin toistaminen jonkun toisen toimesta on mahdollista.

Lämpötila-analyysissä edellytetty tarkastelu-aika Suomessa toteutettavissa kohteissa määräytyy Ympäristöministeriön asetuksen [4] mukaan. Suomen kansallisen valinnan [6] mukaan Liitteen F mukaista ekvivalenttia palonkesto-aikaa ei sovelleta Suomessa. Liitteessä E esitettyjen palokuormien tiheyksien osalta Suomessa sovelletaan ainoastaan kohtaa E.4 «*Lämmönluovutusnopeus Q*».

Kehittyneisiin palomalleihin perustuvat simulaatiot toteutetaan tyypillisesti tietokoneohjelmistojen avulla. Ohjelmistojen soveltuvuus tulee validoida vertaamalla simulaatiotuloksia olemassa oleviin kokeellisiin tuloksiin ja varmistamalla, että simulaatiot vastaavat kokeissa havaittuja ilmiöitä. Fire Dynamics Simulator (FDS) [11] sekä vyöhykemalliohjelmat CFAST [12] ja Ozone [13, 14] ovat ohjelmistoja, jotka ovat varsin kattavasti verifioituja ja validoituja laskentatyökaluja yleisimpien paloskenaarioiden mallintamiseen. Ohjelmistojen keskeisimpiä rajoituksia on koottu lähteeseen [15].

4.2. Lähtötietojen, menetelmävalintojen ja tulosten tarkastus ja hyväksyntä

Ohjeeseen [9] on koottu Suomalaisten asiantuntijoiden toimesta tarkastelusäännöt oletettuun palonkehitykseen perustuvaa paloturvallisuussuunnittelua varten. Ohje esittää oletettuun palonkehitykseen perustuva suunnitteluprosessin vaiheet mukaanlukien lähtöarvojen, suunnittelumenetelmien ja suunnittelun tulosten tarkastamisen ja hyväksymisen. Tarkastukseen ja hyväksyntään liittyvät vaiheet ja tehtävät on koottu taulukkoon 2.

Rakennuksen olennaiset paloturvallisuusvaatimukset valmistellaan ennen maankäyttö- ja rakennuslain tarkoittamaa hankkeen aloituskokousta, jossa määritetään hyväksymiskriteerit ja periaatteet, joilla suunnitelma todetaan hyväksymiskelpoiseksi. Valmisteluun osallistuu tyypillisesti paloturvallisuussuunnittelijan lisäksi rakennuksen tuleva omistaja, käyttäjä(t) sekä muita rakennuksen turvallisuudesta vastaavia osapuolia. Hyväksymiskriteereistä sovitaan kohdekohtaisesti paikallisten viranomaisten kanssa. [9]

Toiminnallinen palotekninen suunnittelu perustuu valittuihin uhkakuihin ja niitä kuvaamaan käytettäviin mitoituspaloihin. Paloturvallisuussuunnittelija määrittelee, mitä uhkakuvia ja paloriskejä tietyn kohteen suunnittelussa on otettava huomioon sekä esittää ja perustelee paloskenaariot ja mitoituspalot rakennusvalvontaviranomaiselle. Viranomaisen pyytää suunnittelijalta tarvittaessa lisäselvityksiä. Viranomaisen voi myös pyytää suunnittelijan esityksiin lausuntoa pelastusviranomaisilta tai kolmannen osapuolen tarkastajan arviota esitettyjen menetelmien soveltuvuudesta sekä suunnitelmien riittävästä luotettavuustasosta. Viranomaisen hyväksyy uhkakuvat ja mitoituspalot.

Rakennusvalvontaviranomainen voi lupahakemusta käsitellessään tai rakennustyön aikana edellyttää, että rakennushankkeessa tehdään ulkopuolinen tarkastus. Erityismenettelyn ja ulkopuolisen tarkastuksen tarpeellisuutta voidaan arvioida esim. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n julkaisussa [16] esitetyn alustavan riskiarvion perusteella. Alustavan riskiarvion laatii suunnittelija ja siinä arvioidaan mm. vahinkoseuraamuksia, suunnittelun ja toteutuksen vaativuutta, vahingon todennäköisyyttä sekä toteutusorganisaation pätevyyttä. Alustava riskiarvio sisältää myös laatijan ehdotuksen tarvittavista erityismenettelyn toimenpiteistä. Viranomaisen tekee arvion perusteella päätöksen erityismenettelyn käynnistämisestä ja määrää menettelyn laajuudesta ja kohdistumisesta. Ulkopuolisen tarkastajan olisi hyvä olla mukana jo hankkeen alussa, jolloin paloskenaariot ja mitoituspalot voidaan tarkastaa ja vahvistaa heti suunnittelun alkuvaiheessa. Tarkastuksen tulee ensisijaisesti varmistaa, että suunnittelu etenee kohti oikeita ja turvallisia ratkaisuja. Kolmas osapuoli kommentoi prosessin eri vaiheissa ja antaa lausunnon. Ulkopuolinen tarkastus kohdistetaan riskianalyysin perusteella.

Taulukko 2: Paloteknisen suunnitelman lähtötietojen ja tulosten hyväksyminen [9].

| VAIHE | TARKASTUKSET JA HYVÄKSYMINEN |
|---|---|
| Lähtöarvojen ja oletusten tarkastus (Arviointiryhmä) | <ul style="list-style-type: none"> • Arviointiryhmään kuuluvat pääsuunnittelija, paloturvallisuussuunnittelija, tilaajan edustajat, suunnitelman tarkastaja, rakennusvalvontaviranomainen ja pelastusviranomainen. • Paloturvallisuussuunnittelijan selvitys suunnitteluparametreihin ja laskentamenetelmiin liittyvistä valinnoista ja oletuksista. • Lähtöarvojen ja hyväksymiskriteerien valinta. |
| Suunnitelman tarkastus (Ulkopuolinen tarkastaja) | <ul style="list-style-type: none"> • Paloturvallisuussuunnittelija lähettää suunnitelmat ulkopuoliselle tarkastajalle. • Tarkastaa, että valitut lähtötiedot, reunaehdot ja oletukset ovat sovitun mukaisia ja perusteltuja • Ottaa kantaa tuloksiin ja johtopäätöksiin • Dokumentoi omat päätöksensä lausuntoon, jossa hän ottaa myös kantaa siihen voidaanko selvitystä käyttää rakennusluvan myöntämisen perustana. • Kehottaa korjaamaan havaitut puutteet |
| Viranomaishyväksyntä | <ul style="list-style-type: none"> • Paloturvallisuussuunnittelija lähettää suunnitelman arvioitavaksi rakennusvalvontaviranomaiselle (tai pelastusviranomaiselle, jos arviointiryhmä on niin päättänyt). • Hyväksyy suunnitelmat riittäviksi rakennusluvan myöntämistä varten tai vaatii lisäselvityksiä. |

Suunnitelman turvallisuus todennetaan vertaamalla tuloksia hankkeen alussa määriteltyihin hyväksymiskriteereihin. Tuloksiin olennaisesti vaikuttavien suureiden suhteen tulee tehdä herkkyysanalyysi, jolla arvioidaan lähtötietojen poikkeamien vaikutusta suunnitelman lopputulokseen. Herkkyysanalyysillä arvioidaan tuloksiin liittyviä riskejä ja epävarmuutta.

4.3. Suunnittelijoiden kelpoisuusvaatimukset

Oletettuun palonkehitykseen perustuvaa suunnittelua edellyttävissä kohteissa tarvitaan heti hankkeen käynnistysvaiheessa suunnittelija, jolla on riittävä pätevyys arvioimaan rakennukselle laadittavaa tilasuunnitelmaa paloturvallisuuden näkökulmasta. Paloturvallisuussuunnittelijan pätevyys on rakennettu maankäyttö- ja rakennuslain sekä sitä täydentävien Ympäristöministeriön asetuksissa ja ohjeissa esitettyjen periaatteiden mukaisesti. Laki [17] ei suoraan esitä paloturvallisuuden erityisalaa, mutta se mainitaan lain erityismenettelyä koskevassa kohdassa 150 d §. Suunnittelijan pätevyysvaatimus määräytyy suunnittelutehtävän vaativuuden, vaativuusluokan, perusteella. Lain [17] kohdan 120 d § mukaan vaativuusluokkia on neljä: vähäinen, tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa. Luokka

määräytyy mm. suunnittelutehtävän arkkitehtonisten, toiminnallisten ja teknisten vaatimusten, rakennuksen ja tilojen käyttötarkoituksen, rakennuksen kokoon sekä kuormitusten ja palokuormien, suunnittelu-, laskenta- ja mitoitusmenetelmien, kantavien rakenteiden vaativuuden ja ympäristöstä ja rakennuspaikasta aiheutuvien vaatimusten perusteella.

Lain [17] kohdan 120 g § mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on ilmoitettava rakennusvalvontaviranomaiselle kirjallisesti ennen erityissuunnitelman toimittamista kenet hän on valinnut paloturvallisuussuunnittelijaksi. Ilmoitukseen on sisällytettävä suunnittelijan suostumus tehtävään sekä kelpoisuuden arvioimiseksi tarvittavat tiedot suunnittelijan koulutuksesta ja kokemuksesta. Rakennusvalvontaviranomainen arvioi suunnittelijan kelpoisuuden ja tekee pyydettyä päätöksen suunnittelijan kelpoisuudesta toimia kyseisessä suunnittelutehtävässä. Lain [17] kohta 120 e § esittää erityissuunnittelijoiden kelpoisuusvaatimukset. Tehtävät on jaettu niiden vaativuuden perusteella neljään ryhmään: vähäinen, tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa. Suunnittelijan taso määräytyy hänen koulutustason, koulutuksen sisällön sekä työkokemuksen perusteella. Suomessa henkilöpätevyysä toteava taho on FISE Oy (<http://fise.fi>).

Taulukko 3: Tutkinto- ja opintovaatimukset pätevyysluokittain (FISE Oy, <http://fise.fi/patevyyspalvelu/hae-patevyytta/suunnittelijat/paloturvallisuussuunnittelija/>).

| LUOKKA | TUTKINTO | OPINNOT |
|--------------------------|--|--|
| Tavanomainen | Kyseiseen suunnittelutehtävään soveltuva rakentamisen tai tekniikan alan tutkinto, joka on vähintään aiemman tekniikan tai sitä vastaavan tutkinnon tasoinen | Vähintään 20 op paloturvallisuuteen sekä rakennetekniikkaan liittyviä opintoja, jotka sisältävät seuraavien aihealueiden opintosuorituksia: <ul style="list-style-type: none"> • rakennustekniikka tai talonrakentaminen (väh. 4 op) • palo- ja turvallisuustekniikka (väh. 6 op) • riskienhallinta • talotekniset järjestelmät |
| Vaativa | Kyseiseen suunnittelutehtävään soveltuva rakentamisen tai tekniikan alan korkeakoulututkinto, aiempi ammatillisen korkea-asteen tutkinto tai sitä vastaava tutkinto. | Vähintään 30 op paloturvallisuuteen sekä rakennetekniikkaan liittyviä opintoja, jotka sisältävät seuraavien aihealueiden opintosuorituksia: <ul style="list-style-type: none"> • rakennustekniikka tai talonrakentaminen (väh. 9 op) • palo- ja turvallisuustekniikka (väh. 9 op) • riskienhallinta • talotekniset järjestelmät |
| Poikkeuksellisen vaativa | Kyseiseen suunnittelutehtävään soveltuva rakentamisen tai tekniikan alan ylempi korkeakoulututkinto. | Vähintään 35 op paloturvallisuuteen sekä rakennetekniikkaan liittyviä opintoja, jotka sisältävät seuraavien aihealueiden opintosuorituksia: <ul style="list-style-type: none"> • rakennustekniikka tai talonrakentaminen (väh. 9 op) • palo- ja turvallisuustekniikka (väh. 13 op) • tulipalon dynamiikka tai oletettu palonkehitys (väh. 9 op) • riskienhallinta • talotekniset järjestelmät |

4.4. Paloturvallisuussuunnittelun dokumentointi

Jos paloturvallisuussuunnittelu perustuu oletettuun palonkehitykseen, liitetään suunnitteluun liittyvät selvitykset rakennuslupa-asiakirjoihin. Asiakirjoihin kuuluu mm.:

- Käytettyjen menetelmien kuvaus, joka sisältää laskenta- ja koemenetelmien soveltuvuuden rajoituksineen
- Lähtötiedot ja tehdyt oletukset perusteluineen
- Saadut tulokset herkkyyksianalyysineen
- Hyväksymiskriteerit ja saatujen tulosten vertailu niihin
- Analyysien ja johtopäätösten esittely viranomaisille

Lain [17] mukaan paloturvallisuussuunnittelusta vastaavan erityissuunnittelijan on huolehdittava myös siitä, että:

- Erityissuunnitelma täyttää rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset
- Hän tekee erityissuunnitelmaan rakennustyönäikaiset muutokset
- Hän laatii rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeen oman erityisalansa osalta

Paloturvallisuussuunnittelussa käytetyt suunnitteluperusteet sekä paloturvallisuussuunnitelmassa rakennuksen käytölle, kunnossapidolle, ja huollolle asetetut tehtävät dokumentoidaan pelastussuunnitelmaan kuuluvaksi asiakirjaksi. Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeeseen tulee sisällyttää paloturvallisuuteen vaikuttavien rakenteiden ja laitteiden hoidon, huollon ja kunnossapidon tehtävät, keskeisten huoltokohteiden ja tilojen paikantamistiedot, näiden kunnossapitokohteiden kunnossapitajaksot ja -tehtävät, korjauspäiväkirjan ylläpito ja toimintaohjeet poikkeus- ja häiriötilanteissa. Rakennuksen muutostöiden yhteydessä tarkastetaan paloturvallisuussuunnittelun asiakirjoihin perustuen, että rakennus täyttää pelastussuunnitelmassa asetetut turvallisuustavoitteet ja viranomaisvaatimukset. [9]

5. Suomen määräysten mukaiset esimerkkilaskelmat

Eurokoodin mukaiset esimerkkilaskelmat ovat Suomen kansallisten valintojen mukaista ratkaisua.

6. Lähteet

- [1] Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 1999. Viitattu 15.4.2018. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>
- [2] ISO 834, "Fire Resistance Tests-Elements of Building Constructions," International Standard ISO 834, 1975
- [3] Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta 958/2012, 2012. Viitattu 15.4.2018. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120958>
- [4] Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 2017. Viitattu 15.4.2018. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848>
- [5] Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-2: Yleiset kuormat. Palolle altistettujen rakenteiden rasiukset. Suomen standardoimisliitto SFS ry, SFS-EN 1991-1-2+AC, Helsinki, Finland, 2003
- [6] Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1991-1-2: Rakenteiden kuormat. Osa 1-2: Yleiset kuormat. Palolle altistettujen rakenteiden rasiukset. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, Rakenteiden lujuus ja vakaus, Rakenteiden kuormat, Ympäristöministeriö, Helsinki, Finland, 2016. Viitattu 15.4.2018. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/700001/42810>
- [7] Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista 477/2014, 2014. Viitattu 15.4.2018. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140477>
- [8] Oletettuun palonkehitykseen perustuva paloturvallisuussuunnittelu, Teräsrakenneyhdistys ry, ISBN 952-9683-27-8, Helsinki 2004.
- [9] RIL 221-2003, Paloturvallisuussuunnittelu - Oletettuun palonkehitykseen perustuva suunnittelu ja ratkaisuesimerkit, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., Helsinki, Finland, 2003
- [10] Tul Fire Safety Engineering – Comparative method to verify fire safety design in buildings, Standard Norge, 2014
- [11] K. McGrattan, R. McDermott, S. Hostikka, J. Floyd, Fire Dynamics Simulator (Version 5). User's Guide, Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology (National Institute of Standards and Technology Special Publication 1019-5), 2010
- [12] W.W. Jones, R.D. Peacock, G.P. Forney, P.A. Reneke, CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6), Technical Reference Guide, April 2009 revision. Gaithersburg: MD, USA: NIST. NIST SP – 1026, 2019
- [13] J.-F. Cadorin, J.-M. Franssen, A tool to design steel elements submitted to compartment fires – OZone V2. Part 1: Pre- and post-flashover compartment fire model, Fire safety Journal, 2003, 38, s. 395-427

- [14] J.-F. Cadorin, D.Pintea, J.-C. Dotreppe, J.-M. Franssen, A tool to design steel elements submitted to compartment fires – OZone V2. Part 2: Methodology and application, Fire safety Journal, 2003, 38, s. 429-451
- [15] Puukerrostalon palosuunnitteluohje – Toiminnallinen suunnittelu, Finnish Wood Research Oy, 2015
- [16] RIL 241-2007, Rakenteellisen turvallisuuden varmistaminen – Erityismenettelyn soveltamisohje, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., Helsinki, Finland, 2007
- [17] Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta 41/2014, 2014. Viitattu 15.4.2018. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140041>