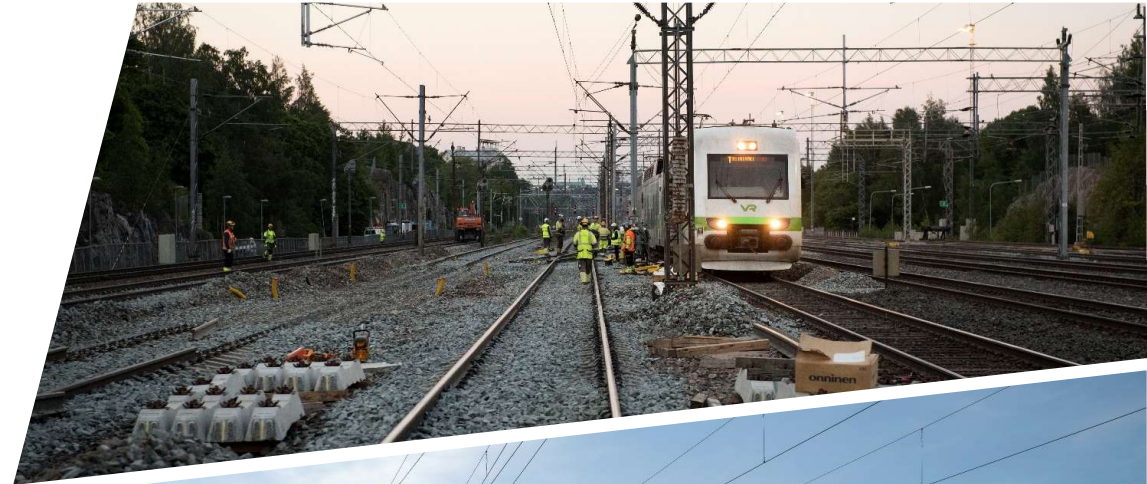


Radan geometria

Ratatekniset ohjeet (RATO)
osa 2



Radan geometria

- Rato 2 sisältää perusteet rataverkon raiteiden geometrian suunnittelua varten
- Ohjeet koskien radan pysty- ja vaakageometriaa, raideleveyttä sekä ATU:a
- Koskevat ratoja alle 250 km/h



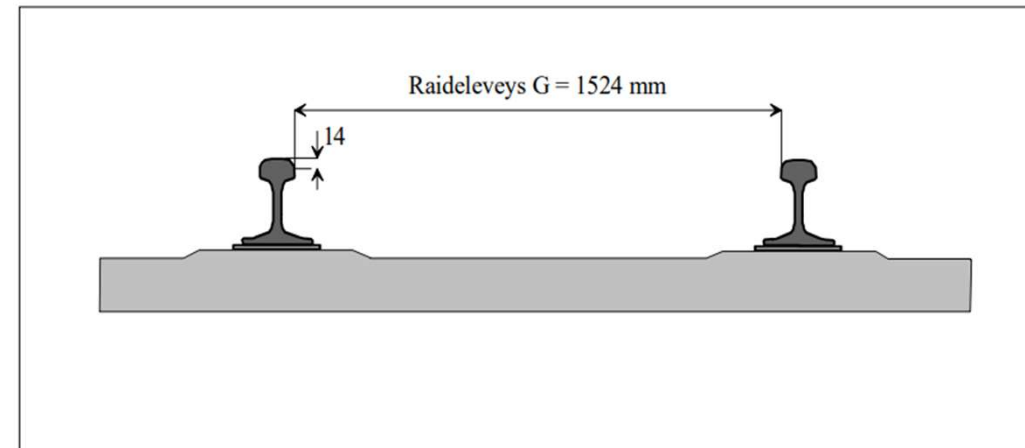
Radan geometria

- Tunnuksia, jotka mittaajan hyvä tietää:
 - D = raiteen kallistus (mm)
 - G = raideleveys (mm)
 - L_D = kallistusviisteen pituus (m)
 - L_K = siirtymäkaaren pituus (m)
 - R = kaaren säde (m)
 - R_v = pyöristyskaaren säde (m)
 - t = suuntakulma (gon)



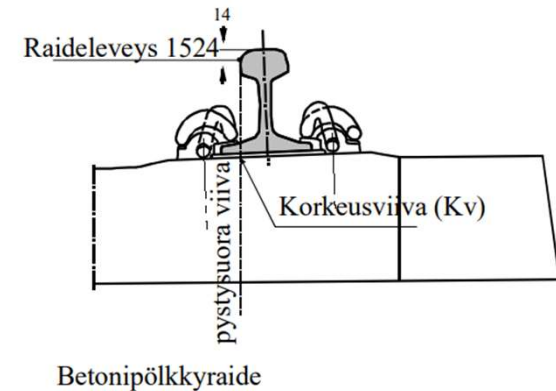
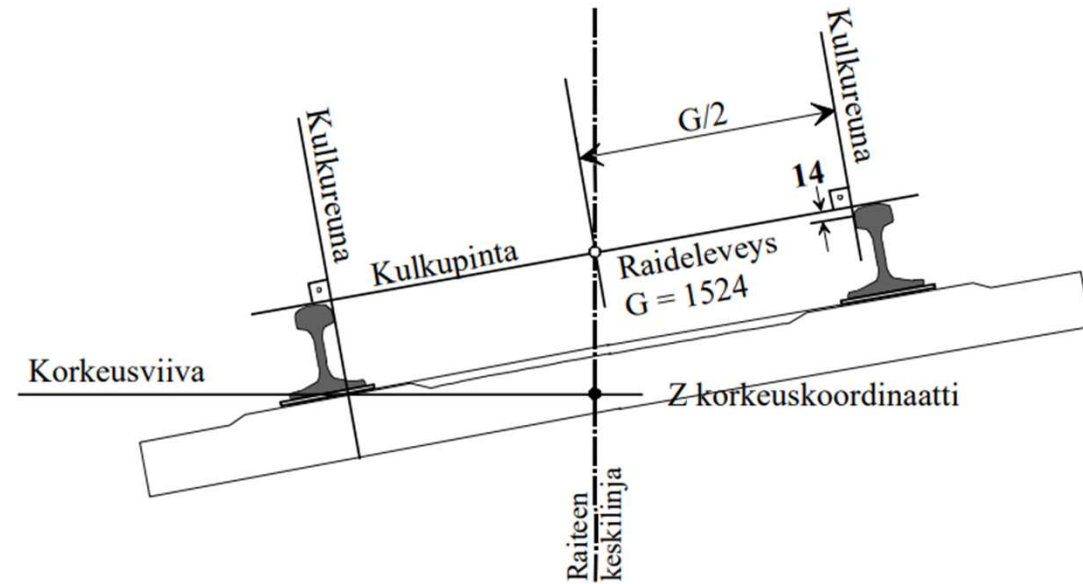
Radan geometria

- Raideleveys: nimellismitta 1524mm kiskojen kulkureunojen välillä, 14mm kiskon selän alapuolella.
- Jyrkemmissä kaarissa kuin $R=200$ käytetään raideleveyden levitystä
- Raidetta kartoittaessa mitataan kiskon kulkureunasta tai suoraan keskilinjasta. Prismän korkeudessa huomioidaan kiskon profiilikorkeus + kiskon aluslevy
- Kiskon kulkureunasta on helppo laskea raiteen asema verrattuna radan suunniteltuun geometriaan.



Radan geometria

- Raiteen vaakasuuntainen asema kuvataan esittämällä raiteen keskilinjan sijainti
- Tasossa raiteen asema esitetään geodeettisina koordinaatteina
- Raiteen asema pystysuunnassa kuvataan esittämällä raiteen korkeusviivan (kv) sijainti korkeusjärjestelmässä
 - Korkeusviiva = kiskon aluslevyn alapinta (ns. pöllin pinta)
 - Tietyissä tilanteissa voidaan suunnitella kiskon selkään
- Kallistetuissa kaarteissa korkeusviiva määritellään alemman kiskon kulkureunan kohdalta



Radan geometria

- Radan geometrian suunnittelussa huomioidaan:
 - Liikenteelliset tarpeet
 - Käytettävä kalusto
 - Ympäristövaikutukset
 - Turvallisuustekijät
 - Radan rakentamisen toteutus
 - Kunnossapidon toteutus
- Pysty ja vaakageometria vaikuttavat toisiinsa joten geometria suunniteltava yhtenä kokonaisuutena
- Raiteen asema suunnitellaan tavoitenopeuden perusteella ja kallistus mitoitusnopeuden perusteella
- Minimoidaan elinkaarikustannukset, rakentamis- ja kunnossapitokustannukset, energiankulutus jne.



Radan geometria

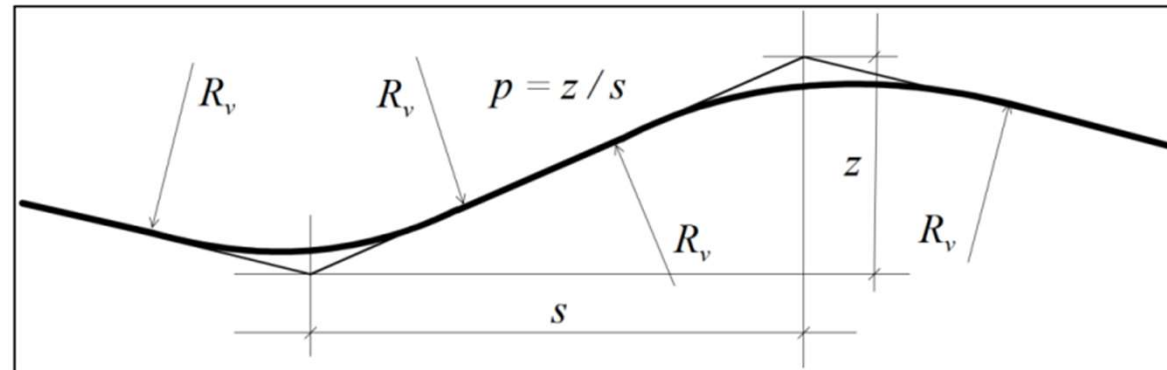
- Geometrian suunnittelussa on tilanteen mukaan huomioitavat seuraavat parametrit:
 - kaarresäde R [m] *
 - raiteen kallistus D [mm] *
 - raiteen kallistuksen vajoaus I [mm] *
 - liikakallistus E [mm]
 - kallistuksen muutos aikayksikössä dD/dt [mm/s]
 - kallistuksen muutos pituusyksikköä kohti dD/ds [mm/m] *
 - kallistuksen vajauksen muutos aikayksikössä dI/dt [mm/s]
 - suunnitteluelementin pituus (ympyränkaari, suora) [m]
 - siirtymäkaaren pituus LK [m]
 - kallistusviisteen pituus LD [m] *
 - pyöristyskaaren säde RV [m]
 - pystysuora kiihtyvyys av [m/s²]
 - nopeus V [km/h] *



Radan geometria

- Pystygeometria ja pystykaltevuus

- Määrittää raiteen sijainnin korkeussuunnassa
- Pystygeometria muodostuu pituuskaltevuuden taitepisteiden avulla
- Geometriaa kuvaava viiva muodostuu suorista ja ympyränkaaren muotoisista pyöristyskaarista
- Ei käytetä siirtymäkaaria
- Pituuskaltevuus ilmoitetaan promilleina (‰) tai desimaalilukuna (0,004)
- Suunnittelussa suositeltava ympyränkaarien välinen pituus vähintään tavoitenopeuden verran, poikkeuksellisesti $V_{\text{tavoite}}/2$
- Vältetään pieniä kaltevuustaitteen pyöristysäteitä ($R_v < 10\,000\text{ m}$), maksimi 50 000 m.
- Kuormausraiteilla enintään 1,5 ‰.



RATA	PITUUSKALTEVUUS [‰]		
	Suositteltava	Maksimiarvo	Lupa-arvo
Sekaliikenne-radat	≤ 10	12,5	25
Matkustaja-liikenne-radat	≤ 10	15	40
Tavaraliikenne-radat	≤ 10	12,5	25

Radan geometria

- Vaakageometria
 - Määrittelee radan linjauksen ja liikennepaikkojen raiteistojen muodon matemaattisesti
 - Vaakageometrian suunnittelussa määrätään raiteiden keskilinjojen sijainti ja kallistus kaarteissa
- Muodostuu elementeistä:
 - Suorat
 - Siirtymäkaaret
 - Ympyränkaaret
 - Vaihteet
- Raiteen vaakageometrian muoto esitetään suunnitelmapiirustuksissa, geometriatulosteissa ja tiedostoissa
 - Tarkemmin ratamittaajan työ osiossa piirustusten ja geometrian pääpistelaskennan lukemisesta



Radan geometria

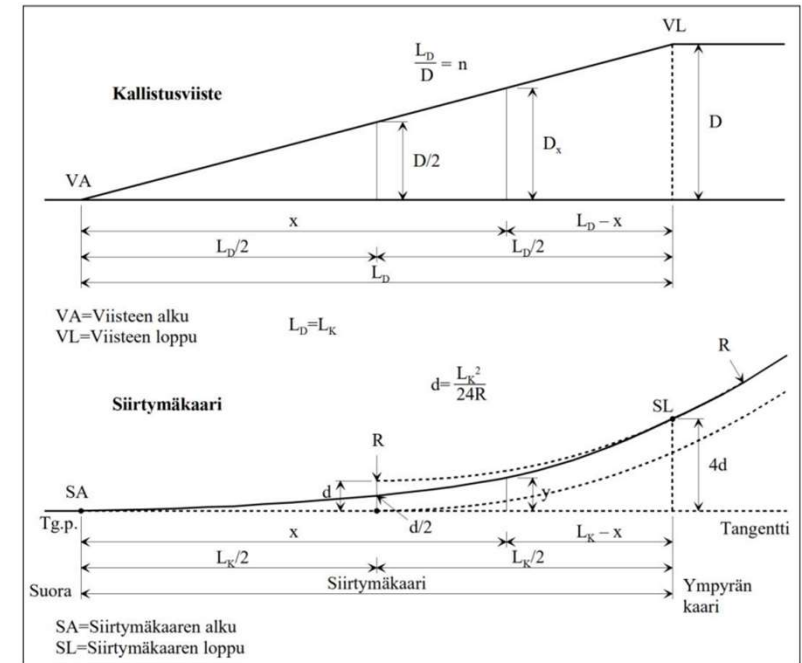
- Ympyränkaaret
 - Sijaitsevat siirtymäkaarien loppupisteiden välissä
 - Pelkkiä ympyränkaaria käytetään yleensä vain rautatieliikennepaikoilla ja kuormausraiteilla
 - Minimiarvo uusilla ja muutettavilla raiteilla 150 m, suositus käyttää vähintään 200/250 m kaarresädettä
 - Kaikki liikkuva kalusto voi käyttää raidetta kun kaaren säde $R=180\text{m}$
 - Merkitään maastoon & nuottiin TG



Radan geometria

• Siirtymäkaari ja kallistus

- Min. kallistus 20mm... maksimi 150mm sepeliraiteella
- Kaarteissa missä käytetään kallistusta on käytettävä normaalisti siirtymäkaarta ja kallistusviistettä
- Siirtymäkaarena pääsääntöisesti klotoidi
- Siirtymäkaarien loppupisteiden välissä ympyränkaari
- Kallistusviisteen alku- ja loppupiste yleensä siirtymäkaaren kanssa samassa sijainnissa.
- Siirtymäkaaria ei yleensä tarvita kun raiteen SN 40 km/h
- Siirtymäkaaren minimipituus 20 m ja suurin suositeltava pituus 300 m
- SA, SL, VA, VL lyhennetyt merkinnät maastossa ja nuotissa



$$L_n R_n = A^2$$

L_n = klotoidin pituus suoralta pisteeseen n [m]

R_n = ympyräkaaren säde pisteessä n [m]

A = klotoidin parametri

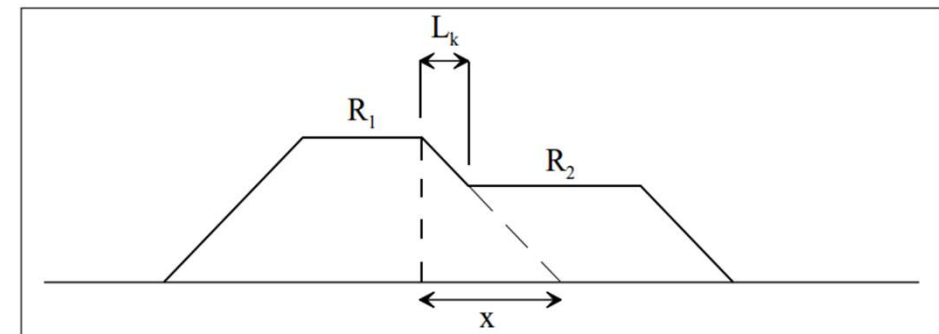
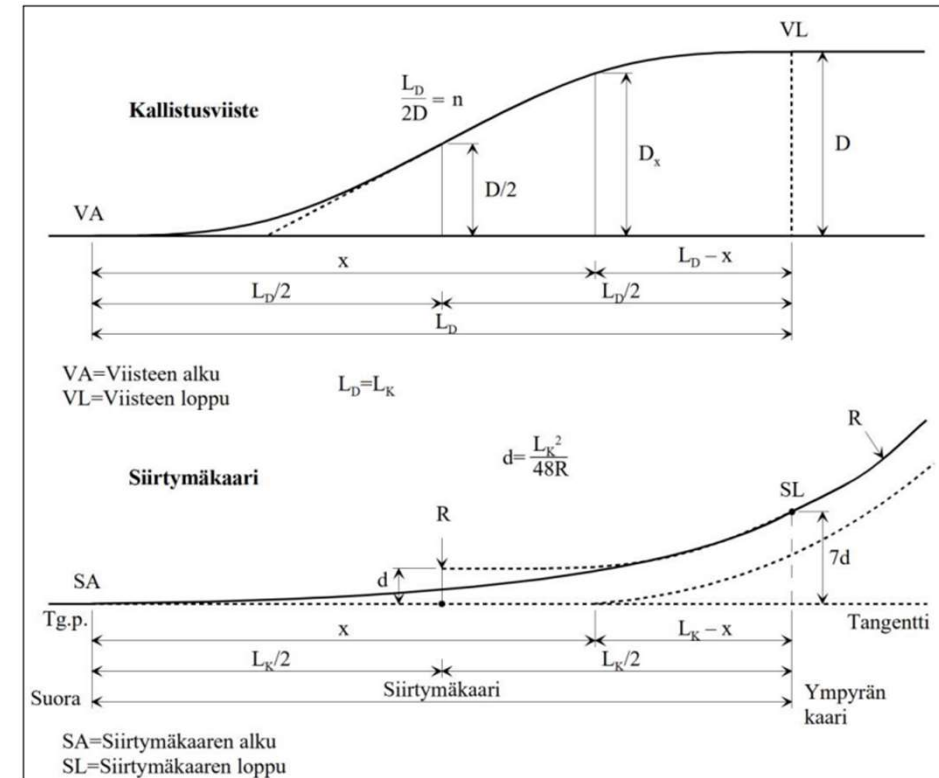
Radan geometria

- Helmertin siirtymäkaari ja S-kallistusviiste

- Helmertin siirtymäkaari on 4. asteen käyrä
- Sen yhteydessä käytetään aina S-kallistusviistettä – muodostuu toisen asteen paraabelin osista
- Helmertin siirtymäkaarta on hyödynnetty perusparannuskohteissa missä on haluttu nostaa tavoitenopeutta
- Suunnittelua uusiin kohteisiin on vältettävä

- Kaarreyhdistelmät

- Korikaarre muodostuu kahdesta tai useammasta samaan suuntaan kääntyvästä kaaresta ja niiden säteet poikkeavat toisistaan.
- Niiden välissä ei ole suoraa
- Siirtymäkaaren tarve määriteltävä
- S-kaarre = kahden vastakkaisiin suuntiin kääntyvän kaarten yhdistelmä



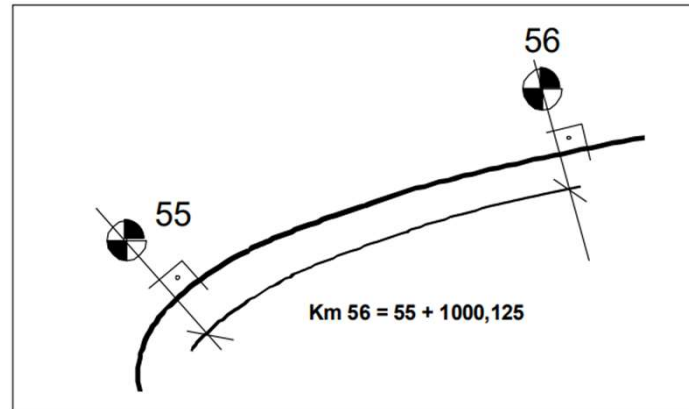
Radan geometria

- Rataosoitejärjestelmä

- Sijainnin yleinen esitystapa rataverkolla
- Rataosoite koostuu ratanumerosta sekä ratakilometrisijainnista, jotka perustuvat tasakilometripisteisiin
- Sijainti on määritelty yleisesti käytettävässä tasokoordinaattijärjestelmässä
- Tasakilometripisteiden sijainti määräytyy rekisteristä

- Ratakilometri

- On määrittäminen osuus rataa
- Jokaiselta ratakilometripisteeltä alkaa uusi ratakilometri joka päättyy seuraavaan pisteeseen tai pituusmittausraiteen päättymiskohtaan
- Pituus on pituusmittausraiteen keskilinjaan pitkin laskettu matka
- Yleensä noin 1000 m, mutta on isoja poikkeuksia oikaisukohtien yms takia
- Ratakilometrisijainnin vieminen maastoon vaatii osaltaan alkuvalmisteluja geometrian viemisessä maastotallentimiin
- Mitä suurempi ero 1000 m:iin, aiheuttaa yleensä ongelmia radanpidon töissä (tukeminen, mittaus)
- Sijainti ilmaistaan KM+M lukemana
 - Lyhyiden kanssa pärjää, mutta pitkien kanssa tulee ongelmia
- Paalulukemat yleensä kirjoitettu myös kiskoon rasvaliidulla sekä uusimpiin sähköratapylväisiin kylttiin.





Väylävirasto
Trafikledsverket