

ENNUS-Teräs

Teräsrakenteiden käyttöiän ennakointi

Sirje Vares, Tuomo Ojanen, Pekka Pohjanne, Tarja Häkkinen

VTT:n tutkimusraportti VTT-R-08192-08

Teräskenteiden käyttöikämitoitus kerroinmenetelmällä		
tänne kirjoitetaan tarkastettavan kohteen tunnus		
95 %	Julkisivut, sandwich elementti	
Valitse varmuustaso	Valitse rakenne	
Käyttöikä		28,7 vuotta
RSLC	Vertailukäyttöikä	45
A	Materiaalit	1,11
B	Rakenneratkaisut	1,03
C	Toteutus	1,00
D	Käytöstä aiheutuvat rasitukset	0,70
G	Huollon taso	0,80
Ohje		
Tulostus		

VTT 23.05.2008

Tiivistelmä

Tässä julkaisussa esitetään teräsrakenteiden kuten tuuletettujen julkisivujen, sandwich elementtien, kaksoiskuorijulkisivujen, ohutlevykatteiden ja runkorakenteiden käyttöiän ennakkoinnin periaatteet perustuen standardin ISO 15687-1.

Standardin ISO 15687-1 esittelemä menetelmä on tarkoitettu rakenteiden käyttöikäsuunnitteluun. Menetelmä tunnetaan kerroinmenetelmällä, koska siinä käyttöiän ennakointi tehdään kertomalla vertailukäyttöikä eri tekijät huomioonottavilla kertoimilla. Kertoimet kattavat materiaalien laadut, rakenteelliset yksityiskohdat suunnittelusta, työnsuorituksesta, ympäristö- ja käyttörasituksista sekä huollon tason vaikutukset. Ohjelma käyttää vertailukäyttöikänä numeroarvoa, joka edustaa yleisesti arvioitua tyypillistä käyttöikää kohteessa.

Kertoimien arvot perustuvat valmistajien asiantuntemukseen koskien materiaaleja ja valmistusprosesseja, valmistajien tietoihin perustuen kirjallisuuteen, testauksiin ja tutkimuksiin sekä VTT:n tutkijoiden asiantuntemukseen koskien materiaalien vaurioitumismekanismeja ja mallintamista.

Kertoimien arvot eivät perustu yksittäisten kokeiden tuloksiin, vaan ne ovat asiantuntija-arvioita, jotka on laadittu hankkeeseen osallistuneiden asiantuntijoiden toimesta ja käsitelty yhteistyössä. Kertoimien arvot eivät näin ollen ole absoluuttisia ja suurin epävarmuus liittyy eri kertoimien yhteisvaikutukseen. Pyrkimyksenä on kuitenkin ollut saada prosessin tuloksissa näkyviin muutosten vaikutusten suunta ja merkitys kokonaisuudelle. Tarkoituksena on ollut tuottaa ensimmäinen aineisto avoimeen prosessiin, jossa lopputulos vähitellen tarkentuu käyttäjien ja asiantuntijoiden toimesta.

Alkusanat

Tutkimus perustuu VTT:n aikaisempaan omarahoitteiseen tutkimukseen ”Käyttöään ennakoinnin metodiikka tuotekehityksen ja elinkaarisuunnittelun tarpeisiin” (1997) sekä TEKES-hankkeeseen ”Rakennusmateriaalien ja – tuotteiden käyttöään ennakointi” (2001). Projektien tuloksena kehitettiin käyttöikälaskentamallit betoni-, puu- ja teräsjulkisivuille sekä teräskatteille. Nämä mallit muokattiin Excel-ohjelmien muotoon betoni-, puu- ja terästuotteiden osalta, minkä tuloksena on sarja ns. ENNUS-ohjelmia rakenteiden käyttöään ennakointiin.

Projekti käynnistettiin teollisuuden johdolla vuonna 2006 ja siinä päätehtävänä oli muokata ENNUS-Teräs käyttöikälaskentamallia uusilla tuoterakenteilla sekä materiaalivaihtoehtoilla. Tuloksena syntyi päivitetty ENNUS-Teräs laskentaohjelma.

Projektin johtoryhmään kuuluivat seuraavat teollisuus- ja rahoittajayritysten edustajat kuten:

Olli Kaitila,	TRY
Pekka Yrjölä,	TRY
Jukka Säynäjäkangas,	Outokumpu Stainless Oy
Janne Tanhuanpää,	Rautaruukki Oyj
Tapio Harju,	Boliden
Esa Juutti,	Teknos Oy
Juha Valjus,	Finnmap Consulting Oy
Olavi Tenhunen,	Finnmap Consulting Oy

Projektipäällikkönä oli Tarja Häkkinen ja hänen lisäksi tutkimusryhmään kuuluivat VTT:n tutkijat: Pekka Pohjanne, Tuomo Ojanen ja Sirje Vares.

Sisällysluettelo

Alkusanat.....	3
1. Johdanto	6
1.1 Tausta.....	6
2. Käyttöikä ja sen laskennan periaatteet.....	8
2.1 Käyttöikäsuunnittelu standardin ISO 15686 mukaisesti	8
2.2 Ennakoitu käyttöikä ENNUS-Teräs -ohjelmassa.....	9
2.3 Esteettinen ja tekninen käyttöikä	10
3. Ympäristöolosuhteet.....	11
4. ENNUS-Teräs ohjelman rakenne.....	12
5. Rakenne- ja suunnittelukertoimet.....	22
5.1 Tuulettut julkisivu- ja katerakenteet	22
5.1.1 Sadeveden tunkeutumisriski.....	22
5.1.2 Tuuletus.....	23
5.1.3 Katteen kallistuskulma.....	25
5.1.4 Lämpötilatasot.....	25
5.1.5 Kiinnikkeet.....	26
5.1.6 Rakenteen suunnittelun kokonaiskerroin.....	26
5.2 Kaksoiskuorijulkisivurakenne.....	28
5.3 Runkorakenteet	30
5.4 Tuulettamaton sandwich-rakenne – käytönaikainen rasisuskerroin.....	31
6. Materiaaliominaisuudet	33
6.1 Teräkset.....	34
6.2 Sinkki ja sinkkipinnoitteet	34
6.3 Maalipinnoitteen kestävyys	38
6.4 Ilmastorasitusta kestävät teräkset (COR-TEN teräkset).....	41
6.5 Ruostumattomat teräkset	42

7. Toteutus	52
8. Käytöstä aiheutuvat rasitukset	53
9. Rakenteen huolto	57
10. Yhteenveto ja loppupäätelmät.....	59
Lähdeluettelo	61

1. Johdanto

1.1 Tausta

Standardi ISO 15686 määrittelee rakennuksille ja rakennusosille kaksi ikää. Suunnittelukäyttöikä on omistajan tai häntä edustavan rakennuttajan asettama rakennuksen tai rakennusosan käyttöikätaavoite. Ennakoitu käyttöikä on rakennuksen tai rakennusosan käyttöikäarvio kohteessa. Käyttöikäarviota tehtäessä otetaan huomioon käytetyt materiaalit, rakennesuunnittelu, työn suoritus, ympäristöolosuhteet, käyttöärsitukset ja huollon taso. Suunnittelijan tehtävänä on huolehtia, että rakennuksen tai rakennusosan ennakoitu käyttöikä on pitempi kuin sen suunnittelukäyttöikä.

Rakennuksien ja sen osien käyttöiän ennakointi on tärkeää, jotta voidaan varmistaa rakennuksen haluttu elinkaaren aikainen toimivuus. Rakennusosien käyttöiän arviointimalleja ja käyttöikäarvioita tarvitaan rakennuksen kunnossapidon hallinnan työkalujen kehittämisessä ja kunnossapidon toimenpiteiden suunnittelussa. Oikea-aikaisilla sekä oikeantyyppisillä ja -laajuisilla kunnossapitotoimenpiteillä on puolestaan suuri merkitys omistamisen tuottavuuteen ja kiinteistön käyttäjien tyytyväisyyteen.

VTT:n aikaisemmassa tutkimushankkeessa, ”Julkisivujen ja katteiden käyttöiän ennakointi”, kehitettiin julkisivu- ja katemateriaaleille käyttöiän ennakoinnin menetelmiä tuote-kehityksen ja elinkaarisuunnittelun tarpeisiin. Menetelmät kehitettiin betoni-, puu- ja teräsjulkisivuille sekä bitumikermi-, teräsohutelvy- ja betonitiilikatteille käyttäen pohjana standardissa ISO 15686-1 määriteltyä kerroinmenetelmää. Hanke päättyi vuonna 2001. Kehitetyt mallit muokattiin VTT:ssä Excel-ohjelmien muotoon betoni-, puu- ja teräsjulkisivujen suhteen, minkä tuloksena on sarja ns. ENNUS-ohjelmia rakenteiden käyttöiän ennakointiin. Kehitettyjä käyttöiän laskentamalleja on käytetty hyväksi tässä tutkimuksessa. ja tuloksena on syntynyt uusi versio terästuotteiden käyttöikä-laskentaohjelmasta ENNUS-Teräs.

ENNUS-Teräs -ohjelman uutta versiota on täydennetty siten, että ohjelman avulla voidaan nyt ennakoida erilaisten teräsrakenteiden käyttöikä. Ohjelmalla voi käsitellä seuraavia tuotteita:

- paikalla rakennettu tuuletettu teräsrakenteinen julkisivu,
- sandwich-elementti,
- kaksoiskuorijulkisivu, jossa julkisivuna on lasi ja takana teräsrakenne,
- teräskatteet,
- teräsrakenteiset runkorakenteet.

Lisäksi ohjelmaan mallinnettiin säänkestävä COR-TEN -teräs ja ruostumattomia terästuotteita seuraavasti: perinteinen austeniittinen ruostumaton krominikkeliteräs, ferriittinen ruostumaton teräs, ns. haponkestävä molybdeenisaosteinen ruostumaton teräs ja Mn-seosteinen austeniittinen ja Mn-seosteinen duplex ruostumaton teräs. Ohjelmaa täydennettiin myös sinkittyjen tuotteiden osalta siten, että mukana ovat Aluzink, massiiviset sinkkirakenteet ja valssattu sinkkikate.

Samalla täydennettiin ENNUS-Teräs -menetelmää ja -ohjelmaa myös maalatun teräspinnan esteettisen käyttöiän ennakoinnin arvioinnilla niin esteettisen kuin teknisen turmeltumisen suhteen.

2. Käyttöikä ja sen laskennan periaatteet

2.1 Käyttöikäsuunnittelu standardin ISO 15686 mukaisesti

ISO 15686-1 Service life planning- Part 1 General Principles määrittelee käyttöikäsuunnittelun päävaiheet ja käyttöiän arvioinnin periaatteet.

Tavoiteasetannan yhteydessä rakennukselle asetetaan käyttöikätaavoite, määritellään vaadittu toimivuus ja sen menetyksen kriteerit. Tavoiteasetannan yhteydessä määritellään myös, mitkä rakennuksen komponentit on tarpeen rakennuksen käyttöiän aikana kunnostaa, korjata tai korvata uusilla.

Alustavien suunnitteluratkaisujen valinnan yhteydessä tarkistetaan, onko tavoiteltu käyttöikä saavutettavissa, kun otetaan huomioon hankkeen budjetti, aikataulu ja toimivuusvaatimukset. Tarkistetaan, täyttääkö suunnitelma rakennukselle asetetut toimivuusvaatimukset. Lisäksi tarkistetaan, onko mahdollista toteuttaa tarpeelliset uusimiset, kunnossapidot ja korjaukset aiheuttamatta huomattavaa häiriötä rakennuksen käytölle.

Yksityiskohtaisen suunnittelun yhteydessä valitaan materiaalit ja komponentit. Osana käyttöikäsuunnittelua tarkistetaan, että komponentit ovat yhteensopivia rakennuksen toimivuusvaatimusten kanssa. Tässä yhteydessä otetaan huomioon ympäristöolosuhteet, työn toteutus ja materiaalien pinnoitukset sekä huollon ja kunnossapidon tarpeet.

Komponenttien käyttöiän arviointia varten ISO 15686-1 suosittelee menetelmää, jossa käyttöikä arvioidaan käytännön kokemusten, kenttäkokeiden ja/tai kiihdytettyjen kokeiden sekä tulosten analyysin perusteella.

ISO 15686-1 suosittelee myös ns. kerroinmenetelmää. Kerroinmenetelmän mukaisesti referenssikäyttöikä voidaan määrittää seuraavan informaation pohjalta:

- Valmistajan tuottama aineisto; tämä informaatio voi olla yksittäinen luku tai kuvata tyypillistä käyttäytymistä
- Informaatio, joka pohjautuu käyttökokemuksiin ja havaintoihin vastaavista kohteista
- Informaatio, joka pohjautuu kansallisen tai kansainväliseen sertifikaattiin tuotteen kestävyydestä
- Yleinen kirjallisuuteen pohjautuva tieto

- Rakentamista säätelevät standardit

Parhaimmassa tapauksessa referenssikäyttöikä tieto pohjautuu kuitenkin kokonaisvaltaiseen prosessiin, jossa edellä kuvatun mukaisesti käyttöikä arvioidaan käytännön kokemusten, kenttäkokeiden ja/tai kiihdytettyjen kokeiden sekä tulosten huolellisen analyysin perusteella.

Ennakoitu käyttöikä kohteessa tarkennetaan ottamalla huomioon seuraavat tekijät: komponenttien laatu (A), suunnittelun laatu (B), työn suorituksen laatu (C), sisäolosuhteiden laatu (D), ympäristöolosuhteiden (ulko-olosuhteiden) laatu (E), käyttöolosuhteiden laatu (F) sekä huollon ja kunnossapidon taso (G).

Standardin ISO 15686-1 kerroinmenetelmän mukaan:

Ennakoitu käyttöikä = A * B * C * D * E * F * G * Referenssikäyttöikä

2.2 Ennakoitu käyttöikä ENNUS-Teräs -ohjelmassa

ENNUS-Teräs -ohjelmaa voidaan luonnehtia seuraavasti ISO 15686 -standardin määrittäisiin nähden:

- Ohjelman avulla voi ennakoida tuotteen käyttöikä kohteessa ottaen huomioon materiaalien, ympäristö- ja käyttöolosuhteiden sekä toteutuksen ja kunnossapidon laatu.
- Ohjelma käyttää referenssikäyttöikänä numeroarvoa, joka edustaa yleisesti arvioitua tyypillistä käyttöikä kohteessa.
- Ennakoitu käyttöikä kohteessa saadaan kertomalla "oletettua tyypillistä käyttöikä" kuvaava referenssikäyttöikä kertoimilla.
- Erityisesti materiaalien laatu ja ympäristöolosuhteet vaikuttavat ratkaisevasti käyttöikään rasittavissa ympäristöolosuhteissa.
- Kertoimien arvot perustuvat valmistajien asiantuntemukseen koskien materiaaleja ja valmistusprosesseja, valmistajien tietoihin perustuen kirjallisuuteen, testauksiin ja tutkimuksiin sekä VTT:n tutkijoiden asiantuntemukseen koskien materiaalien vaurioitumismekanismeja ja mallintamista.

- Kertoimien arvot eivät perustu yksittäisten kokeiden tuloksiin, vaan ne ovat asiantuntija-arvioita, jotka on laadittu hankkeeseen osallistuneiden asiantuntijoiden toimesta ja käsitelty yhteistyössä. Kertoimien arvot eivät näin ollen ole absoluuttisia ja suurin epävarmuus liittyy eri kertoimien yhteisvaikutukseen. Pyrkimyksenä on kuitenkin ollut saada prosessin tuloksissa näkyviin muutosten vaikutusten suunta ja merkitys kokonaisuudelle. Tarkoituksena on ollut tuottaa ensimmäinen aineisto avoimeen prosessiin, jossa lopputulos vähitellen tarkentuu käyttäjien ja asiantuntijoiden toimesta.

2.3 Esteettinen ja tekninen käyttöikä

Ohjelman perusajatuksena on, että teräsrakenteiden ja -julkisivujen ja katteiden käyttöiän peruskriteereinä ovat:

- Kaikkien näkyvillä olevien pintojen kohtuullinen ulkonäön säilyminen
- Seinärakenteiden rakennusfysikaalinen toiminta, joka estää veden kertymisen rakenteisiin
- Katteiden ja julkisivujen vedenpitävyys
- Pilarien ja palkkien kantavuus

Ohjelmassa kertoimet on valittu siten, että ym. kriteerit toteutuvat aina. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että useimmissa tapauksissa ulkonäön kohtuullinen säilyminen tulee käyttöiän kriteeriksi. Ohjelma ottaa kuitenkin huomioon pinnoitteiden uusimisen (rajoitetut uusimiskerrat).

Ohjelma ei laske yli sadan vuoden käyttöikä. Sellaisissa tapauksissa, joissa valmistaja ei lainkaan suosittele esimerkiksi jotain tiettyä materiaalikombinaatiota oletetun huonon kestävyuden takia, ohjelma antaa käyttöikäarvioksi 0 vuotta.

3. Ympäristöolosuhteet

Ympäristörasitusluokkien määrittelyssä on käytetty standardiin ISO 12944 perusteita. Ilmastorasitusluokkien esimerkkikuvaukset tyypillisissä lauhkean ilmaston ulkoilmaympäristöissä ovat:

- C 1: Hyvin lievät olosuhteet (lämmin sisätila),
- C 2: Lievät olosuhteet – Maaseutualueet (ulko-oloissa epäpuhtauksien määrä alhainen; sisätilat lämmittämättömiä),
- C 3: Kohtalaiset olosuhteet - Kaupunki- ja teollisuusolosuhteet (ulko-oloissa alhaiset/kohtalaiset rikkidioksidikuormitukset; rannikkoalueet, joilla alhainen suolarasitus; tuotantotilat, joissa korkea kosteuspitoisuus),
- C 4: Ankarat olosuhteet - Teollisuus- ja rannikkoalueet (kohtalainen suolarasitus)
- C 5-I: Erittäin ankarat olosuhteet – Teollisuusalueet (korkea kosteus ja ilmatila syövyttävä)
- C 5 M: Erittäin ankarat olosuhteet - Rannikkoalueet ja rannikon ulkopuoliset alueet (korkea suolapitoisuus).

ENNUS-Teräs -laskentaohjelmassa erittäin rasittavat ympäristö-olosuhteet on jätetty tarkastelun ulkopuolelle. Ohjelma käsittelee tuotteiden käyttöikää ympäristöluokissa C2 – C4.

4. ENNUS-Teräs ohjelman rakenne

Käyttöiän laskenta sisältää materiaaliikohtaisia, rakennekohtaisia, toteutuksen tasoon liittyviä, käytöstä ja huollosta riippuvia parametreja, jotka otetaan huomioon käyttöiän laskennassa kukin omalla kertoimellaan. Näiden tulo kerrotaan lopulta ns. vertailukäyttöiällä, mistä tuloksena saadaan rakenteen ennakoitu käyttöikä.

Ohjelma sisältää viisi erityyppistä teräsrakennetta ja useita materiaali- ja pinnoitevaihtoehtoja. Ohjelmassa käytetyt materiaalit pinnoitteineen esitetään taulukossa 1 ja ohjelman rakenne esitetään kuvissa 1 -9.

Taulukko 1. Ohjelmaan sisällytetyt teräsrakenteet ja materiaalit.

Julkisivu, tuulettettu rakenne	Julkisivu, sandwich elementti	Kaksois-kuorijulkisivu (lasipinta)	Ohutlevykatteet	Runkorakenteet
Sinkitty teräsjulkisivu (sinkki 350 g/m ²)	Ferriittinen ruostumaton teräsjulkisivu (EN 1.4016)	Lasijulkisivu + ferriittinen ruostumaton teräs (EN 1.4016)	Sinkitty teräskate (sinkki 350 g/m ²)	Sinkitty teräsrakenne (sinkki 100 µm)
Ferriittinen ruostumaton teräsjulkisivu (EN 1.4016)	Ruostumaton teräsjulkisivu (EN 1.4301/1.4307)	Lasijulkisivu + ruostumaton teräs (EN 1.4301/1.4307)	Valssattu sinkkikate (sinkki 0,8 mm)	Ferriittinen ruostumaton teräsrakenne (EN 1.4509)
Ruostumaton teräsjulkisivu (EN 1.4301/1.4307)	Haponkestävä ruostumaton teräsjulkisivu (EN 1.4401/1.4404)	Lasijulkisivu + sinkkipinnoite (275 g/m ²) + maalipinnoite, PVDF (27µm)	Aluzink (55 % Al + 45 % sinkkiä)	Ruostumaton teräsrakenne (EN 1.4307)
Haponkestävä ruostumaton teräsjulkisivu (EN 1.4401/1.4404)	Mn-seosteinen austeniittinen ruostumaton teräsjulkisivu (EN 1.4372)		Ruostumaton teräskate (EN 1.4301/1.4307)	Haponkestävä ruostumaton teräsrakenne (EN 1.4404)
Mn-seosteinen austeniittinen ruostumaton teräsjulkisivu (EN 1.4372)	Teräsjulkisivu + sinkkipinnoite (275 g/m ²) +maalipinnoite, PVDF (27µm)		Haponkestävä ruostumaton teräskate (EN 1.4401/1.4404)	Mn-seosteinen duplex ruostumaton teräsrakenne (EN 1.4162)
COR-TEN teräsjulkisivu	Teräsjulkisivu +sinkkipinnoite (275 g/m ²) +maalipinnoite, PVDF 40µm		Teräskate + sinkkipinnoite (275 g/m ²) + maalipinnoite, Pural (50 µm)	Ruiskumaalattu teräsrakenne (epoksipohja + uretaanipinta, sisäkäyttöön)
Teräsjulkisivu + sinkkipinnoite (275 g/m ²) +maalipinnoite, PVDF (27 µm)	Teräsjulkisivu + sinkkipinnoite (275 g/m ²) + maalipinnoite, PVDF (60 µm)		Teräskate + sinkkipinnoite (275 g/m ²) + maalipinnoite, PVDF (27 µm)	Ruiskumaalattu teräsrakenne (epoksipohja + uretaanipinta, ulkokäyttöön)
Teräsjulkisivu + sinkkipinnoite (275 g/m ²) +maalipinnoite, PVDF 40 µm			teräskate + sinkkipinnoite (275 g/m ²) + maalipinnoite, mattapolyesteri (35 µm)	
Teräsjulkisivu + sinkkipinnoite (275 g/m ²) +maalipinnoite, PVDF 60 µm				
Teräsjulkisivu + sinkkipinnoite (275 g/m ²) +maalipinnoite, Polyesteri (25 µm)				

Kuvassa 1 esitetään julkisivujen, katteiden ja runkorakenteiden materiaalikohtaiset parametrit sinkityn ja maalatun teräsrakenteen osalta.

Kuvassa 2 esitetään materiaalikohtaiset parametrit ruostumattomien teräsrakenteiden osalta.

Kuvassa 3 esitetään julkisivurakenteiden (tuulettut rakenteet ja sandwich elementti) suunnittelu/rakennekohtaiset parametrit.

Kuvassa 4 esitetään kaksoiskuorijulkisivun suunnittelu/rakennekohtaiset parametrit.

Kuvassa 5 esitetään ohutlevykatteiden suunnittelu/rakennekohtaiset parametrit.

Kuvassa 6 esitetään runkorakenteiden suunnittelu/rakennekohtaiset parametrit.

Kuvassa 7 esitetään toteutukseen liittyvät parametrit.

Kuvassa 8 esitetään julkisivujen käytöstä aiheutuvat rasitukset.

Kuvassa 9 esitetään katteiden käytöstä aiheutuvat rasitukset.

Kuvassa 10 esitetään kaksoiskuorijulkisivujen käytöstä aiheutuvat rasitukset.

Kuvassa 11 esitetään runkorakenteiden käytöstä aiheutuvat rasitukset.

Kuvassa 12 esitetään rakenteiden huollon tasosta aiheutuvat parametrit.

Materiaalien ominaisuudet

Rasitusluokka: C3 (kaupunki, teollisuus, rannikko, alhainen suola)

Materiaali

Materiaali ja paksuus: sinkki 275 g/m² + PVDF 40 µm

Pinnon tsumuusaste: Harmaa

Kerros: 1

0,9

Ruostumaton teräs

Korroosio-olosuhteet: Alhainen Keskimääräinen Korkea

Pinnan laatu: 2R 2B 2K 2J 2G

Pinnan laatu/viimeistelytila (runkorakenne): Peitattu Hiottu Valmiustilainen

Kerros: 0

0

0

EN 1.4301 kanssa samaan kestävyys-luokkaan kuuluvaa

OK Peruuta

Kuva 1. Materiaalikohtaiset parametrit teräsrakenteiden osalta ENNUS-Teräs ohjelmassa.

Materiaalien ominaisuudet

Rasitusluokka: C3 (kaupunki, teollisuus, rannikko, alhainen suola)

Materiaali

Materiaali ja paksuus: Haponkestävä ruostumaton teräs EN 1.4401/1.440

Pinnon tsumuusaste: Harmaa

Kerros: 0

0

Ruostumaton teräs

Korroosio-olosuhteet: Alhainen Keskimääräinen Korkea

Pinnan laatu: 2R 2B 2K 2J 2G

Pinnan laatu/viimeistelytila (runkorakenne): Peitattu Hiottu Valmiustilainen

Kerros: 1

0,7

0

EN 1.4301 kanssa samaan kestävyys-luokkaan kuuluvaa

OK Peruuta

Kuva 2. Materiaalikohtaiset parametrit ruostumattomien teräsrakenteiden osalta ENNUS-Teräs ohjelmassa.

Rakenneratkaisut- teräsjulkisivut

Tuuletuksen toteutuminen

Tuuletusvälin tai -kanavien virtauspoikkipinnan pinta-alaosuus tuulettavan rakenneosan pinta-alasta: <0,01%

Tuuletusvälin yhtenäisyys: jako 150 - 250 mm

Tuuletusreitien sisäänvirtausaukkojen tai virtausta kuristavien kohtien (kiinnitysorret yms.) pinta-alaosuus tuulettavan rakenneosan pinta-alasta: > 0,03 %

Sisäänvirtausaukkojen lukumäärä virtausreitillä: max 3

Kerroin B1

0,92

B1a: 0,85

B1b: 0,95

B1c: 1

$B1 = 0,5 * B1a + 0,2 * B1b + 0,3 * B1c$

Sadeveden tunkeutumisriski

Sadeveden tunkeutumismahdollisuus julkisivuverhouksen taakse: Alimitoitettu ikkunapellitys, vuotoriski

Julkisivuverhouksen taakse pääsevän/ kondensoituvan veden johtaminen ulos: Paljon vaakapintoja

Kerroin B2

0,89

B2a: 0,9

B2b: 0,85

$B2 = 0,8 * B2a + 0,2 * B2b$

Kiinnikkeiden laatu

Kiinnikkeiden laatu: Sinkitty teräs

Kiinnikkeiden rasitusolosuhde ja yhteensopivus julkisivun kanssa: Rajoittuu ulkoilmaan

Kerroin B3

0,9

$B_{min} = \min(B1, B2, B3)$

$B = B_{min} * (B1 + B2 + B3 - B_{min}) / 2$

OK Peruuta Tulosta

Kuva 3. Teräsjulkisivurakenteiden (tuulettavat rakenteet ja sandwich elementti) suunnittelu/rakennekohtaiset parametrit ENNUS-Teräs ohjelmassa.

Rakeneratkaisu - kaksoiskuorijulkisivu

Tuuletusvälin lämpötilan hallinta

Tuuletuksen toteutuminen: Puutteita mitoituksessa

Tuuletuksen jakautuminen: Katveita tai muuten epätasainen ilmanjako

Lasin säteilynläpäisevyys: Läpäisyominaisuudet valittu suuntaus/kuormituksen mukaa

$B1 = (0,3 * B1a + 0,2 * B1b + 0,5 * B1c)$

Sadeveden tunkeutumisriski

Sadeveden tunkeutumismahdollisuus julkisivuverhouksen taakse: Detaljien/tiivisteiden suunnittelussa huomioitu kuormitukse

Sadelle alttiiksi kallistettuja lasikatteisia pintoja: Kallistuskulma 80 - 90°

$B2 = B2a * B2b$

Ilmavälin huolettavuus

Ilmavälin syvyys: Tila ei ole riittävä kaikilta osin

Ilmavälin huollon suunnittelu: Ilmavälin tilat suunniteltu ja varusteltu luoksepäästäviksi

$B3 = B3a * B3b$

Ilmavälin rakenteiden laatu

Ilmavälin rakenteiden laatu: Toimimattomia materiaali- tai pinnoitusvalintoja

Lämpöliikkeet

Lämpöliikkeiden hallinta: Ei erityishuomiota lämpöliikkeisiin, korkeus $h < \text{tai} = 8\text{m}$

$B_{\text{min}} = \min(B1, B2, B3, B4, B5)$

$B = B_{\text{min}} * (B1 + B2 + B3 + B4 + B5 - B_{\text{min}}) / 4$

OK Peruuta Tulosta

Kuva 4. Kaksoiskuorijulkisivun suunnittelu/rakennekohtaiset parametrit ENNUS-Teräs ohjelmassa.

Rakenneratkaisut - teräsohutlevykatteet



Tuuletuksen toteutuminen

Tuuletusvälin tai -kanavien virtauspoikkipinnan pinta-alaosuus tuuletettavan rakennenoson pinta-alasta

0,025% - 0,1%

Kerroin B1

0,91

B1a

0,95

B1b

Tuuletusvälin yhtenäisyys

jako 150 - 250 mm

0,95

B1c

Tuuletusreitien sisäänvirtausaukkojen tai muiden virtausta kuristavien kohtien (kiinnitysorret yms.) pinta-alaosuus tuuletettavan rakennenoson pinta-alasta

0,01% - 0,025%

0,95

Kpl. virtausreitillä

4 - 8

B1d

Katon kaltevuus

< 1 : 7

0,9

B1e

Katon tuulepaine-olot

Tuulensuojainen rakennuspaikka

0,95

$$B1 = (0,5 * B1a + 0,2 * B1b + 0,3 * B1c) * B1d * B1e$$

Aluskatejärjestelmä

Aluskatejärjestelmä

kondenssiveden paikallinen kerääntyminen

Kerroin B2

0,9

Detaljien suunnittelu

Detaljien suunnittelu

Ohjeita ei noudatettu

Kerroin B3

0,7

(Jiirit, läpiviennit, liittymät seinäpintoihin, räystäät, tuuletus, limitykset, lappeen pituus)

Katteen kiinnitystapa

Ei lävistävä

Kerroin B4

1,05

Muut rakennetekijät

Vino sisäkatto

Kerroin B5

0,9

$$B_{min} = \min(B1, B2, B3, B4, B5)$$

$$B = B_{min} * (B1 + B2 + B3 + B4 + B5 - B_{min}) / 4$$

OK

Peruuta

Tulosta

Kuva 5. Teräsohutlevykatteiden suunnittelu/rakennekohtaiset parametrit ENNUS-Teräs ohjelmassa.

Rakenneratkaisut - runko

Kylmäsiljat

Sisäverhouksen pintalämpötilan maksimipoikkeama rungon kohdalla
 $dT_p = T_p, \text{ runko} - T_p, \text{ muu}$

Rakenteen riski muodostaa kylmäsiltoja **Kerroin B1** 0,95

Rakenne osittain ulkoilmassa **Kerroin B2** 0,9

$B = B1 * B2$

OK Peruuta Tulosta

Kuva 6. Runkorakenteiden suunnittelu/rakennekohtaiset parametrit ENNUS-Teräs ohjelmassa.

Toteutus

Kuljetus ja varastointi **Kerroin C1** 1

Varastointilämpötila ja -kosteus **Kerroin C2** 1

Leikkausmenetelmä **Kerroin C3** 0,7

Leikkausreunojen ja liitosten suojaus **Kerroin C4** 0,85

Pintojen puhdistus porausjätteistä yms. **Kerroin C5** 1

OK Peruuta Tulosta

Kuva 7. Toteutukseen liittyvät parametrit ENNUS-Teräs ohjelmassa.

Käytöstä aiheutuvat rasitukset - teräsjulkisivut

Tiesuolaus Kyllä Ei Kerroin D1
0

Liikenteen rasitukset

Vilkasliikenteisen kadun varrella Kerroin D1a
0,8

Vähäinen liikenne/sivukatu

Pientaloalue (pientelollisuus alue?)

Julkisivun suojauksen taso ympäröivän alueen liikennettä ja sen aiheuttamia rasituksia vastaan

Liikumisrajoitettu julkisivun lähellä esim. istutusten avulla Kerroin D2
0,85

Kevyen liikenteen aiheuttamat rasitukset / kolhut

Ajoneuvojen aiheuttamat vauriot

Sisäilmaston aiheuttamat rasitukset Kerroin D3
1

Olosuhteet vastaavat asuintalon kuormia, ilmasulku toimii hyvin

Kuva 8. Julkisivujen käytöstä aiheutuvat mahdolliset rasitukset ENNUS-Teräs ohjelmassa.

Käytöstä aiheutuvat rasitukset - teräsohutlevykatteet

Sisäilma

Sisäilmaston rasitukset Kerroin D1
0,7

Korkeammat kosteuskuormat ja puutteita höyry-/ilmansulussa

Liikenne

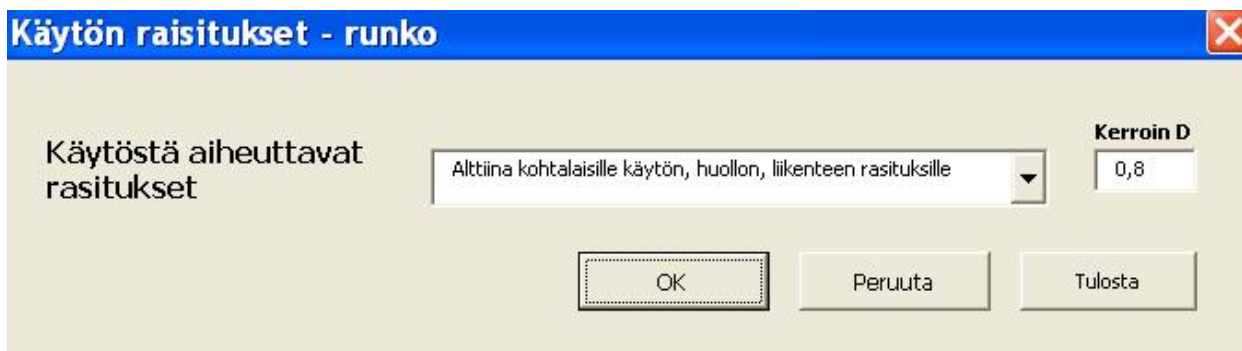
Liikenne Kerroin D2
1

Kävely- ja huoltotasot katolla

Kuva 9. Teräsohutlevykatteiden käytöstä aiheutuvat mahdolliset rasitukset ENNUS-Teräs ohjelmassa.



Kuva 10. Kaksoiskuorijulkisivurakenteen käytöstä aiheutuvat mahdolliset rasitukset ENNUS-Teräs ohjelmassa.



Kuva 11. Rungon käytöstä aiheutuvat mahdolliset rasitukset ENNUS-Teräs ohjelmassa.

Huollon taso X

Kunnon tarkastukset ja huolto

Silmämääräiset tarkastukset ja rakenteiden kunnon tarkastukset Säännöllisesti ▼ Kerroin G1
1

Säännöllisen huollon edellyttämät toimenpiteet (vuosittain):

- tuuletusraon avoimuus (istutusten kasvaminen kiinni verhoiluun)
- seinän vierustojen siivoaminen
- pinnoitevaurioiden korjaus (paikkamaalaukset)
- ruostevalumiin, lian ja roskien puhdistaminen pinnoilta
- vedenpoistojen, räystäskourujen ja syöksytörmien tarkastus ja puhdistus
- vuotokohtien paikantaminen ja korjaus

Säännöllisen huollon edellyttämät toimenpiteet (5-10 vuoden välein):

- julkisivun ja katarakenteiden avaus sekä taustarakenteiden tarkastus
- kiinnikkeiden kiristys ja tarvittaessa uusiminen
- liitosten ja kiinnityskohtien kunto ja korjaustarpeen arviointi
- huoltomaalauksen tarpeellisuuden arviointi

Uusintamaalaus

sinkki 275 g/m² +PVDF 27µm

Uusintamaalaus Puhdistus ja maalaus kaksi kertaa ▼ Kerroin G2
2,4

OK
Peruuta
Tulosta

Kuva 12. Huollon tason parametrit ENNUS-Teräs ohjelmassa.

5. Rakenne- ja suunnittelukertoimet

Työn lähtökohtana oli tilanne, jossa aiemmin tehdyn ohjelman käyttöään arviointiin tarkoitettun mallin rakenne- ja suunnitteluosan kertoimia oli syytä tarkentaa. Rakenteeseen ja sen suunnitteluun liittyvät käyttöikään vaikuttavat kertoimet olivat mallissa osin leikkaavia toistensa kanssa ja osaa niistä oli vaikea suunnitteluvaiheessa luotettavasti määrittää tai edes arvioida.

Tässä hankkeessa oli tavoitteena selkiyttää eri riskitekijöitä, eriyttää ne riittävästi toisistaan turhien päällekkäisyyksien välttämiseksi ja helpottaa niiden arviointia. Riskin eri osatekijöiden kertoimien asettaminen on vaikeaa, eikä se voi koskaan olla täysin oikein. Työssä on pyritty siihen, että osakertoimien jaottelu ja painotukset, niiden käyttö lopullisen kertoimen muodostamiseen ja niille valittavissa olevat luokat sekä niihin liittyvät kertoimet ohjaisivat suunnittelua kaikilta osin mahdollisimman kestäviin ratkaisuihin. Vaikka todellisen, toteutuvan käyttöään ennakointi voi olla vaikeaa, tavoitteena on antaa kuva eri vaihtoehtojen merkityksestä kokonaisuuden kannalta siten, että ne ovat keskenään vertailukelpoisia ja että mallin käyttö hyvään käyttöikään ohjaavana työkaluna on mahdollista.

Käyttöikään vaikuttavat rakenne- ja suunnittelutekijät ja niihin liittyvät kertoimet perustuvat asiantuntija-arvioihin, joiden taustana on eri hankkeiden tuloksista syntynyt käsitys. Mallin tekijät on pyritty valitsemaan ottaen huomioon kokonaistoimivuus. Tämä on haasteellista, sillä yksittäisen tekijän merkitys ympäröiville rakenneosille voi tapauksittain vaihdella paljonkin. Mallia voi käyttää myös muistilistan tyyppisenä apuvälineenä, mutta oikeiden valintojen ja kokonaistoimivuuden varmistaminen jää edelleen suunnittelijan vastuulle.

5.1 Tuulettatut julkisivu- ja katerakenteet

Merkittävimpiä tekijöitä, jotka vaikuttavat rakenteiden kosteusoloihin ja sitä kautta käyttöikään ovat tuuletuksen toteutuminen ja sadeveden pääsy rakenteeseen vallitsevissa sääoloissa. Seuraavassa esitetään tarkentavia selvennyksiä eri tekijöiden ja niihin liitettyjen kertoimien valintaperusteista.

5.1.1 Sadeveden tunkeutumisriski

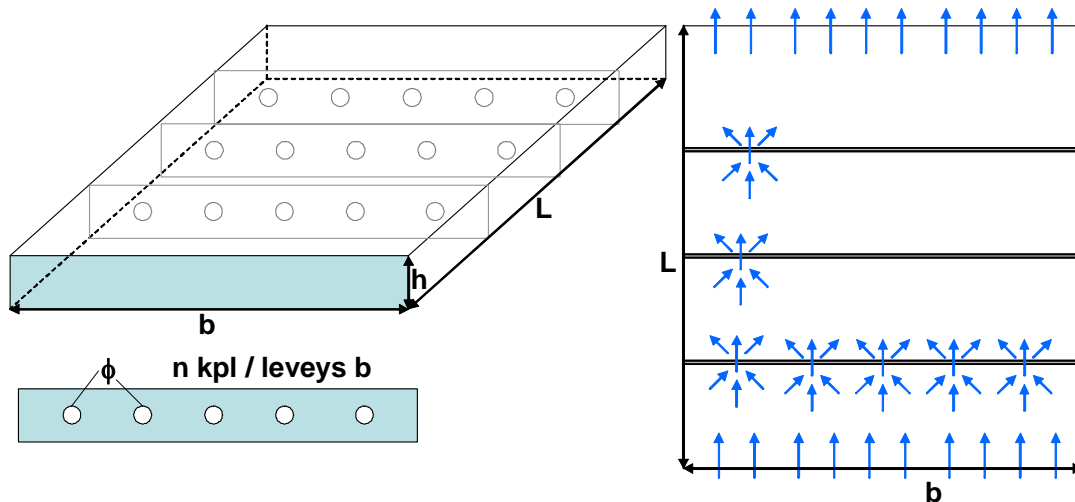
Sadeveden tunkeutumisen mahdollisuutta julkisivuverhouksen taakse pyritään arvioidaan liitos- ja pellitysdetaljien suunnittelun ja toteutuksen tasolla. Riski kasvaa, jos tuuletusraossa on sadeveden poistumista estäviä, rakenteeseen päin johtavia tai patoavia

rakenneosia. Vastaavasti arvioidaan katerakenteen aluskatteen riskejä veden kasaantumisen ja vuodon osalta. Alhaiset kertoimet virhetilanteissa kuvaavat niiden aiheuttamaa suurta riskiä. Jatkuva kosketus sadeveden kanssa on erityisen tuhoisaa COR-TEN-teräksille, joten niiden riskikertoimet ovat tässä osassa alhaisimmat.

5.1.2 Tuuletus

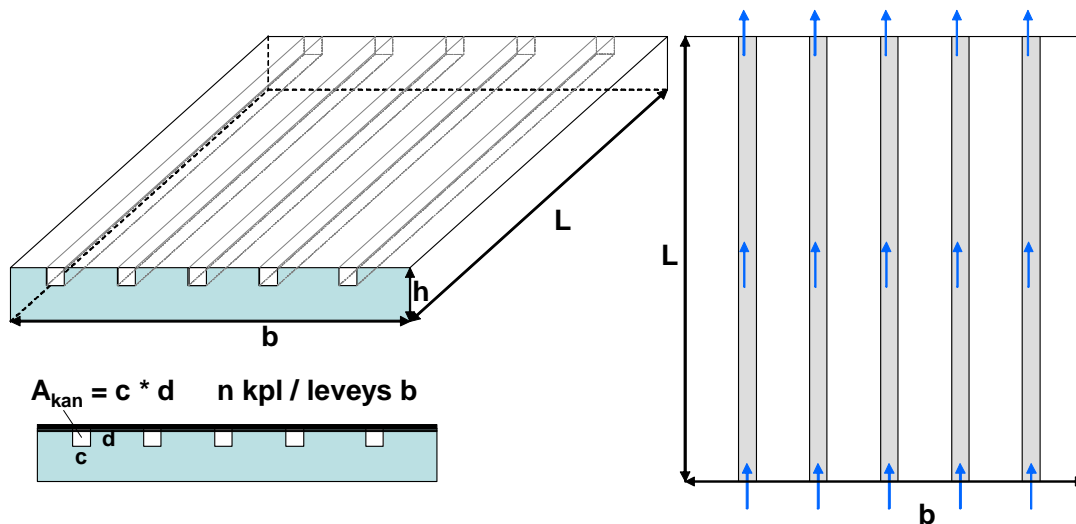
Tuuletuksen toteutumiseen vaikuttaa mm. rakenteen tuuletettava pinta-ala ja tuuletusvälin tai -kanaviston mahdollistama tuuletusvirtaama. Usein tuuletusvälissä on erilaisia tuuletusreittiä kuristavia rakenteellisia tekijöitä, jotka tulee ottaa huomioon tuuletuksen toteutumista arvioitaessa. Tuuletuksen toteutumista kuvaavat kertoimet saadaan pinta-alojen perusteella (Kuva 13 - 15). Kuvien määritykset pätevät julkisivu- ja katerakenteille.

Olennessin tekijä tuuletuksen toimivuudessa on tuuletusvälin virtauspoikkipinnan pinta-alan osuus verrattuna tuuletettavan rakenneosan pinta-alaan. Tälle tekijälle annetaan painokerroin 0,50. Jos tuuletus tapahtuu vierekkäisten rakojen kautta, voi rakojen välinen etäisyys heikentää tuuletuksen toimivuutta ja tälle on asetettu painokerroin 0,2. Tuuletusreitien virtausta voivat lisäksi heikentää sisään- ja ulosvirtausaukot sekä muut kuristavat rakenneosat, mille on asetettu painokerroin 0,3. Kokonaiskerroin tuuletuksen toteutumiseksi saadaan osatekijöiden painotettuna keskiarvona.



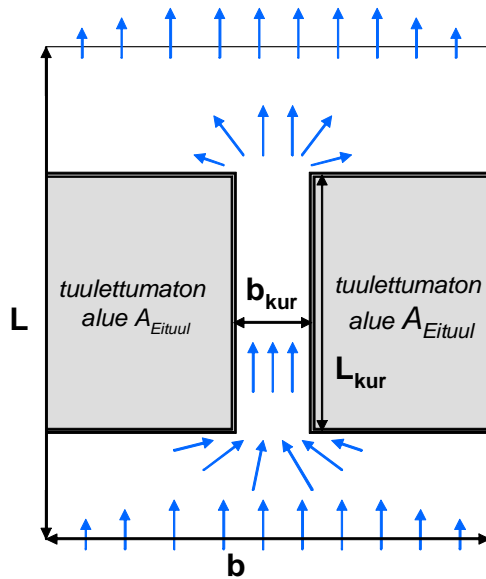
Tuuletettava ala $A = b * L$
 Tuuletuskanavan poikkipinta-ala $A_{tkan} = b * h =$ vallitsevan virtausreitien ala
 Tuuletuskanavan pinta-alaosuus koko alasta $A_{rel,tuul} = A_{tkan}/A$
 Kuristuskohdan ala $A_{kur} = n * A_r = n * (\pi * \phi^2 / 4) =$ pienin virtausreitien poikkipinta
 Kuristuskohtien pinta-alaosuus koko alasta $A_{rel,kur} = A_{kur}/A$

Kuva 13. Tuuletuksen toimivuuteen vaikuttavien pinta-alojen määrittäminen, kun rakenteen tuuletus tapahtuu ilmapölyn kautta. Ilmapölyssä on virtausta kuristavia reikäorsia.



Tuuletettava ala $A = b * L$
 Tuuletuskanaviston virtausreitien poikkipinta-ala $A_{tkan} = n * A_{kan} = n * c * d$
 Tuuletuskanavan pinta-alaosuus koko alasta $A_{rel,tuul} = A_{tkan} / A$
 Tuuletuskanavistona esim. uravilla, profiilipelti, tmv. jatkuva ilmakanavisto
 Kuristuskohtina käsitellään sisään- ja ulosvirtauksen aukot ja mahdolliset epäjatkuvuuskohdat kanavistossa

Kuva 14. Tuuletuksen toimivuuteen vaikuttavien pinta-alojen määrittäminen, kun rakenteen tuuletus tapahtuu ilmakanavien kautta. Ilmakanavien on oltava yhtenäiset tuuletusaukkojen välillä tai niiden epäjatkuvuudet on käsiteltävä erikseen. Pinta-alaosuusien lisäksi kanavien väli vaikuttaa kosteuden tuulettumiseen, mikä otetaan huomioon tähän liittyvässä kertoimessa.



Tuulettava ala $A = L * b - A_{Eituul,tot}$
 Tuuletuskanaviston virtausreitien poikkipinta-ala lasketaan vallitsevan kanavaleveyden b_{kur} mukaan
 Esim. avoin kanava, jonka korkeus on h : $A_{tkan} = b_{kur} * h$
 Vallitseva kanavadimensio on b_{kur} , jos kuristetun reitin osuus $L_{kur}/L > 20\%$
 Muut kuristukset otetaan mukaan pienimmän virtausalan mukaan

Kuva 15. Tuuletuksen toimivuuteen vaikuttavien pinta-alojen määrittäminen, kun rakenteen tuuletuskanava kapenee merkittävästi osaltaan, minkä vuoksi virtauksen suunta muuttuu ja se kuristuu.

5.1.3 Katteen kallistuskulma

Kattorakenteiden osalta on otettu tuuletuksessa huomioon katon kallistuskulma, mikä vaikuttaa suoraan lämpötilaeron aiheuttamaan tuuletuksen tehoon. Lisäksi rakennuksen korkeus ja sijainnin tuulisuusolosuhteet vaikuttavat tuuletukseseen.

Vinot sisäkatot johtavat kokemukseräisen tiedon perusteella muita useammin ongelmatilanteisiin. Syitä voivat olla esimerkiksi liitosdetaljien toteutus, ilmatiiviys, tuuletuksen toimivuus eri osissa, yms. Tälle on asetettu riskiä kuvaava kerroin.

5.1.4 Lämpötilatasot

Katteen kallistus ja väri vaikuttavat katteen lämpötilatasoihin ja siten siihen kohdistuvaan rasitukseen. Tummat ja aurinkoon suunnatut katteet saavat matalamman kertoimen kuin vaaleat tai pohjoiseen suunnatut.

5.1.5 Kiinnikkeet

Kiinnikkeiden laatu ja kiinnikkeiden kosketus ulkoilmaan käsitellään aiemmassa kerroinmallissa esitetyn mukaisesti.

5.1.6 Rakenteen suunnittelun kokonaiskerroin

Periaatteena rakenne- ja suunnittelukertoimen ratkaisemisessa osakertoimista oli käyttää kokonaisuudessa mukana kaikkia osatekijöitä ja toisaalta korostaa pahimman riskitekijän merkitystä. Pahin riskitekijä on osatekijöiden kertoimien minimiarvon saava tekijä, joka kuvaa suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvää suurinta käyttöikään vaikuttavaa tekijää ja sen riskiä. Tämän korostaminen helpottaa suunnittelijan työtä rakenteen käyttöikää korjaavien ensisijaisten tekijöiden etsimisessä. Kaikkia osatekijöitä on syytä käyttää mukana kokonaisarviossa, sillä pelkästään yhden minimikertoimen hakeminen voisi johtaa muiden tekijöiden suhteuttamiseen heikoimman mukaan, mikä antaisi kokonaisuudesta liian huonon kuvan. Rakenteen suunnittelun kertoimet ovat ilmoitettu taulukoissa 2 – 6.

Taulukko 2. Tuulettavat julkisivurakenteet.

B	Toteutus				
B1	Tuuletus				
B1a	Tuuletusvälin tai -kanavien virtauspoikkipinnan osuus tuuletettavan rakenneosan pinta-alasta				
	> 0,20 %	0,1 % -0,2 %	0,03 - 0,1 %	< 0,03 %	
Kerroin	1,1	1,0	0,95	0,85	
B1b	Tuuletusrakojen välinen etäisyys				
	Yhtenäinen, rakenteen levyinen tila	< 150 mm	150 – 250 mm	250 - 400 mm	>400 mm
Kerroin	1,0	1,0	0,95	0,9	0,85
B1c	Tuuletusreitien virtausta kuristavien kohtien (kiinnitysorret yms.) pinta-alaosuus tuuletettavan rakenneosan pinta-alasta ja kuristuskohtien lukumäärät				
		Kuristuskohtien lukumäärä virtausreitillä, ml. tulo- ja poistoaukot			
	Alaosuus	≤ 3	4 – 8	8 – 15	> 15
Kerroin	> 0,03 %	1	1	1	1
	0,005 – 0,03 %	1	0,95	0,9	0,85
	< 0,005 %	0,95	0,9	0,8	0,7
B1	B1 = 0,5 * B1a + 0,2 * B1b + 0,3 * B1c				
B2	Sade- ja kondenssivesi				
B2a	Sadeveden tunkeutumismahdollisuus julkisivuverhouksen taakse				
		Erytynen huomio sadekuor-	Normaalitason suunnittelu	Alimitoitettu ikkunapellitys,	Selkeästi puutteellinen

		mitusta vastaan		vuotoriski	suunnittelu
Kerroin (pl. COR-TEN)		1,05	1	0,9	0,8
Kerroin COR-TEN -teräksellä		1	0,95	0,8	0,6
B2b	Julkisivuverhouksen taakse pääsevän/ kondensoituvan veden johtaminen ulos				
		Suunniteltu veden poisjohtaminen	Joitakin vaakapintoja	Paljon vaakapintoja	Vettä kerääviä rakennonteloita
Kerroin (pl. COR-TEN)		1	0,95	0,85	0,7
Kerroin, COR-TEN teräksellä		1	0,9	0,7	0,5
B2	B2 = B2a * B2b				
B3	Kiinnikkeet				
		Kiinnikkeiden rasitusolosuhde			
		C2	C3	C4	
Suojattu kiinnike		1	1	1	
Sinkitty teräskiinnike, rajoittuu ulkoilmaan,		1	0,9	0,4	
Ruostumaton teräskiinnike, rajoittuu ulkoilmaan,		1	1	0,6	
Haponkestävä teräskiinnike, rajoittuu ulkoilmaan,		1	1	1	
COR-TEN kiinnike, rajoittuu ulkoilmaan		1	1	1	

$$B = B_{\min} * B_{\text{aver3-Bmin}}$$

$$B_{\min} = \min(B1, B2, B3)$$

$$B_{\text{aver3-Bmin}} = (B1+B2+B3 - B_{\min})/2$$

Taulukko 3. Katerakenteet

B	Toteutus				
B1	Tuuletus				
B1a	Tuuletusvälin tai -kanavien virtauspoikkipinnan pinta-alaosuus tuuletettavan rakennososan pinta-alasta				
	>0,40 %	0,1 % -0,4 %	0,025 - 0,1 %	0,01 – 0,025 %	< 0,01
Kerroin	1,05	1	0,95	0,9	0,8
B1b	Tuuletusvälin yhtenäisyys				
	Yhtenäinen, rakenteen levyinen tila	< 150 mm	150 – 250 mm	250 - 400 mm	>400 mm
Kerroin	1,0	1,0	0,95	0,9	0,80
B1c	Tuuletusreitien virtausta kuristavien kohtien (kiinnitysorret yms.) pinta-alaosuus tuuletettavan rakennososan pinta-alasta ja kuristuskohtien lukumäärät				
	Kuristuskohtien lukumäärä virtausreitillä, ml. tulo- ja poistoaukot				
	Alaosuus	≤ 3	4 – 8	8 – 15	> 15
	> 0,1 %	1	1	1	1
	0,025 – 0,1 %	1	0,95	0,95	0,95
	0,01 – 0,025 %	0,95	0,95	0,9	0,9
	< 0,01 %	0,95	0,85	0,8	0,8
B1d	Katon kaltevuus				
		> 1:3	1:7 - 1:3	< 1:7	
	kerroin	1	0,95	0,9	

B1e	Katon tuulenpaine-olot		
	Korkea rakennus, tuuliset olot	Normaalit tuulenpaineolot	Tuulensuojainen rakennuspaikka
Kerroin	1,05	1,0	0,95
B1	B1 = (0,5 * B1a + 0,2 * B1b + 0,3 * B1c) * B1d * B1e		
B2	Aluskatejärjestelmä		
	Suojaa kondenssilta ja vuodoilta	Kondenssiveden paikallinen kerääntyminen mahdollinen, ei vedenpoistoa	Aluskatteen vuoto rakenteseen mahdollinen
Kerroin	1,05	1,0	0,95
B3	Detaljit		
		Suunnittelu ohjeiden mukaan	Ohjeita ei noudatettu
Kerroin (pl. ruostumaton)	1		0,7
Kerroin, Ruostumaton teräs	1		0,7
B4	Kiinnitystapa		
	Ei lävistävä	Kiinnitys lävistävillä kiinnikkeillä	Väärät kiinnikkeet tai määrä väärä
Kerroin (pl. ruostumaton)	1,05	1	0,65
Kerroin ruostumaton teräs	1	0,8	0,65
B5	Muut rakennetekijät		
	Ei muita tekijöitä	Vino sisäkatto	
Kerroin	1	0,9	

$$B = B_{\min} * B_{\text{aver5-Bmin}}$$

$$B_{\min} = \min(B1, B2, B3, B4, B5)$$

$$B_{\text{aver5-Bmin}} = (B1 + B2 + B3 + B4 + B5 - B_{\min}) / 4$$

5.2 Kaksoiskuorijulkisivurakenne

Kaksoiskuorijulkisivurakenne antaa oikein suunniteltuna ja toimivana lisäsuojan sadetta vastaan. Ulkolasin tiivisteiden tai lasin vaurioituminen voi aiheuttaa kosteusriskin tuuletusvälin tai sisäkuoren rakenneosille. Tämä voi toteutuessaan olla merkittävämpi kuin muuten tuuletetuilla rakenteilla. Riskiä lisää se, että toimivuus on yhden ulkoilmaan rajoittuva kerroksen ja sen tiivisteiden varassa. Erityisesti riski kasvaa kallistetuissa rakenteissa, joita lumen ja veden jäätyminen/sulamissyklit rasittavat voimakkaasti.

Rakenteen toimivuudessa otetaan huomioon huoltomahdollisuus, ts. pääsy lasiosien väliin ja rakenteiden huollettavuus sieltä käsin. Tarkastusten ja huollon merkitys käytönaikaisen toimivuuden varmistamisessa parantaa käyttöikäennustetta.

Ilmavälin lämpötilojen kannalta merkittäviä tekijöitä ovat ulkopinnan lasiosien auringsäteilyn läpäisevyys ja ilmanvaihdon riittävyys ja hallinta ilmavälissä. Lämpötila-

vaihtelut aiheuttavat suuriakin dimensiomuutoksia, jotka on otettava huomioon materiaalivalinnoissa ja kokonaistoimivuudessa. Kokonaisuuden kannalta arvioituna ilmvälin korkeat (tai hyvin matalat) lämpötilat heikentävät termistä viihtyisyyttä ja kasvattavat energiankulutusta, mutta näitä vaikutuksia ei voida ottaa tässä tarkastelussa huomioon. Ilmvälin ilman puhtaus ja riski ilmvälin rakenteiden likaantumislle vaikuttaa suoraan esteettiseen käyttöikään ja välillisesti toiminnallisen kestoian arvioon.

Taulukko 4. Kaksoiskuorijulkisivurakenteet.

B	Toteutus			
B1a	Tuuletuksen toteutuminen			
	Julkisivujen tuuletus on mitoitettu kuormituksen mukaan	Ei tuuletuksen mitoitusta	Ei tuuletuksen säätöautomaatiikkaa	Puutteita mitoituksessa
Kerroin	1	0,9	0,85	0,8
B1b	Tuuletuksen jakautuminen	Tuuletus kattaa koko tuuletettavan julkisivun	Katveita tai muuten epätasainen ilmanjako	
	Kerroin	1	0,9	
B1c	Lasin säteilyläpäisevyys			
	Lasin läpäisyominaisuudet valittu julkisivun suuntauksesta riippuvan kuormituksen mukaan	Ei huomiota lasiosien läpäisevyyksien suunnitteluun		
Kerroin	1	0,85		
B1	B1 = 0,3 * B1a + 0,2 * B1b + 0,5 * B1c			
B2	Sade- ja kondenssivesi			
B2a	Sadeveden tunkeutumismahdollisuus julkisivuverhouksen taakse			
	Detaljien ja tiivisteiden suunnittelu kuormituksen mukaisiin oloihin	Ei erityishuomiota sateenpitävyyden pysyvyyteen		
Kerroin	1	0,95		
B2b	Kallistettujen lasikatteisia pintojen kallistuskulma (90° = pystysuora)			
	80 - 90°	60 - 80 °	45 - 60 °	< 45 °
Kerroin	0,95	0,9	0,85	0,8
B2	B2 = B2a * B2b			
B3a	Ilmvälin syvyys			
	Tila on riittävä tarkastukseen ja huoltoon	Tila ei ole riittävä kaikilta osin	Tila liian ahdas huoltoon ilmvälistä käsin	
Kerroin	1	0,95	0,9	
B3b	Ilmvälin huollon suunnittelu			
	Kaikki ilmvälin tilat suunniteltu ja varusteltu luoksepäästäviksi	Yksittäisiä puutteita suunnittelussa / toteutuksessa	em.	Useita puutteita
Kerroin	1	0,95		0,9
B4	Ilmvälin rakenteiden laatu			
	Rakenteeseen kohdistuvien rasiusten mukaiset materi-	Pieniä puutteita materiaali- tai pin-	Toimimattomia materiaali- tai pinnoitusvalintoja	

	aalit ja pinnoitukset	noitusvalinnoissa	
Kerroin	1	0,95	0,8
B5	Lämpöliikkeiden hallinta		
	Lämpöliikkeiden hallinta otettu huomioon rakenteen ja sen liitosrakenteiden suunnittelussa	Ei erityishuomiota lämpöliikkeisiin, korkeus $h \leq 8$ m	Ei erityishuomiota lämpöliikkeisiin, korkeus $h > 8$
Kerroin	1	0,9	0,8

$$B = B_{\min} * B_{\text{aver4-Bmin}}$$

$$B_{\min} = \min(B1, B2, B3, B4; B5)$$

$$B_{\text{aver3-Bmin}} = (B1+B2+B3+B4+B5 - B_{\min})/4$$

5.3 Runkorakenteet

Runkorakenteet poikkeavat toiminnaltaan julkisivu- ja katerakenteista, koska niiden lämpötilatasot ovat usein lähempänä sisäilman vastaavaa kuin ulkoilmaan rajoittuvilla rakenneosilla. Lämmityskaudella runkorakenteiden ulkoilmaa korkeampi lämpötila edistää kosteuden kuivumista rakenteiden pinnoilta ja pienentää kosteuden kertymisen riskiä. Siten ulkovaipan teräsrunkorakenteiden käyttöä ei voida arvioida julkisivujen rakenne- tai olosuhdekertoimilla. Poikkeustapauksissa runkorakenteet ovat osittain tai jopa kauttaaltaan alttiina ulko- (tai sisä)ilman olosuhteille (erilaiset parvekerakenteet, ulkovarastojen katot, jne.) ja mahdollisille käytönaikaisille olosuhteille. Näissä tapauksissa lämpö- ja kosteusrasitukset sekä mekaaninen kuormitus voivat kohdistua runkorakenteisiin huomattavan voimakkaina, mikä tulee ottaa niiden suunnittelussa ja suojauksessa erityisesti huomioon.

Heikosti eristetty runkorakenne voi muodostaa voimakkaan paikallisen kylmäsillan. Tämä johtaa moniin kokonaistoimivuutta heikentäviin ilmiöihin. Yhdellä kertoimella tätä on mahdoton kuvata kattavasti, mutta tekijän mukaanoton tarkoituksena on kiinnittää huomio tähän liittyviin riskeihin kokonaisuuden kannalta.

Taulukko 5. Runkorakenteet.

B	Toteutus			
B1	Kylmäsillat – Runkorakenteen riski muodostaa kylmäsilltoja	Sisäverhouksen pintalämpötilan maksimipoikkeama rungon kohdalla, $dTp = T_{p,\text{runko}} - T_{p,\text{muu}}$ $dTp < 1,0$ °C	$dTp \geq 1,0$ °C	Sisäpinnan kondenssi mahdollinen
	Kerroin	1	0,95	0,85
B2	Runkorakenne osittain ulkoilmassa	Suojattuna sateelta ja auringon säteilyltä	Alttiina auringon säteilylle	Alttiina sateelle

	Kerroin maalatuille rakenteille	1,0	0,9	0,9
	Kerroin muille runkorakenteille	1,0	1	0,9

$$B = B1 + B2$$

5.4 Tuulettamaton sandwich-rakenne – käytönaikainen rasituskerroin

Idealisesti toimivaan sandwich-rakenteeseen ei tule sisä- tai ulkopuolelta kosteutta. Lisäksi sisäpinnan höyry/ilmatiiviys on ulkopintaa korkeampi. Vähäinen määrä ylimääräistä kosteutta voi siirtyä eristeontelosta ulospäin haittaa aiheuttamatta. Kosteuden poistuminen rakenteesta perustuu diffuusion ja paikalliseen, ajoittaiseen ilmavuotoon eristeontelon ja ulkoilman välillä. Tuulettumattoman rakenteen toiminta on kuitenkin herkkä ylimääräisille kosteusvirroille. Tämä riski korostuu, jos kuormitus ylittää kosteuden poistumismahdollisuudet. Soveltuviin käyttöoloihin oikein toteutettu sandwich-rakenne toimii yhtä hyvin kuin tuuletettu rakennekin. Tuuletetun rakenteen selviytymiskyky ylimääräisistä kosteuskuormista on yleensä kuitenkin huomattavasti sandwich-rakennetta parempi. Rakenteen merkitys pyritään ottamaan huomioon myös käyttöoloja kuvaavan 'Käytöstä aiheutuvat rasitukset' –kertoimen (D) avulla. Sisäilmasta tulevan kosteusrasituksen kasvaessa tätä kuvaava osakerroin kasvaa tuulettamattoman rakenteen tapauksessa nopeammin kuin tuuletetun rakenteen tapauksessa.

Suunnittelun tai toteutuksen merkitystä käyttöikään voidaan sandwich-rakenteiden sovellutuksissa arvioida lähinnä kokonaisuuden kannalta. Esimerkiksi suuret lämpöliikkeit voivat aiheuttaa mekaanista rasitusta sekä itse rakenteessa että tähän liittyvissä muissa rakenteissa ja rakenneosissa. Tämän arviointi jää kuitenkin mallissa 'otettu/ei otettu huomioon' -tasolle ja edellyttää suunnittelua kokonaistoimivuuden kannalta.

Taulukko 6. Kosteuskuormituksen aiheuttama riski.

Kosteuskuormitusriski rakenteeseen	Tuuletetut julkisivurakenteet	Tuuletetut kattorakenteet	Sandwich-rakenteet
Sisäilman olosuhteet vastaavat asuin- tai toimistorakennuksen kuormia, höyryn- /ilmansulun toimivuus hyvä	1,0	1,0	1,0
Normaalia hieman suurempi sisäilman kosteustaso tai lievästi kohonnut riski kosteuden tunkeutumisesta rakenteeseen	0,95	0,90	0,80
Tavanomaista asuinkäyttöä huomattavasti korkeammat sisäilman kosteuskuormat tai olennainen riski kosteuden	0,90	0,80	0,70

tunkeutumisesta rakenteeseen			
------------------------------	--	--	--

6. Materiaaliominaisuudet

Ilmastollisen korroosion voimakkuus vaihtelee olosuhteiden mukaisesti. Ilmastolliset olosuhteet voidaan karkeasti luokitella neljään luokkaan: maaseutuilmasto, kaupunkiilmasto, teollisuusilmasto ja meri-ilmasto. Ilmaston korroosiovaikutukset lisääntyvät mainitussa järjestyksessä.

Metallien ilmastollinen korrosio on luonteeltaan sähkökemiallista eli se tapahtuu vesiliuosten välityksellä. Kosteus voi olla peräisin sateesta, sumusta, lumesta tai ilman sisältämän kosteuden tiivistymisestä. Korroosion edellytyksenä ei kuitenkaan ole metallipintojen näkyvä kosteus, vaan syöpmistä tapahtuu jo, kun ilman suhteellinen kosteus on 70...80 %. Korroosioreaktioiden tapahtumisen mahdollistavaa aikaa kutsutaan pinnan märkänäoloajaksi, ja yleensä siksi laskentaa aika, jolloin ilman lämpötila on yli 0 °C ja suhteellinen kosteus yli 80 %. Alle 60 % kosteudessa ilmastollinen korrosio on merkittömän vähäistä.

Metallien herkkyys ilman kosteudelle, lämmölle ja epäpuhtauksille (kloridit, rikkiyhdisteet) vaihtelee paljon. Tavalliset teräkset eivät kestä ilmastollisia rasituksia, eikä niitä käytetä ulkona ilman suojaavia pinnoitteita. Metallit (esim. sinkki, kupari), jotka muodostavat pinnoilleen liukenemattomia korroosiotuotteita, kestävät ilmastollista korroosiota selvästi terästä paremmin. Passivoituvat metallit (esim. ruostumattomat teräkset) kestävät hyvin ilmastorasituksia. Ilman epäpuhtaudet nostavat metallipinnoille muodostuvien vesikalvojen johtavuutta ja näin kiihdyttävät useimpien metallien syöpmistä. Pinnoilla olevat epäpuhtaudet voivat myös kasvattaa märkänäoloaika. Tämä koskee erityisesti hygroskooppisia suoloja ja kerrostumia.

Märkänäoloaika riippuu myös mikroilmastosta. Esimerkiksi rakennuksen pintalämpötila, sijainti mahdollisiin kosteuslähteisiin nähden, kasvillisuuden varjostus, roskat ja auringon säteily vaikuttavat siihen, miten pitkään kosteus pysyy pinnalla. Ilman suhteellinen kosteus on usein suurempi maan pinnan välittömässä läheisyydessä kuin korkeammalla. Pystysuorat pinnat syöpyvät yleensä hitaammin kuin vaakasuorat pinnat, jotka ovat pitempään kosteina. Toisaalta kuivumisnopeus riippuu ilman lämpötilasta sekä ilman ja tuulen suunnasta. Lievästi kaltevat pinnat saattavat olla suotuisampia suuntautuessa etelään tai länteen kuin pohjoiseen tai itään. Sadevedeltä suojassa olevien pintojen korrosio voi olla voimakkaampaa kuin sadevedelle alttiina olevien pintojen. Vaikka sade kastelee pinnat ja siten altistaa materiaalit korroosiolle, niin sade myös huuhtelee pinnoilta syöpmistä kiihdyttäviä epäpuhtauksia ja kerrostumia.

6.1 Teräkset

Seostamattomia hiili- eli rakenneteräksiä ei voida käyttää suojaamattomina ulkoilmassa, niiden heikon yleisen korroosionkestävyyden takia. Kosteassa ilmassa paljaan teräksen pinnalle muodostuu punaruskeaa ruostetta, joka ei estä korroosion etenemistä. Ilman epäpuhtauksista etenkin kloridit ja rikkiyhdisteet kiihdyttävät terästen korroosiota. Meri-ilmastossa kloridit kiihdyttävät terästen ilmastollista korroosiota. Vastaavasti teiden ja katujen sulana pitämiseen käytetyt maantiesuolat kiihdyttävät terästen korroosiota. Kaupunki ja teollisuusilmastossa ilman kaasumaiset epäpuhtaudet, erityisesti rikkidioksidi, heikentävät korroosionkestävyyttä maaseutuilmastoon verrattuna.

Tyypillistä terästen ilmastolliselle korroosiolle on, että se hidastuu ajan kuluessa. Hiili-teräksen ohjeellisena korroosionopeutena maaseutuilmastossa ensimmäisen kymmenen vuoden aikana voidaan pitää alle 0,2 mm/10 a ja kaupunki- ja meri-ilmastossa alle 0,5 mm/10 a (Korroosiokäsikirja 1988). Taulukossa 7 on esitetty ENNUS-Teräs ohjelmassa teräsrakenteiden käyttöikäkalkennassa käytetyt korroosionopeusarvot eri rasisluokissa. Arvot perustuvat viimeaikaisimpiin julkaistuihin ilmastollisen korroosion koetuloksiin (Kaunisto 1993 ja 1994).

Korroosion estämiseksi teräsrakenteet yleensä kuumasinkitään ja/tai maalataan.

Taulukko 7. Terästen ilmastollinen korroosio.

Rasisluokka	Korroosionopeus, µm/a
C2	10
C3	30
C4	50

6.2 Sinkki ja sinkkipinnoitteet

Sinkki on epäjalometalli, jonka korroosionkestävyys ja käytettävyys eri olosuhteissa on riippuvainen sinkkipinnalle muodostuvien korroosiotuotekerrosten ominaisuuksista. Puhtaassa kosteassa ilmassa sinkin pinnalle muodostuu sinkkihydroksidia $Zn(OH)_2$, joka reagoi ilman hiilidioksidin kanssa muodostaen sinkkikarbonaattia $2 ZnCO_3 \cdot 3$

Zn(OH)₂ (Harju 1988). Muodostuva emäksinen sinkkikarbonaattikerros on tiivis, hyvin pinnassa pysyvä ja veteen niukkaliukoinen ja se suojaaa sinkkiä korroosiolta. Suojaavan oksidikerroksen ansiosta sinkin ilmastollisen korroosion nopeus suotuisissa olosuhteissa on vain noin 1/10 teräksen korroosionopeudesta (Kaunisto 1988). Sinkkipinnoitteita käytetään suojaamaan teräsrakenteita korroosiolta. Niiden suojauskyky perustuu kahden asiaan (Harju 1988): Sinkkipinnoite estää kosteuden ja hapen pääsyn teräksen, jolloin teräksen korroosiota ei tapahdu. Epäjalo pinnoite suojaa terästä myös katodisesti mm. naarmujen, kolhujen ja leikkausreunojen kohdalla.

Sinkkipinnoitteen kestoikä on suoraan verrannollinen pinnoitepaksuuteen ja ilman puhtauteen. Korroosiotuotekerrosten suojauskyky heikkenee mm. happamien rikkiyhdisteiden, kloridien ja kosteuden vaikutuksesta. Sinkin korroosionopeus maaseutuilmastossa on noin 1 µm/a, kaupunki-ilmastossa 2 – 3 µm/a ja teollisuusilmastossa tätäkin suurempi (Kaunisto 1988). Kaupungeissa ja teollisuusalueilla sinkin korroosiota kiihdyttävät rikkiyhdisteet, jotka yhdessä ilmankosteuden kanssa estävät suojaavien oksidikerrosten muodostumisen ja muuttavat niukkaliukoiset oksidikerrokset vesiliukoisiksi sinkkisulfaatti ja – sulfiittikerroksiksi (Harju 1988, Kaunisto 1994). Meri-ilmastossa sinkin syöpmisnopeuteen vaikuttaa ilman kloridipitoisuus. Puhtaassa meri-ilmastossa sinkin korroosionkestävyys on parempi kuin kaupunki-ilmastossa, koska meriveden magnesiumsuolat passivoivat sinkkipintaa estäen kloridien haitallisen vaikutuksen (Harju 1988). Teollisuus-meri-ilmastossa sinkille on määritetty 4 µm/a korroosionopeuksia (Kaunisto 1994).

ENNUS-Teräs ohjelmassa sinkin ja sinkkipinnoitteiden käyttöä mallintamisessa otetaan huomioon:

- sinkkipinnoitteen paksuus.
- sinkkipinnoituksen tyyppin (alumiini-rauta-sinkki) vaikutus ja
- sinkitysmenetelmän vaikutus sekä
- rakenneratkaisut ja
- ympäristöolosuhteet

Teräksen korroosionkestävyyden parantamiseksi tuotteet yleensä pinnoitetaan, esim. sinkitään ja tarvittaessa vielä maalataan. Pinnoitevaihtoehdon valinnassa tulee aina ottaa huomioon ympäristö, jossa tuotetta käytetään sekä vaadittu kestoikä. Ilman suhteellisen kosteuden olleessaan alle 60 % teräksen korroosio on tavallisesti merkityksetöntä eikä metallipinnoitteita tarvita. Maalaus voi kuitenkin olla tarpeen esim. ulkonäkösyistä johtuen. Toisaalta, jos suhteellinen kosteus on yli 60 % tai on kastumis- ja upotusvaara tai jatkuvaa altistumista kondensoitumiselle, rauta ja teräs altistuvat korroosiolle. Korroosiota lisäävät erityisesti kloridit ja sulfaatit. Myös lämpötila ja lämpötilavaihtelut vaikuttavat korroosioon.

Sinkki- ja sinkkiseospinnoitteiden korroosio on vähentynyt merkittävästi viime vuosina johtuen ilmansaasteiden vähentymisestä. Teräsrakenteiden korroosionestoa sinkki- ja alumiinipinnoitteilla käsittelee standardi SFS-EN ISO 14713. Standardissa määritellään myös korroosionopeus keskimääräisen sinkkihäviön perusteella. Toisaalta siinä todetaan, että standardissa ilmoitetut syöpymisnopeudet perustuvat vuosien 1990 – 1995 tietoihin, jolloin ilmansaasteiden määrää oli isompi kuin nykyään ja arvio on, että ilman saastuminen jatkaa vähenemistä. Sinkin syöpyminen standardin SFS-EN ISO 14713:n mukaan rasioluokassa C1 on $\leq 0,1 \mu\text{m/a}$, luokassa C2 on $0,1 - 0,7 \mu\text{m/a}$, luokassa C3 $0,7 - 2 \mu\text{m/a}$ ja luokassa C4 $2 - 4 \mu\text{m/a}$.

Sinkkipinnoitteen paksuuden täytyy olla riittävä suhteessa käyttökohteeseen ja suunniteltuun käyttöikäen. SFS-EN ISO 14713 määrittelee tarvittavat pinnoitteen keskimääräiset paksuudet kullakin pinnalla eri ympäristöolosuhteiden ja suunnitellun käyttöikäen mukaan.

ENNUS-Teräs-ohjelmassa sinkityissä ohutlevyrakenteissa sinkkikerroksen paksuus on $25 \mu\text{m}$ (vastaa massaa 350 g/m^2), sinkityissä ja maalatuissa ohutlevytuotteissa sinkkipinnoitteen paksuus on $20 \mu\text{m}$ (275 g/m^2). Runkorakenteiden kappalekuumasinkityissä teräksissä sinkkikerroksen paksuus on $100 \mu\text{m}$ (1400 g/m^2). Valssatun sinkkikatteen paksuudelle on käytetty arvoa $0,8 \text{ mm}$ ($800 \mu\text{m}$). Katerakenteissa on vaihtoehtona myös korroosionkestävyydeltään erinomainen Aluzink (Galvalume), joka sisältää 55 % alumiinia ja 45 % sinkkiä. Runsaasta alumiiniseostuksesta johtuen Aluzinkin ominaisuudet lähestyvät alumiinia.

Taulukossa 8 esitetään erityyppisten sinkkipinnoitteiden ominaisuuksien vertailua korroosionkeston, maalauksen, hitsattavuuden, muovattavuuden suhteen. Taulukossa esitetyt luvut 1-5 tarkoittavat vaihtoehdon edullisuutta verrattuna muihin sinkkipinnoitteisiin. Taulukossa 9 esitetään sinkin ja sinkkipinnoitteiden käyttöikä eri rasioluokissa.

Taulukko 8. Erityyppisten sinkkipinnoitteiden ominaisuuksien vertailutaulukko, kun pinnoitepaksuus on sama (Lankila, A ja Lyytinen O. 2007, Kuumasinkitys 1/2007, Ruukki Production, R&D, sivut 30- 32).

	Kuuma-sinkitty	Aluzink (Galvalume)	Sähkösinkitty
Korroosionkesto, pinnoittamaton	3	5	3
Korroosionkesto, muovattuna	3	3	3
Korroosionkesto, maalattuna	4	4	4
Reunakorroosion kesto	5	3	5
Muovattavuus	4	3	5
Maalin tarttuvuus	3	3	4
Hitsattavuus	4	2	4

Taulukko 9. Sinkin ja sinkkipinnoitteiden käyttöikä.

Pinnoite	Pinnoitteen paksuus	Rasitusluokka	Käyttöikä
Sinkitty ohutlevy (julkisivu)	20 µm (Sinkkikerroksen massa 275 g/m ² molemmissa pinnoissa)	C2	70
		C3	25
		C4	15
Valssattu sinkkikate	0,8 mm	C2	100
		C3	100
		C4	100
Aluzink (katerakenne)	55 % Al + 45 % sinkkiä	C2	65
		C3	25
		C4	12
Sinkitty ohutlevy (katerakenne)	25 µm (Sinkkikerroksen massa 350 g/m ² molemmissa pinnoissa)	C2	40
		C3	20
		C4	10

6.3 Maalipinnoitteen kestävyys

ENNUS-Teräs-malli ja -ohjelma mahdollistavat julkisivuissa ja katteissa käytettyjen PVDF-, polyesteri- ja Pural-maalipintojen sekä runkorakenteissa käytetyn epoksipohjaisen uretaanimaalin käyttöään ennakoinnin ottaen huomioon maalipinnoitteen tyyppin ja tummuusasteen.

Muovimaalatun teräsohutlevyjulkisivun ulkopintaan vaikuttavia säätökijöitä ovat ulkoilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja ilman epäpuhtaudet sekä auringonsäteily. Ensimmäisessä turmeltumistilassa rasitusolosuhteiden vaikutuksena maalipinnoite vanhenee siinä määrin, että esim. sen värisävy on näkyvästi muuttunut. Samassa yhteydessä myös pinnoitteen suojauskyky on voinut muuttua puutteelliseksi, mutta kyseessä on vielä esteettinen haitta. Muovipinnoitteiden turmeltumisen toinen rajatila on tekninen rajatila. Rajatilassa pinnoite on vanhentunut siinä määrin, että se ei enää suojaa alustan sinkkikerrosta. Muovipinnoitetun ohutlevyn kolmas turmeltumisen rajatila on sinkkikerroksen syöpyminen teräksen pinnalta, siten, että se ei enää suojaa alustan terästä. Neljäs rajatila on rajatila, jonka saavuttamisen jälkeen esim. katto vuotaa eli teräksen korrosio on aiheuttanut reikiä ohutlevyyn.

ENNUS-Teräs-ohjelma käsittelee maalipinnoitteiden osalta ensisijaisesti esteettistä rajatilaa. Muovipinnoitteiden materiaaliominaisuuksista tärkein on pinnoitteen murtovenymä ja sen muuttuminen ajan funktiona eri rasiustekijöiden vaikutuksesta. Pinnoite vanhenee myös UV-säteilyn vaikutuksesta, jossa myös tuotteen tummuusasteella on vaikutusta. Toisaalta oikea-aikaisella ja laadukkaasti tehdyllä huoltomaalauksella voidaan pidentää pinnoitteen käyttöikä huomattavasti.

Taulukoissa 10 - 12 ilmoitetaan maalipinnoitettujen julkisivujen ja katteiden käyttöikä ilman uudelleenmaalausta sekä käyttöiät uudelleenmaalattuna yhteen ja kahteen kertaan. Käyttöiät perustuvat tuotevalmistajan ilmoituksiin. Taulukossa 13 esitetään myös tummuusasteen vaikutus käyttöikään.

Taulukko 10. Maalipinnoitettujen teräsjulkisivujen käyttöikä.

Pinnoite	Pinnoitteen paksuus	Rasitusluokka	Käyttöikä ilman huoltomaalausta	Käyttöikä huoltomaalattuna kerran	Käyttöikä 2 kertaa huoltomaalattuna *
PVDF	27 µm	C2	45	80	100
		C3	40	70	95
		C4	-	-	-
PVDF	40 µm	C2	50	90	100
		C3	45	80	110
		C4	40	70	95
PVDF	60 µm	C2	55	100	100
		C3	50	90	100
		C4	45	80	100
Polyester	25 µm	C2	25	40	50
		C3	15	25	35
		C4	-	-	-

* Ohjelmaa käsittelee käyttöikä 100 vuoteen saakka. Jos käyttöikä on yli 100 vuotta, ohjelma muuttaa sen 100 vuodeksi.

Taulukko 11. Maalipinnoitettujen teräskatelevyjen käyttöikä.

Pinnoite	Pinnoitteen paksuus	Rasitusluokka	Käyttöikä ilman huoltomaalausta	Käyttöikä huoltomaalattuna	Käyttöikä 2 kertaa huoltomaalattuna
Pural ja mattapural	50 µm	C2	35	60	80
		C3	30	50	65
		C4	25	40	50
PVDF	27 µm	C2	35	60	80
		C3	30	50	65
		C4	-	-	-
Mattapolyesteri	35 µm	C2	30	50	65
		C3	25	40	50
		C4	-	-	-

Taulukko 12. Maalipinnoitettujen teräsrunkorakenteiden käyttöikä.

Pinnoite	Rasitusluokka	Käyttöikä ilman huoltomaalausta	Käyttöikä, huoltomaalattuna kerran	Käyttöikä, 2 kertaa huoltomaalattuna
Sisäkäyttöön tarkoitettu epoksipohjainen polyuretaanimaali	C1	50		
	C2	30	45	60
	C3	-	-	-
	C4	-	-	-
Ulkokäyttöön tarkoitettu epoksipohjainen polyuretaanimaali	C2	30	45	60
	C3	20	35	50
	C4	15	30	45

* Epoksipohjaisen polyuretaanimaalisysteemin koostumus ja kerrospaksuudet ovat: epoksipohja 40 µm + 80 µm epoksi primer + 40 µm polyuretaanimaali (sisäkäyttö).

** Epoksipohjaisen polyuretaanimaalin koostumus ja kerrospaksuudet ovat: epoksipohja 40 µm + 2 x 80 µm epoksi primer + 40 µm polyuretaanimaali (ulkokäyttöön, jossa käyttöikä enemmän kuin 15 vuotta)

Taulukko 13. Maalipinnoitettujen teräskatelevyjen käyttöikäkerroin johtuen pinnoitteen tummuusasteesta.

Pinnoitteen tummuusaste	Julkisivut, katteet ja runkorakenteet	Kaksoiskuori-julkisivu (lasin takana oleva muovipinnoitettu teräslevy)
ei erillistä pinnoitetta	1	1
musta	0,7	0,65
harmaa	0,9	0,85
valkoinen	1	1

6.4 Ilmastorasitusta kestävät teräkset (COR-TEN teräkset)

Terästen ilmastollisen korroosion kestävyys paranee merkittävästi, kun niihin lisätään pieniä määriä kromia, kuparia, fosforia, mangaania ja nikkeliä. Näitä niukkaseosteisia teräksiä kutsutaan säänkestäviksi teräksiksi, ja niitä voidaan käyttää ulkoilmassa suojaamattomina eli ilman korroosionestopinnoitteita.

Säänkestävien terästen korroosionkestävyys on parhaimmillaan, kun pinta saa vuorotellen kostua ja kuivua. Upotusrasituksessa tai pinnan ollessa jatkuvasti märkä, ne ovat kestävyydeltään samaa luokkaa hiiliterästen kanssa. Säänkestävät teräkset kestävätköhtuullisesti rikkiyhdisteitä, mutta meri-ilmaston kloridit ja maantiesuolasta peräisin olevat kloridit estävät suojaavan patinakerroksen muodostumisen. Rikkidioksi nopeuttaa suojaavan patinakerroksen muodostumista. Puhtaassa maaseutuilmastossa patinoituminen kestää kauemmin kuin kaupunki- ja teollisuusilmastossa. Klorideja säänkestävät teräkset kestävätköhtuunosti kuin hiiliteräkset.

Yleisesti ottaen säänkestävien terästen korroosionopeus on noin puolet hiiliterästen vastaavista arvoista. Suojaavan patinakerroksen syntyminen säänkestäviin teräksiin kestää tavallisesti 3...4 vuotta, minkä aikana pinnasta irtoaa jonkin verran ruostetta. Tämän jälkeen korroosionopeus pienenee pysyvästi. Taulukossa 14 on esitetty ENNUS-Teräs ohjelmassa COR-TEN teräsrakenteiden käyttöikälaskennassa käytetyt kertoimet eri rasi- tusluokissa. Arvot perustuvat viimeaikaisimpiin julkaistuihin ilmastollisen korroosion koetuloksiin (Kaunisto 1993).

Taulukko 14. COR-TEN terästen käyttöikä.

Rasitusluokka	Korroosionopeus, $\mu\text{m/a}$	Kerroin (Käyttöikä)
C2	10	1 (100)
C3	20	1 (100)
C4	25	0,8 (80)

6.5 Ruostumattomat teräkset

Ruostumattomien teräsrakenteiden ilmastollinen korroosio ilmenee usein värjäytyminä ruostumattoman teräksen pinnalla, jossa sen vaikutus on lähinnä esteettinen. Värjäytyksiä aiheuttavat pienet pistesyöpymät ja rakokorroosio eivät yleensä heikennä rakenteen lujuutta. Ruostumattomilla teräksillä ei pelkässä ilmastorasituksessa esiinny yleistä korroosiota.

Paikallisen korroosion todennäköisyys kasvaa, kun kloridipitoisuus lisääntyy, lämpötila nousee ja pinnoilla esiintyy saostumia. Ruostumattomien terästen paikallisen korroosion kestävyyttä voidaan parantaa kromi-, molybdeeni- ja typpiseostuksella. Yleinen suositus on, että maaseutuilmastossa voidaan käyttää terästä EN 1.4301, mutta meri-ilmastoon on useimmiten suositeltavaa valita molybdeeniseostettu nk. haponkestävä teräs (EN 1.4401 tai 1.4432) sen paremman piste- ja rakokorroosionkestävyyden takia. Meri-ilma on maaseutu- tai kaupunki-ilmastoa syövyttävämpi meriveden sisältämien kloridien takia, jotka altistavat ruostumattomat teräkset paikalliselle korroosiolle. Vastavasti liukkauden torjunnassa käytetyt suolat lisäävät ruostumattomien terästen paikallisen korroosion riskiä katujen ja teiden varsilla sekä alueilla, jonne suoloja voi kulkeutua. Taulukossa 15 esitetään ruostumattomien terästen materiaalinvalintaohjeita erilaisiin ilmastollisiin olosuhteisiin (Käsikirja - Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2006). Tätä lähestymistapaa hyödynnettiin myös ENNUS-Teräs ohjelmassa (Taulukot 16 - 20).

Taulukko 15. Ruostumattomien terästen valinta eri ympäristöolosuhteisiin (Käsikirja - Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2006).

Teräslaji	Ympäristön tyyppi ja korroosio-olosuhteen luokka											
	Maaseutuilmasto			Kaupunki-ilmasto			Teollisuusilmasto			Meri-ilmasto		
	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H
1.4003 1.4016	O	X	X	O	X	X	X	X	X	X	X	X
1.4301 1.4541 1.4318	OK	OK	OK	OK	OK	O	O	O	X	OK	O	X
1.4401 1.4404 1.4571	-	-	-	-	OK	OK	OK	OK	O	OK	OK	O
1.4439 1.4462 1.4529 1.4539	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	-	-	OK

Korroosio-olosuhteet:
L (low) = alhainen. Alhaisimmat korroosio-olosuhteet ko. ympäristössä. Esim. tiettyyn lämpötilaan lämmitetyt tilat, joissa on alhainen kosteus tai alhaiset lämpötilat.
M (medium) = keskimääräinen. Melko tyypillinen ko. ympäristössä.
H (high) = korkea. Korroosion todennäköisyys korkeampi kuin tyypillisessä ko. ympäristössä. Esim. korroosio kasvaa korkean kosteuden, korkean ympäröivän lämpötilan tai erityisesti aggressiivisten ilmansaasteiden takia.

Merkinnät soveltuvuudesta:
OK = Todennäköisesti paras valinta korroosionkestävyyden ja kustannusten kannalta.
O = Tarkastelun arvoinen, jos ryhdytään sopiviin varotoimenpiteisiin (s.o. määritellään suhteellisen tasainen pinta ja sen jälkeen pinta pestään säännöllisesti).
- = Mahdollisesti ylimitoitettu korroosion kannalta katsoen.
X = Todennäköisesti tapahtuu liiallista korroosiota.

Taulukko 16. Julkisivut, tuuletettu rakenne, ruostumattoman teräslajin käyttöikäkerroin eri rasisitusluokissa.

Julkisivu tuuletettu rakenne					
Rasisitusluokka		Teräslaji / Kerroin			
		Ferriittinen ruostumaton teräs EN 1.4016	Ruostumaton teräs EN 1.4301/1.4307	Haponkestävä ruostumaton teräs EN 1.4401/ 1.4404	Mn-seosteinen austeniittinen ruostumaton teräs EN 1.4372
C2	Alhainen	1	1	1	1
	Keskimääräinen	0,5	1	1	1
	Korkea	0,4	1	1	1
C3	Alhainen	0,4	1	1	1
	Keskimääräinen	0,3	1	1	0,8
	Korkea	0,2	0,8	1	0,6
C4	Alhainen	0,3	0,8	1	0,6
	Keskimääräinen	0,2	0,6	1	0,4
	Korkea	0,1	0,5	0,8	0,2

Taulukko 17. Julkisivut, sandwich elementti, ruostumattoman teräslajin käyttöikäkerroin eri rasitusluokissa.

Julkisivu sandwich elementti					
Rasitusluokka		Teräslaji / Kerroin			
		Ferriittinen ruostumaton teräs EN 1.4016	Ruostumaton teräs EN 1.4301/1.4307	Haponkestävä ruostumaton teräs EN 1.4401/1.4404	Mn-seosteinen austeniittinen ruostumaton teräs EN 1.4372
C2	Alhainen	1	1	1	1
	Keskimääräinen	0,5	1	1	1
	Korkea	0,4	1	1	1
C3	Alhainen	0,4	1	1	1
	Keskimääräinen	0,3	1	1	0,8
	Korkea	0,2	0,8	1	0,6
C4	Alhainen	0,3	0,8	1	0,6
	Keskimääräinen	0,2	0,6	1	0,4
	Korkea	0,1	0,5	0,8	0,2

Taulukko 18. Kaksoiskuorijulkisivut, ruostumattoman teräslajin käyttöikäkerroin eri rasisitusluokissa.

Kaksoiskuorijulkisivu (lasipinta)			
Rasisitusluokka		Teräslaji / Kerroin	
		Ferriittinen ruostumaton teräs EN 1.4016	Ruostumaton teräs EN 1.4301/1.4307
C2	Alhainen	1	1
	Keskimääräinen	0,8	1
	Korkea	0,6	1
C3	Alhainen	0,6	1
	Keskimääräinen	0,4	1
	Korkea	0,2	1
C4	Alhainen	0,2	1
	Keskimääräinen	0,2	1
	Korkea	0,2	0,8

Taulukko 19. Ohutlevykatteet, ruostumattoman teräslajin käyttöikäkerroin eri rasisusluokissa.

Ohutlevykatteet			
Rasisusluokka		Teräslaji / Kerroin	
		Ruostumaton teräs EN 1.4301/1.4307	Haponkestävä ruostumaton teräs EN 1.4401/1.4404
C2	Alhainen	1	1
	Keskimääräinen	1	1
	Korkea	1	1
C3	Alhainen	1	1
	Keskimääräinen	1	1
	Korkea	0,8	1
C4	Alhainen	0,8	1
	Keskimääräinen	0,6	1
	Korkea	0,4	0,8

Paikallisen korroosion kestävyys voidaan vaikuttaa myös pinnanlaadulla ja pintojen pesuilla sekä puhdistuksella. Mitä sileämpi pinta, sen parempi on sen paikallisen korroosion kestävyys. ENNUS-Teräs ohjelmassa tämä otettiin huomioon taulukossa kerrotoimilla, taulukot 20 - 23. Sileät pinnat ovat myös helpommin puhdistettavissa liasta ja saostumista. Sadeveden huuhtelemien pintojen korroosiorasitus on usein pienempi, kuin sateelta suojassa olevien rakenteiden, joihin kertyy likaa ja korroosiota aiheuttavia kloridipitoisia kerrostumia. Likaantumiselle alttiit pinnat ja rakenteet suositellaan puhdistettavaksi säännöllisesti kerrostumien poistamiseksi ja korroosionkestävyyden parantamiseksi.

Taulukko 20. Runkorakenteet, ruostumattoman teräslajin käyttöikäkerroin eri rasitusluokissa.

Runkorakenteet					
Rasitusluokka		Teräslaji / Kerroin			
		Ferriittinen ruostumaton teräs EN 1.4509	Ruostumaton teräs EN 1.4307	Haponkestävä ruostumaton teräs EN 1.4404	Mn-seosteinen duplex ruostumaton teräs EN 1.4162
C2	Alhainen	1	1	1	1
	Keskimääräinen	0,5	1	1	1
	Korkea	0,4	1	1	1
C3	Alhainen	0,4	1	1	1
	Keskimääräinen	0,3	1	1	1
	Korkea	0,2	0,8	1	0,9
C4	Alhainen	0,2	0,8	1	0,9
	Keskimääräinen	0,2	0,6	1	0,8
	Korkea	0,1	0,5	0,8	0,7

Taulukko 21. Eri ruostumattomien teräslajien pistekorroosionkestävyys.

Teräslaji	Paikallisen korroosion kestävyydeltään vastaavia teräslajeja
Ferriittinen ruostumaton teräs EN 1.4016	EN 1.4509
Ruostumaton teräs EN 1.4301	EN 1.4307 EN 1.4541 EN 1.4311
Mn-seosteinen austeniittinen ruostumaton teräs EN 1.4372	
Haponkestävä ruostumaton teräs EN 1.4401	EN 1.4404 EN 1.4406
Mn-seosteinen duplex ruostumaton teräs EN 1.4162	

Taulukko 22. Ruostumattomista teräksistä valmistetuille julkisivuelementeille ja katteille Ennus-Teräs ohjelmassa käytetyt pinnanlaatukertoimet.

Julkisivu tuuletettu, Sandwich, Kaksoiskuori, Katteet – Tehdastilainen pinta			
Pinnanlaatu			
EN	Outokumpu Stainless Oy	Kuvaus	Kerroin
2R	2R	<ul style="list-style-type: none"> • kylmävalssattu, kiiltohehkutettu • Pinta sileä, kirkas ja heijastava, siileämpi kuin 2B 	1,3
2B	2B	<ul style="list-style-type: none"> • Kylmävalssattu, hehkutettu ja peitattu, viimeistelyvalssattu 	1,2
2K	4N	<ul style="list-style-type: none"> • Satiini-/hienohiottu • Sileä ja heijastava pinta • Alhaisen pinnankarheuden ansiosta se soveltuu käytettäväksi myös ulkotiloissa. • Heijastelevuudesta huolimatta pinta ei ole peilimäinen eli pinnan kuvaterävyys on alhainen 	0,9
2J	DB	<ul style="list-style-type: none"> • Yhdensuuntaisesti hiottu tai harjattu pinta • Heijastavuus on alhainen, erinomainen sisätilojen arkkitehtonisiin käyttökohteisiin 	0,7
2G	3N	<ul style="list-style-type: none"> • Yhdensuuntaisesti hiottu pinta, jolla on matala heijastavuus. • Karkeahko viimeistely rajoittaa pinnan käytön lähinnä sisätiloihin. 	0,5

Taulukko 23. Ruostumattomista teräksistä valmistetuille runkorakenteille Ennus-Teräs ohjelmassa käytetyt pinnanlaatukertoimet.

Runkorakenteet		
Pinnanlaatu	Kuvaus	Kerroin
Peitattu	<ul style="list-style-type: none"> Valmistuksen jälkeen ohjeiden mukaan peitattu 	1,3
Hiottu	<ul style="list-style-type: none"> Valmistuksen jälkeen ohjeiden mukaan hiottu 	1,2
Valmistustilainen	<ul style="list-style-type: none"> Ei jälkikäsittelyä 	0,9

Vaikkakaan käyttökohteeseen sopivan materiaalin valinnan merkitystä ei voi korostaa liikaa, ruostumattomien terästen ilmastollisten korroosioaurioiden yleisin syy on työmaalla tapahtunut työ ja käsittelyvirhe, jonka seurauksena pinnoille on jäänyt korroosiota aiheuttavia epäpuhtauksia, kuten rautapartikkeleita (hionta, leikkaus) tai klorideja (esim. sementin valmistus, levyjen väärä kuljetustapa tai varastointi). Näiden tekijöiden vaikutusta käyttöikään on käsitelty kappaleissa 7 ”Toteutus” ja 8 ”Käytöstä aiheutuvat rasitukset”.

7. Toteutus

Koska toteutuksesta johtuvat puutteet voivat luoda edellytyksiä käyttöään huomatta-vaankin pienentymiseen, ovat toteutuksen puutteet käsitelty samanarvoisina kuin esim. suunnitteluvirheet. Taulukossa 24 esitetään toteutuksesta johtuvat käyttöikään vaikutta-vat parametrit ja vastaavat painokertoimet.

Taulukko 24. Toteutuskertoimet.

C	Toteutus				
C1	Kuljetus ja varas-tointi	Ohjeiden mukainen	Vähäisiä kol-huja	Selviä kolhuja	Runsaasti kolhuja
	Kerroin	1	0,9	0,8	0,7
C2	Varastointilämpötila ja -kosteus	Kuiva ja lämmin	Puutteellinen		
	Kerroin	1	0,8		
C3	Leikkausmenetelmä	Ohjeiden mukaiset menetelmät ja työkalut	Väärät mene-telmät ja työ-kalut		
	Kerroin	1	0,7		
C4	Leikkausreunojen ja liitosten suojaus työmaalla	Ohjeiden mukainen	Puutteellisesti suojattu ja käsitelty		
	Kerroin	1	0,85		
C5	Pintojen puhdistus porausjätteistä	Huolellisesti suoritettu	Puutteellisesti suoritettu		
	Kerroin	1	0,85		

8. Käytöstä aiheutuvat rasitukset

Käytöstä aiheutuvat rasitukset julkisivujen osalta ovat pääasiallisesti riippuvaisia liikenteestä ja tiensuolauksesta sekä sisäilman aiheuttamista rasituksista (taulukko 25). Katteiden osalta käyttöikään vaikuttaa sisäilman olosuhteiden lisäksi myös katon huolto (taulukko 26). Runkorakenteen sijainti vaikuttaa merkittävästi rasitusten laatuun (taulukko 27). Esimerkiksi runkorakenne voi myös olla alttiina liikenteen aiheuttamille merkittävillä rasituksilla ja kolhuille, mutta toisaalta runkorakenne sisällä on suojattu em. rasituksilta. Kaksoiskuorijulkisivujen osalta käytöstä aiheutuvia rasituksia ei ole yksilöity.

Taulukko 25. Kerroin D. Käytöstä aiheutuvat rasitukset – tuulettut julkisivut ja sandwich-rakenne.

D	Käytöstä aiheutuvat rasitukset						
	Tiensuolaus	Kyllä		Ei			
D1	Kerroin muille kuin ruostumattomasta teräksestä valmistetuille pintarakenteille	0,85		1			
D1a	Liikenteen rasitukset	Vilkasliikenteinen katu		Vähäinen liikenne/sivukatu tai yli 10 m katutasosta		Pientaloalue /pienteollisuusalue	
	Kerroin ruostumattomasta teräksestä valmistetuille pintarakenteille	Suola, kyllä	Suola, ei	Suola, kyllä	Suola, ei	Suola, kyllä	Suola, ei
	Kerroin	0,6	0,8	0,8	1	1	1
D2	Julkisivun suojausten taso	Liikkuminen rajoitettu		Kevyen liikenteen aiheuttamat rasitukset / kolhut		Ajoneuvojen aiheuttamat vauriot	
	Kerroin sinkityille ja pinnoitetuille rakenteille	1		0,9		0,7	
	Kerroin COR-TEN:ille ja ruos-	1		0,95		0,85	

	tumattomattomille teräsjulkisivuille			
D3	Sisäilman aiheuttamat rasitukset, tuuletettu rakenne	Sisäilman olosuhteet vastaavat asuintalon kuormia, ilmasulun toimivuus hyvä	Tavanomaista asuinkäyttöä korkeammat sisäilman kuormat tai lieviä puutteita höyryn / ilmansu- lussa)	
	Kerroin	1	0,95	
	Sisäilman aiheuttamat rasitukset, sandwich-rakenne	Sisäilman olosuhteet vastaavat asuintalon kuormia, ilmasulun toimivuus hyvä	Kasvanut kosteus- kuorma, mahdolli- suus tunkeutua rakenteeseen	Huomattavasti kasvanut koste- uskuorma, mahdollisuus tunkeutua ra- kenteeseen
	Kerroin	1	0,9	0,7

Taulukko 26. Kerroin D. Käytöstä aiheutuvat rasitukset – katerakenteet.

D	Käytöstä aiheutuvat rasitukset				
D1	Sisäilma	Sisäilman olosuhteet vastaavat asuintalon kuormia, ilmasulun toimivuus hyvä	Korkeammat kosteuskuormat tai lieviä puutteita höyryn / ilmansulussa	Korkeammat kosteuskuormat ja puutteita höyryn / ilmansulussa	Huomattavia kosteuskuormia ja puutteita höyryn / ilmansulussa
	Kerroin	1	0,9	0,7	0,5
D2	Liikenne katolla	Kävely- ja huoltotasot katolla	Katolla ei kävelytasoja. Huoltoliikenne rasittaa katetta		
	Kerroin Ruostumattomille teräskatteille	1	0,9		
	Kerroin muille teräskatteille	1	0,8		

Taulukko 27. Kerroin D. Käytöstä aiheutuvat rasitukset – runkorakenteet ja kaksoiskuorijulkisivut.

D	Käytöstä aiheutuvat rasitukset	Runkorakenteet		Kaksoiskuorijulkisivu	
<i>DI</i>		Runko alttiina käytön, huollon tai liikenteen aiheuttamille merkittävillä rasituksilla, kolhuille yms.	Suojassa em. rasituksilta	Merkittäviä käytöstä aiheutuvia rasituksia	Suojassa em. rasituksilta
	Kerroin	0,9	1	0,9	1

9. Rakenteen huolto

Kunnon tarkastukset kaikkien tuoterakenteiden osalta on käsitelty silmämääräisinä tarkastuksina ja tarvittaessa vikojen korjauksina. Nämä huollot on jaettu säännöllisiin vuosihuoltoihin sekä huoltoihin, joita pitää toteuttaa 5 – 10 vuoden välein. Huollon tasokohtaiset kertoimet on esitetty Taulukossa 28.

Säännöllisiin vuosihuoltoihin kuuluu:

- tuuletusraon avoimuuden tarkastukset (esim. istutusten kasvaminen kiinni verhoiluun),
- seinän vierustojen siivoaminen,
- pinnoitevaurioiden korjaukset (paikkamaalaukset),
- ruostealumien, lian ja roskien puhdistaminen pinnoilta,
- vedenpoistojen, räystäskourujen ja syöksytorvien tarkastus ja puhdistus
- vuotokohtien paikantaminen ja korjaus.

Toimenpiteet joita edellytetään 5 – 10 vuoden väliin suoritettaviksi ovat:

- julkisivun ja katerakenteiden avaus sekä taustarakenteiden tarkastus riskikohdista,
- kiinnikkeiden kiristys ja tarvittaessa uusiminen,
- liitosten ja kiinnityskohtien kunnon ja korjaustarpeen arviointi,
- huoltomaalauksen tarpeellisuuden arviointi.

Pinnoitettujen rakenteiden osalta huolto sisältää myös mahdollisia uusintamaalauksia, jolloin rakenteen käyttöikä voidaan pidentää. Uudelleenmaalauksien vaikutus käyttöikäen esitetään taulukoissa 10 – 12.

Taulukko 28. Huollon taso, kerroin G1.

G	Huollon taso			
G1	Silmämääräiset tarkastukset ja rakenteiden kunnon tarkastukset	Säännöllisesti	Epäsäännöllisesti	Ei huoltoa
	Kerroin ruostumattomasta teräksestä valmistetuille rakenteille	1	0,95	0,85
	Kerroin muille materiaaleille	1	0,8	0,5

10. Yhteenveto ja loppupäätelmät

Tässä julkaisussa esitetään teräsrakenteiden käyttöiän ennakkoinnin periaatteet perustuen standardin ISO 15687-1 keroimenetelmään. Tarkasteltavia teräsrakenteita ovat tuulettut julkisivut, sandwich-elementit, kaksoiskuorijulkisivut (lasipinta), ohutlevykatteet ja runkorakenteet. Teräsmateriaaleista käyttöikälaskenta mallinnettiin hiiliterästen, ilmastorasitusta kestävä teräksen (COR-TEN), ruostumattomien teräslaatuja, maalattujen terästuotteiden ja sinkittyjen terästuotteiden suhteen.

ISO 15686-1 keroimenetelmä saa nimensä siitä, että siinä käyttöiän ennakkointi tehdään kertomalla vertailukäyttöikä eri tekijät huomioonottavilla kertoimilla. Kertoimet kattavat materiaalien laadut, rakenteelliset yksityiskohdat suunnittelusta, työnsuorituksesta, ympäristö- ja käyttörasituksista sekä huollon tason vaikutukset. Ohjelma käyttää vertailukäyttöikänä numeroarvoa, joka edustaa yleisesti arvioitua tyypillistä käyttöikää kohteessa.

ENNUS-mallien kehityksessä tarkoituksena on ollut helpottaa käyttöikäinformaation huomioon ottamista suunnittelussa sekä edesauttaa suunnitteluosaamisen kehittymistä.

Työn lähtökohtana oli tilanne, jossa aiemmin tehtyä ENNUS-Teräs mallia ja laskentaohjelmaa oli syytä täydentää ja tarkentaa mallin, rakenteen, materiaaliveikkojen sekä laskennan taustalla olleiden kertoimien osalta.

Tavoitteena oli myös selkiyttää eri riskitekijöiden hallintaa, eriyttää eri tekijät riittävästi toisistaan turhien päällekkäisyyksien välttämiseksi ja helpottaa niiden arviointia. Eri osatekijöiden kertoimien asettaminen on vaikeaa, eikä malli edusta todellisuutta koskaan täysin oikein. Työssä on pyritty siihen, että osakertoimien jaottelu ja painotukset, niiden käyttö lopullisen kertoimen muodostamiseen ja niille valittavissa olevat luokat sekä niihin liittyvät kertoimet ohjaisivat suunnittelua mahdollisimman kestäviin ratkaisuihin. Vaikka todellisen, toteutuvan käyttöiän ennakkointi voi olla vaikeaa, tavoitteena on antaa kuva eri vaihtoehtojen merkityksestä kokonaisuuden kannalta siten, että ne ovat keskenään vertailukelpoisia ja että mallin käyttö hyvään käyttöikä ohjaavana työkaluna on mahdollista.

Ohjelman perusajatuksena on, että teräsrakenteiden ja -julkisivujen ja -katteiden käyttöiän peruskriteereinä ovat pintojen kohtuullinen ulkonäön säilyminen, rakennusfysikaalinen toiminta, katteiden ja julkisivujen osalta vedenpitävyys ja pilarien ja palkkien osalta kantavuus. Kertoimet on valittu aina siten, että em. kriteerit toteutuvat. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että useimmissa tapauksissa ulkonäön kohtuullinen säilyminen tulee käyttöiän kriteeriksi. Ohjelma ottaa kuitenkin huomioon pinnoitteiden uusimisen (rajoitetut uusimiskerrat).

Toisaalta ohjelma ei laske yli sadan vuoden käyttöikä. Sellaisissa tapauksissa, joissa valmistaja ei lainkaan suosittelu esimerkiksi jotain tiettyä materiaalikombinaatiota oletetun huonon kestävyuden takia, ohjelma antaa käyttöikäarvioksi 0 vuotta.

Mallissa osatekijät on pyritty valitsemaan ottaen huomioon kokonaistoimivuus. Kertoimien arvot eivät näin ollen ole absoluuttisia ja suurin epävarmuus liittyy eri kertoimien yhteisvaikutukseen. Pyrkimyksenä on kuitenkin ollut saada prosessin tuloksissa näkyviin muutosten vaikutusten suunta ja merkitys kokonaisuudelle. Tarkoituksena on ollut tuottaa ensimmäinen aineisto avoimeen prosessiin, jossa lopputulos vähitellen tarkentuu käyttäjien ja asiantuntijoiden toimesta.

Eri materiaaleista kuten puu-, teräs-, metallimateriaaleista valmistettujen rakenteiden käyttöikä ei pitäisi toistaiseksi vertailla keskenään. Ennakoitu käyttöikä olisi ymmärrettävä vain suunta antavaksi tuoteinformaatioksi, jota verrataan suunnitteluikään.

Käyttöikään vaikuttavien kertoimien arvot perustuvat valmistajien asiantuntemukseen koskien materiaaleja ja valmistusprosesseja, kirjallisuusselvityksiä, testauksia ja tutkimuksia sekä VTT:n tutkijoiden asiantuntemusta materiaalien vaurioitumismekanismista ja mallintamisesta. Mallia voi käyttää myös muistilistan tyyppisenä apuvälineenä, mutta oikeiden valintojen ja kokonaistoimivuuden varmistaminen jää edelleen suunnittelijan vastuulle.

Käyttöikäsuunnittelun menetelmien edelleen kehittämisessä tulisi asettaa seuraavaksi tavoitteeksi tulosten luotattavuuden parantamisen. Sitä varten pitäisi lisätä kenttäseurantakokeita sekä kehittää analyyttistä laskentamenetelmiä eri materiaaleille. Yhtenäisyyden kannalta olisi tarpeen että rakennuksen kaikki materiaalit saataisiin käyttöikäsuunnittelun piiriin ja että keskinäiset erot voitaisiin painottaa materiaalikohtaisesti.

Lähdeluettelo

COR-TEN julkisivut. Rautaruukki Oyj ja Rakennustieto Oy, Helsinki. 2001. ISBN 951-682-657-1

Harju, T. 1988. Sinkki ja sinkkipinnoitteet. Korroosiokäsikirja. Suomen Korroosioyhdistys ry. Hangon Kirjapiano Oy, Hanko 1988. s. 594 – 605.

ISO 15686-1 Service life planning- Part 1 General Principles

SFS-EN ISO 14713, Teräs- ja rautarakenteiden korroosionesto. Sinkki- ja alumiinipinnoitteet. Ohjeisto. Vahvistettu 23.8.1999. 63s.

Kaunisto, T. 1993. Säänkestävien terästen käyttö sillanrakennuksessa. VTT Tiedotteita 1534. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Espoo 1993. 46s.

Kaunisto, T. 1994. Metallien ilmastollinen korrosio. VTT Tiedotteita 1582. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Espoo 1994. 108s. + liitteet 5s.

Kaunisto, T. 1988. Eri ympäristöjen vaikutukset materiaaleihin ja korroosion estäminen – Ilmakehä. Korroosiokäsikirja. Suomen Korroosioyhdistys ry. Hangon Kirjapiano Oy, Hanko 1988. s. 224 – 228.

Käsikirja - Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2006

Lankila, A ja Lyytinen O. 2007, Kuumasinkitys 1/2007, Ruukki Production, R&D. s. 30 – 32.