

Rasitusluokat XS3 & XD3 teräsbetonipaalu- jen suunnittelussa

Jouni Punkki

Paaluseminaari

21.11.2019



Aalto University
School of Engineering

1

paaluinfo BETONI-LEHTI 1 2019

Kloridirasitusten (XD- ja XS-rasitusluokat) huomioiminen betonipaalu- jen suunnittelussa

Teräsbetonipaalu- ja rasi-
tusluokkien valin-
taa sekä säilytysolosuhteita on käsitelty
Paalufossa 2019 (Betonilehti 3/2019), ladat-
tavana betoni.com- sivustolla. Rasitusluokan
valintaan vaikuttavat pohjaveden sulfatti- ja
kloridipitoisuudet ja siten jossain tapauk-
sissa tarvitaan normaalin XC2-rasitusluokan
lisäksi myös rasitusluokkia XA1 tai XA2 sekä
pohjaveden kloridipitoisuuden ylittäessä
arvon 1000 mg/l tarvitaan myös rasitusluokkia
XS2. Vaatimukset betoniin laadulle sekä ras-
itukseen betonielementeille määrittävät ras-
itusluokkayhdistelmän perusteella. Tarvitta-
vien rasitusluokkayhdistelmien perusteella on
kehitetty neljä RT Betonipaalu- ja paaluyhdistelmää.

- **Normaali vakopaala:** Täyttää rasitusluok-
kien XC2 ja XA2 vaatimukset
- **Sulfattiresistentiä:** Täyttää rasitusluokkien
XC2 ja XA2 vaatimukset
- **E-Paala:** Täyttää rasitusluokkien XC2 lisäksi
myös kloridirasitusluokkien XD2 ja XS2
sekä rasitusluokkien XA2 vaatimukset
- **E-Paala, sulfattiresistentiä:** Täyttää ras-
itusluokkien XD2, XS2 ja XA2 vaatimukset

Esitetyt paaluyhdistelmät täyttävät käytännössä
kaikki teräsbetonipaaluille tulevat ympäristö-
rasitusluokan 200 vuoden suunnittelukäytöllä.
Mikäli kuitenkin muita rasitusluokkia tarvi-
taan, kyseessä on erikoispaala joka on suun-
niteltava erikseen tapauskohtaisesti.

Viime aikoina on esillä ollut epäoikeudenmukai-
sista erityisesti kloridirasitusten osalta (rasitusluo-
kat XD ja XS). Jossain tapauksissa paalu-
jen rasitusluokaksi on valittu rasitusluokkia XD2.
Tällöin kyseessä on erikoispaala, jonka kus-
tantoukset ovat edellä esitetyt paaluyhdistelmää
korkeammat ja toimitusajat selvästi pidempiä.
Käyttökäsitteiden yleistä lähtökoh-
tana on väitä mahdollisimman oikeat ras-

tusluokat ja väittää ylimittoisuutta. Ylimittoisuus
voi parantaa tilannetta yhden ominaisuuden
osalta, mutta samalla se usein heikentää
tilannetta joidenkin muiden ominaisuuksien
osalta, esim. halkeilueräkykyä jne.

Betonirakenteiden kloridirasitukset
Klorideja voi joutua betonirakenteeseen
yleisimmän joko merivedestä tai klorideja
sisältävistä jäänsulatusaineista. Myös teol-
linnajohtevedet tai ulma-allasvesi voivat
sisältää klorideja. Kloridien alkuperä sekä
kloridirasituksen ankaruuden perusteella
määritetään XD- tai XS-rasitusluokkia. Mikäli
betoni on kosketuksissa veden kanssa, joka
sisältää muuta lähteistä kuin merivedestä
peräisin olevia klorideja, rakenteet luokitellaan
SFS-EN 206:n mukaisesti XD-rasitusluokkiin
seuraavasti.

XD1
Kohdallaan betoni. Betonipinnat, jotka
ovat alttina ilman sisältämälle kloridille.

XD2
Mikäli harvoin kuiva. Ulma-allasvesi, betoni
on alttina kloridipitoisille teollisuusarasteille.

XD3
Käytävä ja kuiva vaihtoehto. Tällain osat, jotka
ovat alttina kloridipitoisille roiskeille. Jal-
kakäytävät. Puokotustulojen laatat.

Vastaavasti mikäli betoni on alttina klori-
delle, jotka ovat peräisin merivedestä tai
ilman kuljettamasta merivedestä tai
olevasta suolasta, rakenteet luokitellaan
XS-rasitusluokkiin seuraavasti:

XS1
Kokotuksessa ilman kuljettaman suolan

kanasta, mutta ei suorassa kosketuksessa
merivedeen. Läheillä rannikkoja tai ranni-
kolla olevat rakenteet.

XS2
Pyydytvi veden alla. Merirakenteiden osat.

XS3
Vuosiveden ja roiskeen vyöhykkeellä. Meri-
rakenteiden osat.

**TERÄSBETONIPAALUJEN
KLORIDIRASITUKSET**

Rasitusluokat XD
Rasitusluokissa XD kloridien lähdde on jär-
venpinnan käytettävät kloridisuolat. Käytän-
nössä paalut eivät voi olla suorassa koske-
tuksissa jäänsulatusaineiden kanssa ja siten
rasitusluokat XD1 ja XD2 eivät ole mahdollisia
paalu-
jen osalta. Rasitusluokkia XD1 edellyttää,
että kloridit kulkeutuvat ilman mukana
paalu-
jen perälle. Rasitusluokkia XD2 taas
edellyttää kloridipitoisen veden roiskumista
paalu-
jen pinnalle.

Rasitusluokkia XD2 on mahdollinen terä-
sbetonipaaluille. Perusteessa jäänsulatusai-
neet voivat kohottaa pohjaveden kloridipoi-
tusta siten, että kloridit voivat tunkeutua
pohjavedestä betoniin. Kloriditasitus kohdis-
tuu kuitenkin hyvin paikallisesti tien välit-
mäin läheisyyteen ja pohjaveden on laajalla
alueella ympäristössä. Lisäksi jäänsulatusai-
nainta käytetään vain osan aikaa vuodesta.
Siten käytännössä pohjaveden kloridikon-
sentraatio laskeutuu nopeasti. Onkin epäo-
ikeudenmukaista, että pohjaveden kloridipitoisuus
nousee jäänsulatusaineiden vaikutuksesta yllä
paalu-
beiteille vaarattomaksi osoitetun pitoi-
suuden 1000 mg/l.

Betonirakenteiden rasitusluokat

Koskevat myös betonipaaluja

- **Perustuvat eurooppalaiseen standardiin SFS-EN206**
- **Rasitusluokat ympäristöolosuhteiden mukaan**
 - X0: Ei korroosion tai syöpymisrasituksen riskiä
 - XC: Karbonatisoitumisen vaikutuksesta aiheutuva (teräs)korroosio
 - XD: Muun kuin meriveden kloridien aiheuttama (teräs)korroosio
 - XS: Meriveden kloridien aiheuttama (teräs)korroosio
 - XF: Jäätymis-sulamisrasitus jäänsulatusaineilla tai ilman niitä
 - XA: Kemiallinen rasitus
- **Jako rasitusluokissa on aika karkea, yleensä 3..4 luokkaa**

2

Rasitusluokat XS ja XD

Rasitusluokka XS

- **XS1:** Kosketuksissa ilman kuljettaman suolan kanssa, mutta ei suoraan kosketuksissa meriveteen. Lähellä rannikkoa tai rannikolla olevat rakenteet.
- **XS2:** Pysyvästi veden alla. Merirakenteiden osat.
- **XS3:** Vuoroveden ja roiskeen vyöhykkeellä. Merirakenteiden osat.

Rasitusluokka XD

- **XD1:** Kohtalaisen kostea. Betonipinnat, jotka alttiina ilman sisältämille klorideille.
- **XD2:** Märkä, harvoin kuiva. Uima-altaat. Betoni on alttiina kloridipitoisille teollisuusvesille.
- **XD3:** Märkä ja kuiva vaihtelevat. Sillan osat, jotka ovat alttiina kloridipitoisille roiskeille. Jalkakäytävät. Paikoitustalojen laatat.

3

XS ja paalut

- **Kloridien lähde on merivesi**
 - XS1 edellyttäisi että kloridit tulisivat ilman mukana paaluun (merivesisumuna)
 - XS3 edellyttäisi että paalut olisivat osan aikaa merivedessä ja osan aika ilmatilassa
- XS2 on mahdollinen paaluille

Rasitusluokka XS

- ~~**XS1:** Kosketuksissa ilman kuljettaman suolan kanssa, mutta ei suoraan kosketuksissa meriveteen. Lähellä rannikkoa tai rannikolla olevat rakenteet.~~
- **XS2:** Pysyvästi veden alla. Merirakenteiden osat.
- ~~**XS3:** Vuoroveden ja roiskeen vyöhykkeellä. Merirakenteiden osat.~~

4

XS2 ja paalut

- **Periaatteet:**
 - Paalut meren pohjassa tai lähellä meren rantaa ja siten pohjaveden kloridipitoisuus on kohonnut
 - Kriittisenä kloriditasona pidetään 1000 mg/l
- **Mikäli pohjaveden kloridipitoisuus: > 1000 mg/l**
 - Valitaan rasitusluokka XS2
 - Käytetään E-Paalua (RTB-300-16E ja RTC-350-16E)
 - Mikäli lisäksi XA2 sulfaattirasitus, E-Paalu, sulfaatinkestävä
 - Mikäli kloridipitoisuus < 1000 mg/l, riittää rasitusluokka XC2

5

XD ja paalut

- **Kloridien lähde on jäänsulatusaineet**
 - XD1 edellyttäisi että kloridit tulisivat ilman mukana paaluun
 - XD3 edellyttäisi kloridipitoisen veden roiskumista
 - XD2 on mahdollinen paaluille
- Rasitusluokka XD**
- ~~XD1: Kohtalaisen kostea. Betonipinnat, jotka alttiina ilman sisältämille klorideille.~~
 - XD2: Märkä, harvoin kuiva. Uima-altaat. Betoni on alttiina kloridipitoisille teollisuusvesille.
 - ~~XD3: Märkä ja kuiva vaihtelevat. Sillan osat, jotka ovat alttiina kloridipitoisille roiskelle. Jalkakäytävät. Paikoitustalojen laatat.~~

6

XD2 ja paalut

- **Periaatteet:**
 - Jäänsulatusaineet kohottavat pohjaveden kloridipitoisuutta ja siten kloridit voivat tunkeutua pohjavedestä paaluun
 - Rasitus olennainen vain tierakenteiden välittömässä läheisyydessä
 - Jäänsulatusaineita käytetään vain osan aikaa vuodesta
 - Kriittisenä kloriditasona pidetään 1000 mg/l
- **Mikäli pohjaveden kloridipitoisuus: > 1000 mg/l**
 - Valitaan rasitusluokka: XD2
 - Käytetään E-Paalu (RTB-300-16E ja RTC-350-16E)
 - Mikäli lisäksi XA2 sulfaattirasitus, E-Paalu, sulfaatinkestävä
 - Mikäli kloridipitoisuus < 1000 mg/l, riittää rasitusluokka XC2

7

Yhteenveto

- **Paaluissa vain rasitusluokat XS2 ja XD2 käytännössä mahdollisia**
 - Käytetään mikäli pohjaveden kloridipitoisuus > 1000 mg/l
 - Kloridipitoisuus on selvitettävä
- **XS2 ja XD2 edellyttää E-Paalun käyttöä**
- **Rasitusluokkia XS2 ja XD2 ei tule käyttää ”varmuuden vuoksi”**
 - Kloridipitoisuus on selvitettävä

Taulukko Paaluinfosta 1/2019 – Betoni-lehti

Rasitusluokka	Rasitusluokan kuvaus (BY65:2016)	Mahdollinen tilanne betonipaaluun osalta	Esimerkkejä betonipaaluissa
XD1	Kohtalaisen kostea. Betonia rasittavat ilmavirran mukana tulevat suolat. Meluseinät tien vieressä.	Paalut alttiina ilmavirran mukana kulkeutuville klorideille. Kloridien lähde on jäänsulatusaineet.	Ei mahdollinen.
XD2	Kostea, harvoin kuiva. Betonia rasittavat klorideja sisältävät teollisuusvedet.	Paalut kloridipitoisessa pohjavedessä. Kloridien lähde on jäänsulatusaineet.	Tierakenteiden välittömässä läheisyydessä olevat paalut, kun pohjaveden kloridipitoisuus > 1000 mg/l. ⁽¹⁾
XD3	Jaksollinen kastuminen ja kuivuminen. Suoloja sisältäville roiskeille tai suolaukselle alttiit rakenteet.	Paalut alttiina kloridipitoisille roiskeille. Kloridien lähde on jäänsulatusaineet.	Ei mahdollinen.
XS1	Kosketuksessa ilman kuljettaman suolan kanssa, mutta ei suorassa kosketuksessa meriveteen. Rakenteet avomeren rannalla.	Paalut alttiina ilmavirran mukana kulkeutuville meriveden klorideille.	Ei mahdollinen.
XS2	Pysyvästi veden alla. Merirakenteiden ja siltöjen merivedenalaiset osat.	Paalut meren pohjassa tai lähellä meren rantaa.	Merien välittömässä läheisyydessä olevat paalut, kun pohjaveden kloridipitoisuus > 1000 mg/l. ⁽¹⁾
XS3	Meriveden vesirajassa ja roiskevyöhykkeellä. Merirakenteiden ja siltöjen meriveden vaihtelu- ja roiskevaikutuksille alttiit osat kuten välituet.	Paalut alttiina meriveden roiskeille.	Ei käytännössä mahdollinen. Paalujen tulisi olla osin meressä ja osin ilmassa.

(1) = Paalutyypit RTB-300-16E ja RTC-350-16E täyttävät rasitusluokkien XD1-3 ja XS1-3 vaatimukset. Mikäli kyseessä on myös rasitusluokan XA2 sulfaattirasitus, edellä mainitun tuotetunnuksen perään lisätään kirjainpari SR, esimerkiksi RTB-300-16ESR.

8

KIITOS

—
Rasitusluokat nyt selvät?

Jouni Punkki
21.11.2019

