

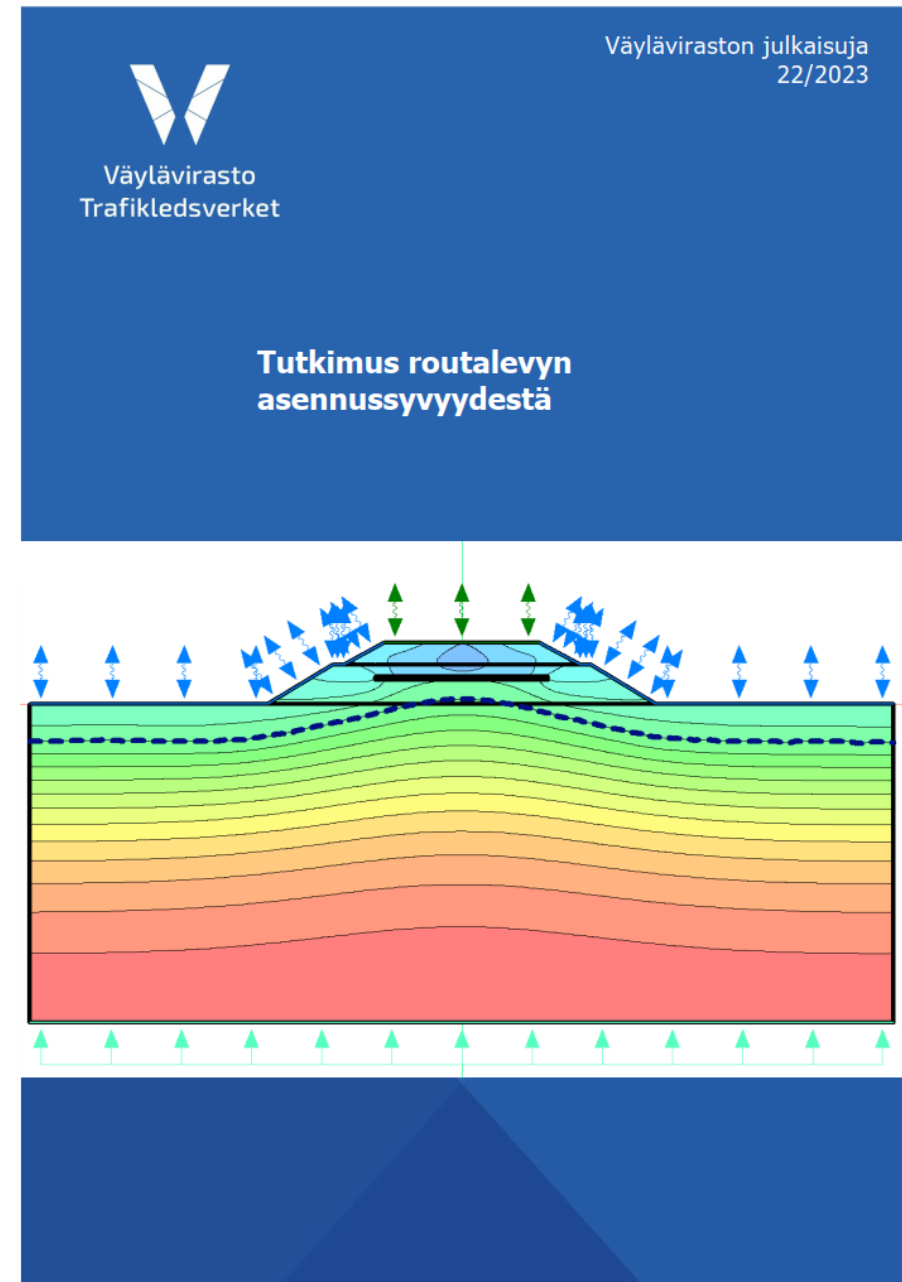
Routalevyjen asennussyvyyden vaikutukset rataympäristössä

Webinaari: Routahaasteet radoilla 26.3.2024

Heikki Luomala

Sisältö

- Perustuu Väyläviraston tilaamaan ja Tampereen yliopiston toteuttamaan tutkimukseen
- Tutkimuskysymyksinä routalevyn asennussyvyyden vaikutus
 - Geometriavirheiden kehittymiseen
 - Routasuojaukseen
 - Radan rakenteen mekaaniseen käyttäytymiseen
 - Asennuskustannuksiin
 - Kokonaistaloudelliseen radanpitoon
- Toteutus yhteistyössä Loram Finland Oy:n kanssa
- Lisätietoja luettavissa oheisesta julkaisusta



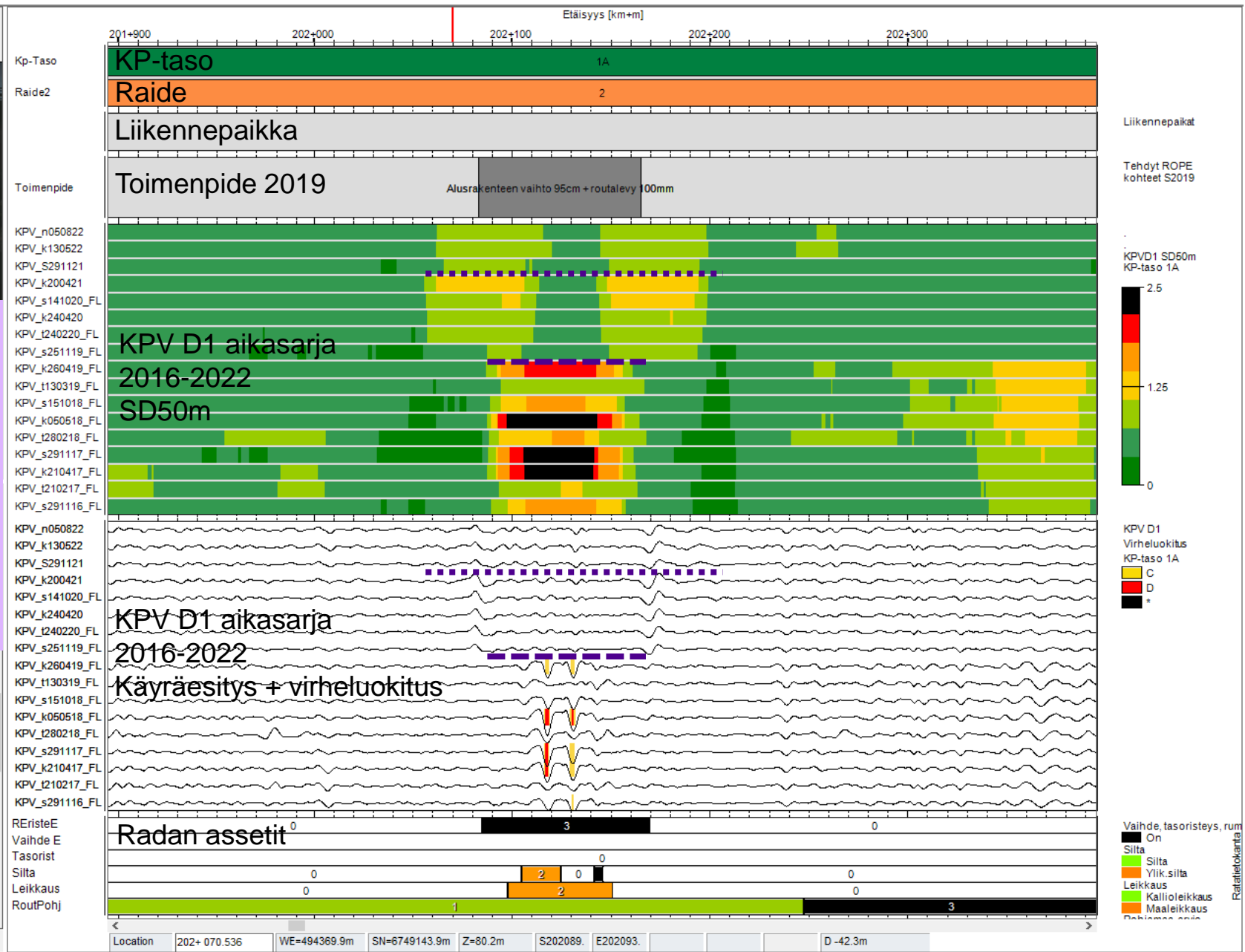
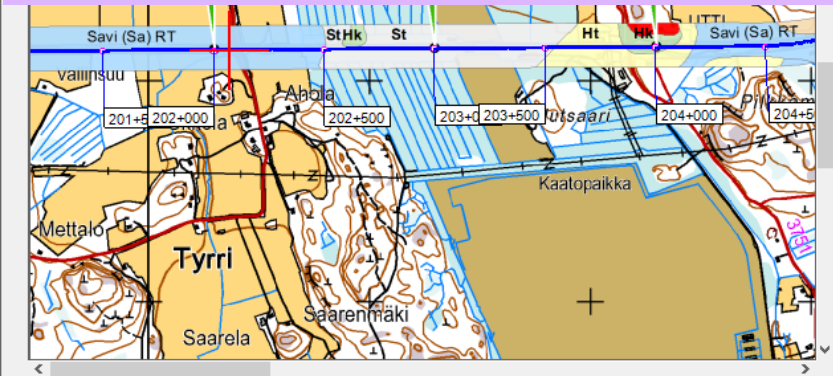
Taustaa

- Radantarkastustulosten analysoinnissa on havaittu, että uudet routalevytykset monissa tapauksissa nopeuttavat geometrian heikkenemistä ympäröivään rataan verrattuna
 - Tarvitaan välillä useita jälkituentoja routalevyn asennuksen jälkeen
 - Palautuvan painuman mittauksissa routalevyt näkyvät 0,1...0,5 mm suurempana radan joustona.
 - Nykyisin routalevyn asennusta tehdään pääosin kaivamalla ja asennussyvyytenä käytetään kv-0,55 m
 - Kaksi ohjeiden tuntemaa asennustapaa
 - Asennus välikerroksen alle kaivamalla
 - Asennus tukikerroksen alle sepelinpuhdistuksen yhteydessä
 - Toteutuksessa ja ohjeistuksessa on osittainen ristiriita
- => Tarve selvittää asennussyvyyden käytännön merkitys toimintatapojen tai ohjeistuksen päivittämiseksi

RATAVIDEO

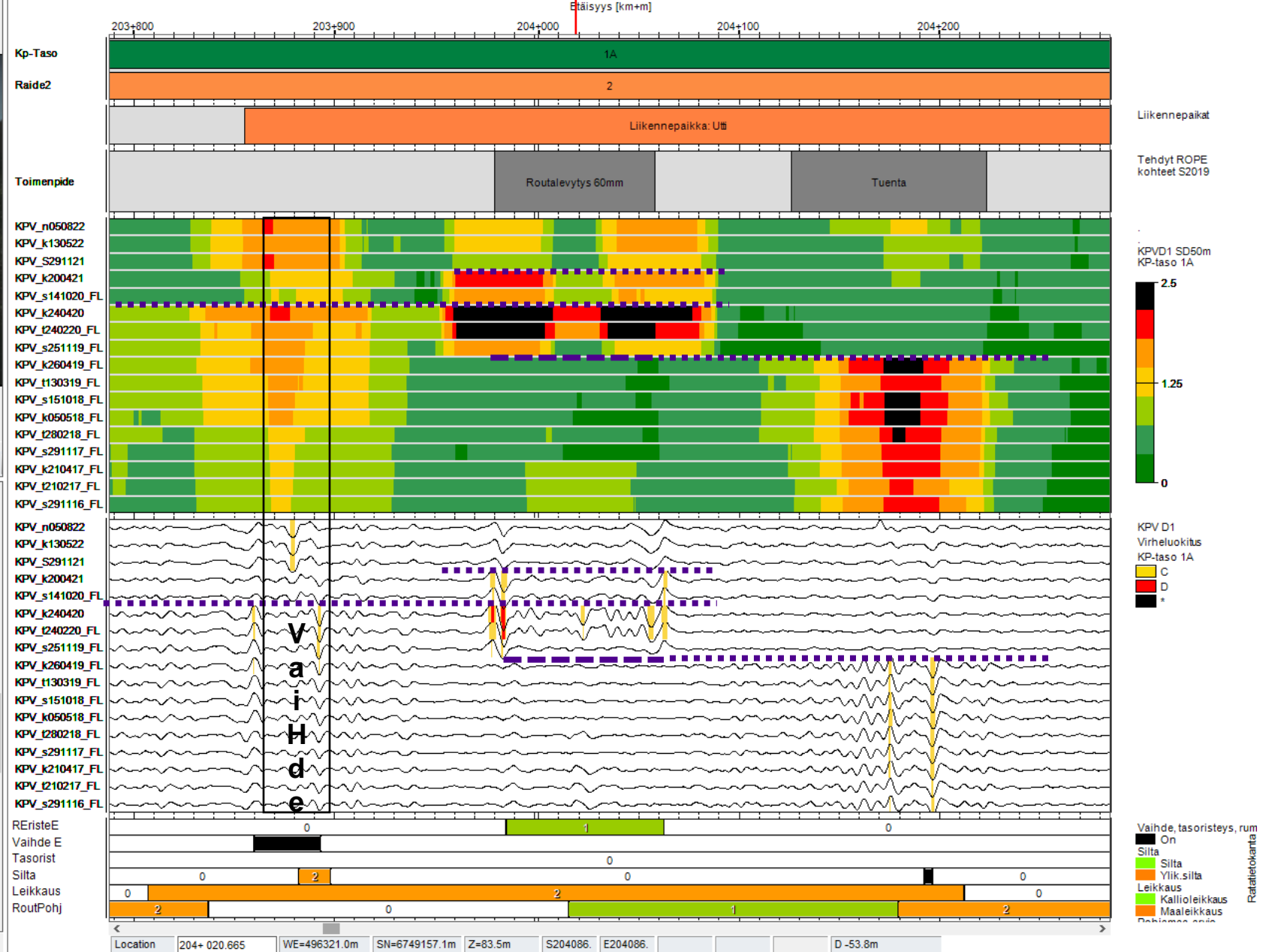
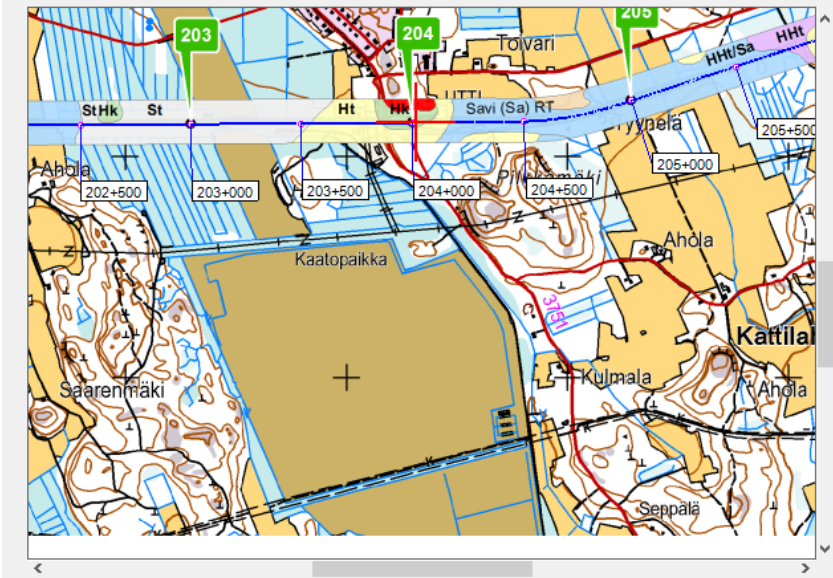


Routalevytyksiä suunnitellaan radantarkastuksessa talvella esiintyvien korkeuspoikkeamien perusteella. Samaa analyysiä käytettiin routalevyn asennussyvyyden vaikutusten arviointiin.



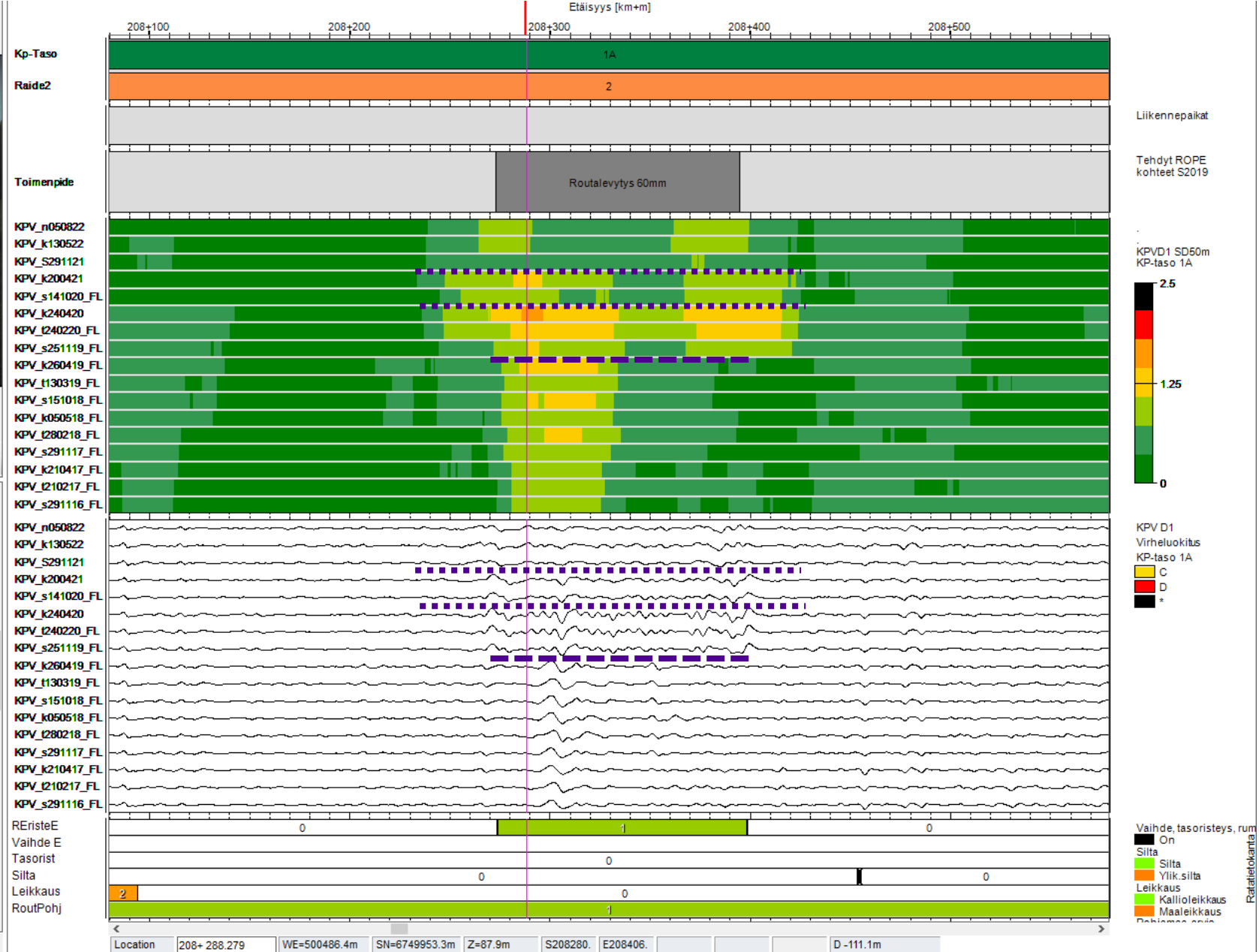
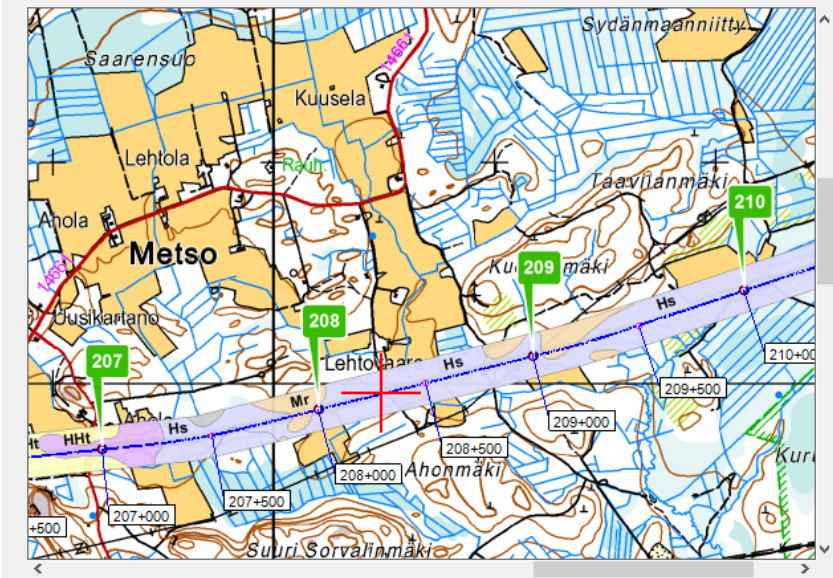


Loc: 204+ 019.171 Rate: 1x





Loc: 208+288.279 Rate:1x



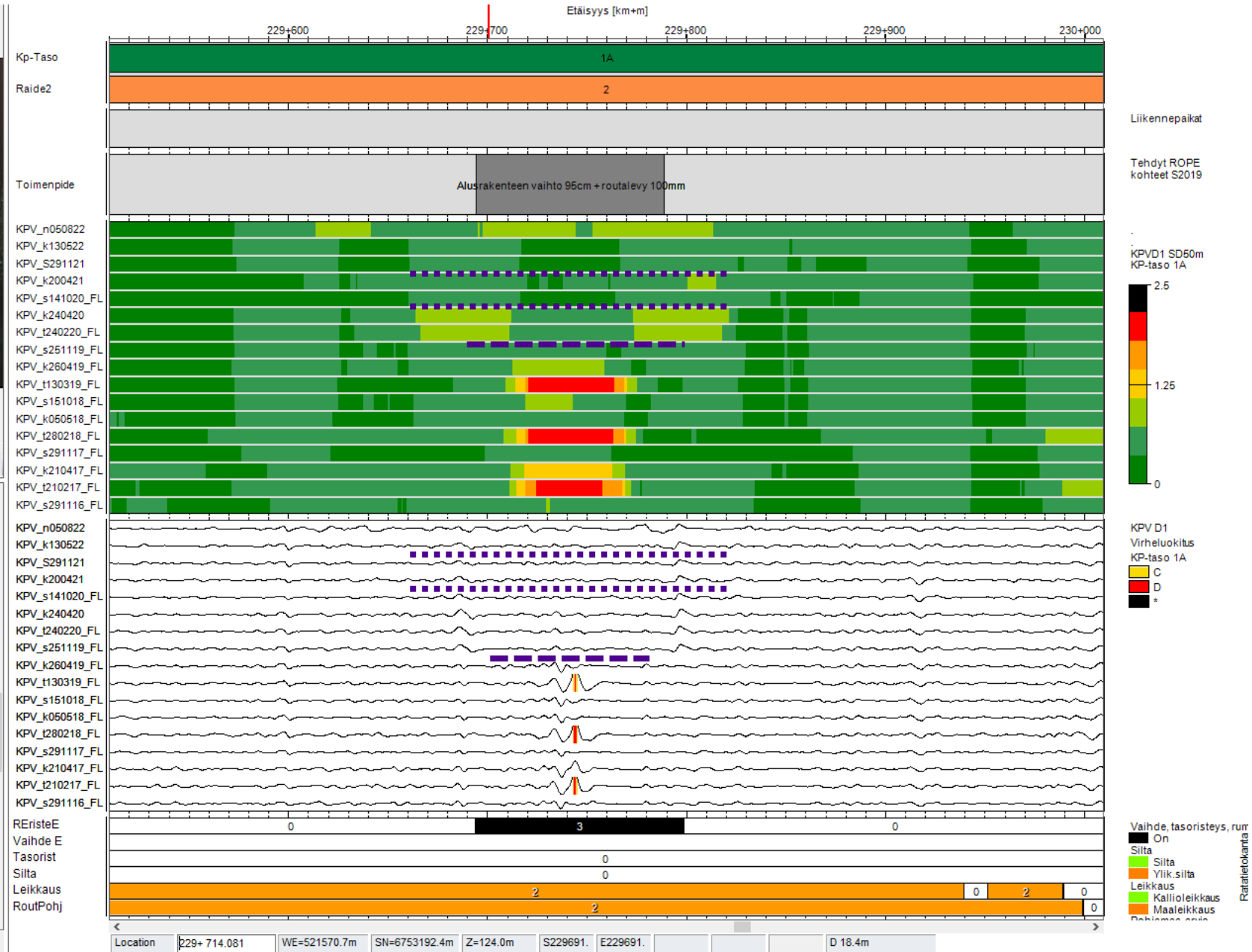
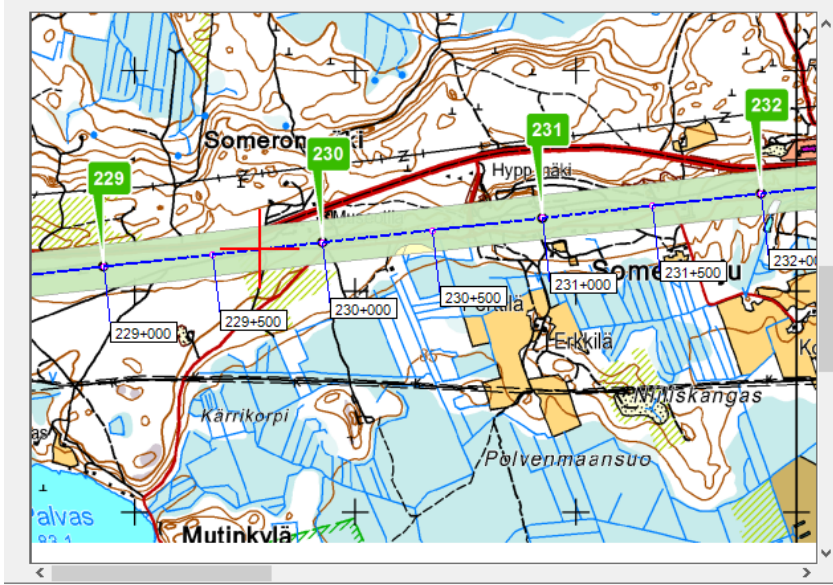
Kv-Lä R2ET

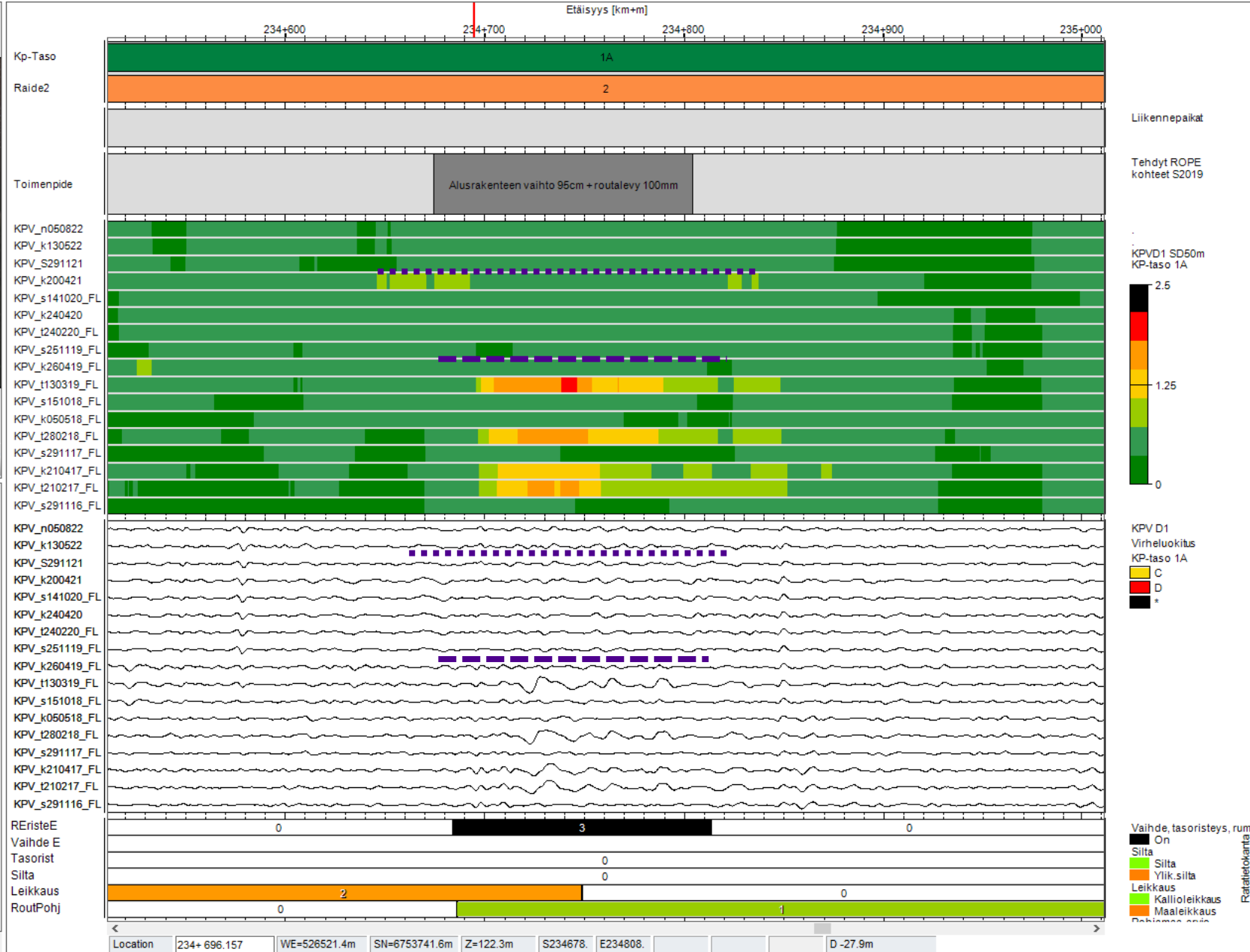
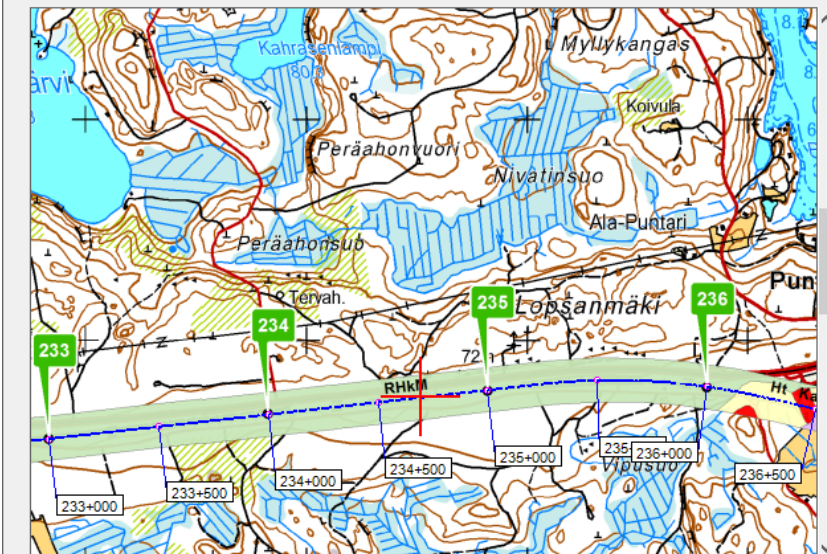
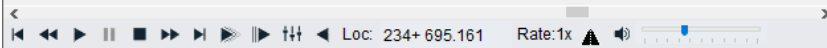
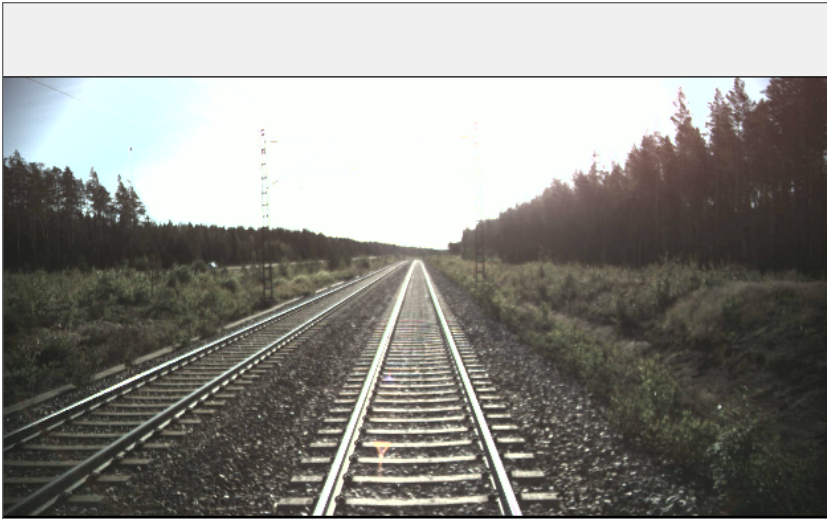
Esimerkki: Routalevy alusrakenteessa

Toimenpideajankohta  Tuenta 



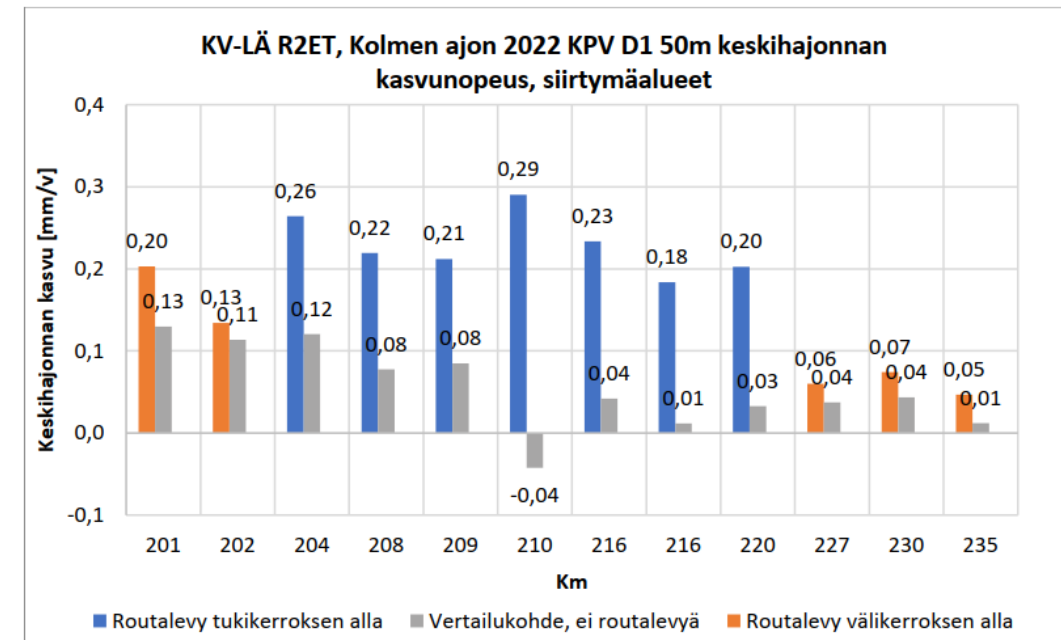
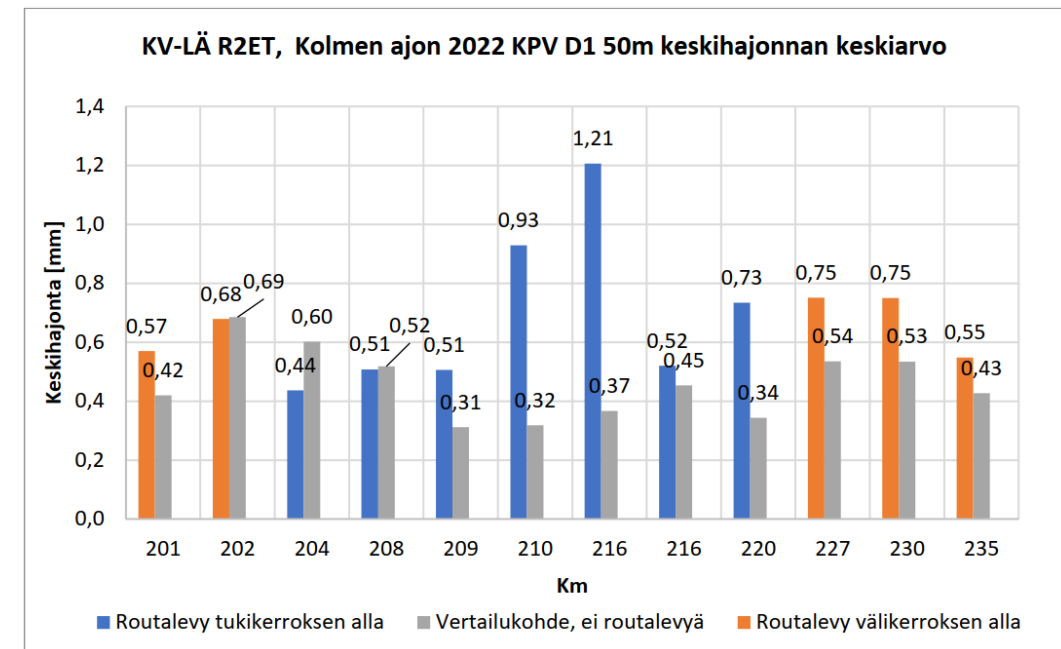
Loc: 229+701.133 Rate:1x





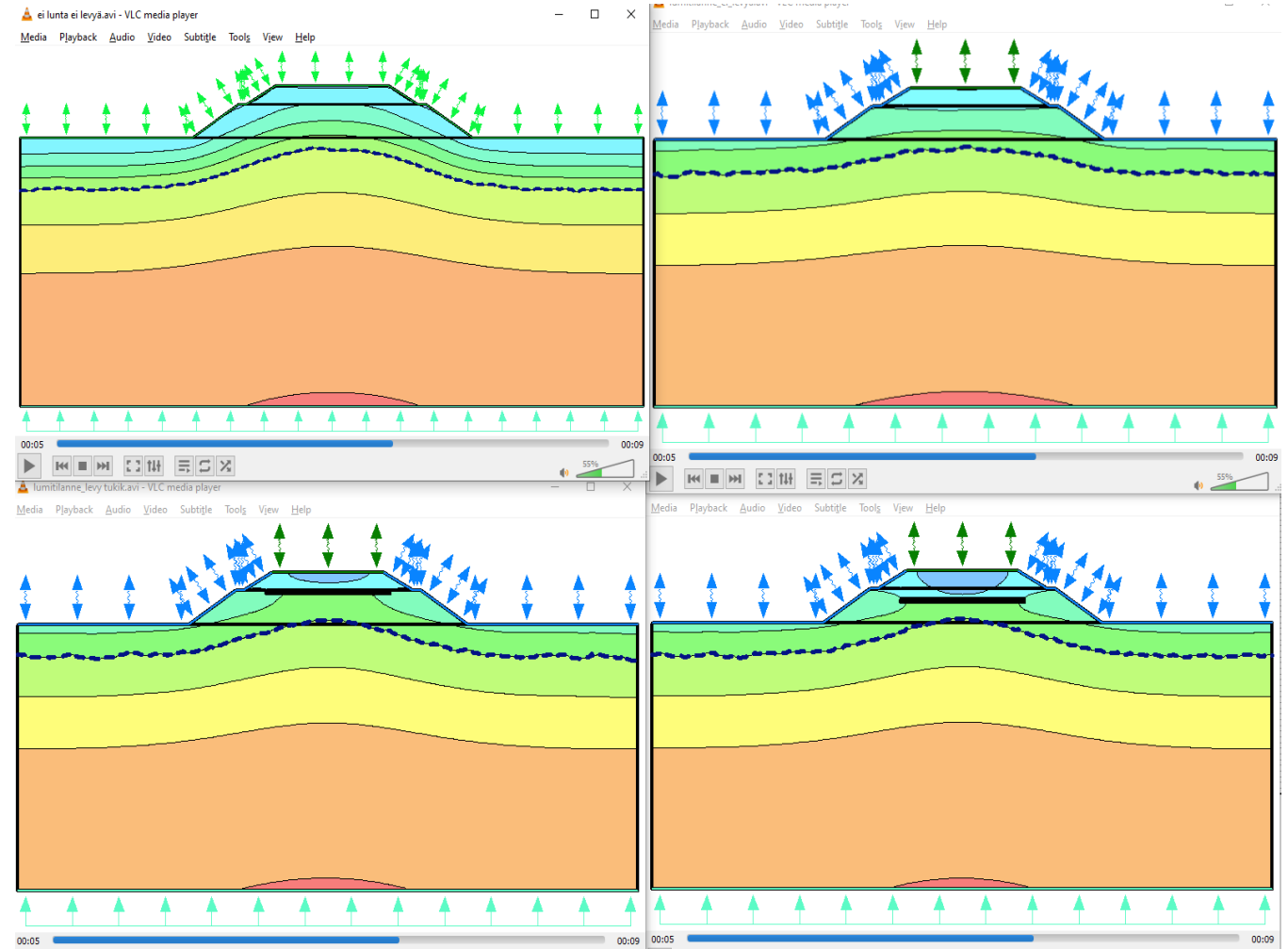
Korkeuspoikkeamat ja niiden kasvu

- Epätasaisuus on routalevykohteissa hieman suurempaa kuin vertailukohteissa
- Raidegeometria heikkenee kuitenkin nopeammin, etenkin siirtymäalueella
- Routalevy tukikerroksen alla nopeuttaa geometriavirheen syntymistä enemmän
- Vastaava havainto tehtiin myös Sk-Vs-rataosalta
- Geometriavirheen kasvunopeuden perusteella arvioitiin, että routalevyn asennus tukikerroksen alle aiheuttaa ainakin yhden ylimäärisen kunnossapitotuennan ennen normaalia läpituuntaa.



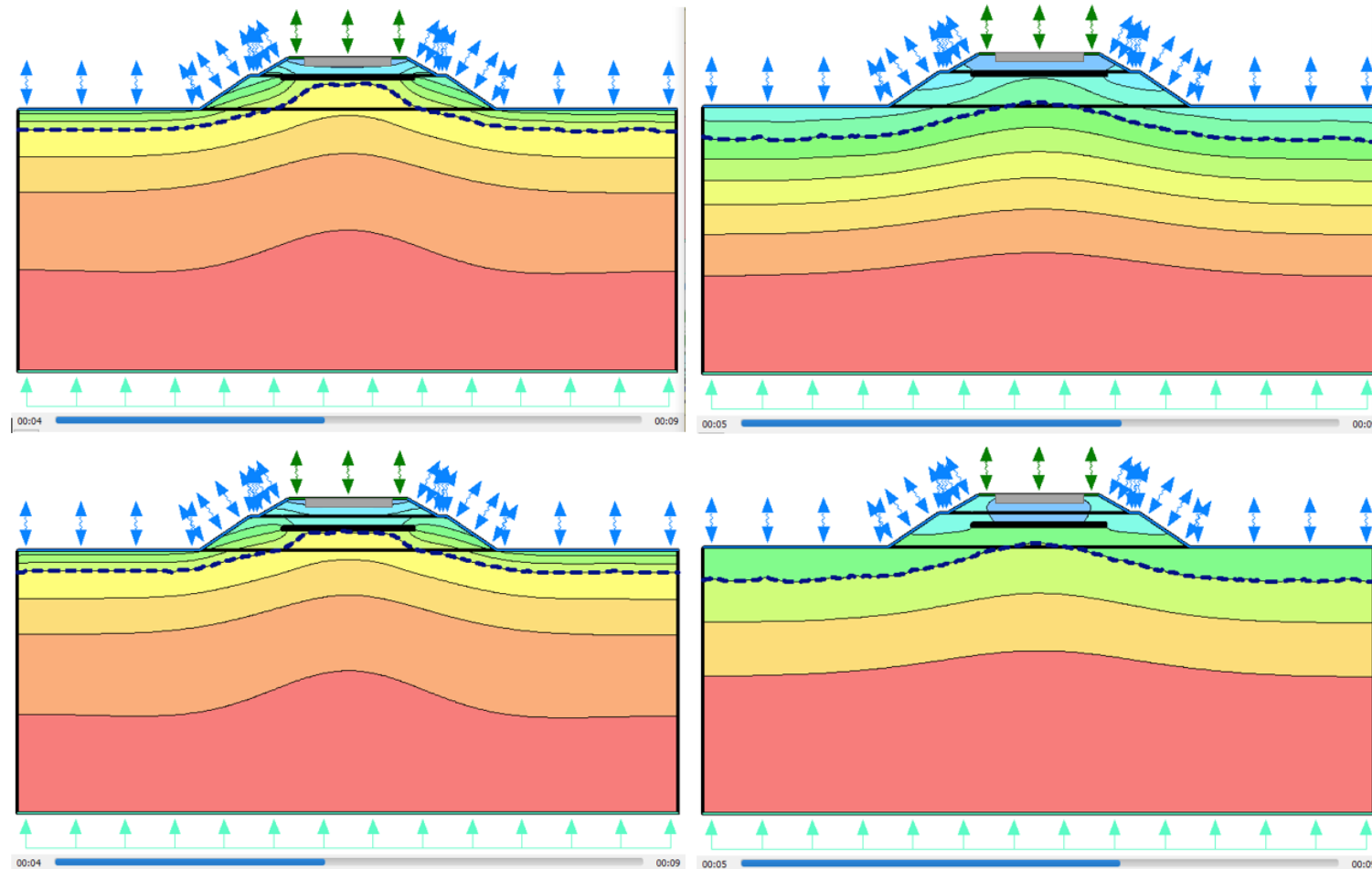
Vaikutus lämmöneristävyyteen (1/2)

- Mallinnustilanteet: lumeton tilanne ilman levyä, luminen tilanne ilman levyä ja routalevy eri syvyyksillä
- Routalevyn asennussyvyys ei vaikuta routaantumissyvyyteen raiteen keskellä eikä lumettomassa tilanteessa myöskään levyn reunan kohdalla
- Routalevyn reunalla havaitaan selkeästi suurempi routaantumissyvyys kuin keskellä raidetta
- Routaraja etenee leutonakin talvena routalevyyn saakka ja hieman ankarampana talvena rakenteeseen levyn alapuolelle



Vaikutus lämmöneristävyyteen (2/2)

- Levyn pituus on juuri riittävä estämään roudan tunkeutuminen ratapölkyn alle.
- Asennus välikerroksen alle on em. näkökulmasta katsottuna aavistuksen turvallisempi vaihtoehto.
- Lumitilanteessa asennus tukikerroksen alle johtaa hieman pienempään roudan tunkeutumissyvyyteen.
- Asennussyvyyden vaikutukset routasuojaukseen ovat kokonaisuutta ajatellen varsin pieniä.

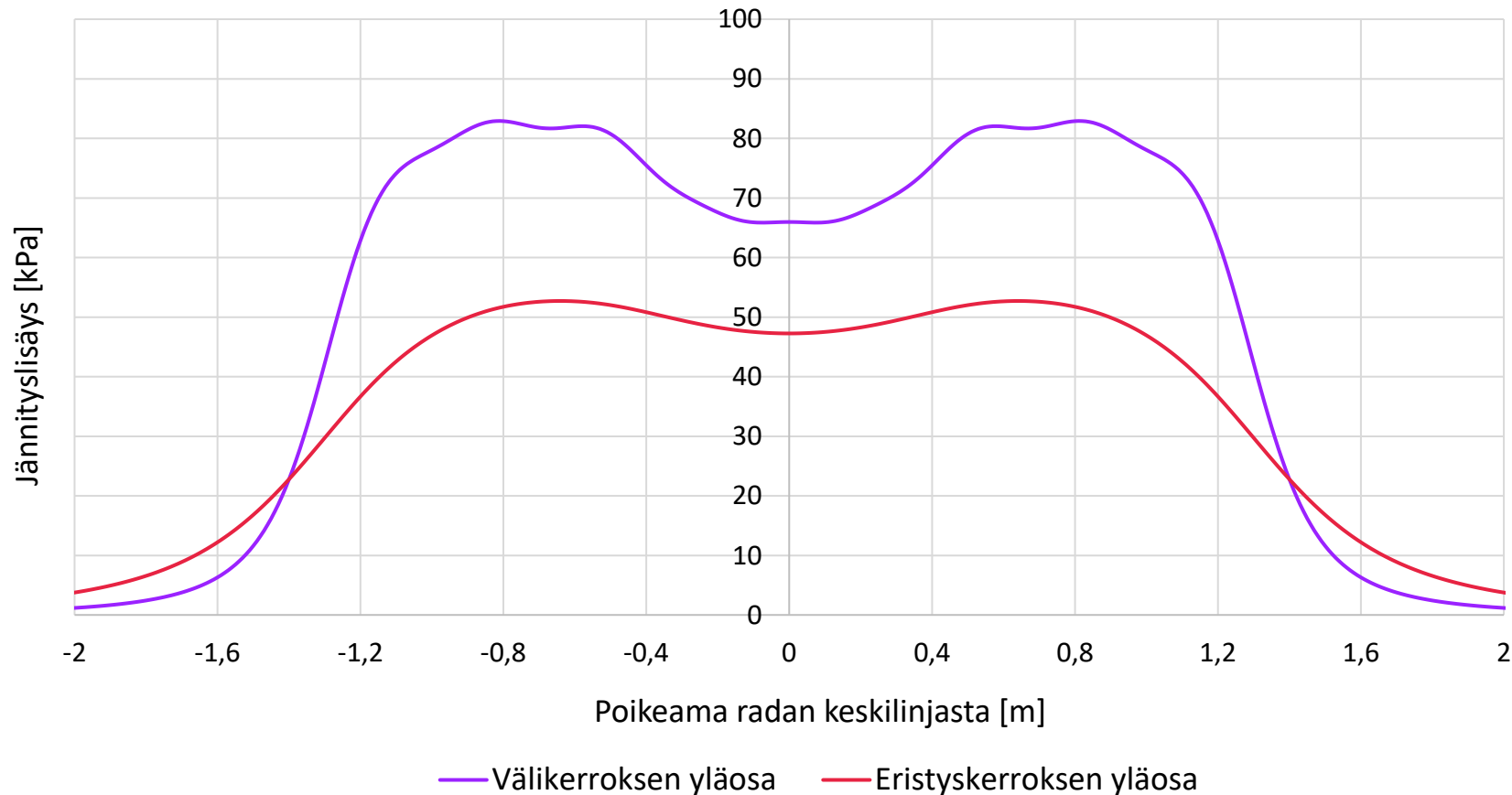


Mekanistisia näkökulmia

1. Routalevy luo rakenteeseen vettä ja hienoainesta läpäisemättömän pinnan. Teoriassa tämä luo paremmat edellytykset sepeliä voimakkaasti hienontavan ”hiomatahnan” syntymiselle hienonemisprosessin edetessä riittävän pitkälle.
 - Lisäksi veden ja hienoaineksen muodostama seos routii herkästi.
2. Teräväsärmäiset sepelirakeet uppoavat herkästi routalevyyn. Tämä lisää rakenteen palautuvaa ja oletettavasti myös palautumatonta painumaa.
 - Lisääntynyt jousto kasvattaa tukikerroksen muodonmuutostasoa ja tätä kautta lisää deformaatiota >> sepelirakeiden välisen liikehdinnän lisääntymisen seurauksena tukikerrosmateriaalin hienonemisprosessi kiihtyy.
 - Rakenteen jouston ja kiviaineksen hienonemisnopeuden välillä on havaittu selkeä yhteys laboratorikokeissa (Nurmikolu 2006).
3. Routalevyalueiden päähän potentiaalisesti syntyvä painumaero kasvattaa dynaamista kuormitustasoa paikallisesti ja voi tätä kautta kiihdyttää rakenteen vaurioitumista.



Laskennallinen vertikaalijännitysliisäys tukikerroksen ja välikerroksen alla (akselipaino 250 kN)



Itse routalevyyn kohdistuu vähemmän rasituksia syvemmissä asennustavassa.

Myös tukikerroksen hienoneminen ja pysyvät muodonmuutokset ovat teoriassa pienempiä syvemmissä asennustavassa.

Huom! Oheiset arvot ovat keskimääräisiä jännitysarvoja, laskenta perustuu kontinuumimekaniikkaan. Erityisesti tukikerroksen alaosassa huippujännitykset ovat huomattavasti suurempia materiaalin partikkeliluonteisuudesta johtuen.

Välikerroksen rakentaminen

- Mahdollistaa suhteellisen tasaisen asennusalustan, jota vasten routalevy asetuu tiiviisti
- Välikerroksen tiivistäminen edesauttaa routalevyn asettumista
- Edellyttää tiiviystarkkailua, mikä on jokseenkin hankalaa
- Välikerroksen paino kasvattaa levyyn kohdistuvaa staattista kuormitusta
- Parantaa radan kuormituskestävyyttä kokonaisuutena



Kuva: Henri Seppälä

Vaikutus asennuskustannuksiin

- Syvempi asennustapa edellyttää enemmän kaivukoneita ja tiivistyskalustoa sekä tiiviystarkkailun.
- Jos aikaa on käytettävissä rajattomasti, kyseessä on ”marginaalinen” kustannuslisä: +15 % asennuskustannuksiin ja +2 % päällysrakenteen vaihdon kokonaiskustannuksiin.
- Käytännössä työraot määrittävät työsuorituksen työvuorossa ja syvempi asennustapa aiheuttaa herkästi työvuorokapasiteetin pienenemisen 450 m => 300 m. Tästä aiheutuu +75 % asennuskustannuksiin ja n. +10 % kokonaiskustannuksiin.
- Useampiraiteinen rata tai ratapiha saattavat edellyttää syvemmissä asennustavassa viereisen raiteen tukirakennetta tai liikennekatkoa, mistä seuraa toinen merkittävä lisäkustannus.

Elinkaarikustannukset

- Routasuojauksen parantaminen kannattaa aina, jos toteuttamatta jättäminen aiheuttaa liikennehaittaa (myöhästymisminuutteja).
- Routalevyn asentaminen edellyttää jälkituentoja heti asennuksen jälkeen, mutta asennussyvyyden vaikutus kunnossapitoon pidemmällä aikavälillä ei ole yhtä selkeää:
 - Päälysrakenteen käyttöikä on oletettavasti lähes sama molemmissa tapauksissa.
 - Kunnossapitotuntojen määrä vs. asennuskustannuslisä määrittävät kokonaistaloudellisuuden.
 - Kun oletetaan tuentatarpeen olevan suurempi asennuksessa tukikerroksen alle, niin asennus välikerroksen alle on kokonaistaloudellisesti kannattavaa.

Taulukko 9. Routasuojauksen elinkaarikustannukset esimerkkitapauksessa erilaisissa routasuojausvaihtoehdoissa päällysrakenteen 40 vuoden elinkaaren aikana, kun routasuojaustarvetta ilmenee rataosalla 2 000 metrin matkalla.

	Ei routalevyä	Routalevy tukikerroksen alla	Routalevy välikerroksen alla
Routimisesta aiheutuva liikennehaitta	203.000 €/talvi 4 routatalvea 812.000 €		
Routimisesta aiheutuva kunnossapitokustannus	2 x tuenta 20 €/rd-m 2 x tuenta + sepelointi 41 €/rd-m 244.000 €		
Routalevyn asennuskustannus		65 €/rd-m 130.000 €	113 €/rd-m 226.000 €
Routalevyn materiaalikustannus		77 €/rd-m 154.000 €	77 €/rd-m 154.000 €
Raiteiden välinen työnaikainen tukiseinä *			157 €/rd-m 314.000 €
Uuden välikerroksen asennuskustannus			45 €/rd-m 90.000 €
Kunnossapitokustannus **		4 x tuenta 20 €/rd-m 4 x tuenta + sepelointi 41 €/rd-m 488.000 €	
Elinkaarikustannukset yhteensä	1.056.000 €	772.000 €	470.000 €

* Tukiseinätarve on tapauskohtainen, saatetaan tarvita kaksoisraiteella

** Tuentatarve saattaa vähentyä liikenteen tiivistettyä rakenteen, mutta vastaavasti tuentatarvetta ilmenee todennäköisesti laajemmalla alueella kuin ainoastaan routasuojattavalla pituudella.

Yhteenveto, routalevyn asennussyvyys

- Routalevyjen asentaminen aiheuttaa itsessään korkeuspoikkeaman vaihtelua
 - ⇒ Tarvitaan jälkituentoja alkutilanteen rauhoittamiseksi.
 - ⇒ Jo jonkin aikaa käytössä olleetkin routalevyt aiheuttavat geometrian ”huojuntaa”.
- Suurempi asennussyvyys aiheuttaa vähemmän jälkitiivistymisestä aiheutuvia geometriavirheitä ja virheiden kasvunopeus on pienempi.
- Suurempi asennussyvyys on sekä radan että routalevyn kuormituskestävyyden kannalta parempi vaihtoehto.
- Asennussyvyydellä ei ole routasuojauksen näkökulmasta käytännön merkitystä. Routalevy tulee kuitenkin mitoittaa siten, että routivat kerrokset eivät pääse jäätymään.
- Suurempi asennussyvyys on perusteltavissa kokonaistaloudellisesti, kun oletetaan pienemmän asennussyvyyden aiheuttavan tuentatarvetta läpituentojen välillä.
- Asennus välikerroksen alle on varman puolella oleva ratkaisu, joka mahdollistaa samalla välikerroksen uusimisen ja sen myötä ratarakenteen kuormituskestävyyden ja laatutason kasvun.