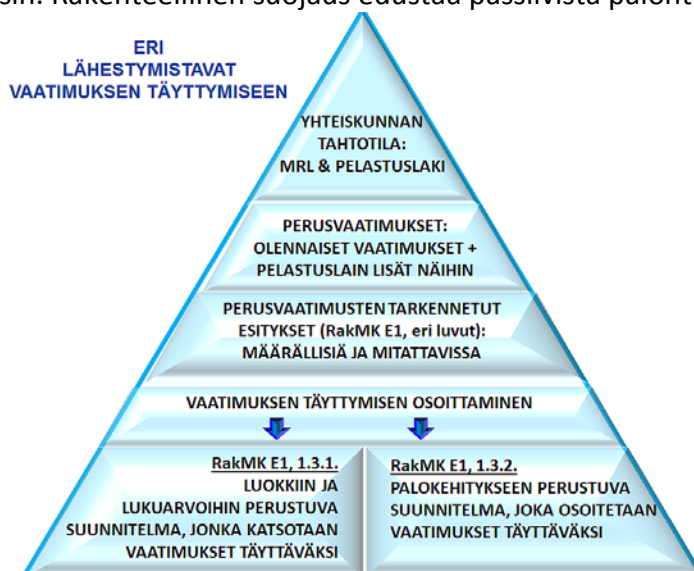


1.0 SOVELTAMISALA

Tässä teknisessä tiedotteessa käsiteltävä oletettuun palonkehitykseen perustuva toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu on kansallisissa määräyksissä hyväksytty, Eurokoodeihin perustuva suunnittelumenetelmä, jolla varmistetaan rakennuksen paloturvallisuus. Menetelmä ottaa huomioon aktiiviset ja passiiviset palontorjuntamenetelmät sekä rakennuksen yksilölliset ominaisuudet, kuten tilojen korkeuden ja geometrian. Aktiivisia palontorjuntamenetelmiä ovat esimerkiksi automaattinen sammuuslaitteisto ja paloilmaisin. Rakenteellinen suojaus edustaa passiivista palontorjuntaa.



2.0 Määräykset sallivat kaksi erilaista suunnittelumenetelmää

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa E1 kohdassa 1.3 todetaan olennaisen paloturvallisuusvaatimuksen täyttyvän, mikäli rakennus suunnitellaan joko E1:ssä esitettyjen paloluokkien ja lukuarvojen avulla tai vaihtoehtoisesti rakennus suunnitellaan ja rakennetaan oletettuun palonkehitykseen perustuen, jolloin suunnittelu perustuu kyseisessä rakennuksessa todennäköisesti tapahtuviin tilanteisiin. Määräykset mahdollistavat myös molempien menetelmien käytön samassa kohteessa, jolloin osa rakennuksesta voidaan suunnitella taulukkomitoitusta hyödyntäen ja osa toiminnallisella mitoituksella.

Suunniteltaessa kohde taulukkoarvoja käyttämällä kaikkia kohteen ominaisuuksia ei pystytä ottamaan huomioon. Pientalot, perusmuotoiset pienehköt hallit ja tavanomaiset puurakenteet voidaan suunnitella taulukkomitoituksella riittävän hyvin. Sen sijaan monimuotoisissa kohteissa ja erityisesti vaativien puurakenteiden kohdalla toiminnallinen palomitoitus on osoittautunut toimivaksi suunnittelumenetelmäksi. Esimerkiksi automaattisen sammutuslaitteiston toiminta ja tehokkuus sekä sammutuslaitteiston ja savunpoiston yhteisvaikutus voidaan tällöin ottaa oikealla tavalla huomioon.

Taulukko 1. Toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun käyttöönottovuodet Euroopassa.

1975: Islanti	2004: Tanska, Ranska, Slovenia
1985: Englanti ja Wales	2005: Skotlanti
1994: Belgia, Ruotsi	2006: Espanja
1997: Suomi, Norja	2007: Italia, Tsekki
1998: Venäjä	2009: Portugali
2002: Saksa, Sveitsi	2011: Liettua

Lähde: Strömgen, M. 2014. SP, Ruotsi. Society of Fire Protection Engineers (SFPE): European Chapters Coordination Group (ECCG).

Huom: Eestistä ei saatu kyselyyn vastausta. Slovakia oli ainoa maa, josta tuli kielteinen vastaus.

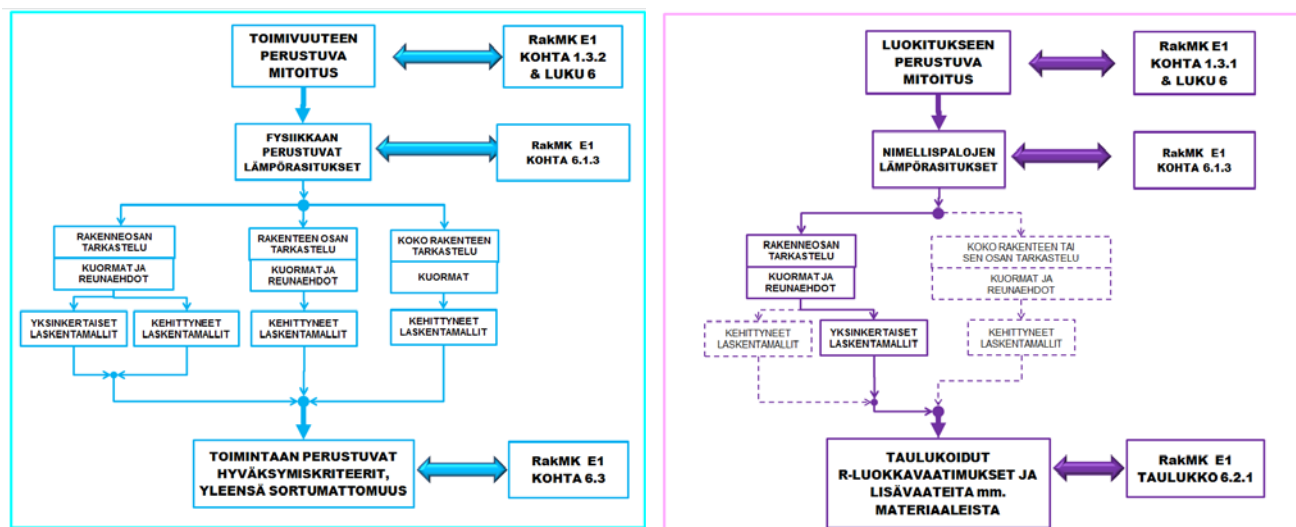
3.0 Määräysten lukeminen ja menettely

Taulukkomitoitusta käytettäessä rakenteet suunnitellaan RakMK E-osien taulukoissa annettuihin paloluokkiin ja käytetään taulukoissa annettuja materiaaliluokkia. Määräyksissä voidaan edellyttää tiettyjä aktiivisia palontorjuntamenetelmiä tai niiden vaikutus otetaan huomioon RakMK E-osissa annettujen lievennysten avulla. Lievennyksiä ei saa käyttää P2-luokan kerrostaloissa, joten aktiivisten palontorjuntamenetelmien huomioon ottaminen edellyttää toiminnallista mitoitusta.

Toiminnallista palomitoitusta käytettäessä ei noudateta RakMK E-osien taulukoituja arvoja. Mitoitus lähtee paloturvallisuuden RakMK E1 kohdan 1.2 teknisistä vaatimuksista, joita ovat:

- rakennuksen kantavien rakenteiden tulee palon sattuessa kestää niille asetetun vähimmäisajan;
- palon ja savun kehittymisen ja leviämisen rakennuksessa tulee olla rajoitettua;
- palon leviämistä lähistöllä oleviin rakennuksiin tulee rajoittaa;
- rakennuksessa olevien henkilöiden on voitava palon sattuessa päästä poistumaan rakennuksesta tai heidät on voitava pelastaa muulla tavoin;
- pelastushenkilöstön turvallisuus on rakentamisessa otettava huomioon.

KANTAVIEN RAKENTEIDEN PALONKESTÄVYYDEN MITOITTAMINEN
RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOEELMAN OSAN E1 JA EUROCODE-STANDARDIEN MUKAAN



4.0 Toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun kulku

Toiminnallisessa paloturvallisuussuunnittelussa määritetään kohteen todennäköiset uhat ja mitoituspalo, tehdään riskianalyysi ja laskennallinen tarkastelu lämpötilojen kehittymisestä, savunmuodotuksesta sekä poistumisturvallisuudesta.

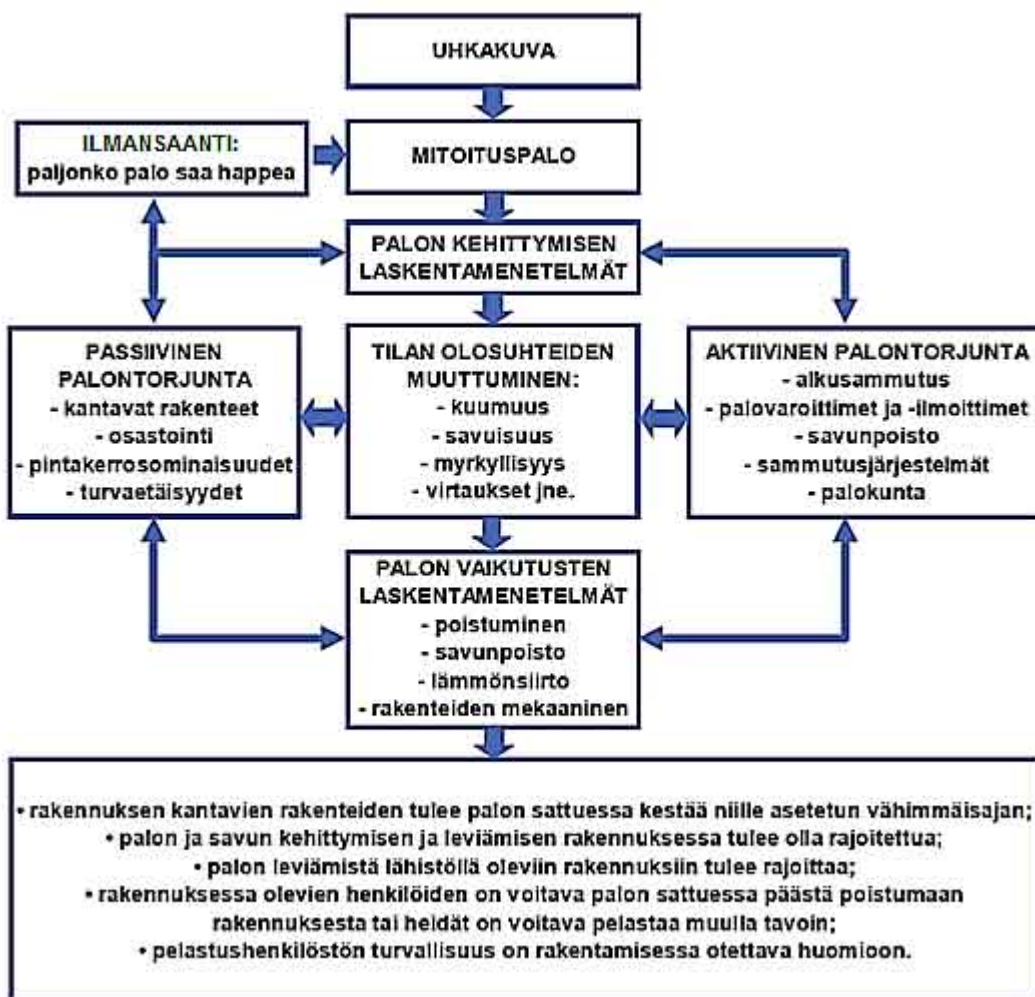
Toiminnallinen palomitoitus käynnistyy **riskianalyysillä**. Kyse on uhkien arvioinnista ja sellaisten ratkaisujen ja toimenpiteiden suunnittelusta, joilla uhkiin liittyvät riskit saadaan riittävän pieniksi. Tavoitteeksi asetetaan esimerkiksi, että syttyvä palo saa kehittyä rakenteita uhkaavaksi tulipaloksi korkeintaan kerran 10 000 vuodessa.

Tapahtumapuulla kuvataan tapahtumaketjua tulipalon syttyttyä. Alkutapahtumana on tilanne, joka ilman onnistuneita turvallisuustoimenpiteitä voi johtaa joukkoon ei-toivottuja seurauksia. Turvallisuustoimet mallinnetaan tapahtumapuuhun haarautumiskohtina riippuvuusjärjestyksessä.

Vikapuita käytetään laitteiden ja järjestelmien vikaantumistodennäköisyyden arviointiin. Niissä yksilöidään keskeiset vikojen lähteet, arvioidaan niiden esiintymistodennäköisyydet ja kytketään ne järjestelmän toiminnan mukaiseksi puurakenteeksi, jonka huippuna on järjestelmän vikaantuminen.

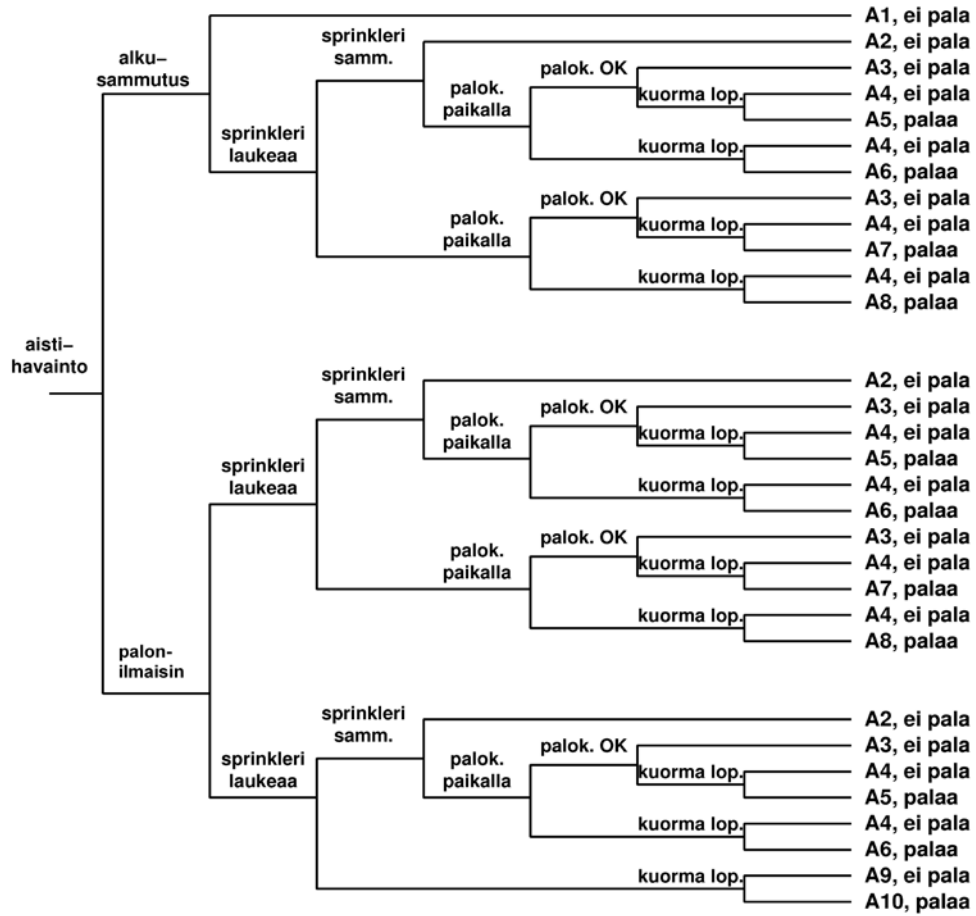
Riskianalyysi tehdään **tilastollisten todennäköisyyksien perusteella**. Tässä Suomi on edelläkävijä, koska suomalainen PRONTO on yksi maailman toimivimmista onnettomuuksien tilastointijärjestelmistä. Lisäksi VTT kehitti 1990- ja 2000-luvulla menetelmät tulipalojen todennäköisyysperustaiseen kuvaamiseen käyttäen numeerisen otostekniikan eli Monte Carlo -laskennan menetelmiä ja tietoja.

Vahinkojen toteutumista estetään **palontorjuntakeinoilla**, joiden avulla palovaarojen toteutumisen mahdollisuus saatetaan siedettävän alhaiselle tasolle. Palovaarojen riski ja niiden torjuntakeinojen vaikutus lasketaan tilastollisten todennäköisyysjakaumien avulla. Kun riski pystytään laskemaan, hallitaan myös sen pienentämisen keinot.

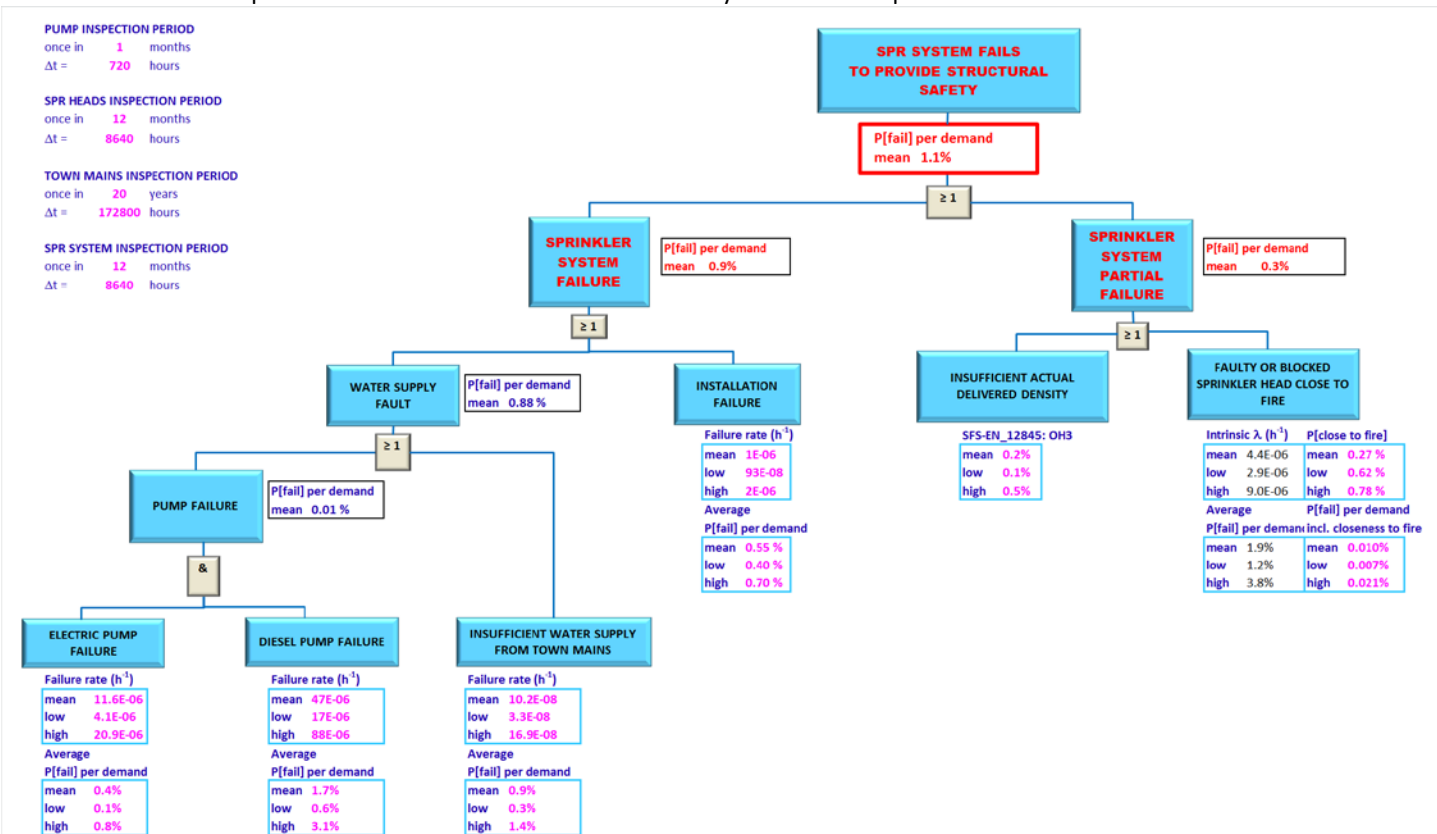


Kuva 1. Toiminnallisen paloteknisen suunnittelun tärkeimpiä osatekijöitä ja niiden välisiä riippuvuuksia. (Lähde: J.Hietaniemi, Toiminnallinen palotekninen suunnittelu, VTT)

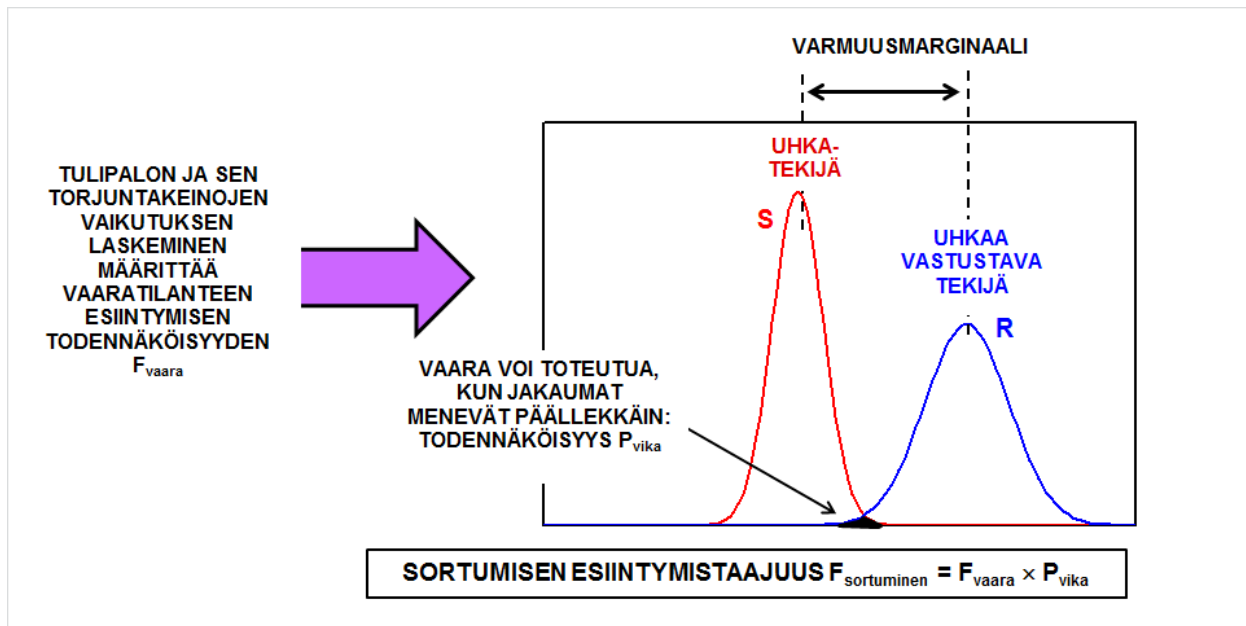
Kuva 2. Esimerkki tulipalon tapahtumapuusta



Kuva 3. esimerkki Sprinklerin toimimattomuuden arviointiin käytettävästä vikapuusta



5.0 Esimerkki toiminnallisesta paloturvallisuussuunnittelusta



Esimerkin tilanteessa tulipalo on päässyt kehittymään niin kuumaksi ja pitkäkestoiseksi, että sen voi aiheuttaa puurakenteen liiallisen hiiltymisen. Tämä voi johtaa sortumaan, jos uhkatekijä eli rakenteen kuormitus ylittää uhkaa vastustavan tekijän eli hiiltymättömän poikkileikkauksen kapasiteetin kantaa kuormia.

Rakenteen sortumisen esiintymistodennäköisyys $F_{\text{sortuminen}}$ on tilanteen syntyminen esiintymistajuuden F_{vaara} ja rakenteen kapasiteetin riittämättömyyden todennäköisyyden P_{vika} tulo: $F_{\text{sortuminen}} = F_{\text{vaara}} \times P_{\text{vika}}$. Jos kohde vastaa Eurokoodin SFS-EN1990 seuraamusluokan C2 luotettavuustasoa, jolle murtorajatilan ylittymisen esiintymistodennäköisyys korkeintaan kerran noin 800 000 vuodessa, niin pitää olla

$$F_{\text{sortuminen}} = F_{\text{vaara}} \times P_{\text{vika}} < \text{vaatimus} = 1/(800\,000 \text{ vuotta}).$$

Tämä vaatimus saadaan toteutumaan

- pienentämällä vaaratilanteen syntyminen todennäköisyyttä esimerkiksi sprinklerillä tai
- pienentämällä rakenteen pettämisen todennäköisyyttä kasvattamalla varmuusmarginaalia kuormien ja rakenteen kapasiteetin välillä esim. lisäämällä rakenteen poikkileikkauksen pinta-alaa tai
- tekemällä nämä molemmat toimenpiteet.

Sprinklatussa kohteessa F_{vaara} voidaan saada tasolle $1/(50\,000 \text{ vuotta})$: tällöin rakenteen mitoitus-ehdona on, että $P_{\text{vika}} < 50\,000/800\,000 \approx 6\%$ eli rakenteen kapasiteetin riittämättömyyden todennäköisyys saa olla 6 % ja sortumisen todennäköisyys on tällöin sallituissa rajoissa.

Sprinklaamattomassa kohteessa F_{vaara} on tyypillisesti suuruusluokkaa $1/(2\,500 \text{ vuotta})$; $P_{\text{vika}} < 2\,500/800\,000 \approx 0,3\%$, mikä tarkoittaa sitä, että rakenteen kapasiteetti saa olla riittämätön ainoastaan 0,3 % todennäköisyydellä.

6.0 Tulosten esittäminen ja tarkastaminen

Toiminnallinen palotekninen suunnitelman perusteet, käytetyt mallit ja saadut tulokset esitetään rakennuslupamenettelyn yhteydessä. Asiakirjojen tulee sisältää ainakin seuraavat asiat:

6.1 Rakennuksen ja siinä olevien paloturvallisuuslaitteiden kuvaus

Rakennuksen kuvaus: koko, sijainti, käyttötarkoitus, paloluokka, suojaustaso ja palotekniset laitteet: alkusammutuskalusto, paloilmoin, sammutuslaitteisto, savunpoisto)

6.2 Rakennuksen käytöstä koko sen elinkaaren aikana tehdyt oletukset

Rakennus tulee kuvata asiakirjoissa suunnitelman sovellusalueen vaatimalla tarkkuudella, myös rakennuksen käytöstä koko sen elinkaaren aikana tehdyt oletukset esimerkkinä mahdollinen laajentaminen tai vaiheittainen toteutus. Lisäksi on kuvattava käytön aikana edellytettävät huolto- ja kunnossapitotoimet. Suunnitelmassa tulee myös arvioida millaiset mahdolliset muutokset edellyttävät suunnitelman päivitystä.

6.3 Palokunnan toimintamahdollisuuksista tehdyt oletukset

Suunnitelmassa pitää esittää, miten eri palontorjuntamenetelmien vaikutus on otettu huomioon: palokunnan toimintamahdollisuuksien vaikutuksen arvioinnissa käytetyt menetelmät ja tehdyt oletukset. Palokunnan toimintamahdollisuuksien kuvauksen lisäksi kuvataan paloturvallisuuslaitteet, niiden vaikutuksen arviointiin käytetyt menetelmät ja tehdyt oletukset.

6.4 Sovellusalueiden yksilöinti ja rajaus

Toiminnallista paloteknistä suunnittelua voidaan soveltaa koko rakennukseen tai sitten joidenkin paloturvallisuuden osa-alueiden täyttymisen todentamiseen. Mikäli suunnittelussa on käytetty molempia kohdissa 1.3.1 ja 1.3.2 mainittuja vaatimusten täyttymisen osoittamistapoja eli sekä taulukkomitoitusta että mitoitusta oletetun palonkehityksen perusteella, nämä tulee käydä esille asiakirjoista.

6.5 Perusteet tarkastelun kohteiksi valituille palotilanteille

Toiminnallinen palotekninen suunnittelu perustuu valittuihin uhkakuviin ja niitä kuvamaan käytettäviin mitoituspaloihin. Näistä sovitaan yhdessä viranomaisten kanssa. Viranomainen määrittelee, mitä uhkakuvia tarkastellaan esimerkiksi kahden messuständin tai kahden henkilöauton palo. Viranomaisen ei kuitenkaan kerro palotehoa (MW) tai muita yksityiskohtia, se kuuluu palosuunnittelijan tehtäviin valittujen uhkakuvien perusteella.

6.6 Vikaantumistarkastelu tarvittavassa laajuudessa perusteluineen

Vikaantumistarkastelu tehdään tapahtumapuun avulla esimerkiksi sprinklerin toimimattomuudesta joka asiantuntevasti suunnitellulle, asennetulle ja huolletulle laitteelle on tyypillisesti vähintään 99 %. Käytännössä sprinklerin voidaan aina katsoa toimivan.

6.7 Rakennuksen käytön aikana edellytettävät huolto- ja kunnossapitotoimet

Paloturvallisuuteen vaikuttavien materiaalien sekä laitteistojen huolto, yleensä mainitaan paloteknisessä suunnitelmassa ja ne lisätään rakennuksen huoltokirjaan.

6.8 Käytettyjen menetelmien kuvaus

Sisältää laskenta- ja koemenetelmien soveltuvuuden rajoituksineen sekä lähtötiedot ja tehdyt oletukset perusteluineen. Määräysten mukaan suunnittelussa käytetään menetelmiä, joiden kelpoisuus on osoitettu. Menetelmien kelpoisuuden lisäksi on olennaista, että menetelmien käytetään asiantuntevasti. Kaikki tietolähteet ja oletukset tulee tuoda suunnitelmassa esille ja perustella tehdyt valinnat. Menetelmien soveltaminen kyseisessä kohteessa tulee esittää siinä laajuudessa (liitteitä apuna käyttäen), että soveltaminen voitaisiin tarvittaessa toistaa jonkun toisen tahon toimesta.

6.9 Saadut tulokset herkkyysanalyysiin

Herkkyysanalyysin avulla selvitetään, aiheuttaako pieni muutos tehdyissä oletuksissa merkittävän muutoksen paloturvallisuudessa. Suunnitelman turvallisuus todennetaan vertaamalla tuloksia hyväksymiskriteereihin. Tuloksiin olennaisesti vaikuttavien suureiden suhteen tulee tehdä herkkyysanalyysi, jolla arvioidaan laskelman lähtötietojen muutosten vaikutusta laskelman lopputulokseen. Herkkyysanalyysi tehdään riskien ja epävarmuuden arvioimiseksi ja se on yhtä olennainen osa suunnitelmaa kuin varsinaiset laskelmat.

6.10 Hyväksymiskriteerit ja saatujen tulosten vertailu niihin

Suunnitelman turvallisuus todennetaan vertaamalla tuloksia hyväksymiskriteereihin. Tällä hetkellä hyväksymiskriteereistä sovitaan kohdekohtaisesti yhdessä paikallisten viranomaisten kanssa.

7.0 Suunnitelman tarkastaminen

Palotekninen suunnitelma on aina tarkastettava. Tarkastuksen voi tehdä itse tai sen voi tehdä kollega. Tulokset voidaan tarkastaa esimerkiksi vertaamalla niitä tietoon todellisista tulipaloista, koe-tuloksiin, tutkimusraportteihin tai muulla tavalla laskettuihin tuloksiin. Vaativissa kohteissa viranomainen usein edellyttää lisäksi kolmannen osapuolen tarkastusta samalla tavalla kuin esimerkiksi kantavien rakenteiden suunnittelussa.

Lähteet ja lisätietoja

RakMK E1 ja Hietaniemi, Toiminnallinen palotekninen suunnittelu, VTT
Puukerrostalon palosuunnitteluohje – toiminnallinen suunnittelu, Finnish Wood Research Oy
Puukerrostalon palosuunnitteluohje – tausta-aineisto, Finnish Wood Research Oy