

Tutkimuskeskus

TERRA Geo
Road
Rail

Kiskon sivukuluminen vaihteen kielisovitusalueella ja sen vaikutus junan suistumisriskiin

RATA 2025 seminaari 12.2.2025

Riku Varis

Kielialueen kulumistutkimuksen tausta

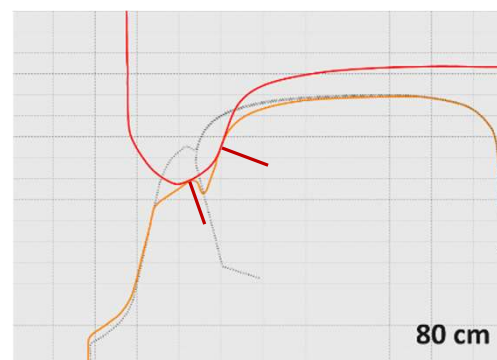
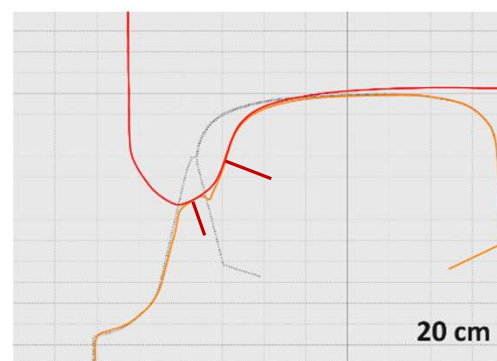
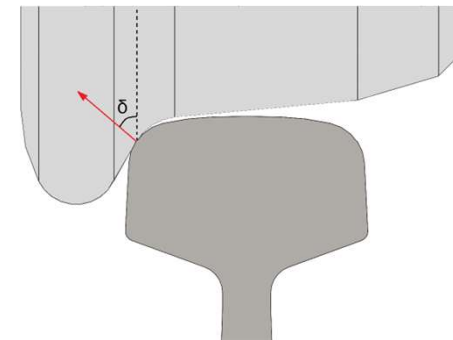
- Kieliprofiilien tiedetään kuluvan useissa vaihteissa vahvasti ja se aiheuttaa kunnossapitokustannuksia.
- Kielien kuntoa seurataan tällä hetkellä oikeastaan ainoastaan kielialueelta tehtävien tarkastusmittojen avulla sekä silmämääräisillä tarkastuksilla.
- Radalla on kuitenkin sattunut tapauksia, jossa kaluston pyörä on suistunut kielisovitusalueella ja tässä skenaariossa kielen (ja myöskin pyörän) muodolla on valtava merkitys
- Näitä tarkastustapoja käytettäessä on siis herännyt kysymys, voiko kieli kulua niin, että pelkät raidelevyden tarkastusmitat eivät yksin kerro riittävästi kielen kulumisen kriittisyydestä ja suistumisriskistä.
- Suurien nopeuksien ja kuormitusten 60E1-vaihteissa kielien kulumisen seuraukset ovat entistäkin kriittisempiä, joten kielen muodon kehitystä tulisi pystyä seuraamaan fyysisellä mittatulkilla, joka tarjoaa lisäinfoa nykyisten tarkastusmenetelmien tueksi.

Kielialueen suistumisskenaario

- Kun kieli kuluu, se saattaa muodostaa nopeastikin kriittisiä kontaktikulmia pyörän ja vaihteen kielen välille.
- Kuluneella kiehellä pyörän ja kielen välinen kontakti voi muodostua lähelle pyörän laipan huippua, jossa suistumiskriteerin pyörän kiipeämiselle voidaan kirjoittaa muodossa:

$$\delta_{krit} < \tan^{-1} \frac{Y}{Q}$$

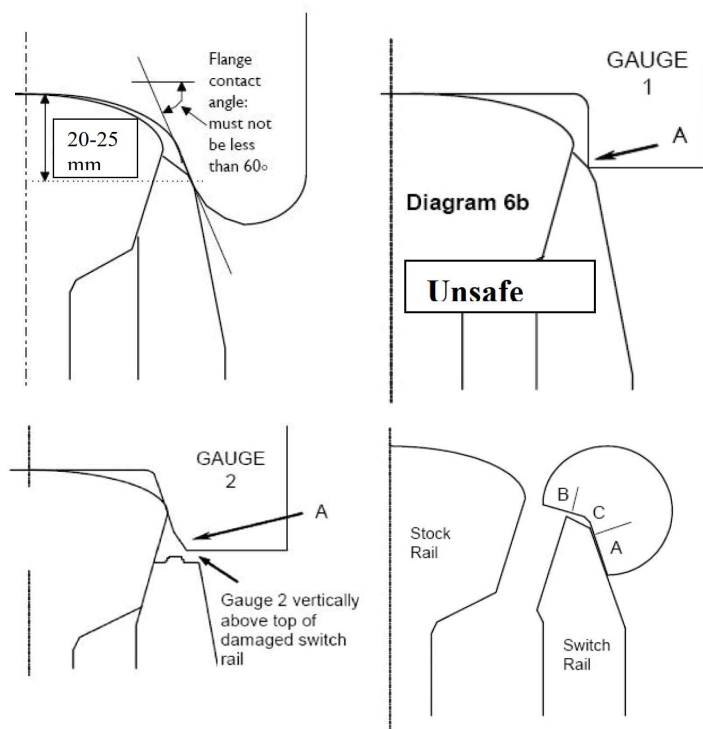
- Pyörän kiipeäminen kielen päälle on siis vahvasti riippuvainen kontaktissa vallitsevasta pysty- ja vaakavoima suhteesta (Y/Q-suhte).
- Valitettavasti Y/Q-suhteet ovat vaihteissa usein hyvin suuria johtuen tiukoista poikkeavan reitin kaarresäteistä (200-300 m).
- Tutkimuksessa käytetyn kuluneen kielen ja uuden S1002-pyöräprofiilin välinen kontaktikulma oli pahimmillaan ainoastaan 30°. Tämä tarkoittaa oheisen kaavan mukaisesti, että Y/Q-suhte 0,57 riittää nostamaan pyörää tässä kohtaa kielisovitus.
- Tällainen Y/Q-suhte on hyvinkin realistinen usealla eri kalustolla ja varsinkin pitkällä telirakenteella varustetuissa 3-akselisissa teleissä.
- Uuden S1002-pyöräprofiilin kohdalla kontaktikulmat kasvavat liikuttaessa kohti vaihteen kielen kantaa, joka tutkimuksien mukaan estää varsinaisen suistumisen. Mutta kuluneella pyörällä tällaiset kontaktikulmat voivat johtaa suistumiseen huomattavasti nopeammin.
- Pelkästään raidelevyden mittaamisella ei pysty havaitsemaan kielen muodosta johtuvaa kontaktikulman muutosta, joten uusia parempia työkaluja tarvitaan kielen kunnan arvioimiseen.



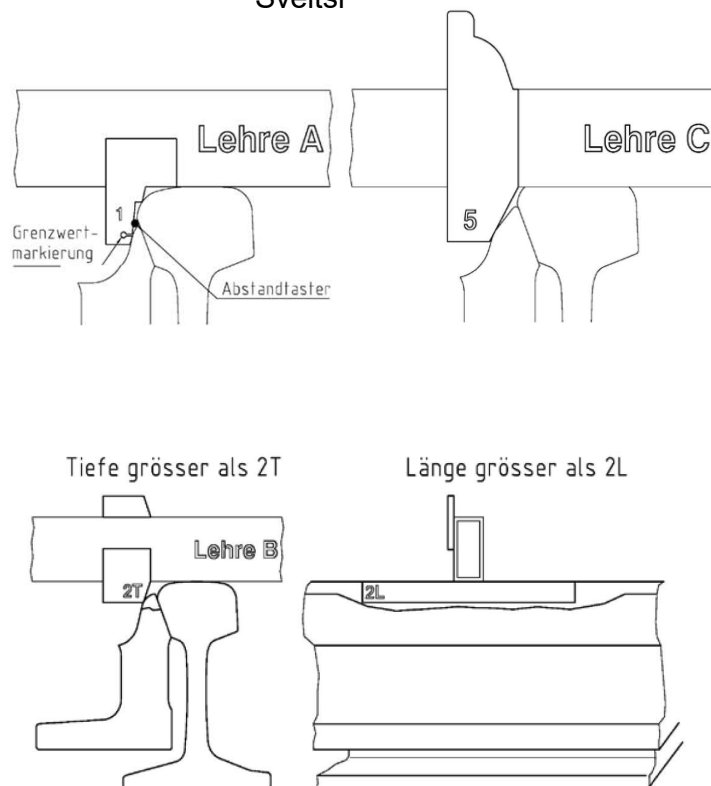
Kielen mittatulkkien kehitys maailmalla

- Tutkimukset osoittivat, että vaihdealueen kielisovituksen muodon arviointiin on kehitelty monia mittatulkkiratkaisuja useissa eri maissa. Lopulta näissä mittatulkeissa on kuitenkin hyvin paljon yhtäläisyyksiä.

Iso-Britannia



Sveitsi



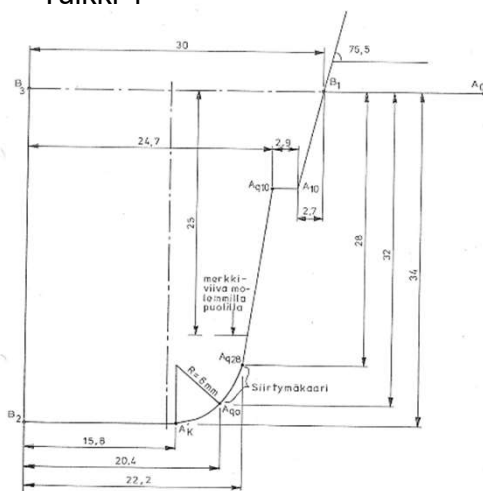
Yhdysvallat



Kielen mittatulkkien kehitys Suomessa

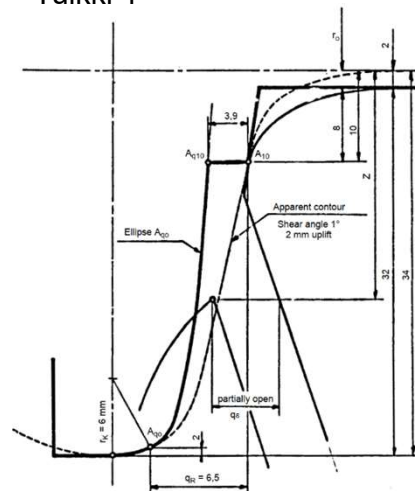
- Suomessa kielen mittatulkkien kehitys pohjautuu vahvasti Markku Nummelinin vuonna 1982 tekemään opinnäytetyöhön, jossa annetaan suositukset vaihteen mittatulkkien muodoille Suomen 54E1-vaihteissa. Nämä ovat erittäin validit suositukset, koska ne noudattelevat hyvin pitkälti nykyisinkin voimassa olevia UIC:n suosituksia kielen muodon tarkastamiselle ja sopivat myös 60E1-vaihteiden tarkastamiseen.
- Tärkeimmän tulkin muoto perustuu pyörän pyöriessä laipan huipun pisteen A_{q0} piirtämään kulkurataan pyörän kohtauskulman ollessa 1° ja pyörän ollessa 2 mm irti kiskon kulkupinnalta.
- UIC:n ohjeessa annetaan lisäksi suositus käyttää toista 2° kohtauskulmalla olevaa S1002-pyörän laipan muotoista tulkia, jolla pystytään tarkastamaan pyörän ja kieliprofiilin välisen kontaktikulman suuruus. Kriittisen kontaktikulman arvo riippuu kontaktissa vallitsevasta kitkakertoimesta.

Tulkki 1



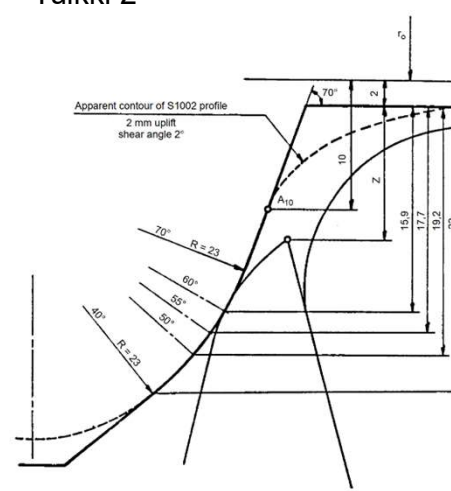
Nummelin 1982

Tulkki 1



UIC 2004

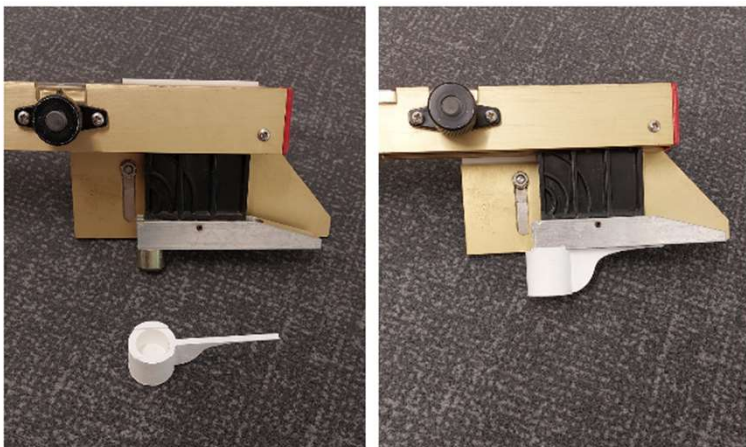
Tulkki 2



UIC 2004

Projektissa kehitetyn mittatulkin kokeilu

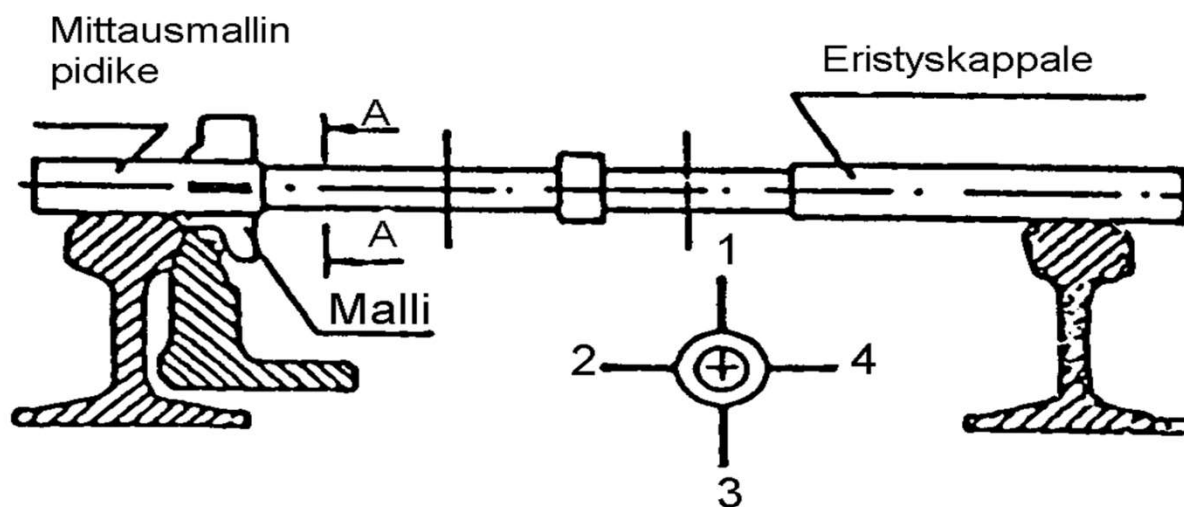
- Vaihteen kielialueen kulumisen arvioinnin työkalujen tärkeimmät ominaisuudet on niiden havainnollisuus, ymmärrettävyys ja käytettävyys.
- Nämä ominaisuudet mielessä pitäen tässä projektissa haluttiin kokeilla UIC:n ohjeissa määritellyn S1002-pyöräprofiilin muotoisen tulkin soveltuvuutta kielen kulumisen arviointiin. Tulkkiin tehtiin UIC:n ohjeiden mukaisesti merkkiviiva 60° kontaktikulman kohdalle jonka katsottiin olevan tässä testivaiheessa sopiva raja kriittiselle kontaktille.
- Tällainen tunnettu muoto lisää tarkastustoiminnan ymmärrettävyyttä ja yksi selkeä raja-arvo helpottaa tulkintaa hyvän ja huonon välillä.
- Tämä pyörän muoto 3D-tulostettiin ja kiinnitettiin raideleveysmittaan, jotta sillä päästiin tekemään testimittauksia.



Vaihteen numero	Vaihteen asento	Pyörän ja tulkin välinen kontaktikulma [°]			
		Kielen kärki	Pölkky 2	Pölkky 3	Pölkky 4
V053	Suora	-	70	60	-
	Poikkeava	-	55	50	70
V054	Suora	-	60	-	-
	Poikkeava	-	60	50	-
V062	Suora	-	-	70	80
	Poikkeava	-	40	40	40
V160	Suora	-	-	60	70
	Poikkeava	70	60	-	70
V171	Suora	-	70	70	70
	Poikkeava	70	35	40	-

RATO 12 ohjeen mittatulkki

- Edellä mainittuihin Nummelinin työssään suositteliin muotoihin perustuva mittatulkki on nykyisinkin olemassa ja sitä käytetään jatkuvasti RATO 12 ohjeen mukaisesti osana vaihteen kielisovituksen muotoiluhiontaa.
- Ongelma on tällä hetkellä kuitenkin se, että Väyläviraston ohjeistus ei ole edellyttänyt riittävän selkeästi näiden tulkkien käyttöä osana normaalia kunnossapitotarkastusta. Tulkit ovat siis olemassa, mutta niitä on käytetty vasta siinä vaiheessa, kun kielisovitus on silmämääräisessä kunnossapitotarkastuksessa todettu olevan hionnan tarpeessa. Muodon kriittisyys on siis perustunut yhä silmämääräiseen arvioon.
- Tämän tutkimuksen tulosten perusteella näitä ohjeita ollaan nyt tarkentamassa ja mittatulkkia ollaan ottamassa aktiivisesti käyttöön myös kunnossapidossa.
- Myös S1002-pyörän muotoisen tulkkiä voidaan tämän projektin perusteella suositella käytettäväksi, sillä se on hyvin havainnollinen työkalu, jolla näkee suoraan, kuinka kriittinen pyörän ja kielen välinen kontakti juuri tällä hetkellä on kontaktikulman suhteen.



Tutkimuskeskus

TERRA Geo
Road
Rail

Kiitos!

Lisätiedot

riku.varis@tuni.fi