



## **Betonirakenteiden korjaaminen 2024**

Inari Weijo, Ramboll Finland Oy

Mikko Rauhanen, IfCon Oy

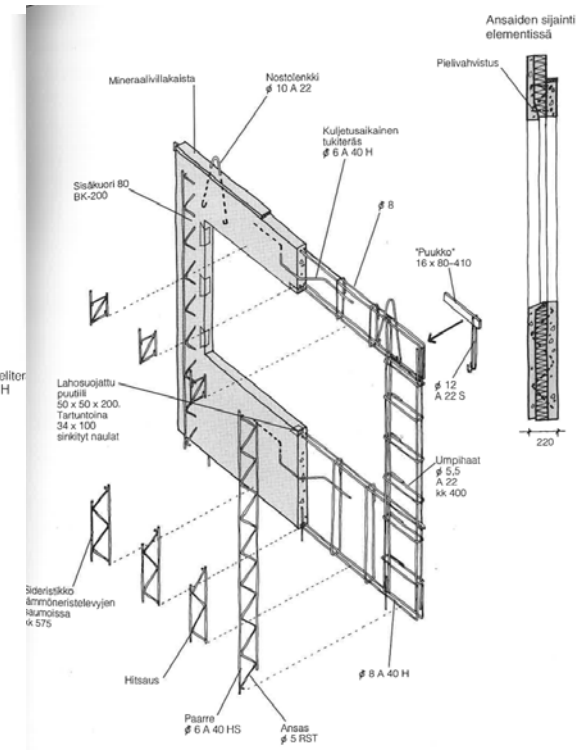
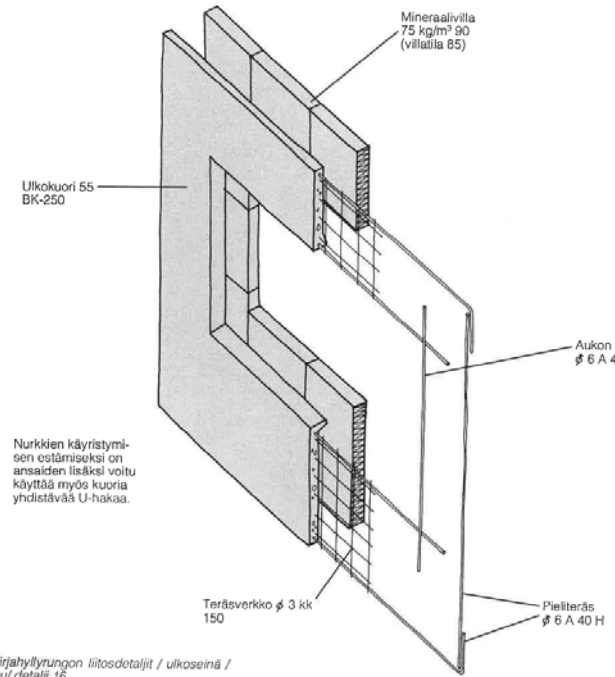
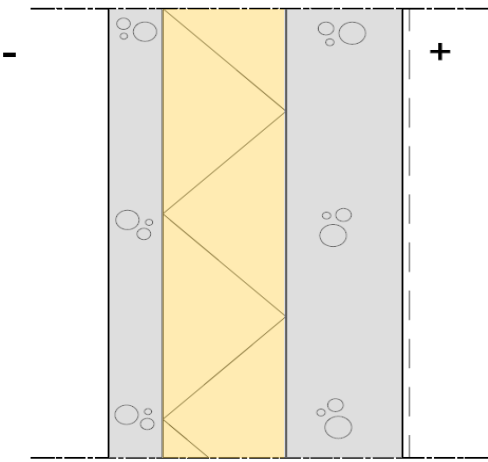
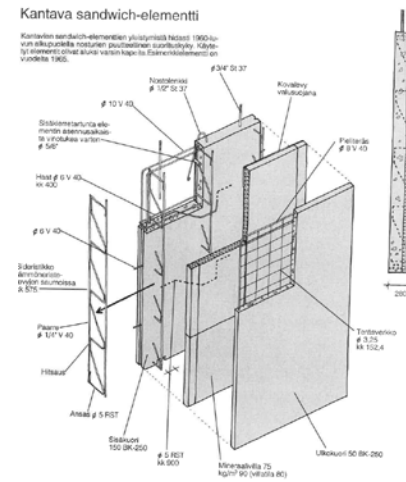
# Rakennetyyppi -kohtaiset vauriot

# Yleisimmät rakennetyypit vuosien varrelta ja niiden ominaisuudet vaurioitumisen kannalta

- 1. Betonijulkisivut**
- 2. Betoniparvekkeet**
3. Pihakannet, pysäköintilaitokset
4. Allasrakenteet
5. Kylmät, korkeat rakenteet
6. Muut betonirakenteet
- 7. Sillat**
8. Tunnelit
9. Vesistö rakenteet

# 1. Betonijulkisivut - Sandwich-rakenteet

- Erittäin käytetty rakenne!
- Tyypillisesti päädyissä kantavia ja pitkillä sivuilla ei-kantavia
- Erityistä
  - Ansaiden diagonaalit RST yleensä vasta 70-luvulta lähtien, korroosioherkkä
  - Kiinnitystä voi heikentää ulkokuoren taustapinnan betonin pakkasrapautuminen



# Lämmöneristepaksuuden kehitys

	1969*)	1976	1978	1985	2003	2007	2010-
Ulkoseinä [W/m <sup>2</sup> K]	0,81	0,40	0,29	0,28	0,25	0,24	0,17

-50 %

-27 %

-20 %

-30 %

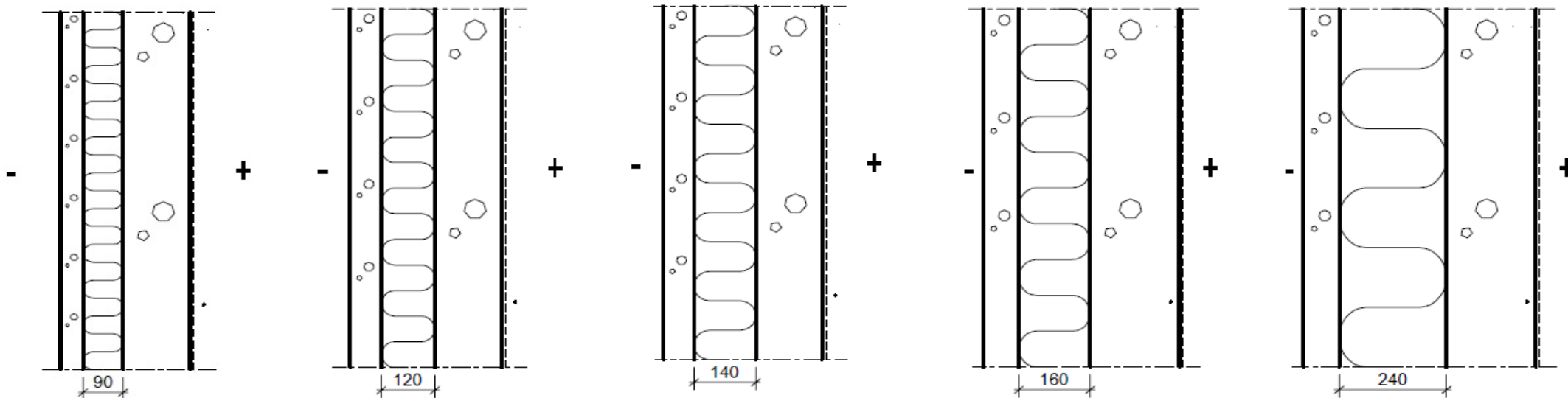
1972

1977

1988

2009

2010



Merkitys mm.:

Ohut lämmöneriste -> kuivattava vaikutus ulkokuoreen  
Korjausvaihtoehtoa ratkaistaessa: kannattaako lisäeristää?

Betonirakenteiden korjaaminen 2024

# 1. Betonijulkisivut- kuorielementit

- Paikallavalettujen kerrostalojen päädyissä
- Ullakkokerroksissa
- Nauhaelementeissä
- Erityistä
  - Kiinnikkeet RST yleensä vasta 70-luvulta lähtien
  - Suojaamattomina alttiina korroosiolle eristetilassa
  - Pistemäinen kiinnitys herkkä rapautuma- ja korroosiovaurioille
  - Ns. kylmät kuoret: kahdesta suunnasta karbonatisoituminen, ei lämpövuotojen kuivattavaa vaikutusta





# 1. Betonijulkisivut- muottipinta tai maalattu pinta

- Muottipinta valetaan ulkopinta alaspäin
  - Lämmöneristeen kokoonpuristuminen
  - Hyvä tiivistyminen -> betonin laatu
  - Raudoitteet lähellä ulkopintaa
- Harjattupinta-aiset valetaan ulkopinta ylöspäin ja viimeistellään muottipedillä
  - Raudoitteet yleensä melko syvällä
  - Betonin laatu voi olla heikkoa (notkea massa)
  - Epätasainen alusta maalaukselle -> maalipinta ei tiivis



# 1. Betonijulkisivut ja sillat-pesubetoni

- Valetaan ulkopinta alaspäin, hidastimen käyttö
- Raudoitteiden syvyys vaihtelee paljon, erityisesti siltarakenteissa
- Erityistä
  - Kahden eri osakerroksen tartunta
  - Taustabetonin vaurioituminen havaitaan pinnalla vasta pitkälle edenneenä.
  - Pintabetonin vaurioituminen vaikea havaita silmämääräisesti
  - Pesubetonikerroksessa betonin laatu yleensä heikkoa
  - Runkoainejakauma pesukerroksessa





# 1. Betonijulkisivut- tiililaatta ja klinkkerilaatta

- Valetaan ulkopinta alaspäin
- Tiililaattapinta imee nopeasti vettä lävitseen, mutta myös kuivuu nopeasti
- Tiililaatat hidastavat karbonatisoitumista (imevät valuvaiheessa betonimassasta vettä, jolloin betonista tulee tiiviimpää)
- Klinkkerilaatat usein tiiviitä, karbonatisoituminen hidasta
- Erityistä
  - Raudoitteet lähellä laattojen taustapintaa
  - Laattapinta estää ulkokuoren ulkopinnan kuivumiskutistuman, elementit saattavat kaareutua ulospäin, jos kiinnitysväli on suuri (esim. kuorielementit)
  - TIILILAATAT:
    - Tiilen rapautuminen
    - Elementtien reunoissa ja aukkojen pielissä karbonatisoituminen voi edetä laattojen taakse ja käynnistää pieliterästen korroosion
  - KLINKKERILAATAT:
    - Kuivuvat erittäin hitaasti -> ulkokuoreen voimakas pakkasrasitus
    - Klinkkerilaattojen kiinnityksen pettäminen
    - Vesikalvon muodostuminen julkisivulle





# PARVEKKEET

Pääsääntöisesti jäsennellään ensin kannatustapansa mukaan

Ulokeparvekkeet:

- erityisesti 40-50-60-luvuilla tyypillinen sekä huoneisto- että tuuletusparvekkeissa

Sisäänvedetyt parvekkeet:

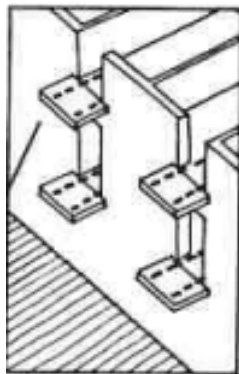
- eri tyyppisiä versioita 50-luvulta lähtien, voidaan tukea takareunasta välipohjaan tai sivulta kantaviin väliseiniin.

Parveketornit:

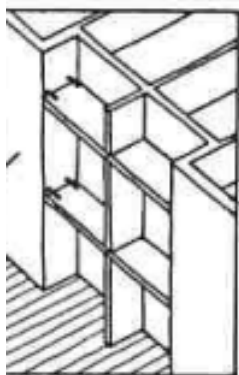
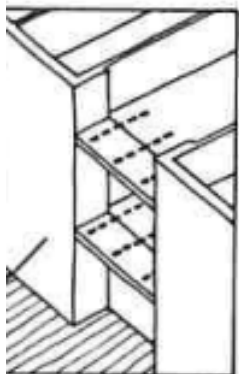
- Erittäin käytetty 1970-luvulta lähtien

Ripustetut:

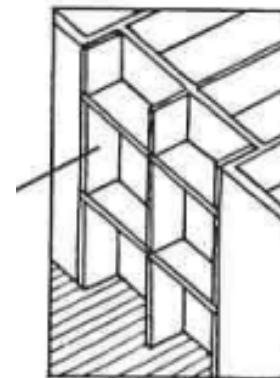
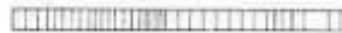
- poikkeustapauksissa, kun perustamisolosuhte tyypillisesti edellyttänyt.



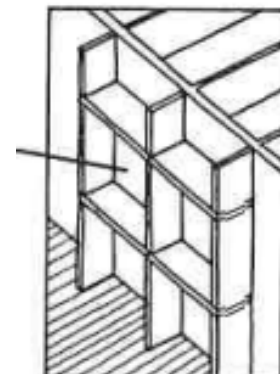
Ulotus välipohjasta rata-  
kiskolla  
(ulkoneva tai  
sisäänvedetty)



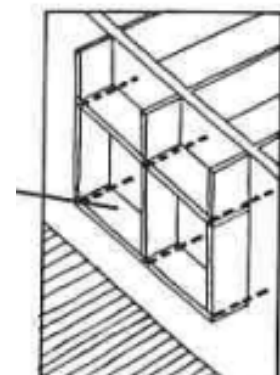
Tuenta kantaviin  
väliseiniin rata-  
kiskolla tai muoto-  
teräksellä  
(sisäänvedetty)



Kantavat pielisei-  
nät (sisäänvedetty)



Kantavat pieli-  
seinät (ulkoneva)

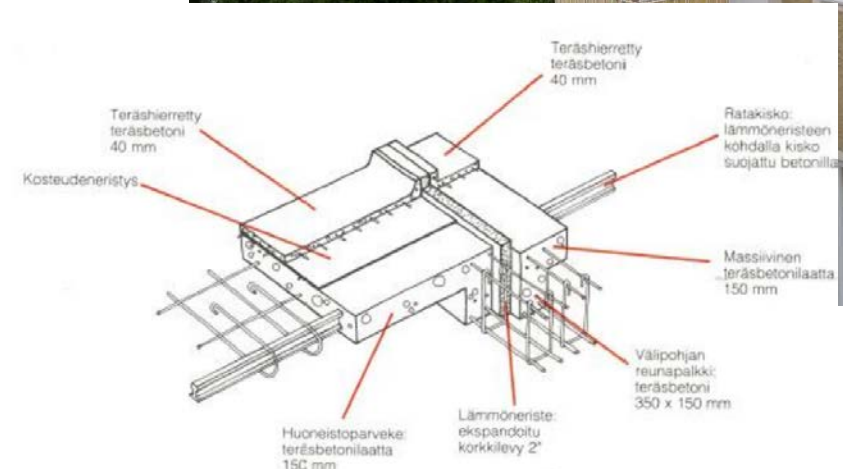


Muu ratkaisu



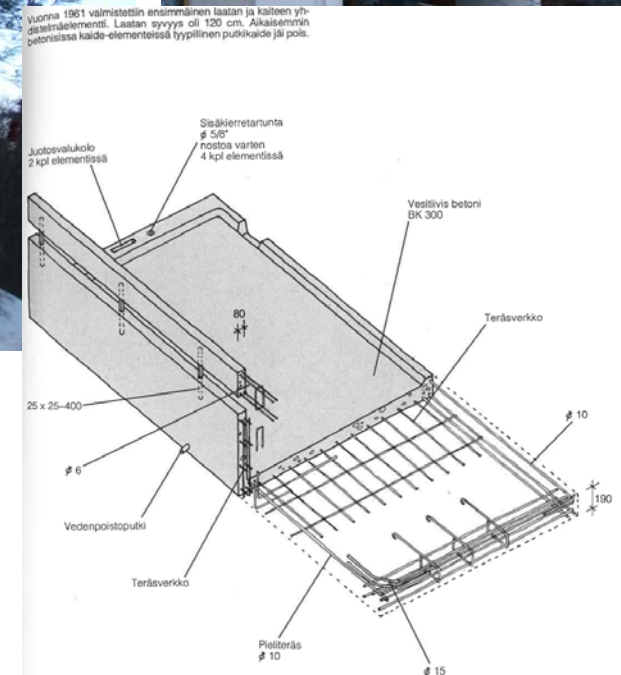
## 2. Parvekkeet - ulokeparvekkeet

- Valmistus
  - Elementtejä tai paikallavalettuja
- Erityistä
  - Kylmä rakenne
  - Usein avoimia, voimakas kosteusrasitus
  - Liitosalueen vaurioriskit
  - Yläpinnasta vetoteräksillä kannatetuissa terästen korroosioriski



## 2. Parvekkeet – maasta tuetut parvekkeet

- Erityistä
  - Kylmä rakenne, lämpöliikkeet erilaiset kuin rakennusrungossa
  - Kaiteet ohuita rakenteita ja runsaasti raudoitettuja
  - Laatan kallistukset, vedenpoisto
  - Pielielementtien pakkasrasitus
  - Peli- ja laattaelementtien liitoksen epätiivisyys
  - Pilarirakenteiden peitepaksuussyvydet pienehköjä ja herkkyys vaurioitumiselle





## 2. Parvekkeet – ripustetut parvekkeet

- Harvinaisempia, kuin maasta tuetut
- Erityistä
  - Kaiteet ohuita rakenteita ja hyvin raudoitettuja
  - Laatan kallistukset, vedenpoisto
  - Ripustuskiinnitys arka ympäröivän betonin rapautumiselle
  - *Jatkuvan sortuman riski*
  - Kiinnitystapa huomioitava kuntotutkimuksen näytteenotossa!
  - Ripustus ei aina ole ilmeinen eli ”puuttuu alimmat pielet”!



Kuva: A-Insinöörit Oy



# 3. Pihakannet, pysäköintilaitokset

- Erityistä mm.:
  - Olemassa olevan rakenteen selvitys rakenneavauksin
  - Runsas kosteusrasitus -> vesivuotokartoitus
  - Vedenpoiston toimivuus
  - Vedeneristeen vauriokohtia pystyy harvoin paikantamaan
  - Pakkasrasitus
  - Kloridirasitus (mahdollinen suolaus)
  - Näytteenottokohtien/avausten pohtiminen:
    - Liittymät ja läpiviennit kriittisiä
    - Rakenteen reunaehdot: jännitetyt rakenteet mietittävä tarkoin



# 4. Altaat

- Vesisäiliöt, puhtas- ja jätevesialtaat
- Uima-altaat
- Altaat voivat sijaita ulkona tai sisällä, rasitusolosuhteet pitää huomioida sen mukaisesti

Erityistä mm.:

- Veden tai jäteveden tai prosessiveden rapauttava vaikutus
- Sideaineen kemiallinen liukeneminen
- Alkalikiviainesreaktio
- Rakenteet vaikeasti saavutettavissa
- Alueella työskentely voi vaatia erityislupia, altaiden tyhjentäminen, näytteenoton paikkaus erityisesti suunniteltava.
- Karbonatisoituminen ei etene veden alla, mutta vesirajalla voi korroosio olla nopeaa
- Karbonatisoituminen huoltotilojen puolella allasseinämässä.

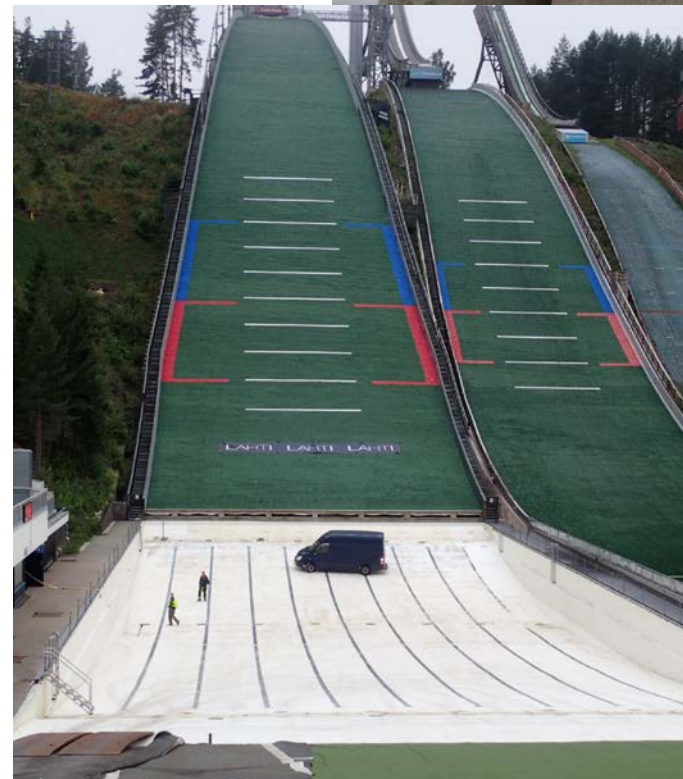




# 5. Kylmät, korkeat rakenteet

Erityistä mm.:

- Rungas kosteusrasitus
- Rakenteet vaikeasti saavutettavissa
- Paikalla valettujen rakenteiden raudoitukset, massiivisia rakenteita ja näytteenotto voi olla vaikeaa raudoituksen näkökulmasta.
- Näytteenoton kattavuus



Betonirakenteiden korjaaminen 2024

Kuva: A-Insiiröörit Oy

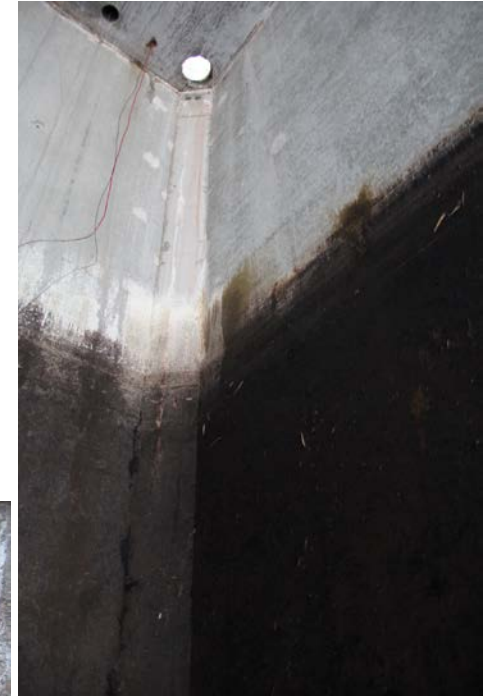
# 6. Teolliset betonirakenteet

Valmistustapa:

- Useimmiten paikallavalettuja, runsaasti raudoitettuja
- Rakenteellisen toiminnan erityispiirteet tunnettava

Erityistä mm.:

- Prosessien aiheuttamat erityispiirteet kosteuden, lämpötilojen, eroosion sekä kemiallisten olosuhteiden myötä
- Kuormitusten vaikutukset, prosessi voi aiheuttaa dynaamista kuormaa
- Näytteenotto mietittävä:
  - Jotta saataisi ehjä näyte -> raudoitus
  - Näytteenoton kriittisyys rakenteelliselle vakaudelle tai toiminnalle
  - Erityisesti haitta-aineet, prosessin vaikutus
- Ei ole olemassa omia ohjeistuksia vielä, on erityisen haastavia ja vaatii kokemusta niin rakennesuunnittelusta kuin vauriotavoista





# 6. Muut betonirakenteet

Ulkobetonirakenteet, erityistä mm.

- Usein täysin kylmiä, ei kuivattavaa vaikutusta
- Rungas kosteusrasitus
- Pakkasrasitus
- Maaperäkosteus
- Vesiyhteys
- Raudoituksen tuomat erityispiirteet



# 7. Sillat

- Liikennemuotojen välinen jako
    - Tiesilta tai katusilta
    - Ajoneuvoliikenteen silta
    - Kevyenliikenteen silta
    - Rautatiesilta
  - Rakennusmateriaalin mukainen jako
    - Teräsbetoni
    - Jännitetty betoni
    - Teräs
    - Puu
    - Kivi
- } ei käsitellä tällä kurssilla





# 7. Sillat

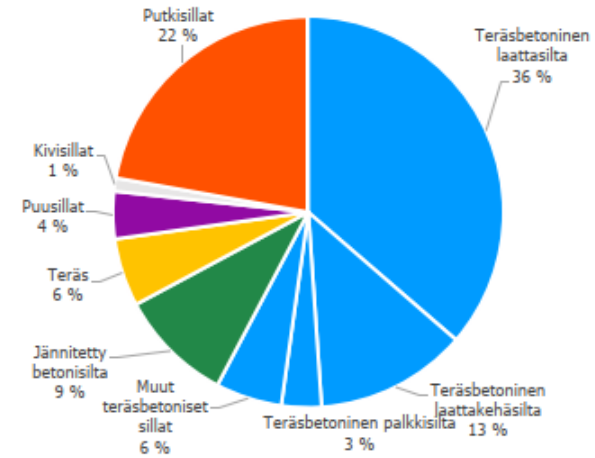
- Väyläviraston sillat 31.12.2022
  - Väyläviraston julkaisuja 82/2024

## 3.3.4 Suurimmat sillat

Taulukko 31. Suurimmat sillat kokonaispituuden mukaan 31.12.2022.

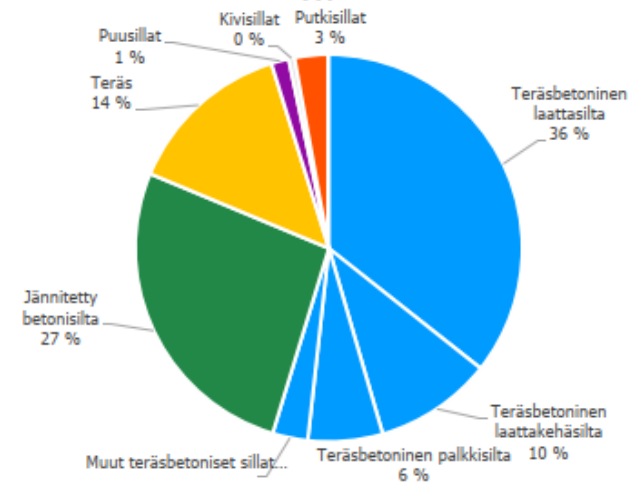
Sillan numero	Sillan nimi	Kunta	Siltatyyppi	Valmistumisvuosi	Kok. pituus (m)	Tieosoite
V-1997	Raippaluodon silta	Mustasaari	Teräksinen vinoköysisilta, teräsbetonikantinen, liittorak.	1997	1 045	724-5-514
U-3072	Tähtiniemen silta	Heinola	Teräksinen vinoköysisilta, teräsbetonikantinen, liittorak.	1993	924	4-208-2365
KeS-1193	Kärkisten silta	Jyväskylä	Teräksinen vinoköysisilta, teräsbetonikantinen, liittorak.	1997	788	610-2-1925
SK-2608	Puumalansalmen silta	Puumala	Teräksinen jatkuva palkkisilta, teräsbetonikantinen, liittorak.	1995	781	62-14-6177
SK-13	Vekaransalmen silta	Sulkava	Teräksinen jatkuva liittopalkkisilta, teräsbetonikantinen	2019	639	438-10-2370
U-930	Lapinlahden silta	Helsinki	Teräksinen jatkuva kotelopalkkisilta, teräskantinen	1965	599	51-3-1227
SK-1	Jännevirran silta	Kuopio, Siilinjärvi	Teräksinen jatkuva palkkisilta, teräsbetonikantinen, liittorak.	2018	577	9-329-280
KaS-753	Mansikkakosken silta	Imatra	Teräksinen jatkuva kotelopalkkisilta, teräsbetonikantinen	1973	557	6-309-2419
SK-6	Laitaatsalmen pohjoinen silta	Savonlinna	Jännitetty betoninen jatkuva palkkisilta	2019	497	14-13-4490
L-1574	Tervolan silta	Tervola	Teräksinen jatkuva palkkisilta, teräsbetonikantinen	1975	494	928-1-672

Siltojen lukumäärien jakauma siltatyypeittäin



Kuva 15. Siltojen lukumäärien jakauma siltatyypeittäin.

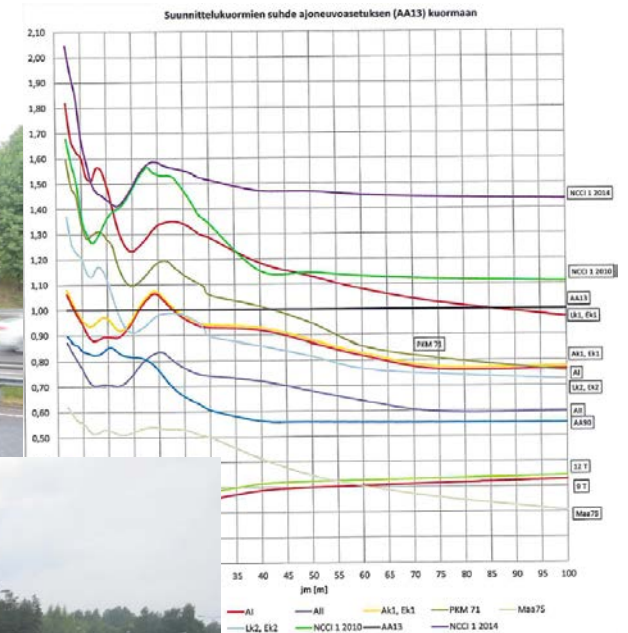
Siltojen kokonaispinta-alojen jakauma siltatyypeittäin



Kuva 16. Siltojen kokonaispinta-alojen jakauma siltatyypeittäin.

# 7. Maantieliikenteen sillan rasituksia

- Liikenne, kuormitus
  - Erikoiskuljetusreitistöllä lähellä suunnittelun maksimia
  - Suunnittelun ajankohta vaikuttaa suunnittelukuormitukseen
- Ympäristö
  - Kosteusrasitus
  - Pakkasvauriot
  - Karbonatisoituminen
- Suolaus, kloridirasitus
  - Rasitustaso vaihtelee huomattavan paljon
- Betonin ainesosat
  - AKR
- Työvirheet





# 7. Rautatieliikenteen sillan rasituksia

- Liikenne, kuormitus
  - Vanhoja siltoja kuormitetaan paljon maksimiakselikuormituksella
- Ympäristö
  - Kosteusrasitus
  - Pakkasvauriot
  - Karbonatisoituminen
- Suolaus
  - Yläpuolella vähäistä
  - Alapuolella voi olla erittäin runsasta
- Betonin ainesosat
  - AKR
- Työvirheet



# 7. Kevyenliikenteen sillan rasituksia

- Liikenne, kuormitus
  - Vähäistä mutta saattaa olla lähellä suunnittelun maksimia, varsinkin talvisin
- Ympäristö
  - Kosteusrasitus
  - Pakkasvauriot
  - Karbonatisoituminen
- Suolaus (vähäistä)
  - Huomioitava vieressä kulkevat suolatut väylät
- Betonin ainesosat
  - AKR
- Työvirheet



# 7. Sillat, jaottelutyyppejä

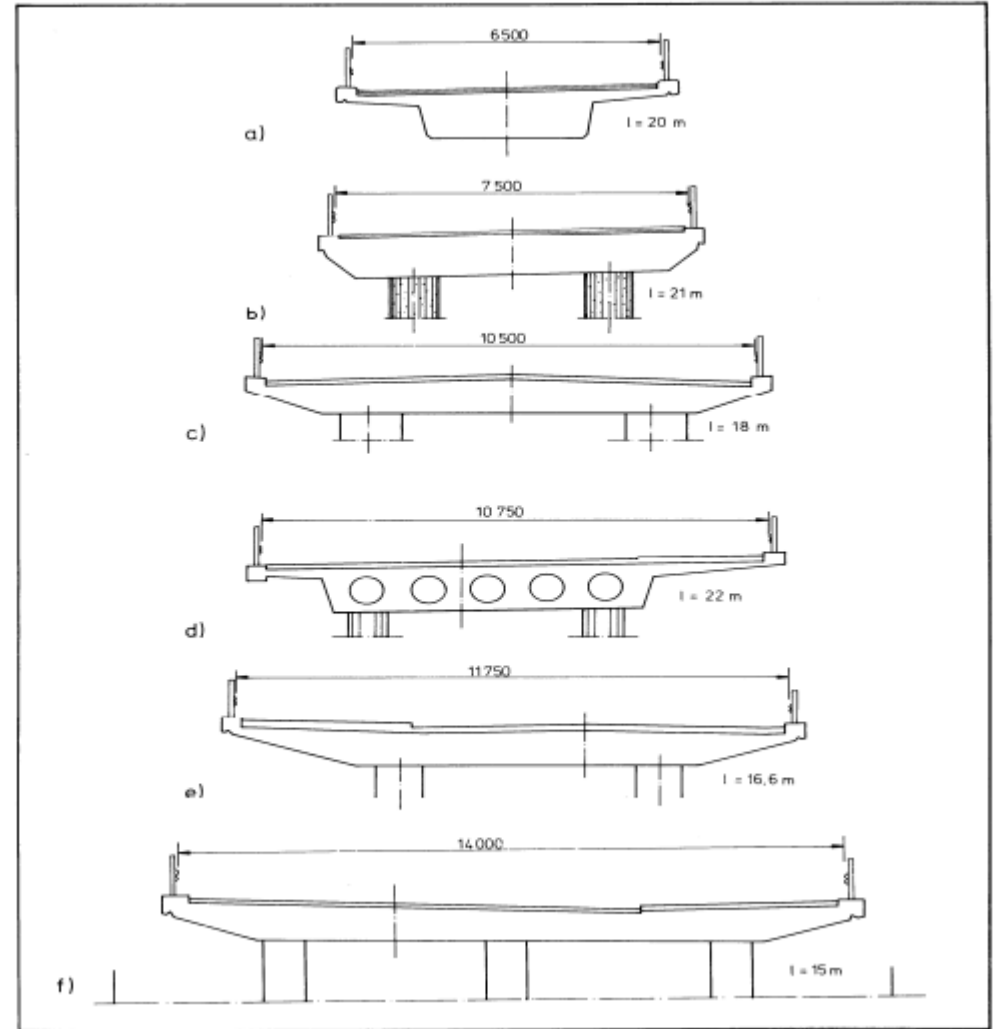
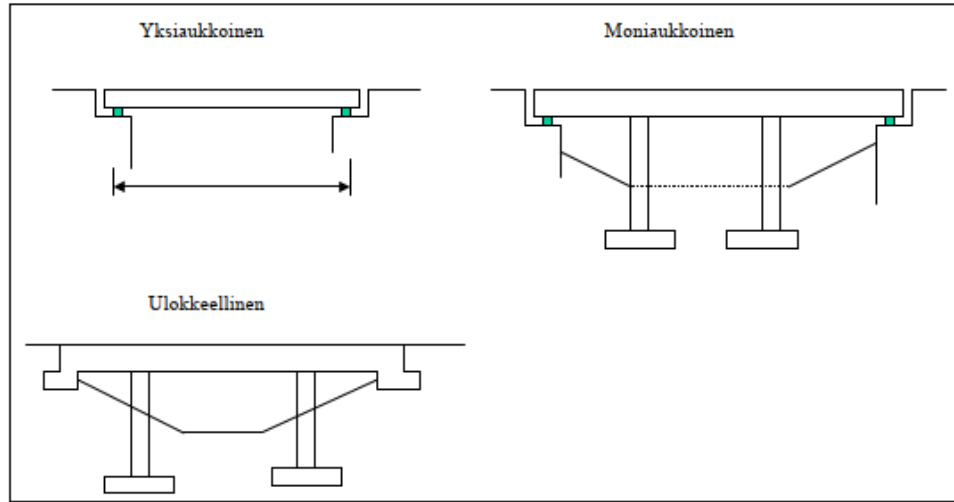
- Rakenteeltaan betonisilta voi olla paikalla valettu silta tai elementtisilta.
- Jännemitoiltaan silta voi olla:
  - Pieni silta > pääjännemitta alle 20 m
  - Keskisuuri silta > pääjännemitta (20 -60) m
  - Suuri silta > pääjännemitta yli 60 m.
- Rakenteen mitoituksen perusteella sillat jaetaan:
  - Kehäsiltoihin (alikulkusilta tai -käytävä)
  - Yksiaukkoisiin laatta- tai palkkisiltoihin (mukaan lukien liittorakenteiset sillat)
  - Jatkuviin laatta- tai palkkisiltoihin (mukaan lukien liittorakenteiset sillat)
  - Yksiaukkoisiin jännitettyihin siltoihin
  - Jatkuviin jännitettyihin laatta- tai palkkisiltoihin
  - Kaari- tai holvisiltoihin
  - Langer- palkkisiltoihin
  - Riippusiltoihin
  - Vinoköysisiltoihin
  - Ponttonisiltoihin

# 7. Sillat, poikkileikkauksen mukainen jako

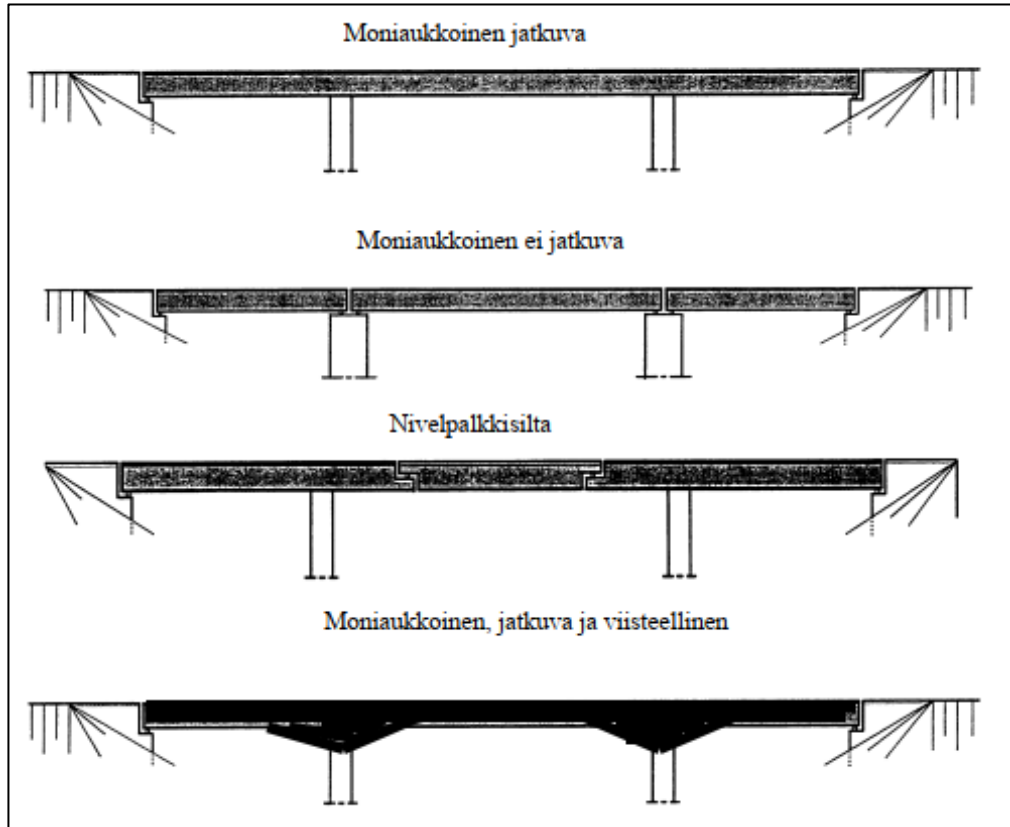
- Laattasillat
  - Palkkisillat
  - Kotelosillat
  - Kehäsillat
  - Liittorakenteiset sillat
  - Teräsrakenteiset sillat
  - Ratasillat esim. kaukalo
- Jokaisessa tyypissä huomioitava toiminnallisuus ja tavoitettavuus



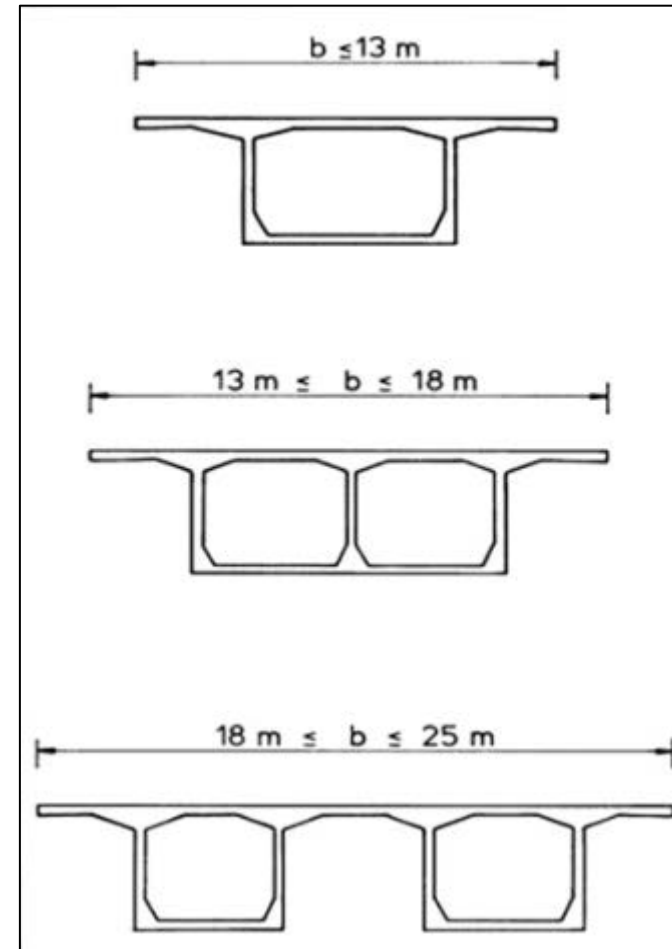
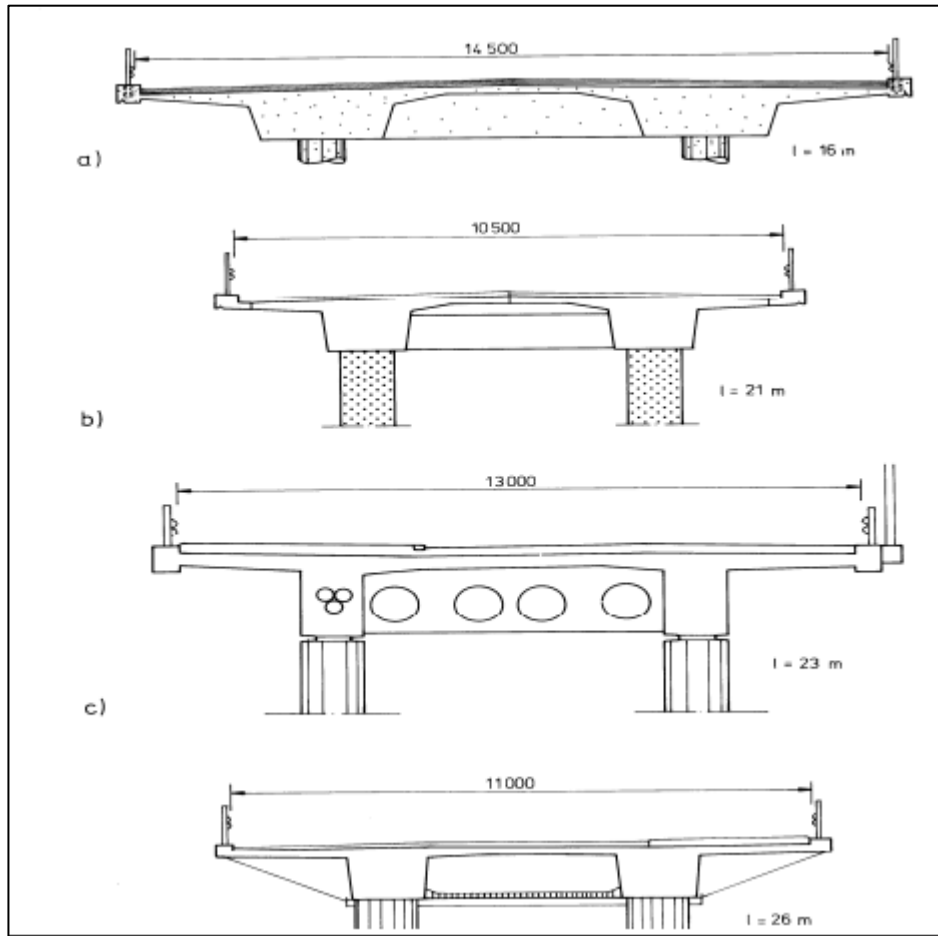
# 7. Laattasillat



# 7. Palkkisillat

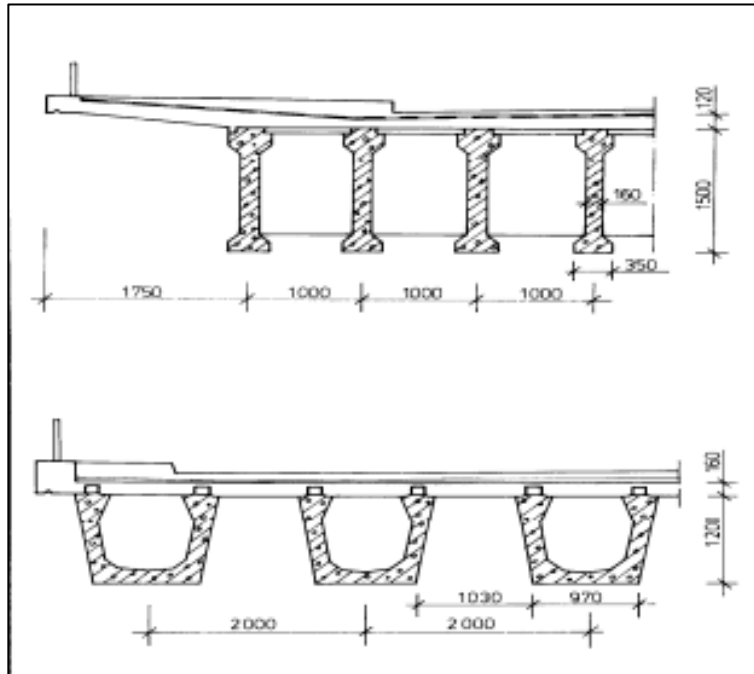


# 7. Palkki- ja kotelosillat

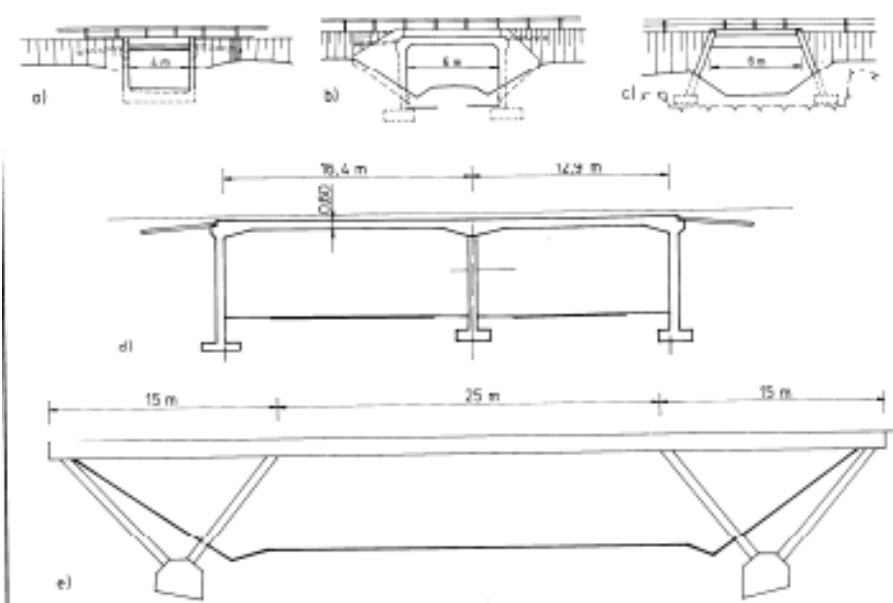




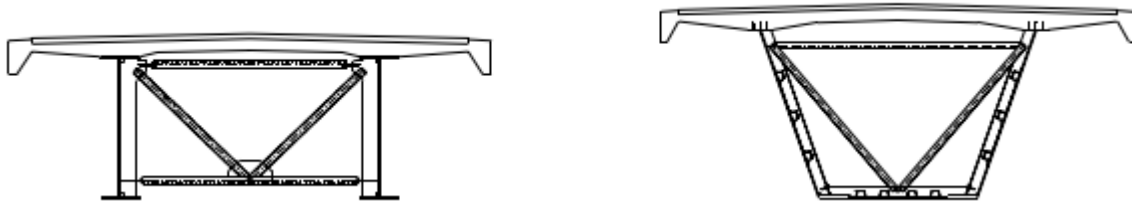
# 7. Elementtipalkkisillat (usein jännitettyjä)



# 7. Kehäsillat

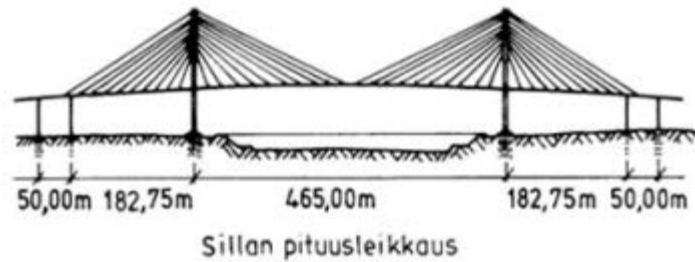
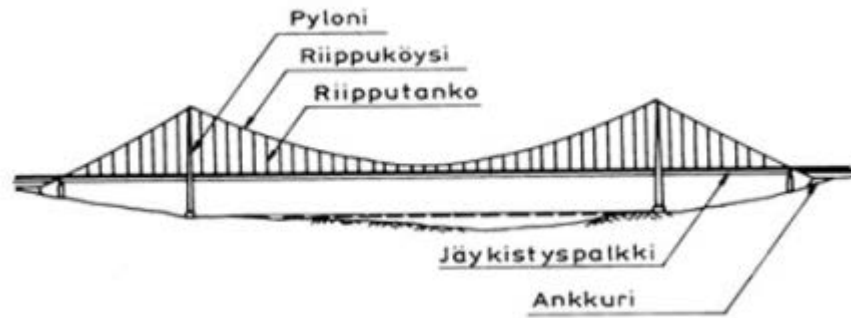


# 7. Liittopalkkisillat

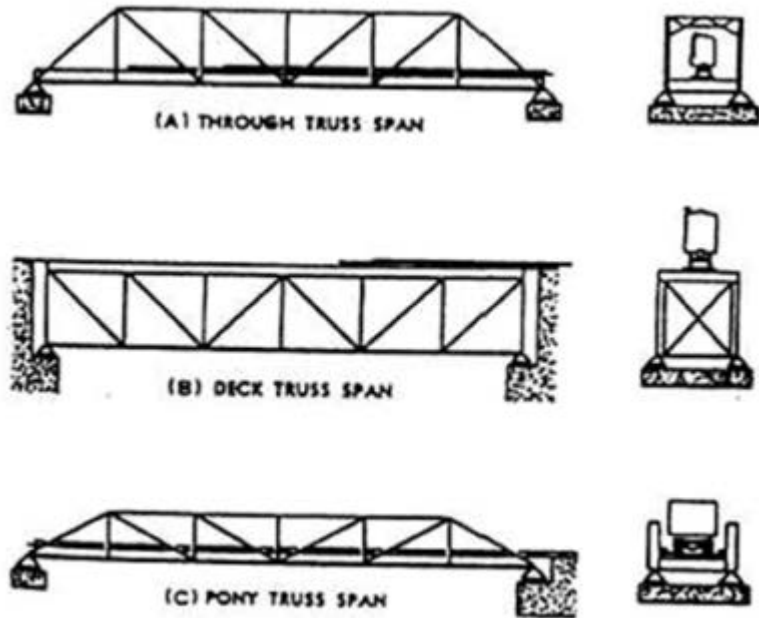




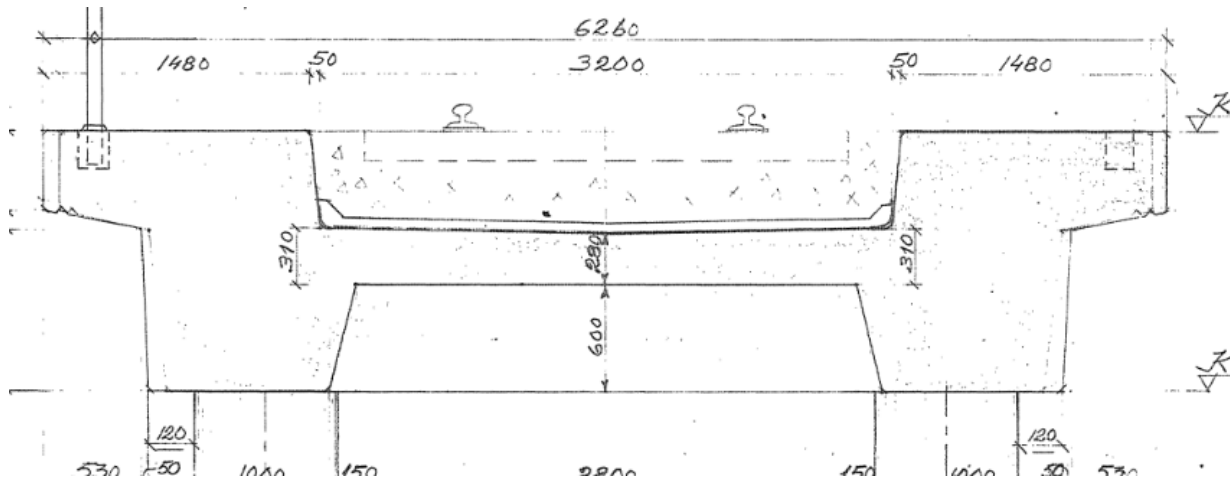
# 7. Teräsrakenteiset sillat



# 7. Teräsrakenteiset sillat



# 7. Rautatiesillat esim. kaukalo





# 8. Tunnelit 1/3

- Tunnelityypit (liikenne)

- Rautatietunneli
- Maantietunneli

- Rakennetyypit

- Kalliotunnelit
  - Kalliopintaiset
  - Ruiskubetonipintaiset

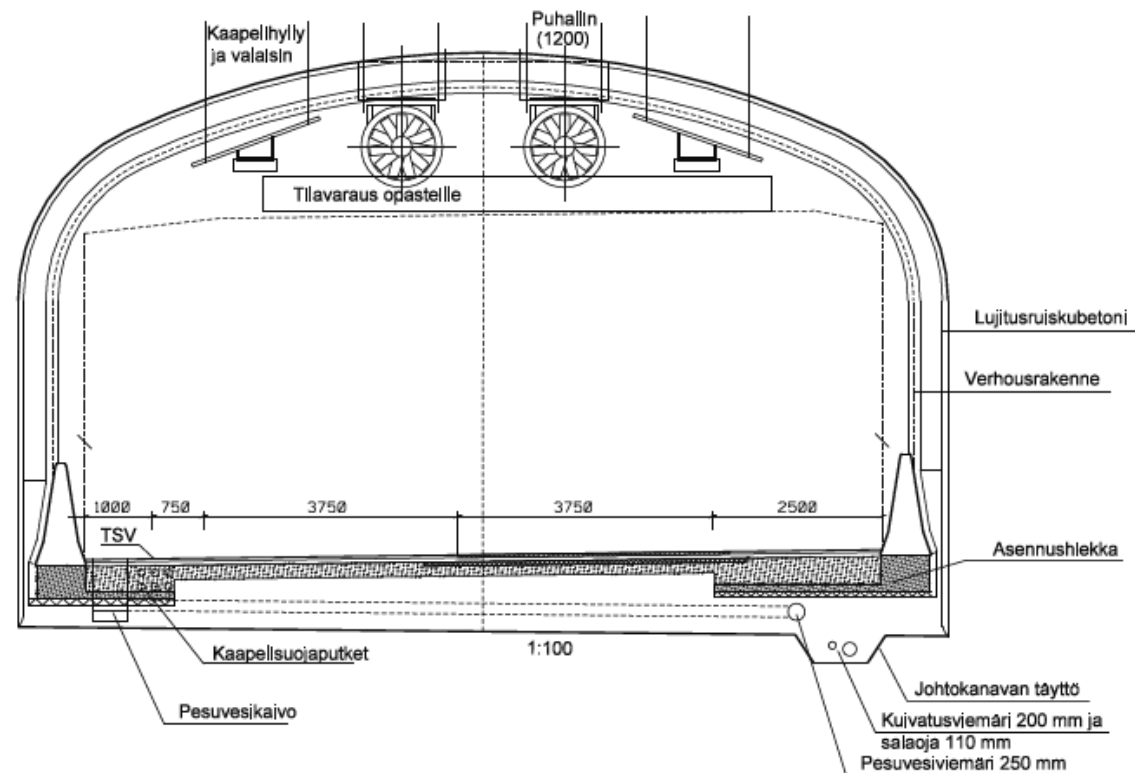
- Betonitunnelit

- Erillisverhoillut rakenteet

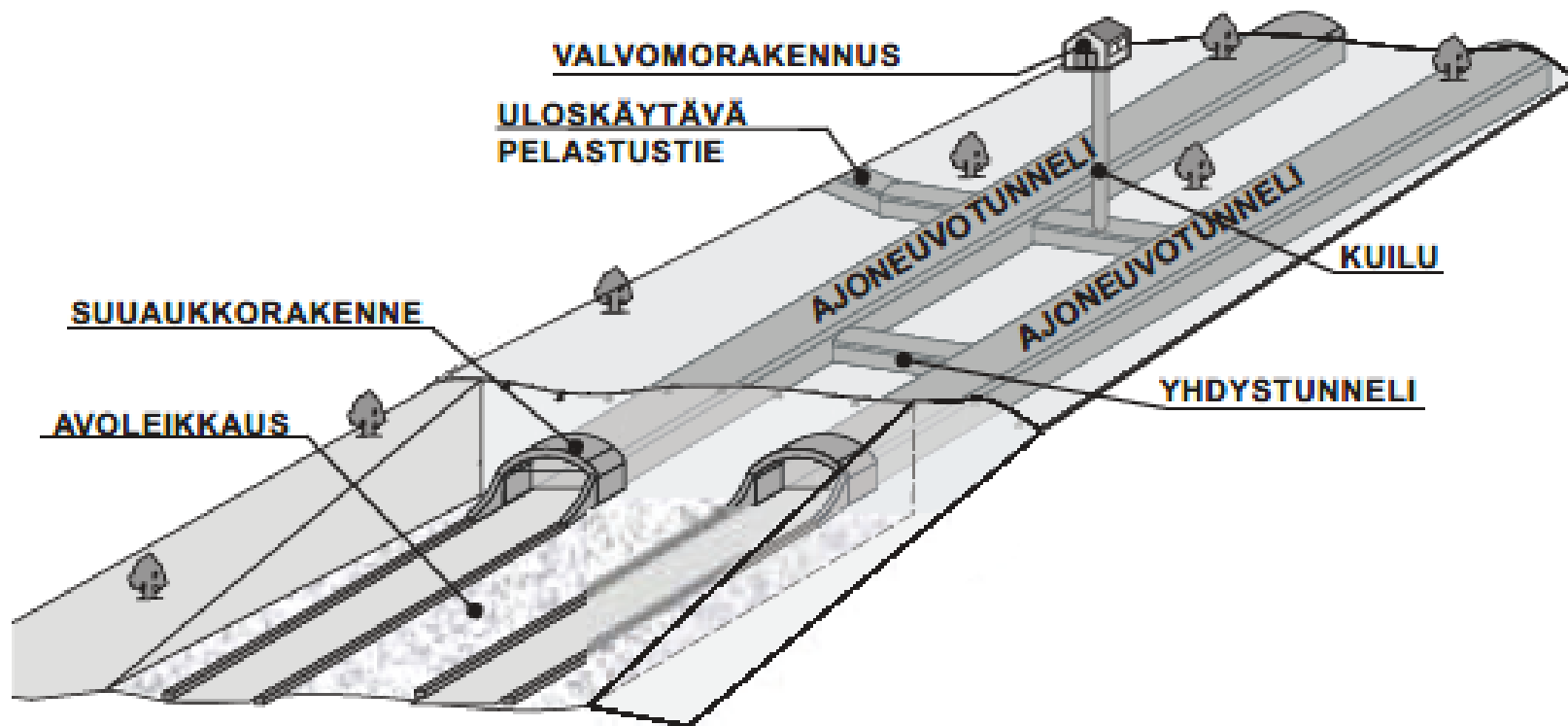
- Terästunnelit

- Erikoistunnelit

## Erillisverhoiltu tietunneli

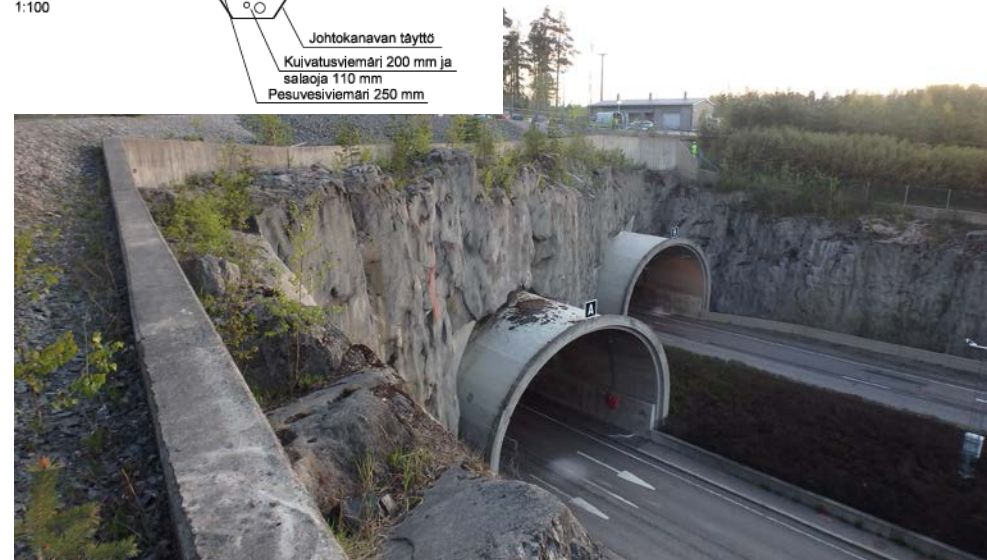
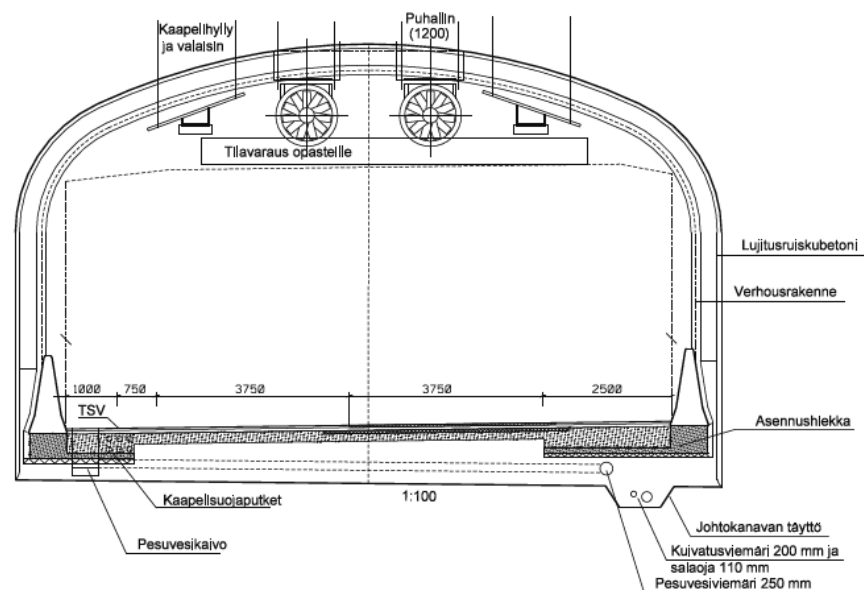


## 8. Tunnelit, monimuotoisia rakenteita 2/3



# 8. Tunnelit 3/3

- Tyypillisimpiä vaurioita
  - Vesivuodot
  - Pintavauriot ja halkeilu
  - Kloridit
  - Karbonatisoituminen
  - Ruiskubetonin vauriot
  - Kalliopintojen vauriot
  - Lujitusrakenteiden vauriot
  - Verhousrakenteet
  - Saumausten vauriot
  - Varusteiden vauriot





# 9. Vesistö rakenteet, ”merimerkit”



- Kosteusrasitus
  - Rakenne pitkään märkänä
- Pakkasvauriot
  - Jäätymis-sulamissyklejä paljon
  - Merivesi ”lämmin” / ulkoilma ”kylmä”
- Suola
  - Raju kloridirasitus merellä
  - Betoni on saatettu tehdä meriveteen
- Jäät
  - Törmäyskuormat
- Vauriot syvällä, paksut rakenteet
  - Tutkimukset ”pintaa” syvemmältä”

# 9. Vesistö rakenteet, laiturit



- Kuormitus
  - Lastaus päältä
  - Alusten törmäykset
- Kosteusrasitus
  - Rakenne pitkään märkänä
- Pakkasvauriot
  - Jäätymis-sulamissyklejä paljon
  - Merivesi "lämmän" / ulkoilma "kylmä"
- Suola
  - Raju kloridirasitus merellä
  - Betoni on saatettu tehdä meriveteen
- Jäät
  - Törmäyskuormat
- Oleelliset vauriot alapuolella

Yleisimmät rakennetyypit vuosien varrelta ja niiden ominaisuudet vaurioitumisen kannalta.

