



Radan kiviainesten laatuvaatimukset – taustaa ja historiaa

Pirjo Kuula, Tampereen yliopisto

Väylärakentamisen materiaalit 19.11.2019

Sisältö

- Historiaa lyhyesti
- Raideseppelin laatuvaatimukset
 - Nykyisten vaatimusten tausta
- Raideseppelin hienontuminen
- Yhteenveto



Tien ja radan sitomattomissa rakennekerroksissa käytettävien kiviainesten lujuuden ja hienontumisen tutkiminen

KIRJALLISUUSSELVITYS

Taulukko 6. Ratarakenteissa käytettävien kiviainesten laatuvaatimusten kehittyminen

Eristys- ja välikerros				
	Lujuusvaatimus	Muotovaatimus	Lähde	Huom.
Luonnon lajittama kiviaines	Ei lujuusvaatimuksia	Ei muotovaatimuksia	Kauranne ja Markkula (1967); Saari- nen (2008)	
1990-luku	Murskattu eristys- ja välikerros Haurausarvo 22 ja kuulamylyllä 16	Ei muotovaatimuksia	Ratahallintokeskus (1999)	
2006 alkaen murskattu kiviaines	LA ₃₀ ja LA ₃₅ M _{0E15} ja M _{0E20}	Ei muotovaatimuksia	Rakennustieto (2010)	Vaatimukset myös petrografialle
Raidesepeli				
	Lujuusvaatimus	Muotovaatimus	Lähde	Huom.
Ennen 1980-lukua	Valinta usein kivilajiin perustuen	Ei muotovaatimuksia	Saarinen (2008), Keinonen (1953-62)	Rakeisuusvaatimukset tiukat
1980-luku	Haurausarvo 22	Enintään 15-20 % puikkoisia tai liuskeisia rakeita (muotoarvo >3)	Turunen (1986)	Laboratoriossa murskattu testinäyte
1990	Haurausarvo Kuulamyly	Puikkoisuus- ja liuskeisuus kuten edellä.	VR (1995)	Laboratoriossa murskattu testinäyte. Modifioitu haurausarvomenetelmä, kuvattu myös PANK-menettelyissä
2000-luku	LA ₁₆₁₂ , LA ₁₆₁₆ , LA ₁₆₂₀ M _{0E16} ja M _{0E11}	Muotoarvo S ₁₂₀	Ratahallintokeskus (2001), SFS (2007b)	EN-standardien mukaiset testaukset sepelilajitteesta, CE-merkintä ja ilmoitetun laitoksen hyväksyntä tuotannon laadunvalvonnalle

Alusrakenteet/Eristys- ja välikerros

Antti Numikolu

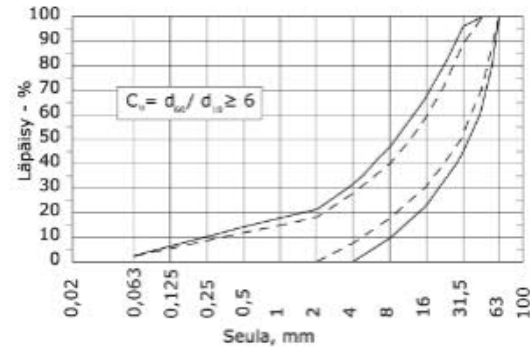
Degradation and Frost Susceptibility of Crushed Rock Aggregates Used in Structural Layers of Railway Track



10 2011 LIIKENNEVIRASTON TUTKIMUKSIA JA SELVITYKSIÄ

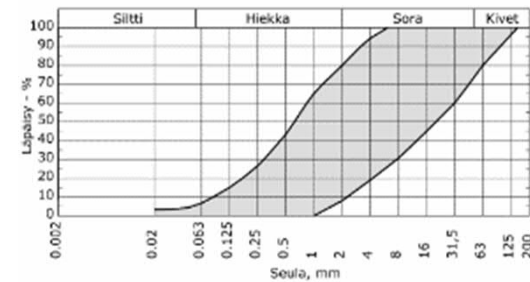
Antti Kalliainen, Heikki Luomala, Tapani Jäniskangas, Antti Numikolu, Pauli Kollisoja

Radan eristys- ja välikerrosten tiivys- ja kantavuustutkimus



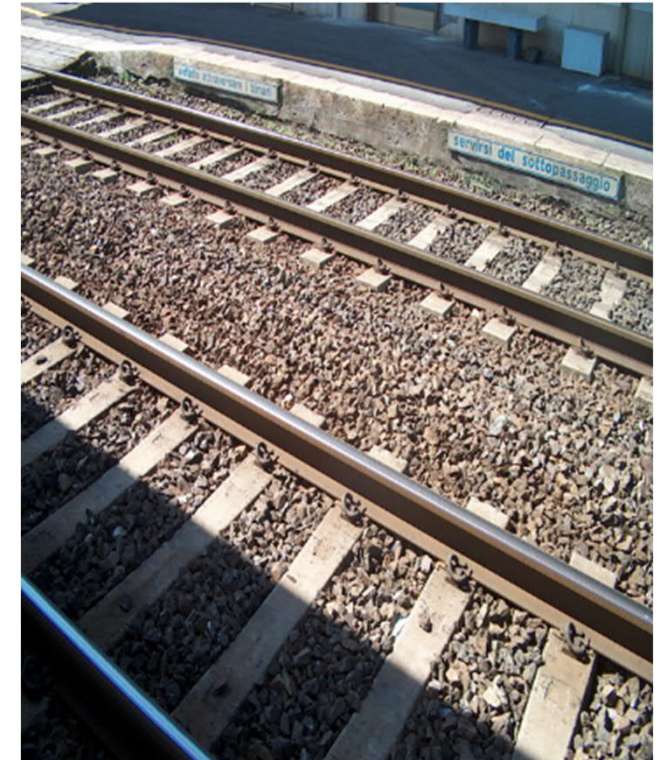
LIIKENNEVIRASTO

Eristyskerroksen materiaalin vaikutus maanvaraisen ratapenkereen toimivuuteen



Tukikerros/Raidesepeli

Raidesepeliä alettiin käyttää suurimittakaavaisemmin Suomessa 1950-luvulla raidesoran sijaan. Luonnon materiaaleista rakennettavan eristys- ja välikerroksen rakeisuusvaatimukset ovat olleet Saarisen (2008) mukaan samat 1970-luvulta alkaen. Vuonna 2006 asetettiin ensimmäisen kerran eristys- ja välikerroksessa käytettävälle kalliomurskeelle myös lujuusvaatimuksia. Saarisen (2008) mukaan "1900-luvun alussa rata ohjeistettiin rakentamaan noin 0,5 m paksun raidesoran päälle ilman erillisiä alusrakennekerroksia". Vuonna 1928 ryhdyttiin käyttämään 0,6 m raidesorapaksuutta. Nykyisen kaltaisen ratarakenteen normaalipoikkileikkaukset erilaisine kerroksineen otettiin käyttöön 1960-luvulla. (Saarinen 2008)



Raidesepelin laatuvaatimukset 1990

Raidesepelin raaka-aineen kestävyttä arvioidaan haurausarvon ja hioutuvuusarvon avulla. Näihin sovelletaan seuraavia rajoja:

	HAURAU SARVO	HIOUTUVUUSARVO
RATALINJA	≤ 22	≤ 2,7
VAIHTEET	≤ 18	≤ 2,2

Vaihteissa käytettävän raidesepelin lujuusvaatimus on muuta ratalinjaa suurempi, koska vaihteissa sepeliin kohdistuvat suuremmat rasitukset mm seuraavista syistä:

- raide on jäykempi
- vaihteisiin kohdistuu sivuvoimia, mikä aiheuttaa useammin toistuvia kunnossapitotöitä, jotka rikkovat sepeliä.

Raidesepelin raaka-aine ei saa olla rapautuvaa.

Raidesepelin raemuotoa on rajoitettu, koska sepelin kitkaominaisuudet heikkenevät litteiden ja pitkulaisten rakeiden osuuden lisääntyessä. Litteät rakeet murskautuvat lisäksi helpommin raihteissa.

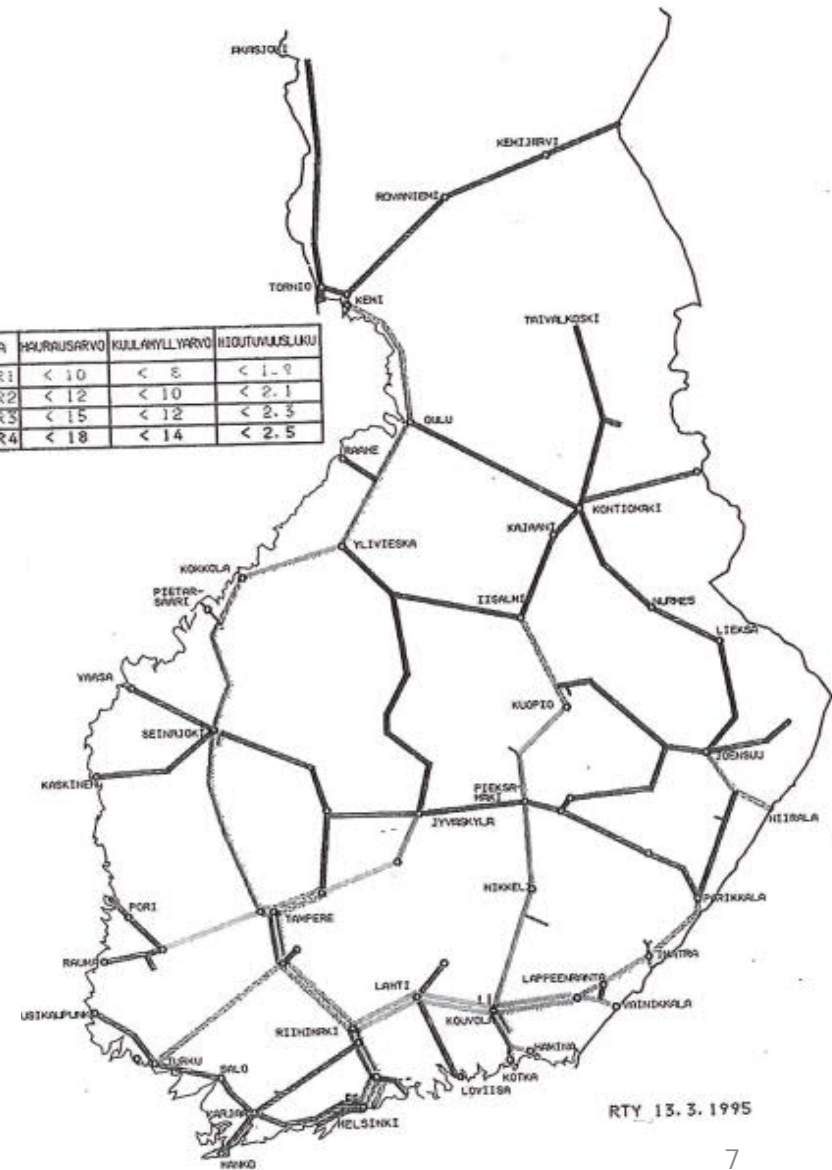
VR:llä litteiksi ja pitkulaisiksi sanotaan rakeita, joiden pituus on vähintään kolme kertaa suurempi kuin paksuus. Tällaisia rakeita sallitaan valmiissa sepelissä kivilajista riippuen 15 - 20 %.



Raidesepelin laatuvaatimukset 1995

- Sepelin on kestävä raitessa 30 vuoden ajan liian hienoksi jauhautumatta
- Kullekin rataosalle voidaan valita sen liikennekuormitusta vastaava sepeli
- Lujusluokan 4 vaatimukset ovat minimivaatimuksia kaikille rataosille

LUOKKA	Haurausarvo	Kullayllävyys	Hioutumisluku
R1	< 10	< 8	< 1.9
R2	< 12	< 10	< 2.1
R3	< 15	< 12	< 2.3
R4	< 18	< 14	< 2.5



Raidesepelin lujuuden tuotannonaikaisia valvontamenetelmiä ovat haurausarvo-, kuulamyly-, hioutuvuus- ja pistekuormituskoe (katso taulukko 2.). Mainitut kokeet tehdään tutkimuslajitteiksi murskatusta raidesepelistä heti, kun murskauslaitos tuottaa sepeliä normaalilla tavalla. Valmis raidesepeli murskataan tutkimuslajitteiksi siten, kun ennakkonäytteen murskaamisesta on kohdassa 4.1.1. määrätty.

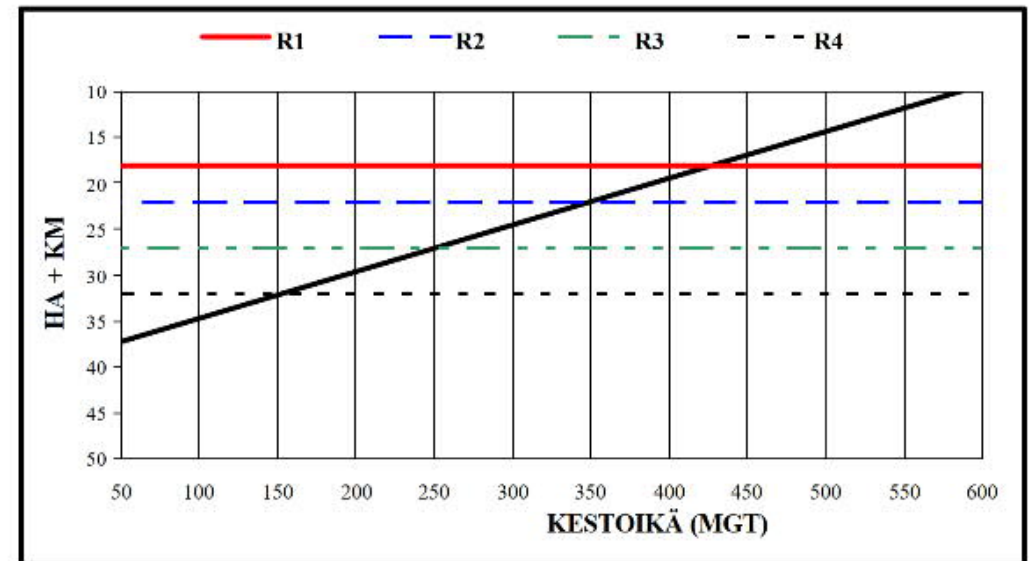
Raidesepelin raemuodon tulee olla pääasiallisesti kuutiomaista tai mainittua muotoa lähenevää. Sepeli saa sisältää muodoltaan pitkulaisia rakeita (puikkoisuus yli 3) enintään 20 painoprosentin verran. Sepeli ei saa sisältää lainkaan sileäpintaisia, täysin murskautumattomia rakeita. Sepelin litteiden ja pitkulaisten rakeiden muodostumista on pyrittävä vähentämään murskausteknisin toimenpitein tai välppämällä lopputuote. Mikäli pitkulaisten rakeiden määrä näytteessä ylittää asetetut laatuvaatimukset, ei ylittävältä osalta suoriteta korvausta, jollei suunnittelija murskattavan kiviaineksen materiaaliominaisuuksien tai poikkeuksellisen suuren lujuuden huomioon ottaen toisin päätä.

Vuonna 2000

- Menetelmät samat kuin 1995

Taulukko 8.1. Eri lujuusluokkaisesta raidesepeleistä koostuvan tukikerroksen kestoikä betoniratapölkkyraiteessa.

Raidesepelein lujuusluokka	Kestoikä MGT (vähintään)
R1	430
R2	350
R3	250
R4	150



Kuva 8.1. Kestoian määrittäminen eri lujuusluokan raidesepeleillä.

Kullekin sepeliluokalle on arvioitiin sen elinkaaren (40 v) aikana syntyvät kustannukset. Elinkaarikustannusten avulla arvioitiin esimerkiksi alemman lujuusluokan sepelin hankinnan kannattavuutta suhteessa rataosan liikennemäärään.

Raidesepelin hankinta- ja toimitusohje, 2001

Raidesepeli luokitellaan kolmeen lujuusluokkaan Los Angeles-kokeen ja kuulamylykokeen perusteella

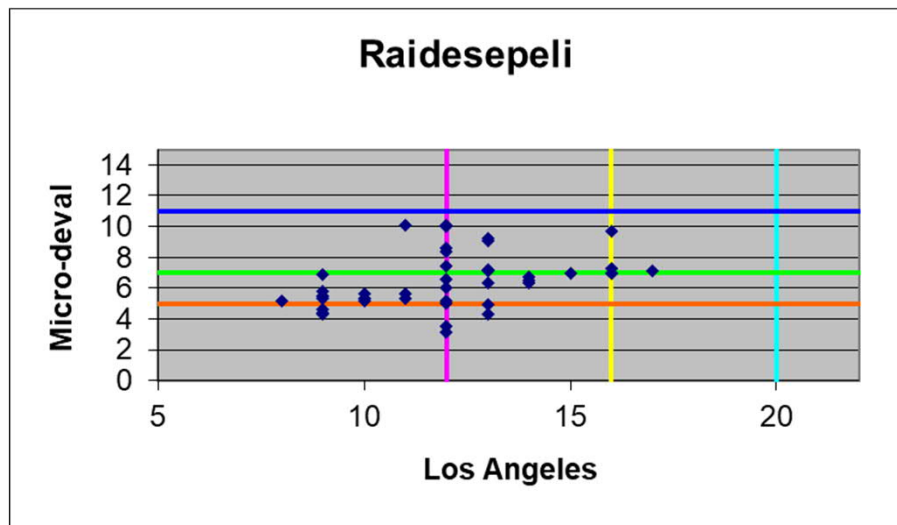
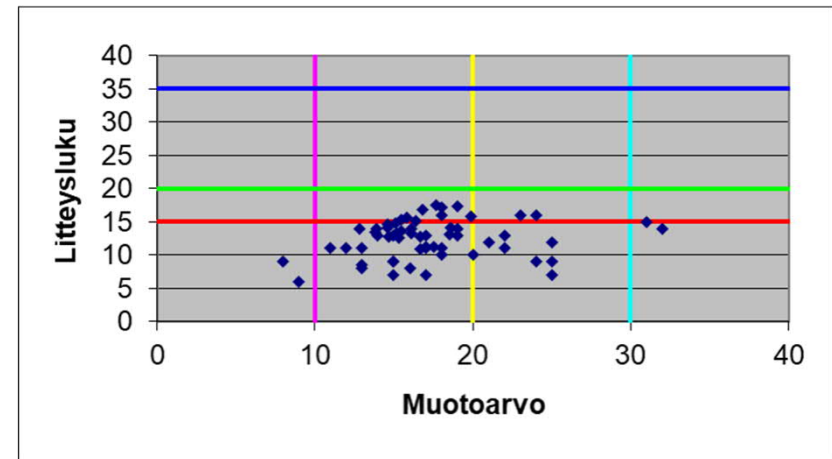
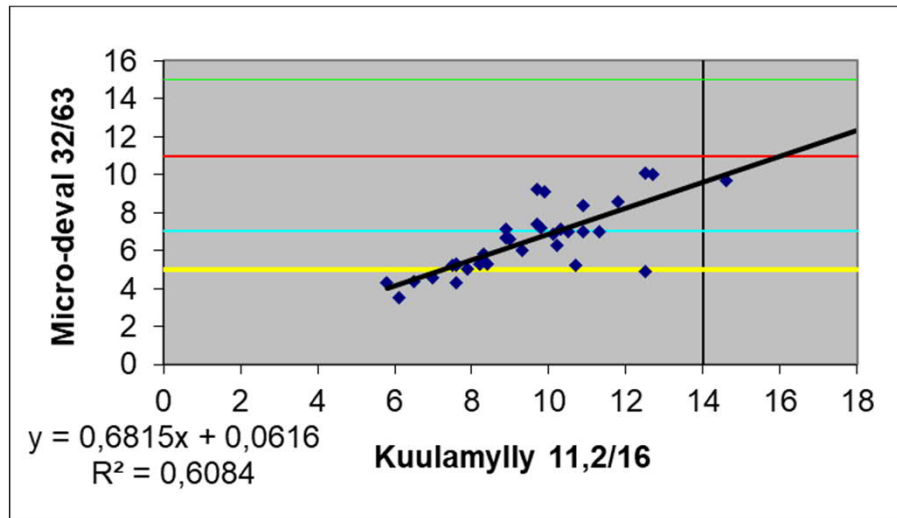
Testimenetelmä	R1/R2	R3	R4
Los Angeles-koe	≤ 12	≤ 16	≤ 20
Kuulamylykoe	≤ 14	≤ 14	≤ 14

LA-luku tehtiin sepelilajitteesta, mutta kuulamylyttesti tehtiin sepelistä murskatusta 11,2/16 mm lajitteesta

Raidesepelin lujuusluokka	Kestoikä Mbrt (vähintään)
R1/R2	350
R3	250
R4	150



Tutkimuksia vuodelta 2004



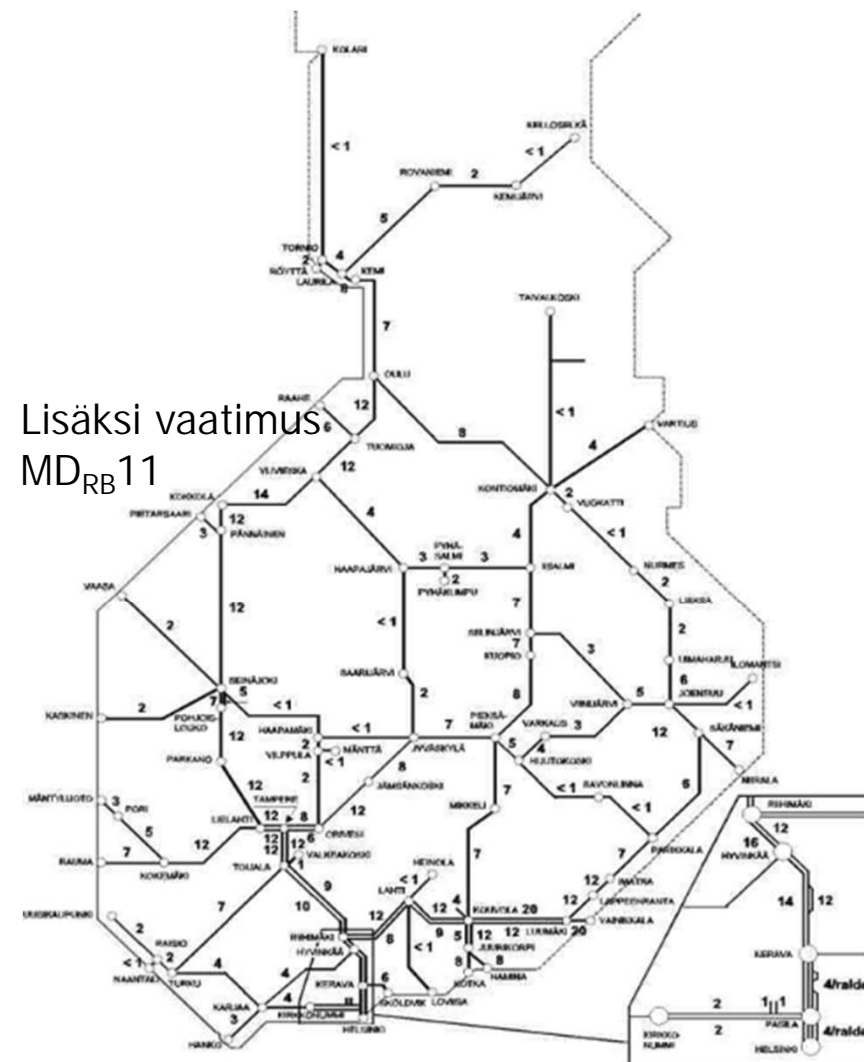
Raidesepelin hankinta- ja toimitusohje, 2005

Standardin kohta 7.2, Suomessa käytetään iskunkestävyyden testausmenetelmänä Los Angeles-lukua ja valitaan luokat seuraavasti:

Luokka	Rataosan liikennemäärä
L _{ARB} 12	≥ 9 Mbrtn
L _{ARB} 14	> 3 ja < 9 Mbrtn
L _{ARB} 16	≤ 3 Mbrtn

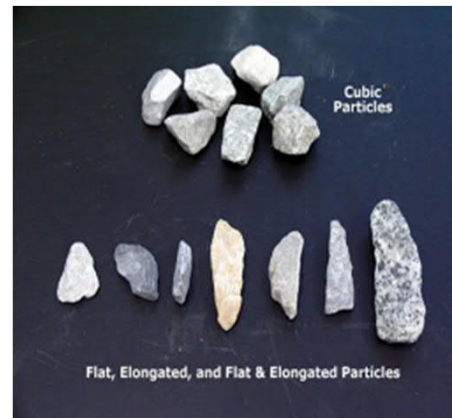
Taulukko 1. Tukikerroksen kestoikä betoniratapölkkyraiteessa tukikerrokseen kohdistuvana kumulatiivisena liikennemääränä (miljoonaa bruttotonnia, Mbrt) raidesepelin iskunkestävyyden (Los Angeles- luokan) suhteen.

Raidesepelin Los Angeles-luokka	Kestoikä Mbrt
L _{ARB} 12 (vastaa vanhaa R2)	350
L _{ARB} 16 (vastaa vanhaa R3)	250
L _{ARB} 20 (vastaa vanhaa R4)	150



Nykytilanne

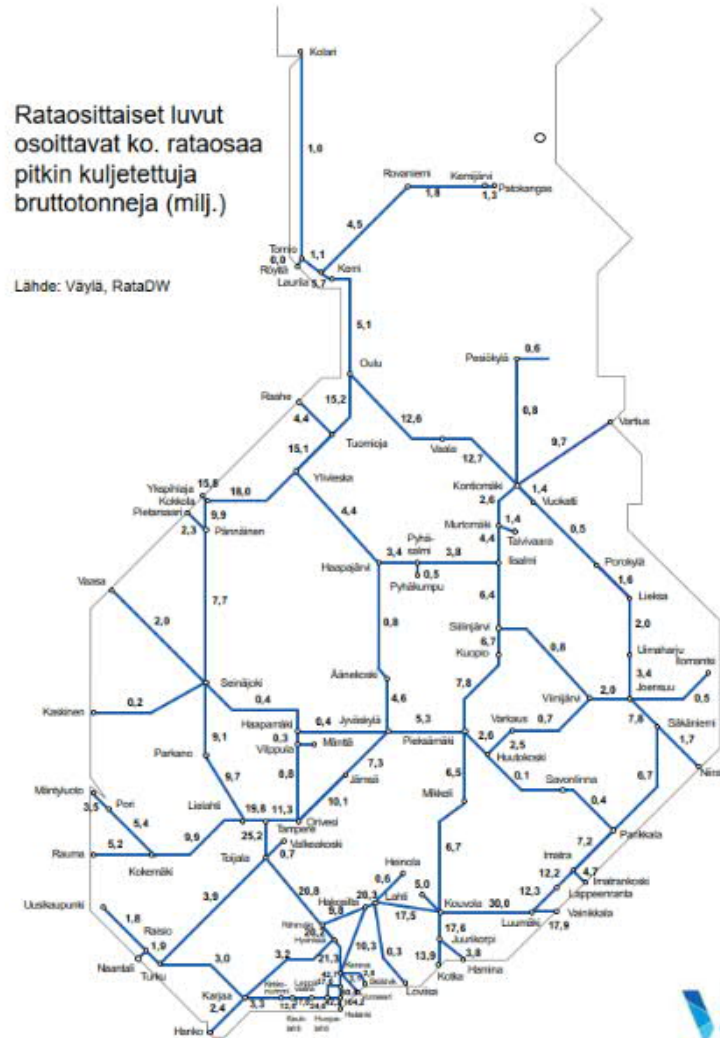
- *SFS 7007* - Raidesepelikiviaineksilta vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot on *standardin SFS-EN 13450 kansallinen soveltamisohje*
- *InfraRYL 2017*
- Käytännössä laatuvaatimukset lähes samat kuin 2005 ohjeessa
- Merkittävä lisävaatimus yli 100 mm rakeiden määrä ($\leq 12\%$)



Bruttotonnit rataosittain 2018

Rataosittaiset luvut osoittavat ko. rataosaa pitkin kuljetettuja bruttotonneja (milj.)

Lähde: Vayla, RataDW



14.8.2019 HL



Isojen rakeiden määrä

- Muotoarvo SI tehdään 4/63 mm lajitteen rakeista eli suuret rakeet eivät näy tuloksessa
- Yli 100 mm rakeiden määrä määritetään 40 kg sepelinäytteestä – eli kaikki rakeet mukana





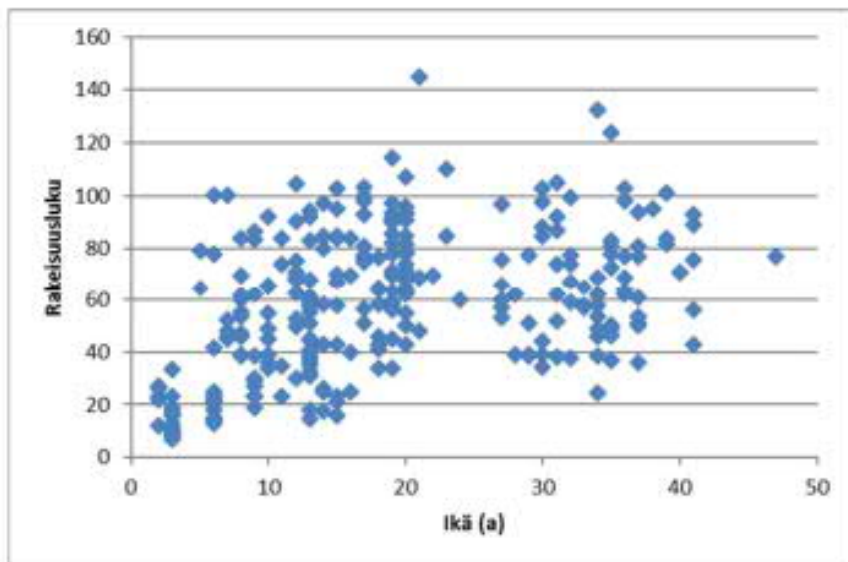
Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä
19/2017

Pirjo Kuula
Heikki Luomala
Evelina Puukkinen
Pauli Kollisoja

Tukikerroksen toiminnan kehittäminen

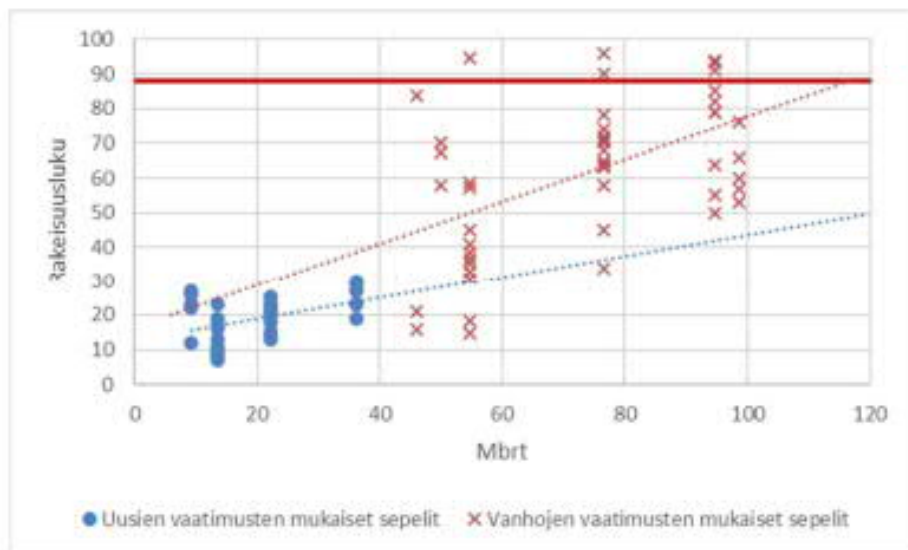
- Mitkä tekijät vaikuttavat sepelin hienontumiseen?
- Mitä ongelmia hienontuminen aiheuttaa?
- Miten hienontumista voidaan hidastaa?
- Miten hienontumista tutkitaan?

Raidesepelin hienontuminen



Kuva 2. Rakeisuusluvun ja raidesepelin iän välinen suhde. Tiedot on kerätty VR Track Oy:ltä saaduista aineistoista ja TTY:llä toteutetuista opinnäytetöistä.





Kuva 39. Uusien ja vanhojen vaatimusten mukaisten sepelien rakeisuusluvun kehittyminen kuormituksen suhteen, kun pohjaolosuhteet ovat vakiot ja yhdeltä kilometriltä on otettu useita näytteitä.

- Sepelin "tiukat" vaatimukset olleet käytössä noin 25 vuotta
- Radassa vielä on paljon vanhojen vaatimusten mukaisia materiaaleja
- Muutokset näkyvät hitaasti
- Kuormitusolosuhteiden vaihtelu ja epäjatkuvuuskohdat haasteena

Yhteenveto

- Radan kiviainesten laatuvaatimukset perustuvat sekä historialliseen tausta-aineistoon ja kokemukseen että tutkimukseen
- Nykyiset "tiukat" raideseppelin vaatimukset olleet käytössä noin 25 vuotta
- Rakenteen toiminta on oleellinen asia – kiviaines hienonee väistämättä ajan kuluessa
- Valitaan käyttöiän kannalta laadullisesti paras vaihtoehto
- Pistokokeissa havaittu yli 100 mm rakeiden suuri määrä (yli 20 %) vaikuttanee rakenteen toimintaan ja käyttöikään - miten?

