

# Pitkän jännevälin teräsristikot

Teräsrakenteiden T&K-päivät 2021

DI Juha Kukkonen, DI Karol Pekola (Sweco)

TkT Kristo Mela (TAU)

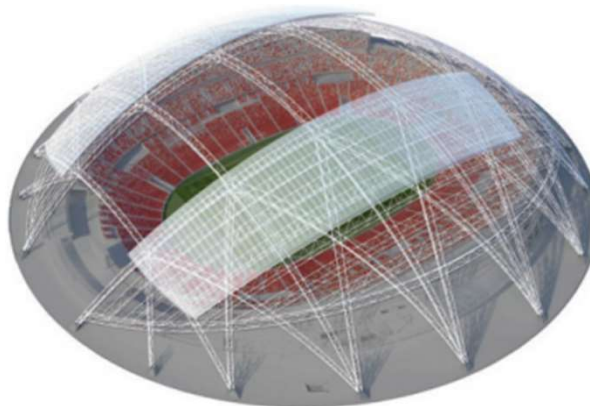
# 1. Johdanto

- Pitkän jännevälin teräsristikoista löytyy melko vähän julkaistua tutkittua tietoa
- Näitä käytetään rakennuksissa ja silloissa
  - Tässä yhteydessä keskitytään rakennuksiin
- Pitkä jänneväli on ns. suhteellinen käsite, eikä tarkahkoa määritelmää ole olemassa
  - Tässä yhteydessä sillä tarkoitetaan jänneväliä  $\geq 60$  m
  - Näillä jänneväleillä ristikko yleensä joudutaan kokoamaan esivalmistetuista osista rakennuspaikalla
  - Pitkän jännevälin kohteet ovat yleensä ns. yksilöllisiä kohteita
- Näitä voidaan toteuttaa monella tavalla, esim.
  - Kaareva tai suora ristikko
  - Taso- tai avaruusristikko

# 1. Johdanto

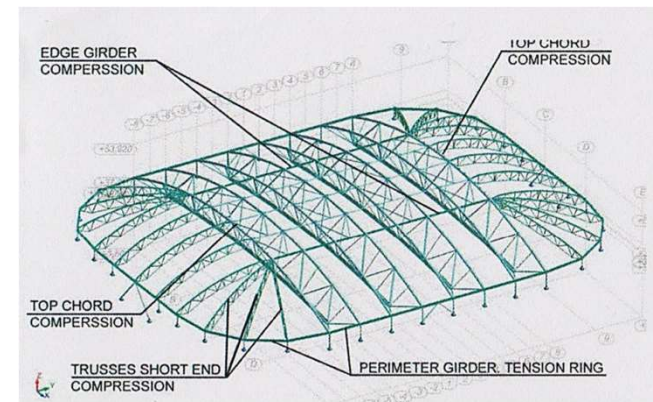
- Pitkän jännevälin teräsristikkokohteita
  - Singapore Sports Hub, Singapore (2014), jv. 310 m
  - Friends Arena, Tukholma (2012), jv. 162 m
  - Uros Live Areena, Tampere (2021), jv. 82 m

Singapore Sports Hub



Lähde: The Arup Journal 1/2015

Friends Arena



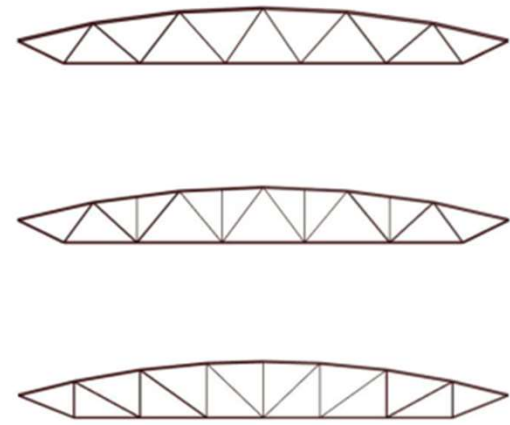
Lähde: Swedbank Arena Roof Structure – A World-class challenge

## 2. Tutkimus

- Diplomityö Karol Pekola (Sweco):
  - Pitkän jännevälin teräsristikon algoritmiavusteinen suunnittelu, 2021
- Tavoite:
  - Luoda parametripohjainen työkalu pitkän jännevälin tasoristikoiden suunnitteluun
    - Optimointi ja kustannusvaikutusten arviointi myös mukana
  - Tutkia muutaman valitun ristikkotyypin kustannuskäyttäytymistä eri jänneväleillä
  - Korkealujuusterästen käytön vaikutusten selvittäminen pitkän jännevälin tasoristikoilla

## 2. Tutkimus

- Tutkimuksen rajauksia:
  - 60-120 m:n tasomaiset ristikot (Tyypit: K, KT, N)
  - Kuormituksena Suomessa esiintyvät tyypilliset kuormitukset (CC3, laaja katto)
  - Vakioitu kuormitusleveys, 10 m
  - Neliö- ja suorakaiderakenneputket
    - Valikoima standardin SFS-EN 10210 ja SFS-EN 10219 mukaan
    - Lujuudet S355, S460 ja S690
  - Liitokset eivät suoranaisesti sisältyneet, kustannusvaikutuksia laskettu karkealla tasolla (vakioitu kustannus/liitos)
  - Palomitoitus ei sisälly



### 3. Työkalun esittely

- Kuvaus työkalusta ja prosessista
  - Työkalu tehty Grasshopper-ympäristöön, mukana Karamba3d + Galapagos
  - Lähtöparametreja muuttamalla pystytään suunnittelemaan ja optimoimaan haluttu teräsristikko työkalun kanssa
  - Grasshopperissa voidaan muuttaa lähtöparametreja tai lähtöparametrit voidaan tuoda Grasshopperiin esim. Excelistä
  - Optimoinnille voidaan valita eri muuttujat geometriasta
  - Ristikkomalli viedään Grasshopperista Robottiin, jossa mitoitus voidaan tarkistaa ja Robotista tuodaan exceliin ristikon tiedot
  - Grasshopperista voidaan vielä myös viedä valmiin ristikon geometria Teklaan

### 3. Työkalun esittely

- Suunnittelu- ja optimointiprosessi:
  - Luodaan geometrian rajat, muodostetaan kuormitusyhdistelmät, tuodaan poikkileikkausluettelot työkaluun sekä valitaan halutut teräslajit eri ristikon osille
  - Ristikot on jaettu osien mukaan diagonaaleihin sekä ylä- ja alapaarteisiin.
  - Grasshopperissa luodaan ja mitoitetaan rakennemalli
    - Rakennemallin mitoituksessa eri ristikon osille haetaan aina pienin mahdollinen poikkileikkausluettelosta
    - Ristikon optimointiin käytetään valmista geneettistä optimointialgoritmia, jonka avulla voidaan optimoida ristikon geometria massaltaan tai kustannuksiltaan mahdollisimman pieneksi
    - Ristikko tarkistetaan vielä käyttöasteiden ja taipuman mukaan ja jos nämä eivät kelpaa, ristikon optimointisuurelle annetaan sakkokerroin, jolloin optimointi pitää ristikköä epäsuotuisana.

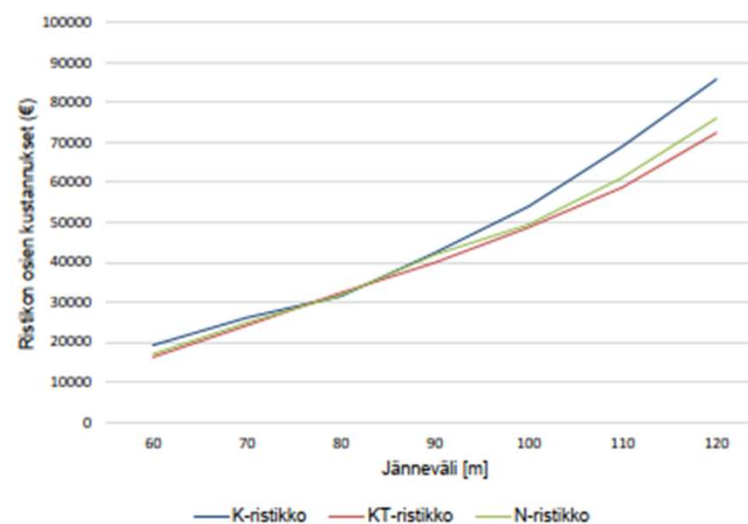
### 3. Työkalun esittely

- Optimointiprosessi lyhyesti:
  - Heuristinen valinta geometrialle algoritmin mukaan
  - Mitoitus pienimmän mahdollisen poikkileikkauksen mukaan
  - Käyttöasteiden ja taipuman tarkistus
    - Käypä ratkaisu:  
Mahdollinen tulos optimille
    - Epäkäypä ratkaisu:  
Sakkokertoimen avulla poistetaan ratkaisun mahdollisuus optimille



## 4. Tutkimuksen havainnot

- Parametripohjaisen suunnittelutyökalun käyttö nopeuttaa merkittävästi vertailujen tekemistä
- Kustannusten minimoinnin kannalta keskeistä näyttää olevan uumasauvojen ja sitä kautta liitosten vähäinen määrä
  - N- ja KT-ristikolla pienemmät kustannukset verrattuna K-ristikkoon jännevälin kasvaessa
- Korkealujuusterästen käytöllä saavutetaan kustannusetua, pienempi massa eli myös vähemmän CO<sub>2</sub>-päästöjä, päästään myös pidempiin jänneväleihin
- Ristikoiden kokonaiskorkeus  $H = L / 7,7 \dots 8,5$ , mikä puoltaa ns. normaalia hieman korkeamman rakennekorkeuden käyttöä
- Kustannukset eivät nouse lineaarisesti jännevälin pidentyessä



## 5. Yhteenveto

- Korkealujuusterästen käytöllä on potentiaalia
  - Kustannussäästö
  - Pienemmät CO<sub>2</sub>-päästöt
  - Rakenneputkilla saavutetaan pidempiä jännevälejä
- Työkalussa on vielä kehitettävää jatkotutkimuksia ajatellen
- Ristikön kuormitusleveyyden vaikutusta tutkittava eri jänneväleillä
- Liitosten vaikutusta kokonaiskustannukseen tulee tutkia
- Eri profiilien (CHS, hitsatut) käytön kustannusvaikutusta tutkittava

**SWECO**

