

# Teräsraakenteiden oletettuun palonkehitykseen perustuva suunnittelu



# Teräsrakenteiden oletettuun palonkehitykseen perustuva suunnittelu

## SISÄLLYSLUETTELO

Teräsrakenteiden oletettuun palonkehitykseen perustuva suunnittelu .....	1
1. Johdanto.....	3
1.1 Yleistä .....	3
1.2 Ohjeet ja määräykset .....	4
2. Suunnittelun eteneminen .....	4
2.1 Suunnittelun vaiheet.....	4
2.2 Oletettuun palonkehitykseen perustuvan rakenteiden mitoituksen kulku .....	5
3. Suunnittelussa käytettävät menetelmät ja ohjelmat .....	6
3.1 Vakioituihin paloihin perustuvat laskentamenetelmät.....	6
3.2 Käytettävät ohjelmat.....	6
4. Suunnittelun dokumentaatio .....	6
5. Johtopäätökset .....	7
Liitteet .....	7
Viitteet.....	7

## 1. Johdanto

Tämä dokumentti on ohje oletettuun palonkehitykseen perustuvasta teräsrakenteiden (ml. ruostumaton teräs) suunnittelusta. Tavoitteena on antaa perusohjeet suunnittelun tueksi projektien läpiviemiseksi. Raportit, joissa on esitetty yksityiskohtaisemmat ohjeet, suositukset ja esimerkit ovat tämän dokumentin liitteinä 1 ja 2. Dokumentit on tuotettu Teräsrakenneyhdistyksen hankkeessa Kantavien teräsrakenteiden oletettuun palonkehitykseen perustuva suunnittelu, lyhyesti pALOHAnke 2019. Yhteistyökumppanit on lueteltu alla.

- Teräsrakenneyhdistys ry
- A-Insinöörit Suunnittelu Oy
- Citec Oy Ab
- Peikko Finland Oy
- Ramboll Finland Oy
- Ruukki Construction Oy
- Sitowise Oy
- SSAB Europe Oy
- SS-Teracon Oy
- Stalatable Oy
- Sweco Rakennetekniikka Oy
- Tampereen yliopisto

### 1.1 Yleistä

Oletettuun palonkehitykseen perustuvan, eli toiminnallisen suunnittelun tavoitteena on arvioida ja ymmärtää mahdollisen palon aikaiset tapahtumat entistä paremmin ja suunnitella rakennuksen paloturvallisuus ottaen huomioon eri tekijöiden vaikutukset henkilöiden ja rakennuksen turvallisuuteen. Menetelmällä saavutetaan usein toiminnallisia ja taloudellisiakin hyötyjä turvallisuutta vaarantamatta.

Tavoitteena on tutkia kohdekohtaisesti todenmukaisia arvoja tekijöille, jotka vaikuttavat paloturvallisuuteen. Ilmiöiden syvällisemmällä ymmärtämisellä ja tarkemmalla analyysillä saavutetaan yhtä hyvä tai parempi turvallisuustaso, kuin yleisillä standardipaloon perustuvilla määräyksillä.

Suunnittelussa tulee ottaa huomioon rakennuksen käytönaikaiset muutokset mahdollisuuksien rajoissa. Mikäli rakennuksen käyttötarkoitus vaihtuu, on asia luvanvarainen ja uudelleen arvioitava. Tämä tulee kirjata rakennuksen asiakirjoihin. Suunnittelijan tulee arvioida, onko oletettuun palonkehitykseen perustuva suunnittelu tarkoituksenmukaista teknisesti, taloudellisesti ja lisäksi rakennuksen elinkaaren ja ylläpidon kannalta, vai kannattaako kohteessa noudattaa asetuksen lukuarvoja. Rakennuksen eri osissa voidaan käyttää eri lähestymistapoja.

## 1.2 Ohjeet ja määräykset

Oletettuun palonkehitykseen perustuva suunnittelu on yksi hyväksyttävä keino osoittaa paloturvallisuusvaatimusten täytyminen sekä Ympäristöministeriön asetuksen 848/2017 [1] että Eurocode [2] -järjestelmän mukaisesti. Eurocode -järjestelmässä keskitytään rakenteiden palonkestävyyteen. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta [1] pohjautuu Maankäyttö- ja rakennuslakiin (132/1999) ja sen pykälään 117b.

Rakennusten paloluokat ovat asetuksen [1] mukaisesti P0, P1, P2 ja P3. Rakennuksen eri osat voivat kuulua eri paloluokkiin, jos palon leviäminen on estetty osien välillä yleensä palomuurimaisella ratkaisulla. Tämä Rakenteiden suunnittelu voidaan tehdä luokitukseen (ns. taulukkomitoitus), tai oletettuun palonkehitykseen perustuen. Kun rakennus suunnitellaan olennaisilta osin toiminnallisesti, tulee sen paloluokan olla P0 ja suunnittelulta vaaditaan useimmiten 3. osapuolen tarkastus. Määritelmä 'olennaisilta osin' on tulkintakysymys, mutta esimerkiksi rakennuksen kantavien rakenteiden suunnittelu vie paloluokan tältä osin paloluokkaan P0. Luokan P0 rakennus vaatii vastuulliselta palotekniseltä suunnittelijalta riittävää pätevyyttä.

## 2. Suunnittelun eteneminen

Toiminnallisen suunnittelun tarkoituksenmukaisuus tulee arvioida projektin alussa yhdessä rakennushankkeeseen ryhtyvän, viranomaisten (Rakennusvalvonta, pelastuslaitos) ja suunnittelijoiden (palo, rakenne, LVI, suunnitelman vaativuuden ja laajuuden mukaan) kesken, josta tehdään pöytäkirja. Tämän jälkeen on suunnittelun vaiheet tehtävä seuraavassa järjestyksessä, jotka tulee myös kirjata pöytäkirjoihin väärinkäsitysten välttämiseksi.

### 2.1 Suunnittelun vaiheet

1. Esitietodokumentti, jossa esitetään yhteistyössä sovitut palon uhkakuvat ja sijainnit, sekä käytettävät menetelmät. Lisäksi määritellään, tarvitaanko ulkopuolinen (3. osapuoli) tarkastus. Ulkopuolisen tarkastajan olisi suositeltavaa olla mukana koko prosessin ajan. Ulkopuolinen tarkastus vaaditaan yleensä, mikäli kohde on olennaisilta osin suunniteltu ja luokitellaan paloluokkaan P0. Tarkastus voi kohdentua myös vain rakennuksen osaan, jossa toiminnallista tarkastelua on tehty.
2. Varsinainen laskennallinen tarkastelu, riskiarvio, simulointi ja selkeä raportti, joka esitellään asianosaisille. Tarkasteluun tehdään kommenttien perusteella tarvittavat täydennykset.
3. Dokumenttien ja ulkopuolisen tarkastuksen raportin toimittaminen ja hyväksyttäminen.
4. Toteutusvaiheen katselmus suunnitelmanmukaisuudesta.
5. Dokumenttien liittäminen kohteen käyttö- ja huolto-ohjeeseen.

Paloteknisessä suunnitelmassa on esitettävä selkeästi mitkä osat on suunniteltu oletettuun palonkehitykseen perustuen ja minkä paloluokan kriteereitä on käytetty arvioinnissa. Hyväksymiskriteerit on esitettävä esitietodokumentissa.

## 2.2 Oletettuun palonkehitykseen perustuvan rakenteiden mitoituksen kulku

Oletettuun palonkehittymiseen perustuvan palomitoituksen kulku voidaan jakaa EN 1991-1-2 [3] mukaisesti osiin:

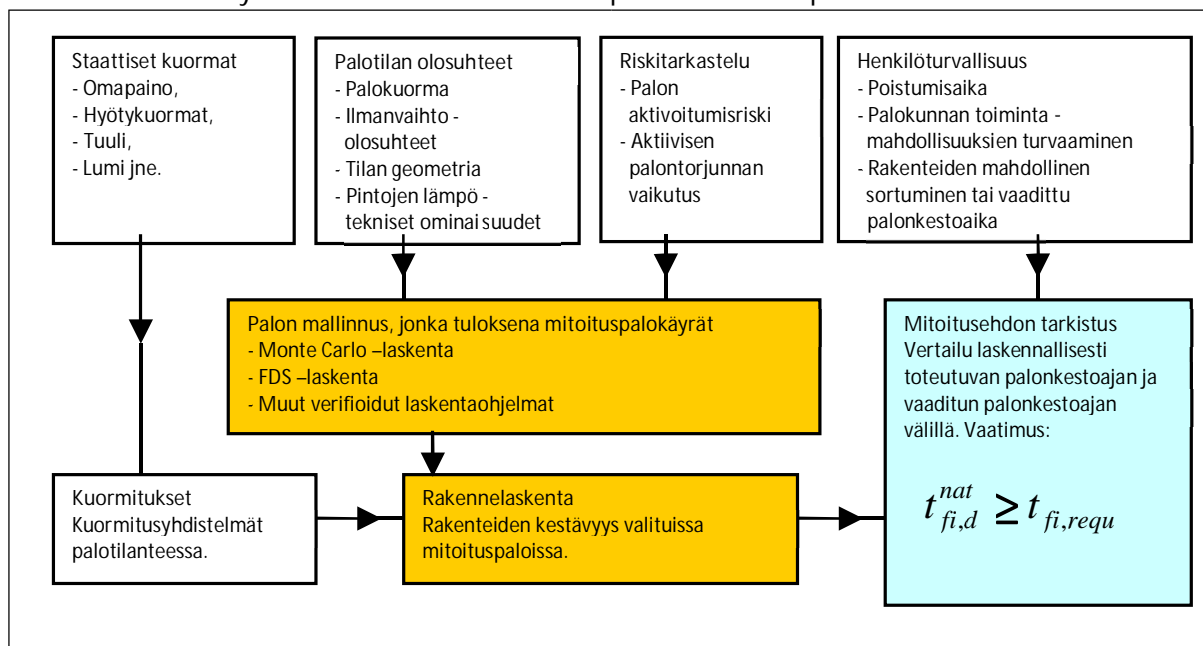
1. Rakennuksessa esiintyvien uhkakuvienv (skenaarioiden) määrittäminen ja valinta
2. Mitoituspalon määrittäminen valituille uhkakuville
3. Rakenteiden lämpötilan kehittymisen laskenta kyseisissä palotilanteissa
4. Rakenteiden mekaanisen käyttäytymisen ja toiminnan laskenta ja iterointi
5. Rakenteiden kestävyden osoittaminen ja dokumentointi

Tarkasteltavat tapaukset esitellään suurimman palokuorman ja syttymistodennäköisyyden perusteella ja ne sijoitetaan tarkastelun kannalta kriittisiin paikkoihin. Palojen sijainnit esitetään pohjapiirroksessa kuvatuilla alueilla. Esitiedoissa perustellaan palomallin käyttö.

Herkkyytarkastelussa voidaan tarkastella esimerkiksi palotehon kasvattamisen seurauksia palonkestoajaan. Lopuksi määritellään hyväksymiskriteerit, joilla toiminnallinen tarkastelu voidaan hyväksyä.

Teräsrakenteiden lämpötilakehitystä voidaan verrata rakennesuunnittelijan laskemiin rakenteiden ja niiden osien kriittisen lämpötilan arvoihin, jos rakenteet ovat sellaisia, että välilliset kuormitukset ja epäsuorat vaikutukset voidaan osoittaa merkitykseltään vähäisiksi. Yleisessä tapauksessa näin ei ole, vaan kriittisten lämpötilojen määrittämiseen tähtäävän tarkastelun tulee ottaa myös esimerkiksi (estetystä) lämpölaajenemisesta aiheutuvat lisäkuormat tai palon aiheuttamasta paikallisesta lujuudenalaniemasta johtuva kuormien uudelleenjakautuminen huomioon. Rakennejärjestelmän jatkuvan sortuman riski on otettava suunnittelussa huomioon.

Kuvassa 1 on esitetty toiminnallisen rakenteellisen palomitoituksen periaate.



Kuva 1. Oletettuun palonkehitykseen perustuva rakenteellinen palomitoitus -kaavio.

## 3. Suunnittelussa käytettävät menetelmät ja ohjelmat

### 3.1 Vakioituihin paloihin perustuvat laskentamenetelmät

Eurocoden osassa SFS-EN 1991-1-2 esitetään palolle altistettujen rakenteiden lämpörasitukset ja mekaaniset kuormat turvallisuusvaatimusten, mitoitusmenettelyiden ja suunnitteluvälineiden näkökulmasta.

SFS-EN 1991-1-2 kansallinen liite sallii oletettuun palonkehitykseen perustuvan suunnittelun ja rakentamisen käyttämällä luonnollisten palon malleja tai muita nimellisiä lämpötila-aikakäyriä. Tämä edellyttää kuitenkin kyseisessä rakennuksessa todennäköisesti esiintyvien tilanteiden arviointia.

Nimellisiä lämpötila-aikakäyriä, joiden ei ole tarkoitus kuvata todellista paloa on esitetty standardissa kolme kappaletta. Standardipalon lämpötila-aikakäyrä, ulkopuolisen palon käyrä ja hiilivetykäyrä. Ne kuvaavat tavanomaisien palojen äärimmäisiä arvoja, eikä niihin voi yhdistää kohteen tai palon ominaisuuksia.

Standardi antaa ohjeet myös paikallisen palon mallin ja vyöhykemallin käyttöön.

### 3.2 Käytettävät ohjelmat

Suunnittelussa käytetään harkinnan mukaan erilaisia hyväksytyjä ohjelmistoja. Esimerkkejä ohjelmistoista on esitetty liitteinä olevissa raporteissa yksityiskohtaisesti. Tässä ohjeessa on esitetty vain esimerkin omaisesti muutama käytössä oleva ohjelmisto.

Tulipalon mallinnuksessa voidaan käyttää tapauskohtaisesti joko paikallisen palon malleja, vyöhykemalleja (esim. OZone-ohjelmisto) tai kenttämalleja (esim. virtauslaskentaa käyttävät CFD ohjelmistot (Computational Fluid Dynamics), kuten FDS (Fire Dynamics Simulator). Kun palon käyttäytyminen on mallinnettu, lasketaan lämmön siirtyminen rakenteisiin ajan funktiona. Yksinkertaisimmillaan tämä voidaan tehdä Eurocoden mukaisilla taulukkolaskentaohjelmistoilla käyttäen peruslämmön-siirtoyhtälöitä, mutta usein tarvitaan tarkempaa analyysiä. Lopuksi pitää vielä suorittaa rakenteiden kestävyyslaskenta, missä voidaan soveltaa eritasoisia rakenneanalyysi ohjelmistoja.

## 4. Suunnittelun dokumentaatio

Kohteen rakennuslupa-asiakirjoihin ja käyttö- ja huolto-ohjeeseen liitetään oletettuun palonkehitykseen perustuvan suunnittelun selvitykset. Asiakirjaliitteet sisältävät lähtötiedot rakennuksesta sekä tehdyt olettamukset perusteluineen. Lisäksi suunnittelussa käytettävät menetelmät ja niiden kuvaus, jossa esitetään laskenta- ja koemenetelmien soveltuvuus rajoituksineen, liitetään rakennuslupahakemukseen. Liitteisiin kuuluvat myös saadut tulokset herkkyysohjeeseen, hyväksymiskriteerit ja tulosten vertailu niihin, sekä analyysien ja johtopäätösten esittäminen viranomaisille. Maankäyttö- ja rakennuslaki edellyttää lisäksi paloturvallisuussuunnittelusta vastaavalta erityissuunnittelijalta, että erityissuunnitelmat täyttävät rakentamista koskevat säännökset ja määräykset ja hyvän rakennustavan vaatimukset. Erityissuunnittelija laatii myös erityissuunnitelmaan rakennustyön aikaisia muutoksia ja laatii rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeen oman erityisosaamisensa alalta. (MRL, §120 c).

## 5. Johtopäätökset

Oletettuun palonkehitykseen perustuva kantavien rakenteiden oletettuun palonkehitykseen perustuva (toiminnallinen) paloturvallisuussuunnittelu on sekä kotimaisissa että eurooppalaisissa viranomaismääräyksissä hyväksytty menettely rakenteiden paloturvallisuuden varmistamiseksi. Suunnittelussa otetaan huomioon rakennuksen yksilölliset ominaispiirteet sekä passiiviset ja aktiiviset palontorjuntatoimet rakenteiden paloturvallisuussuunnittelussa.

Menetelmien käytöllä pyritään saamaan realistinen ymmärrys rakenteiden toiminnasta tulipalossa sekä varmistua rakennuksen kokonaisturvallisuudesta. Ilmiöiden syvällisemmällä ymmärtämisellä ja tarkemmalla analyysillä saavutetaan yhtä hyvä tai parempi turvallisuustaso, kuin yleisillä standardipaloon perustuvilla määräyksillä. Ensisijaisena tavoitteena on varmistua rakennuksessa olevien henkilöiden ja pelastushenkilökunnan turvallisuudesta, toissijaisena tavoitteena pienentää palosta aiheutuvia taloudellisia, aineellisia ja rakenteellisia vahinkoja. Tässä dokumentissa ja sen liitetiedoissa on keskitytty kantavien teräsrakenteiden suunnitteluun.

### Liitteet

1. Raportti, Palohanke Projekti, Osatehtävä 1, A-Insinöörit Oy, 2019
2. Raportti Palohanke Projekti, Osatehtävä 2, Ramboll Finland Oy, 2019

### Viitteet

1. Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL), (5.2.1999/132), Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L20P149d>
2. Pelastuslaki, (29.4.2011/379), Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379>
3. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen paloturvallisuudesta (848/2017).
4. Eurocodejärjestelmä liittyen kantaviin teräsrakenteisiin
  - a. SFS-EN 1990+A1+AC, 2010. Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet. Korvaa standardin SFS-EN 1990:2002 ja SFS-ENV 1991-1:1995. Suomen standardoimisliitto SFS: 1+184 s.
  - b. SFS-EN 1991-1-2+AC, 2016. Eurocode 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-2: Yleiset kuormat. Palolle altistettujen rakenteiden kuormitukset. 2. painos. Korvaa standardin SFS-EN 1991-1-2+AC:2004. Suomen standardoimisliitto SFS: 1+102 s.
  - c. SFS-EN 1993-1-1, 2010. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Korvaa standardin SFS-ENV 1993-11:1993. Suomen standardoimisliitto SFS: 1+99 s.
  - d. SFS-EN 1993-1-2, 2010. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Rakenteen palomitoitus. Korvaa standardin SFS-ENV 1993-1-2:1996. Suomen standardoimisliitto SFS: 1+75 s.
  - e. SFS-EN 1993-1-4, 2010. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-4: Yleiset säännöt. Ruostumattomia teräksiä koskevat lisäsäännöt. Korvaa standardin SFS-ENV 1993-1-4:1999. Suomen standardoimisliitto SFS: 1+37 s.
  - f. SFS-EN 1993-1-12, 2009. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-12: EN 1993 laajennus teräslajeihin S700 asti. Suomen standardoimisliitto SFS: 1+11 s.



# Teräsrakenteiden oletettuun palonkehitykseen perustuva suunnittelu