Teräsrunkoisen rakennuksen tulipalo

16.2.2026

Johdanto

Teräsrunkoisen rakennuksen paloteknisiä riskejä pidetään yleensä suurempana kuin muista materiaaleista rakennettujen rakennusten. Tämän takia niiden suunnittelussa rakennuksen palosuojaus on tärkeämmässä roolissa kuin muilla vastaavilla rakennuksilla. Suojaukset hidastavat palon leviämistä ja antavat lisäaikaa sammutustoimenpiteille, ja parhaassa tapauksessa ne voivat tyrehdyttää mahdollisen palon alun, jos palavaa materiaalia ei ole liikaa alkukipinän ympäristössä. Silloin tällöin tulipaloja kuitenkin sattuu kaikesta varautumisesta huolimatta. Syyt ovat moninaisia, joko ihmisen omasta toiminnasta tai luonnonvoimista johtuvia.

Yksi merkittävimmistä tulipalon aiheuttavista syistä on salamanisku. Erityisesti korkeiden rakennusten ollessa kyseessä, niihin asennetaan usein ukkosenjohdattimia, jotka ohjaavat iskun tuoman suuren energiahuipun turvallisesti jonnekin maaperään tai kallioon. Usein varsinainen isku sattuu kuitenkin jonnekin aivan muualle kuin kohteena olevaan rakennukseen. Sähköjohdot tai -kaapelit johdattavat korkean iskuenergian kaukaakin itse rakennukselle. Monien sähkölaitteiden suojaksi on kehitetty erilaisia teknisiä ratkaisuja, jotka pysäyttävät iskun etenemisen ennen kuin ne saavuttavat itse laitteen tai rakennuksen. Jos isku on energialtaan riittävän tuhoisa, niin tulipalon tuomia menetyksiä, jotka kohdistuvat sekä rakennukseen että sen sisältämään irtaimistoon, on kuitenkin hankala välttää.

Tuollainen salaman aiheuttama palo poltti erään edellisistä projekteistamme tutun yhteistyökumppanimme teollisuushallin omassa maakunnassamme. Hallin koko oli noin 25 m x 80 m. Vakuutusbyrokratian selvittämisen jälkeen oli lopulta selvä asia, että vakuutus korvaa tuhon. Aika onkin siis alkaa kehitellä uutta rakennusta vanhan tilalle. Yritys on sitoutunut vahvasti kiertotalouden toteuttamiseen, ja niin tässäkin nousi

pian keskeiseksi kysymykseksi, voisiko rakennuksen vanhaa teräsrunkoa hyödyntää uudessa rakennuksessa ja missä määrin, vai onko se kokonaan menetetty ja joutaa sulatuksen kautta kierrätykseen materiaalina.

Tämä artikkeli hahmottelee sitä, miten ennen varsinaisia rakenteellisia tutkimuksia on syytä tarkastella asiaa, mistä pitää aloittaa tutkimukset, missä järjestyksessä tehdä ne ja mikä on kunkin toimenpiteen tarkoitus.

Alkuhuomiot palopaikalla

Teräsrunkoisen hallin palovahingon jälkeen on ensiarvoisen tärkeää selvittää, mitkä osat ovat palautuneet alkuperäiseen lujuuteensa ja mitkä ovat vaurioituneet pysyvästi. Teräs ei pala, mutta sen mikrorakenne ja lujuusominaisuudet muuttuvat merkittävästi, kun lämpötila nousee riittävän korkeaksi. Hieman teräslajista riippuen tuo lujuuden palautuminen tapahtuu pääosin, jos teräksen lämpötila jää alle 400..600 °C asteen. Tätä korkeammissa lämpötiloissa teräksen mikrorakenne muuttuu niin, että sen lujuus alkaa heiketä nopeasti lämmönnousun myötä, eikä enää palaudu. Lämpökäsitellyillä erikoisosilla, kuten korkealujuuksisilla ruuveilla ja muttereilla (lujuusluokat 8.8 tai 10.9) mikrorakenne voi muuttua jo 300 °C asteen vaiheilla, ja siksi tällaisissa tapauksissa päätetään yleensä vaihtaa kaikki nämä osat kokonaan uusiin. Palokohteissa tämä johtaa helposti siihen, että vaikka teräsrunkoa voitaisiinkin osittain käyttää uudelleen, niin se tyypillisesti joudutaan purkamaan komponentteihin ja kokoamaan uudelleen. Puretut komponentit on myös helpompi käsitellä yksitellen maan tasolla, kuin yrittää tehdä sitä korkealla hankalissa asemissa ja asennoissa, osana rakenteita. Nämä käsittelyt voivat sisältää puhdistusta, muodonmuutosmittauksia, lujuuteen kohdistuvia mittauksia ja pintakäsittelyjä.

Tulipalon aikana pelastajilla on aina täysi työ palon sammuttamisessa sekä ihmisten ja materiaalien pelastamisessa. Pelastustyön johtaja sen sijaan usein dokumentoi muun työnsä ohessa tilannetta jälkiarviointia ja mahdollista poliisitutkintaa varten. Nykyisin lämpökameratkin ovat jo niin edullisia, että sellainenkin saattaa löytyä työkalupaletista. Rakenteiden tutkinnan yhteydessä onkin syytä aloittaa tutkimalla paloviranomaisten raportit. Sieltä voi löytyä vihjeitä siitä, millä vyöhykkeillä palo on pahiten vaikuttanut ja jos onni potkaisee, niin mahdollisista lämpökuvista voi päästä käsiksi jopa palolämpötiloihin eri rakenteissa.

Kuva 1. Halli sisältä palon jälkeen (kuva: Jorma Tuomisto, 2026).

Eurokoodin mukaan teräksen lujuusominaisuudet palautuvat yleensä lähes ennalleen (n. 90–100 %), jos lämpötila on pysynyt alle tiettyjen rajojen. Yli 400…600 °C asteen lämpötiloissa ja siitä ylöspäin teräksen mikrorakenne muuttuu, teräs menettää lujuuttaan nopeasti, se plastisoituu ja teräskomponentteihin syntyy plastisia niveliä, mikä johtaa nopeasti sortumiin. (SFS-EN 1993-1-2, 2005). Myös komponenttien lämpölaajenema aiheuttaa usein sen, että jäykästi kiinnittyvät sauvarakenteiden osat nurjahtavat. Vielä työmaan jäähdyttyäkin rakenteissa voi piillä yllättävä sortumavaara, joten työturvallisuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Jos lämpötila on noussut yli 600 °C, sitä voidaan arvioida erilaisten merkkien perusteella. Alumiiniosien (sulavat n. 660 °C) tai kuparin (n. 1080 °C) tila ja sulamisjäljet antavat viitteitä maksimilämpötilasta. Jos teräs on hehkunut kirkkaan punaisena, lämpötila on ylittänyt kriittisen rajan. Tässä yhteydessä pelastusviranomaisten tekemät havainnot ja kuvat ovat merkittävä tiedon lähde. Jos rungossa on liittorakenteita, betonin pinnan kunto, esimerkiksi lohkeilu kertoo kuumuuden voimakkuudesta.

Vauriotutkijan ja rakennesuunnittelijan

yhteistyö

Standardien mukaan suunnittelijan tulee arvioida rakenne tiettyjen periaatteiden mukaan. Vaikka teräs näyttäisi suoralta, sen kimmokerroin on voinut muuttua, jos se on jäähtynyt liian hitaasti tai nopeasti (esim. sammutusvesi). Onkin syytä tehdä myötörajan (f_y) ja kimmokertoimen (E) tarkistus. Jos hallissa on dynaamista kuormitusta (esim. siltanosturi), palon aiheuttamat mikrosäröt voivat olla kriittisiä väsymislujuuden kannalta. Palon jälkeen teräksen hiiliekvivalentti saattaa muuttua pinnan hapettumisen vuoksi, mikä vaikuttaa uusien liitosten hitsattavuuteen.

Käyttökelpoisuudeltaan epävarmoille teräskomponenteille suoritetaan teknisiä tarkastuksia. Tarkastetaan 3D-laserskannauksilla, linjalasereilla tai mittatyökaluilla, ovatko pilarit, palkit ja ristikot säilyttäneet suoruutensa (toleranssit). Arvioidaan kannettavalla kovuusmittarilla teräksen lujuuden muutoksia vertaamalla niitä vaurioitumattomiin osiin. Etsitään hitsaussaumoista mahdollisia säröjä esimerkiksi magneettijauhetarkastuksella tai ultraäänitarkastuksella.

Teknisessä kuntokartoituksessa tulee ottaa huomioon useita asioita. Jokaisesta pilarista, palkista ja ristikosta täytetään tarkastuspöytäkirja, joka sisältää:

- Muodonmuutokset: Sallittu poikkeama suoruudesta (yleensä L/1000 tai vastaava valmistustoleranssi).
- Pinnan kunto: Hilseilyn määrä ja oksidikerroksen paksuus.
- Kovuusarvot: Brinell- tai Rockwell-kovuusmittaukset vähintään kolmesta pisteestä per komponentti.
- Liitostyyppi: Tarkastus, ovatko hitsit murtuneet lämpölaajenemisen aiheuttamien jännitysten vuoksi.

Yksi uudelleenkäytön suurimmista haasteista on CE-merkinnän säilyttäminen. Kun teräskomponentti irrotetaan ja käytetään uudelleen, alkuperäinen suoritustasoilmoitus (DoP) ei välttämättä ole enää voimassa. Rakennustuoteasetus vaatii, että uudelleenkäytettävän teräksen ominaisuudet on todennettava vastaamaan uutta rakennuskohdetta (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 2024/3110). Vaatimus ei tule yhdestä artikla-kohdasta, vaan perustuu asetuksen rakenteeseen: kun käytetyt tuotteet sisällytetään yhdenmukaistettujen teknisten eritelmien piiriin, niiden on täytettävä samat suoritusvaatimukset kuin uusilla tuotteilla (artikla 13), mutta menettelytaakka voi olla kevyempi. Käytännössä tämä tarkoittaa usein materiaalitestien teettämistä laboratoriossa (vetokokeet). Näiden tekemiseen itsessään SEAMKilla onkin valmiudet, mutta näytteen irrottaminen ja sen valmistelu testiä varten on sitten aina eri haaste, jossa voidaan joutua käyttämään muita osapuolia.

Case-kohteen tutkinnan alkuvaiheet

Tutkimuscasessa kohteen arviointi aloitetaan 3D-laserskannauksella (BuildingPoint Finland, 2021; MittausGroup Oy., i.a; Wang & al., 2024). 3D-laserskannaus on nykyaikainen ja tarkka menetelmä teräsrakenteiden geometrian mittaamiseen. Kiinassa on esimerkiksi skannattu menestyksellä käytöstä poistettu laiva, jonka piirustuksia ei ollut enää saatavilla. Skannauksessa aluksen teräsrakenteiden kunto määritettiin tarkasti, rakenteille tehtiin skannaustiedostojen pohjalta FEA-analyysi, ja tutkimusten jälkeen alus valmisteltiin uusiokäyttöön kauppakeskukseksi maan pinnalle sijoitettuna. Kohteen teräspalkeissa oli paljon alun perin suunniteltuja sekä myöhemmin tehtyjä reikiä, jotka tulivat tässä yhteydessä kartoitetuksi ja niiden vaikutus kantavuuteen sittemmin määritetyksi FEA-analyysissä. Tässä tulikin esiin eräs skannauksen

keskeisistä eduista vanhojen rakenteiden tutkimuksissa.

3D-laserskannauksessa skanneri lähettää lasersäteen, joka heijastuu kohteen pinnalta takaisin, ja laitteen anturi mittaa etäisyyden ja kulman. Tuloksena syntyy pistepilvi (point cloud), joka muodostaa digitaalisen 3D-mallin rakenteesta. Ennen mittausta rakenteen pinta tulisi puhdistaa karkeimmista epäpuhtauksista. Skannerin sijoittelu suunnitellaan siten, että kaikki tarkastettavat alueet saadaan katettua riittävällä tarkkuudella. Yleensä tarvitaan useita skannauspisteitä kattavan mittauksen saavuttamiseksi. Laserskanneri asetetaan stabiilille alustalle ja suoritetaan skannaukset eri pisteistä. Modernit skannerit voivat kerätä miljoonia mittapisteitä minuutissa. Mittaustarkkuus on tyypillisesti muutamia millimetrejä, riippuen laitteesta ja etäisyydestä. Skannausetäisyys vaikuttaa luonnollisesti tarkkuuteen ja sitä onkin mahdollista parantaa hakeutumalla lähemmäs kohdetta, esimerkiksi saksilavalla lähelle kattoristikoita.

Mittauksessa käytetään referenssikohteita tai -merkintöjä, jotka mahdollistavat eri skannauksien yhdistämisen samaan koordinaatistoon. Raakadatasta poistetaan kohinaa ja virheellisiä pisteitä. Eri skannauspositioista saadut pistepilvet rekisteröidään eli yhdistetään yhtenäiseksi malliksi. Skannattua mallia verrataan alkuperäisiin suunnitelmamalleihin (CAD-malli) tai toleransseihin. Ohjelma laskee poikkeamat ja visualisoi ne värikarttoina, missä eri värit osoittavat poikkeamien suuruutta. Näin vältetään suuri määrä hankalaa käsityötä.

Keskeisiä tarkistettavia asioita ovat palkkien ja pilarien suoruus ja pystysuoruus, liitosten sijainnin tarkkuus, rakenteen kokonaisgeometria, taipumat ja väännöt sekä asennusmittojen toteutuminen.

Tulosten tulkinta ja hyväksyttävyyskriteerit

Suomessa teräsrakenteiden toleranssit määritellään ensisijaisesti standardin EN 1090-2 mukaan, joka on eurooppalainen teräsrakenteiden toteutusstandardi. Lisäksi sovelletaan standardia SFS-EN 1993 (Suomen Standardisoimisliitto (SFS), 2005).

Pilarien ja palkkien tyypillisiä toleranssivaatimuksia ovat suoruuden suhteen tyypillisesti L/1000 (missä L on jänneväli), maksimi 10-15 mm. Pystysuoruuden suhteen vaatimus on tyypillisesti 5-10 mm koko korkeudelta. Kierto pituusakselinsa ympäri saa olla tavallisesti alle 1-2 mm/m.

Liitosten pulttireikien sijaintipoikkeama voi olla ±2-3 mm ja liitospintojen taso- ja kulmapoikkeamat muutamia millimetrejä. Kokonaisrakenteen osalta kehän pystysuoruus voi olla ±10 mm yksittäiselle kerrokselle, rakennuksen korkeus huomioiden. Jännevälien poikkeamat saavat olla tyypillisesti ±5 mm.

EN 1090-2 määrittelee toleransseille kaksi pääluokkaa: Luokka 1: normaalit toleranssit (useimmat rakennukset) ja Luokka 2: tiukat toleranssit (erityisrakenteet).

Poikkeamien arviointi ja dokumentointi

Jos mitatut arvot ovat toleranssirajojen sisällä, komponentti hyväksytään. Pienet ylitykset voivat olla hyväksyttäviä, jos ne eivät vaikuta rakenteen toiminnallisuuteen tai turvallisuuteen. Toleranssien ylittyessä merkittävästi arvioidaan: 1) Voidaanko poikkeama hyväksyä laskennallisesti (lisälaskenta), 2) Tarvitaanko

korjaavia toimenpiteitä (oikaisu, vahvistus) vai 3) Onko komponentti hylättävä ja vaihdettava

Kaikki mittaustulokset, poikkeamat ja tehdyt päätökset dokumentoidaan huolellisesti. Tämä on tärkeää laadunvarmistuksen ja mahdollisten myöhempien tarkastusten kannalta. 3D-laserskannaus tarjoaa objektiivisen ja tarkan mittausdatan, nopean tavan mitata suuria rakenteita, digitaalisen arkiston rakenteen todellisesta geometriasta, mahdollisuuden havaita ongelmat varhaisessa vaiheessa ja perustan laadunvalvonnalle ja dokumentoinnille.

Menetelmä on erityisen hyödyllinen suurissa teollisuushallien ja liikekeskusten rungoissa sekä korjausrakentamisessa, kun halutaan selvittää olemassa olevan rakenteen todellinen geometria.

Komponenttien puhdistus

3D-laserskannauksen, pintakovuusmittausten ja komponenttien uudelleenkäytön ja siihen liittyvän uuden pintakäsittelyn kannalta on välttämätöntä, että komponentit puhdistetaan huolellisesti noesta, vanhoista maalinjätteistä ja ruosteesta. Tähänkin työhön on tarjolla nykyisin modernia tekniikkaa laserpuhdistuksen muodossa.

Laserpuhdistus on osoittautunut tehokkaaksi ja tarkaksi menetelmäksi teräsrakenteiden, puhdistamisessa paksusta ruosteesta ja maalikerroksista, tarjoten verrattain hyvän puhtaustason perinteisiin menetelmiin, kuten kulmahiomakoneeseen tai hiekkapuhallukseen verrattuna (Li, ym. 2020).

Menetelmä poistaa oksidit lähes täydellisesti paljastaen puhtaan metallipinnan. Esimerkiksi laserpuhdistetun pinnan rautapitoisuus voi nousta yli 90 prosenttiin hapen osuuden jäädessä alle 3 prosenttiin, mikä parantaa merkittävästi pinnan korroosionkestävyyttä ja uuden maalipinnoitteen tarttuvuutta (He, Cai, & Ye, 2023).

Puhdistusprosessin optimoimiseksi on kehitetty integroituja menetelmiä, joissa yhdistetään pulssilaserin ja jatkuvatoimisen (CW) laserin edut: pulssilaser rikkoo oksidikerroksen ablaation ja plasmasokkiaaltojen avulla, kun taas jatkuva laser tasoittaa pulssien aiheuttamat kraatterit, mikä vähentää pinnan karheutta ja tehostaa puhdistusta (Zhang ym., 2025). Kuitenkin nämä yhdistelmät ovat kalliita. Ablaatio tarkoittaa prosessia, jossa materiaalia poistuu kappaleen pinnalta jonkin voimakkaan vaikutuksen seurauksena. Esim. avaruusalusten lämpösuojat: pinta höyrystyy tai palaa pois, jolloin se vie lämpöä mukanaan ja suojaa alla olevaa rakennetta.

Puhdistuksen lisäksi laserilla on materiaalia lujittava vaikutus, koska nopea kuumenemis- ja jäähtymissykli synnyttää pintaan hienorakeisen kerroksen (fine grain layer), joka voi nostaa pinnan kovuuden jopa kaksinkertaiseksi perusmetalliin nähden. Rakenteille kovuusmittausta tehtäessä on huomioitava laserpuhdistuksen aiheuttamat kovuuden muutokset. Kovettunut pinta ulottuu tyypillisesti 0,1 mm syvyyteen. Kovuusmittauksen yhteydessä mittauskohdan pinnasta on hiottava vastaava puhdistuksessa kovettunut kerros pois. Tämä toimenpide mahdollistaa totuudenmukaiset kovuusmittaustulokset (Li ym., 2020).

Lopuksi

3D-laserskannauksen tulosten tarkastelu luo pohjan jatkotutkimuksille kuten kovuusmittaukset, NDT-tutkimukset, näytteenotot ja niille tehtävät vetokokeet. Näiden pohjalta on mahdollista ratkaista teräskomponenttien kelpoisuus uudelleenkäyttöön. Case-kohteen edetessä palataan sitten aikanaan tutkimuksen toteutukseen ja tuloksiin eri artikkeleissa.

Artikkeli on osa Europan unionin osarahoittamaa MaaRaksa, kehitys- ja investointihanke – Uutta suuntaa ja elinvoimaa maanrakennus- ja rakennusalan pk-yrityksiin Etelä-Pohjanmaalla -hanketta. Lue lisää hankkeen verkkosivuilta: Maaraksa
Jorma Tuomisto
TKI-asiantuntija
Digitaaliset ja älykkäät teknologiat
SEAMK

Kirjoittaja on tehnyt pitkän työuran SEAMKin rakennustekniikan laboratoriossa ja toiminut samaan aikaan sivutoimisena opettajana rakennustekniikkaan ja kestävään kehitykseen liittyen. Tällä hetkellä hän työskentelee SEAMKissa TKI-asiantuntijana rakentamiseen ja kiertotalouteen liittyen MaaRaksa-hankkeessa. Jatkossa on alkamassa myös KiertoRaksa -projekti, jossa paneudutaan erityisesti teräsrakenteiden uusiokäyttöön. Kiitän rahoituksesta Etelä-Pohjanmaan Liittoa ja Maaraksa-hanketta, joka on Euroopan unionin osarahoittama hanke.

Juho Pirttilahti
TKI-asiantuntija
Digitaaliset ja älykkäät teknologiat
SEAMK

Kirjoittaja toimii projektipäällikkönä ROHITVA – Robottihitsauksen tekniikat valmistavan teollisuuden pk-yrityksessä- hankkeessa. Hankkeen aikana on tutkittu laserhitsausmenetelmiä ja osana hanketta kartoitetaan Seinäjoen ammattikorkeakoulun tiloihin laserhitsaukseen soveltuvaa automaattista robottisolua. Kirjoittajan henkilökohtainen kiinnostus on koneturvallisuuteen liittyvät tekijät.

Lähteet

BuildingPoint Finland. (18.8.2021). *3 tapaa hyödyntää 3D-laserkeilausta rakennustyömaalla*. https://buildingpointfinland.fi/3-tapaa-hyodyntaa-3d-laserkeilausta-rakennustyomaalla/

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (2024/3110). https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/3110/oj

Li, X., Wang, D., Gao, J., Zhang, W., Li, C., Wang, N., & Lei, Y. (2020). Influence of ns-laser cleaning parameters on the removal of the painted layer and selected properties of the base metal. *Materials, 13*(23), 5363. https://doi.org/10.3390/ma13235363

MittausGroup Oy. (i.a.). *Laserkeilaus tarjoaa tarkat lähtötiedot laadukkaan suunnittelun perustaksi*.

https://www.mittausgroup.fi/palvelut/laserkeilaus/

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2018 Eng/2024 Fin). *Liite A: Teräsrakenteiden toteuttaminen: Ohjeita toteutuseritelmän laatimiseksi*. (SFS-EN 1090-2)

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2003). *Kansallinen liite: Rakenteiden lujuus ja vakaus – Rakenteiden kuormat*. (SFS-EN 1991-1-2.)

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2005). *Eurokoodi 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleiset säännöt. Palomitoitus*. (SFS-EN 1993-1-2)

Wang, K., Zhang, G., Yi, T., & Zha, X. (2024). Research on new method for safety testing of steel structures—Combining 3D laser scanning technology with FEA. *Buildings, 14*(8), 2583. https://doi.org/10.3390/buildings14082583

Zhang, W., Wang, C., Wu, Q., Yan, F., Zhu, G., & Wang, J. (2025). Oxide removal mechanism and process optimization during integrated pulsed-continuous laser cleaning of Q235B carbon steel. *Materials, 18*(6), 1247. https://doi.org/10.3390/ma18061247