

PEHKO - Päälysteiden Ennakoiva Hoito ja Kunnossapidon Optimointi

Päälysteiden käyttöään kasvattaminen toimenpiteillä sekä tiestön ylläpidon kustannusten
pienentäminen



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Liikenneala, insinööri (AMK)

kevät 2022

Janna Nieminen

Liikenneala

Tekijä Janna Nieminen

Työn nimi PEHKO-Päällysteiden Ennakoiva Hoito ja Kunnossapidon Optimointi

Ohjaaja Pauliina Kuronen

Tiivistelmä

Vuosi 2022

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä tutustutaan PEHKO-projektiin. PEHKO, Päällysteiden Ennakoiva Hoito ja Kunnossapidon Optimointi, on Väyläviraston, ELY-keskusten ja Roadscanners Oy:n yhteistyössä toteutettu hanke. PEHKO-projektin tavoitteena on tuoda lisää käyttöikää päällysteille ja saada kunnossapidon hoidon kustannuksia vähenemään. Mittaamiset hoidetaan rikkomatta tien päällystettä tai rakennetta. Mittaustulokset analysoidaan ja niiden perusteella vauriot voidaan havaita jo ennen silmälle näkyvää ongelmaa. Tien kuntoa seurataan vuosittain tehtävillä mittauksilla, jotta muutokset huomataan nopeasti.

Työ pohjautuu pääosin Roadscanners Oy:n ideoiman PEHKO-projektin vuosiraportteihin ja tiedon tiivistämiseen niistä. Työssä on käsitelty myös kunnossapitoa yleisesti sekä kerrottu tiestön kulumisen syitä.

Opinnäytetyössä esitellään jo tehtyjä toimenpiteitä tiestölle sekä niiden vaikutuksia. Suuriksi ongelmiksi havaittiin kuivatuksen puutteet sekä talvihoidon oikea-aikainen toimenpiteiden käynnistäminen.

Avainsanat Kunnossapito, urakasvu, urautuminen, kuivatusohjelmointi

Sivut 28 sivua

ABSTRACT

This thesis introduces project PEHKO. PEHKO, Improving Productivity of Paved Road Asset Management, is a project implemented in co-operation between the Finnish Transport Infrastructure Agency, ELY Centers and Roadscanners Oy. The aim of the PEHKO-project is to bring more service life to cotings and reduce the cost of maintenance. Measurements are performed without breaking the road surface or structure. The measurement result are analyzed and based on them, the damage can be detected even before the problem is visible to the eye. The condition of the road is monitored by annual measurements so that changes are noticed quickly.

The work is mainly based on the annual reports of the PEHKO-project conceived by Roadscanners Oy and the compaction of information about them. The work has also dealt with maintenance in general and the reasons for road wear.

The thesis presents the measures already taken on the road and their effects. Deficiencies in drainage and the timely initiation of winter care measures were identified as major problems.

Keywords Maintenance, Rutting per year, Rutting, Paving programming

Pages 28 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tiestön kunnossapito.....	1
2.1	Tiestön kunto	2
2.2	Kelirikko.....	2
2.3	Kulumisen syyt	4
3	PEHKO-projekti	4
3.1	PEHKO-alueet	5
3.2	Tutkimukset alueilla	7
3.2.1	Urautuminen	8
3.2.2	Korjausvelka	10
3.3	Kuivatus ja ojarummut.....	11
4	Roadscanners Oy	11
5	Erityiskokeilut ja niiden toimivuus	12
6	PEHKO-projektin vuosiseuranta	13
6.1	2015.....	14
6.2	2016.....	14
6.3	2017.....	14
6.4	2018.....	15
6.5	2019.....	15
6.6	2020.....	16
7	Kommentit ja palaute	18
7.1	Keski-Suomi	19
7.2	Lappi	19
7.3	Uusimaa	21
7.4	Väylävirasto.....	21
8	Havainnot/tulokset.....	22
8.1	Kustannusten tarkastelu	22
8.1.1	Keski-Suomi	23
8.1.2	Lappi	23
8.1.3	Uusimaa.....	24

8.2	Päällysteiden tarkastelu	24
8.2.1	Keski-Suomi	25
8.2.2	Lappi	26
9	Pohdinta	26
	Lähteet	28

KUVAT

Kuva 1. Huonokuntoisten päällysteiden määrän kehitys 2015-2020 (Traficom, 2021)....	2
Kuva 2. Kelirikon aiheuttama tien sortuma (Rummukainen, A., 2013).....	3
Kuva 3. Painorajoitus liikennemerkki kelirikon aikana. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2014).....	4
Kuva 4. PEHKO-logo (Herronen ym., 2015).	5
Kuva 5. PEHKO-alueet (Herronen ym., 2020).....	7
Kuva 6. Kaaviokuvat tyyppin 1 ja 2 urautumisesta (Herronen ym., 2015).....	8
Kuva 7. Analyysien perusteella eri tekijöiden esiintyminen tutkituilla kohteilla (Herronen ym., 2016).....	9
Kuva 8. Urakasvunopeudet laskettuna vuosien 2015 ja 2016 laserkeilainmittausten perusteella (Herronen ym., 2016).	10
Kuva 9. Reunapalteen esitys roaddatacenter.com-nettisivulla. Vihreä 3-5 cm. keltainen 5-10 cm, punainen 10-15 cm (Herronen ym., 2017).	13
Kuva 10. Keski-Suomen PEHKO-alueen TSD mittauksista lasketun päällysteen alapinnan venymän muutos vuosien 2015 ja 2020 mittausten välillä (Herronen ym., 2020).....	17
Kuva 11. Lapin PEHKO-alueen TSD-mittauksista lasketun päällysteen alapinnan venymän muutos vuosien 2015 ja 2020 mittausten välillä (Herronen ym., 2020).....	18
Kuva 12. Keski-Suomen PEHKO-alueen päällysteiden laskennalliset vuosikustannukset 2015-2020 (Herronen ym., 2020).	23
Kuva 13. Lapin PEHKO-alueen päällysteiden laskennalliset vuosikustannukset 2015-2020 (Herronen ym., 2020).	24

Kuva 14.Uudenmaa PEHKO-alueen päällysteiden laskennalliset vuosikustannukset 2018-2020 (Herronen ym., 2020).	24
Kuva 15. Päällystemäärät Keski-Suomen PEHKO-alueella 2015-2020. Urapaikkaukset eivät sisälly näihin lukuihin. Oranssi viiva on keskiarvo toteutuneista kilometreistä (Herronen ym., 2020).	25
Kuva 16.Päällystemäärät Lapin PEHKO-alueella 2015-2020. Oranssi viiva on keskiarvo toteutuneista kilometreistä. (Herronen ym., 2020)	26

SANASTO

AB	Asfalttibetoni on yleisin Suomessa käytetty asfalttityyppi. Käytetään kulutuskerroksen materiaalina päällystetyillä liikennealueilla sekä myös pinta- ja tasaus- ja paikkausmassana sekä kevyenliikenteen väylillä.
Alueurakka	Alueurakkaan kuuluu kaikki valtion eli Liikenneviraston omistamat tiet. Urakoitsija hoitaa kunnossapitotoimet omalla alueellaan ja raportoi niistä ELY-keskuksen valvojalle.
BCI	Base Curvature Index. Kantavuusmittauksesta laskettava indeksi (taipumat D900-D1200), joka kuvaa päällysrakenteen kykyä jakaa kuorma laajalle alueelle heikon pohjamaan alueella. BCI-arvot alle 30 μ m kuvaavat hyviä rakenteita ja yli 60 μ m heikkoja rakenteita, joissa on tyyppin 2 urautumisriski ja pumppautumisriski. Yksikkö mikrometreinä.
Cryo-imupaine	Cryo-imupaine on voima, joka saa veden (jos sitä on saatavilla) virtaamaan jäätymisrintamaan ja sen jälkeen muodostamaan segregatiojäättä. Cryo-imupaine alkaa vaikuttaa lämpötilan laskiessa alle 0°C. Cryo-imupaineeseen ei vaikuta materiaalin kokonaisimupaine.
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.
IRI	International Roughness Index. Kansainvälinen epätasaisuuden mittaamisen standardi- Pehko-projektissa käytetty pääasiassa RDSV-laitteistosta laskettua 10m Pitch-IRI-arvoa. Yksikkönä mm/m. Hyvät arvot alle 2, yli 5 arvoja ei saisi olla päätteillä.
Jäälinssi	Päällysteen alle imupaineen vuoksi siirtynyt vesi, mikä jäänyt ja muodostanut linssin, joka aiheuttaa päällysteeseen epätasaisuuksia.

KVL	Keskivuorokausiliikenne (Väyläviraston rekisteristä)
Lappu-SIP	Sirotepaikkaus. Ohut bitumikerroksella liimattu kiviaines, mikä tehdään maatumkan avulla havaittujen mikrohalkeamien päälle.
PAB	Pehmeä asfalttibetoni, käytetään päällysteenä vähäliikenteisillä teillä, joiden rakennekerrokset ovat routamitoituksen suhteen puutteelliset ja kantavuus heikko.
Pintaus	Pintakäsittely.
RDSV	Road Doctor Survey Van. PEHKO-projektissa käytetty Roadscannersin kehittämä mittausajoneuvo, jossa on maatumka, laserskanneri, IMU, kiihtyvyyssanturi ja videokamerat. Kaikki kytketty tarkkaan paikannuslaitteistoon.
Reunadeformaatio	Reunadeformaatio on tapahtuma, jossa päällysteen reunaan syntyy siirroksia, rakoja, poimuja ja suuntautunutta rakennetta puristavien tai venyttävien voimien vaikutuksesta.
Reunapalle	Päällysteen viereen hiekasta tai sorasta muodostuva kohouma, mikä estää veden vapaana virtaamisen.
Segregaatiojää	Päällysteen alle muodostuva jäälinssi.
Venymä	Päällysteen alapinnan venymä. PEHKO-projektissa käytetään Ruotsissa kokeellisesti kehitettyä menetelmää/kaavaa, joka huomioi kantavuusmittauksen taipuman ja päällysteen paksuuden. Tunnusluku kuvaa päällysteen väsymistä: mitä suurempi arvo, sitä enemmän päällyste venyy jokaisella standardiakselin ylityskerralla. Lopulta väsyminen johtaa päällysteen halkeiluun. Venymäarvo alle 100 on erittäin hyvä ja 200 hyvä. Kriittinen arvo AB-päällysteellä 450. Yksikkö microstain.
Warping	Teiden tasaisuuteen ja liikennetuvallisuuteen liittyvä huojunta.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyö tarkoituksena on esitellä käynnissä oleva PEHKO-projekti sekä pohtia, mitä vaikutuksia projektilla on ollut. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan, millaisiin tuloksiin projektin puoliväliin mennessä on päästy Lapin ja keski-Suomen alueurakoissa, onko tavoitteissa pysytty ja millä korjaustoimenpiteillä saadaan suurimmat säästöt verrattaen hyötyyn.

Päällysteiden Ennakoiva Hoito ja Kunnossapidon Optimointi eli PEHKO-projekti käynnistyi vuonna 2015 ja sen on tarkoitus jatkua vuoteen 2025 asti Lapin ja keski-Suomen osalta, Uudenmaan PEHKO-projekti käynnistyi vuonna 2018 ja jatkuu vuoteen 2028 asti. Pilotin tavoitteena on löytää tiestön ja kunnossapidon kuluerät, tutkia tiestön ongelmia rikkomatta rakennetta sekä löytää korjaus- tai hoitoehdotus, jolla päällysteiden ikää saadaan nostettua ja kunnossapidon kustannuksia laskettua.

Tässä opinnäytetyössä kerrotaan myös mittaustekniikoista, joita PEHKO-projektin päätoimija Roadscanners Oy on kehittänyt. Mittaustekniikat eivät riko päällystettä tai tien rakennetta, sillä tarkoitus on havaita ongelmat jo ennen silmälle näkyvää vauriota. Tutkitusta tieverkosta laaditaan pistepilvimallit, joiden avulla muutokset huomataan ajoissa ja voidaan aloittaa ennakoiva kunnossapito.

2 Tiestön kunnossapito

Maanteiden kunnosta huolehtii ELY-keskus ja rahoituksen teiden hoitoon ja ylläpitoon myöntää eduskunta. ELY-keskus tilaa tiestön ja varusteiden hoidon urakoitsijoilta, urakoitsijat valitaan kilpailuttamalla. Liikkuminen turvataan kaikilla maanteilla olosuhteiden mukaan, kuitenkin teiden kunnossapidon painopiste on pääteillä. ELY-keskus on määritellyt laatutason tiestölle sekä määrittelee myös urakkaan sisältyvät työt. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2022)

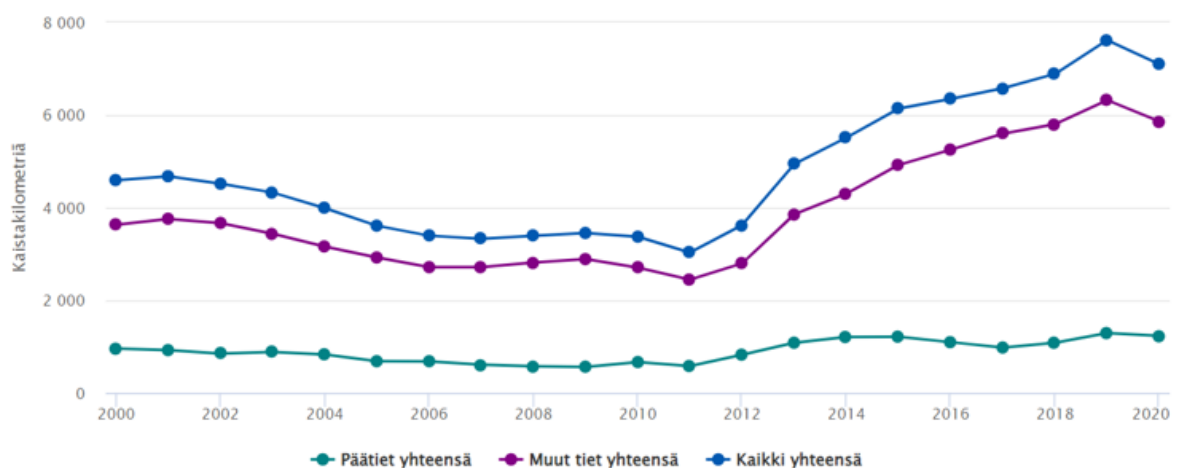
Alueurakkaan sisältyy mm. teiden talvihoito, sorateiden tasoitus, pysäkkien sekä levähdysalueiden hoito ja siivous, päällysteiden paikkaus, liikennemerkkien huolto ja

pystytys, vesakonraivaus ja pientareiden niitto. Urakoitsija hankkii materiaalit ja koneet sekä toteuttaa työn valitsemillaan menetelmillään. ELY-keskus tekee pistokoetarkastuksia, katselmuksia sekä valvoo sopimuksen toteutumista työmaakokouksissa, urakoitsija raportoi ELY-keskukselle laadusta ja tehdyistä tehtävistä. Alueurakkaan ei sisälly isommat tienparannustoimenpiteet, kuten tien rungon vahvistaminen tai teiden uudelleen päällystäminen. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2022)

2.1 Tiestön kunto

Väylävirasto vastaa tiedon tuottamisesta, mitä tulee maantieverkon kunnan tilannekuvan päivitykseen, kunto päivitetään kahdesti vuodessa. Vuonna 2021 huonokuntoisia päällystettyjä teitä on noin 7400 km, joista noin 950 km päätiestöllä. Alemman tieverkon kunto on huonontunut vuonna 2021, sen sijaan päätiestön kunnan huonontuminen saatiin pysäytettyä vuonna 2020. (Kuva 1.) (Traficom, 2021)

Kuva 1. Huonokuntoisten päällysteiden määrän kehitys 2015-2020 (Traficom, 2021).



2.2 Kelirikko

Kelirikko on ilmiö, joka yleensä vaivaa sorateilla, mutta se voi myös vaivata päällystetyillä teillä. Kevään tullessa routa alkaa sulamaan, kuten myös tien rakenteisiin jäänyt vesi. Routa

ja jää sulaa niin nopeasti, että se ei pääse haihtumaan ja virtaamaan pois riittävän nopeasti, jolloin se aiheuttaa tien rakenteen kantavuuteen heikkoja kohtia. Kelirikon ollessa pahimmillaan, voivat esimerkiksi raskaat ajoneuvot aiheuttaa jopa tien romahtamisen. (Kuva 2.) (Väylävirasto, 2020)

Ilmaston lämpenemisen myötä tulee uusia ongelmia. Syksyllä ja jopa talvella rakenteet eivät välttämättä jäädy kunnolla runsaiden sateiden ja heikon kuivumisen seurauksena. Tämä aiheuttaa pinnan velliintymistä ja huonoa kantavuutta, sitä kutsutaan pintakelirikoksi. (Väylävirasto, 2020)

Painorajoituksilla yritetään estää teiden vaurioituminen ja varmistetaan kulkukelpoisuus. Elintärkeitä kuljetuksia ei voi rajoittaa painorajoituksilla, mm. hälytysajoneuvot ja linja-autot. (Kuva 3.) (Väylävirasto, 2020)

Kuva 2. Kelirikon aiheuttama tien sortuma (Rummukainen, A., 2013).



Kuva 3. Painorajoitus liikennemerkki kelirikon aikana. (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2014)



2.3 Kulumisen syyt

Raskas liikenne aiheuttaa merkittäviä vaurioita tiestölle. Heikko pohjamaa antaa helposti periksi raskaan liikenteen alla ja aiheuttaa tiehen epätasaisuuksia. Henkilöautoliikenteen aiheuttamat vauriot johtuvat lähinnä nastarenkaiden käytöstä, jotka näkyvät tiestöllä kulumisurina. Suomessa ilmastokuormitus on osa tiestön kulumisen syitä. Lämpötila, vesi ja routa kuluttavat kaikki eri tavalla, vaikuttaen pääosin tien rakenteeseen. (Belt ym., 2002, s.17–20)

3 PEHKO-projekti

PEHKO-projekti, eli Päälysteiden Ennakoiva Hoito ja Kunnossapidon Optimointi, on Liikenneviraston, Lapin ja Keski-Suomen ELY-keskusten sekä Roadscanners Oy:n kanssa yhteistyönä toteutettava projekti. Projektin tavoitteena on parantaa teiden ylläpidon ja hoidon tuottavuutta, jotta päälysteiden käyttöikä kasvaa sekä ylläpidon vuosikustannuksia

saadaan vähenemään. PEHKO-projektin peruseriaatteena on, että investoinneille, joita hoito ja ylläpito on, voidaan laskea tuotto. PEHKO-projekti testaa ja kehittää innovatiivisia menetelmiä teiden ylläpitoa ja hoitoa varten. (Herronen ym., 2015)

Pilottikohteiksi valituista päällystetyistä teistä tuotetaan täsmätietoa, jota voidaan tulevaisuudessa käyttää, kun uusitaan teiden ja päällysteiden suunnittelu- ja mitoitusohjeita sopivammaksi kestävämmän raskaan liikenteen rasituksia. PEHKO-projektin tavoitteena on myös saada lisätietoa eri tekijöistä, jotka nostavat kustannuksia teiden elinkaareissa. Yritetään löytää tekijät, mitkä vaikuttavat kustannusten nousuun ja löytämään niille korjaus- ja hoitoehdotus niin, että tuottavuus päällystettyjen teiden ylläpidossa saadaan kasvuun. (Herronen ym., 2015)

PEHKO-projektissa otetaan huomioon myös digitalisaation asettamat vaatimukset. Tieverkosta kerättyjen tietojen pohjalta laaditaan pistepilvimallit. Pistepilvimalliin sidotut tiedot mahdollistavat tarkan historiatiedon keräämisen ja sen hyödyntämisen ennakoivaan kunnossapitoon. (Herronen ym., 2015)

PEHKO-projekti käynnistyi alkuvuodesta 2015 ja sen on suunniteltu kestävä vuoteen 2025. (Kuva4.) (Herronen ym., 2015)

Kuva 4. PEHKO-logo (Herronen ym., 2015).



3.1 PEHKO-alueet

Keski-Suomessa projekti kohdistui Karstulan hoitourakkaan, missä päällystettyä tiestöä oli noin 408 km. Lyhyiden alle 300 m pituisten päällystettyjen osuuksien kunto mitattiin vuoden 2015 aikana, mutta tämän jälkeen niitä ei enää seurata. (Herronen ym., 2015)

Lapissa mittauksia suoritettiin Kemi-Tornion hoitourakan alueella sekä Rovaniemen alueen päätiestöllä. Kemi-Tornion hoitourakan alueella mitattavaa päällystettyä tiestöä on noin 1210 km ja Rovaniemen alueella 352 km. Kuten Karstulan alueella, myös Lapissa lyhyiden päällystettyjen teiden kunto mitattiin, mutta niitä ei enää seurata tulevien vuosien aikana. Routavaurioiden ja kuivatuksen arvioimiseksi ensimmäiset mittaukset potentiaalisille päällyskohteille tehtiin jo keväällä 2015. Loput mittaukset saatiin tehtyä vasta loppukesästä, sateisen kesän viivyttäessä mittauksia. Kasvillisuus vaikeuttaa loppu kesän mittauksia ja näin ollen hankaloittaa kuivatusanalyysin tekoa. Kokonaisuudessa mittaukset saatiin suoritettua eikä aineistossa havaittu merkittäviä puutteita. (Herronen ym., 2015)

PEHKO – projekti laajeni Uudenmaan ELY -keskuksen alueelle vuonna 2018. Tämä pilotti kattaa lähes kokonaan Hyvinkään alueurakan päällystetyt tiet. Tiestöä on noin 817 km ja alueella on hyvin vilkkaasti liikennöityjä tieosuuksia, esimerkiksi valtatie 3 liikennemäärä on 40 000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Muilla PEHKO – alueilla ei myöskään ole savipohjamaata, mitä löytyy Hyvinkään alueelta. Myös talviolosuhteet ovat hyvin paljon erilaiset Uudenmaan alueella kuin Lapin ja Keski-Suomen PEHKO – alueilla. (Kuva 5.) (Herronen ym., 2018)

Kuva 5. PEHKO-alueet (Herronen ym., 2020)



3.2 Tutkimukset alueilla

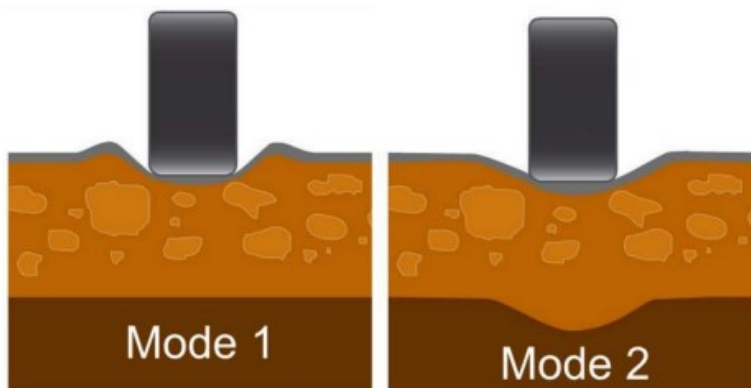
Ensimmäiset mittaukset tehtiin vuonna 2015. Silloin RDSV-mittaukset sisälsivät maatutkaluotaukset, laserskannerin, kiihtyvyyssanturin sekä videon. Vuonna 2015 RDSV-mittausautolla tehdyissä mittauksissa tarkasteltiin muun muassa pituus- ja poikittaissuuntaisia epätasaisuuksia. Mittaukset suoritettiin laserkeilain- ja kiihtyvyyssantureilla. Lisäksi laskettiin mm. ojanpohjien syvyyksiä, joita voidaan hyödyntää kuivatusanalyseissä. (Herronen ym., 2015)

TSD-mittausten analysoinneissa on keskitytty kolmeen muuttuun: päällysteen venymään sekä SCI- ja BCI-arvoihin. Päällysteen venymän kasvaessa tiehen voi muodostua väsymishalkeamia sekä tie alkaa urautua. Eri päällystetyypeille määritettiin eri raja-arvot (AB tai PAB). (Herronen ym., 2015)

SCI-arvo on kantavuusindeksi, mikä kertoo päällysteen ja kantavan kerroksen yhteiskäyttämistä. Suuri SCI-arvo kertoo mm. kantavan kerroksen laadusta, esimerkiksi

korkeasta hienoainespitoisuudesta. Ongelmien seurauksena tiehen syntyy tyypin 1 urautumista. (kuva 6). (Herronen ym., 2015)

Kuva 6. Kaaviokuvat tyypin 1 ja 2 urautumisesta (Herronen ym., 2015).



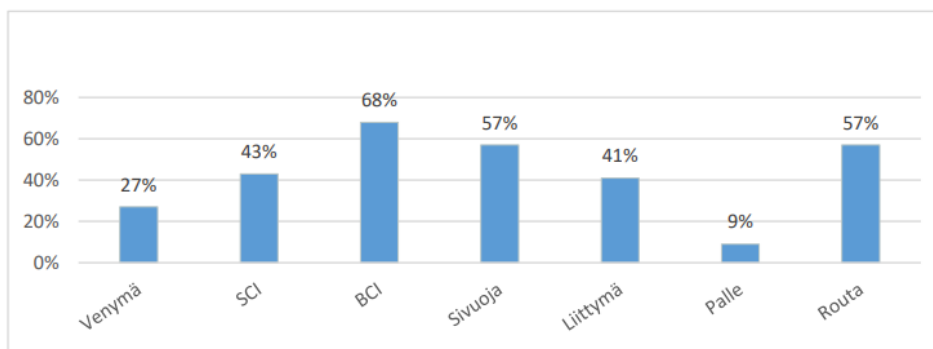
BCI-arvo kertoo tienrakenteesta ja siitä, että miten huonosti tierakenne jakaa kuormaa pohjamaan päällä. Korkea BCI-arvo liittyy pääsääntöisesti Mode 2 tyypin urautumiseen (kuva 6). BCI- arvoja on hyödynnetty paikannettaessa heikon pohjamaan aiheuttamia ongelmakohtia. Heikkoja kohtia on korjattu mm. teräsverkkorakenteilla. (Herronen ym., 2015)

3.2.1 Urautuminen

Nopeaan urautumiseen vaikuttavia tekijöitä analysoitiin vuonna 2016. Analyysi tuki aiempaa arviota, missä todettiin suurimman osan ongelmista liittyvän pehmeään pohjamaan (korkea BCI) ja kuivatuspuutteisiin. Turvepohjamaan ei todettu olevan ainut syy nopeaan urautumiseen, myös routivat maalajit ja huono kuivatus on iso osa ongelmaa. Näiden edellä mainittujen ongelmien lisäksi myös heikkokuntoisen päällysrakenteen pintaosa aiheutti ongelmia. Kuvassa (kuva 7) on esitetty ongelmien syiden suhteelliset määrät tutkituilla kohteilla. Urautumiseen vaikuttaa myös nastarenkaat ja tätä selvitettiin tutkimalla urautumisnopeutta liikennemäärään suhteutettuna. Keski-Suomen PEHKO-alueella todettiin, ettei nastarenkaat ole suurin syy nopeaan urautumiseen, vaan urautuminen sijoittui pääsääntöisesti muualle kuin suurimman keskivuorokausiliikenteen teille. (Herronen ym., 2016)

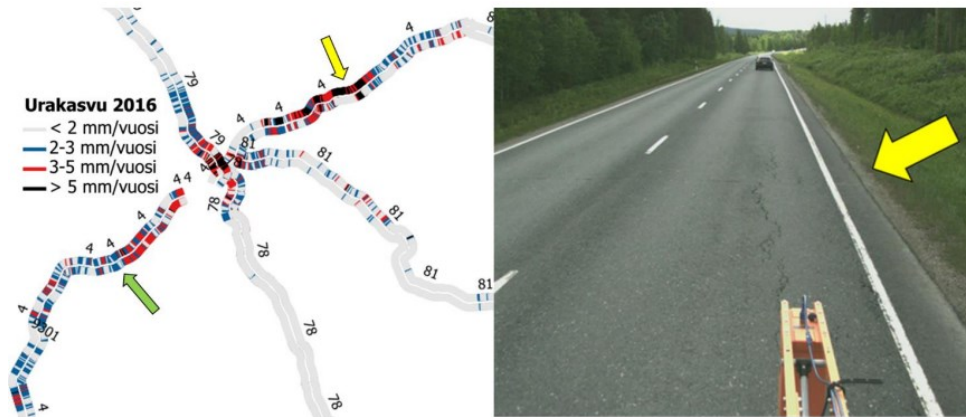
Lapin PEHKO-alueella tehdyssä urautumistutkimuksessa havaittiin jonkun verran poikkeavuuksia Keski-Suomen analyysiin. Merkittävin eri tilastollisessa jakauma-analyysissä oli urakasvunopeuden selkeä yhteys keskivuorokausiliikenteeseen, siitä syystä Lapissa tulisi kiinnittää huomiota mm. päällyskiven laatuun sekä urapaikkauksissa käytetyn kiviaineksen laatu olisi hyvä selvittää. Lapissa tulokset osoittavat myös raskaan liikenteen määrän olevan yhteydessä tiestön urautumiseen (kuva 8). (Herronen ym., 2016)

Kuva 7. Analyysien perusteella eri tekijöiden esiintyminen tutkituilla kohteilla (Herronen ym., 2016).



Rovaniemen ympäristössä vt 4:lla, Rovaniemen pohjoispuolella urautuminen on voimakasta. Alla olevasta kuvasta (Kuva 8) selviää, että Rovaniemen pohjoispuolella, suunnassa 2 etelään menevillä kaistoilla urautuminen on yli 5mm/v, kun suunnassa 1 se on alle 2mm/v. Kuvasta selviää myös, että suunnassa 2 on oikeaan ajouraan syntynyt joitakin rasiushalkeamia. Vihreä nuoli osoittaa kohtaa, missä maa-ainesta Rovaniemelle kuljettavat sorarekat ajavat. (Herronen ym., 2016).

Kuva 8. Urakasvunopeudet laskettuna vuosien 2015 ja 2016 laserkeilainmittausten perusteella (Herronen ym., 2016).



3.2.2 Korjausvelka

Yhtenä keskeisenä tavoitteena PEHKO-projektissa on löytää korjausvelkaa aiheuttavat kohteet päällystetyltä tieverkolta sekä analysoida syyt tähän ongelmaan. Tätä varten tehtiin tilastolliset jakauma-analyysit mittaustalalle Road Doctor® -ohjelmalla. Analyysissä tarkasteltiin seuraavia muuttujia sekä niiden keskinäisiä suhteita.

- päällystepaksuus
- urasyvyys 2016
- urautumisnopeus 2015-2016, missä korjausvelkarajana on käytetty 2,5 mm/v
- päällysteen alapinnan venymä (TSD), mikä kertoo päällysteen venymisestä
- Surface Curvature Index (SCI) (TSD), mikä kertoo päällysrakenteen yläosan jäykkyydestä
- Base Curvature Index (BCI) (TSD), mikä kertoo heikosta pohjamaasta ja tierakenteesta
- tasaisuus (IRI)
- ojanpohjan syvyys (verrattuna tien pintaan)
- kuivatusluokka (1-3 visuaalisesti arvioituna)

- yksityistieliittymien sijainti
- tieluokka (päätiät, seututiät, yhdystiät)
- liikennemäärä (KVL) raskas liikenne (KVLRAS) (Herronen ym., 2016)

3.3 Kuivatus ja ojarummut

Yksi tärkeimmistä korjausvelkaa aiheuttavista tekijöistä on kuivatus. Kuivatukseen on hyvä kiinnittää huomiota, koska kuivatuksen parantaminen on edullista ja siihen investoitujen rahojen tuotto on erittäin hyvä. Tulokset osoittavat, että selkeä yhteys löytyy urautumisen ja huonon kuivatuksen välillä. Heikko pohjamaa sekä ohut päällyste tuo vielä lisähaasteita, varsinkin alemmalla tieverkolla. Sivuoijien kunnostuksen yhteydessä on hyvä kunnostaa myös laskuojat. (Herronen ym., 2016)

Kuivatukseen ja tien kuntoon liittyy myös ojarummut. ELY-keskuksen rummut inventoidaan hoitourakan aikana kerran, mutta yksityisliittymien rummut ovat ongelmallisia. Osa rummuista on hyvin huonossa kunnossa tai niitä ei ole ollenkaan. Huonosti toimivat ojarummut kasvattavat korjausvelkaa hyvin paljon. (Herronen ym., 2016)

4 Roadscanners Oy

Roadscanners on PEHKO-projektissa päätoimija. Vuonna 1998 perustettu globaali liikenneinfran toimija. Päätoimipiste sijaitsee Rovaniemellä ja Suomen muut toimistot sijaitsevat Tampereella ja Helsingissä. Tytäryhtiöitä Roadscannersilla on Ruotsissa, Tsekissä, Norjassa sekä USA:ssa. Asiantuntijuutta löytyy monipuolisesti liikenneinfran hallintaan ja ylläpitoon liittyvässä konsultoinnissa, ohjelmistoalalla sekä tutkimus- ja mittauslaitemyynnissä. Roadscannersin erikoisosaamista on tutkimukset ja analysoinnit hyödyntämällä rakenteita rikkomattomia menetelmiä. (Roadscanners, 2022)

Roadscanners haluaa paikantaa vauriot ja ongelmat tiestöllä jo ennen kuin näkyviä vaurioita on tapahtunut ja käynnistää ennakoivan kunnossapidon toimenpiteet. Kustannustehokkuus on yksi tavoitteista, ongelmat ja niiden aiheuttajat havaitaan varhaisessa vaiheessa, joten

korjaukset pyritään tekemään kustannustehokkaasti korjaamalla vaurioiden aiheuttaja. Näin rakenteen kestoikä pitenee ja kustannukset pienenevät. (Roadscanners, 2022)

5 Erityiskokeilut ja niiden toimivuus

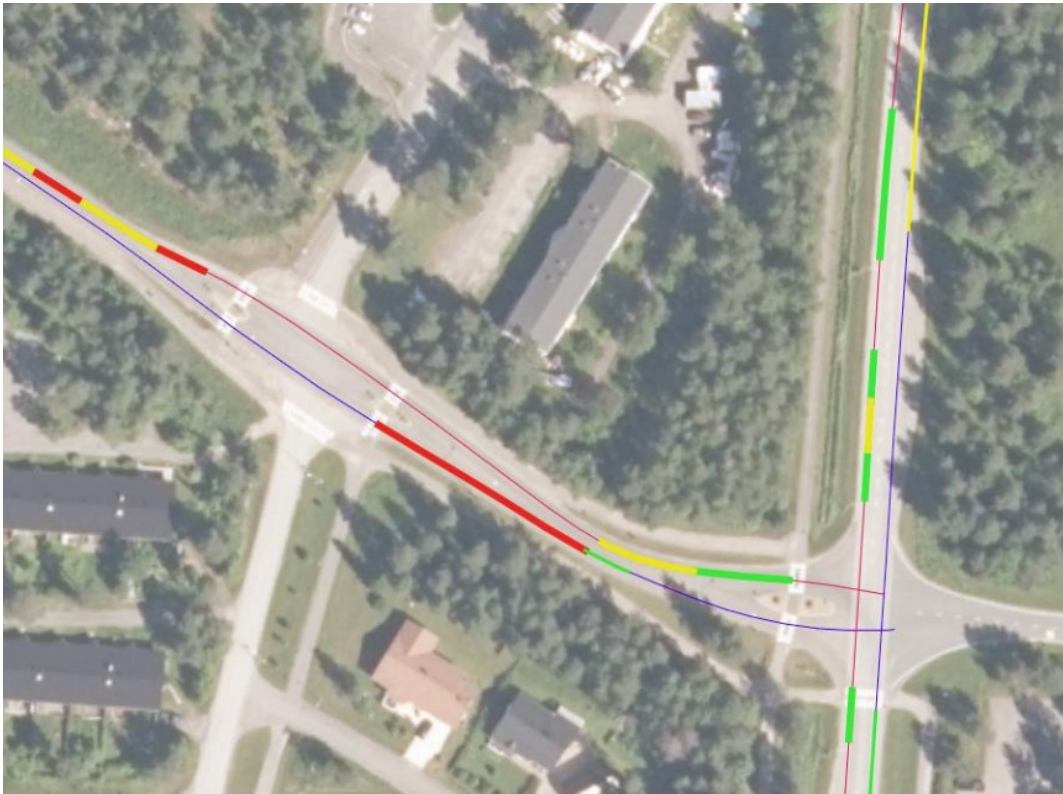
Jo PEHKO-projektin suunnittelu vaiheessa tutkimusryhmällä oli ajatusta sekä mm. maatumittauksiin perustuvia viitteitä, että lumivallien kaadolla sekä sohjo-ojien oikean aikaisella teolla olisi positiivista vaikutusta tiehen sekä päällysteeseen. Lumesta sulava vesi aiheuttaa epätasaisuuksia tiehen. Cryo-imupaineen vuoksi vesi, joka sulaa lumesta, imeytyessään päällysteen alle, muodostaa jäälinsejä, joista epätasaisuuksia muodostuu. Lumivallien madaltamisella on myös liikenneturvallisuutta edistävää hyötyä, näkemäesteiden pienentymisenä, sekä autonomisten autojen ohjausjärjestelmän vuoksi olisi hyvä, että reunaviiva olisi näkyvässä. (Herronen ym., 2016)

Reunapalteilta on todettu olevan suuria vaikutuksia päällysteiden reunadeformaatioon. Palteiden mittaaminen on ollut kuitenkin hieman haastavaa, tarve on ollut suuri reunapalteleita mittaavalle tekniikalle. Mittaukset täytyy myös ajoittaa oikealle ajanjaksolle, lumien sulamisen ja kasvillisuuden kasvamisen välille. (Herronen ym., 2017)

Keväällä 2017 koko Lapin PEHKO-alueelle sekä muutamalle valikoidulle kohteelle Keski-Suomessa tehtiin reunapalteiden sekä myös reunamurskeen vajaatäytön mittaukset. Keski-Suomen raja-arvona käytettiin 20mm, joka sovittiin yhdessä tilaajan kanssa. Kohteiden yhteenlaskettu pituus oli noin 150 km ja molempiin suuntiin tehtynä mitattu pituus oli noin 300km. Noin 17 %:lla mitatuista kohteista havaittiin reunapaltoa. Vajaa täyttöä taas havaittiin noin 6 %:lla mitatuista kohteista. Lapissa reunapalteen rajaksi määritettiin 30 mm, 20 mm raja-arvolla kohteita olisi ollut erittäin suuri määrä. Reunatäytön vajausta sen sijaan oli hyvin vähän. Mittaustulokset jaettiin aluevastaavien käyttöön roaddatacenter.com selainsovelluksena, mittaustulokset sai näin tabletin ruudulle ja tiestöllä liikkeessä voitiin verrata mitattua tulosta silmämääräiseen tai paikalla mitattuun korkeuteen (Kuva 9). Virheitä havaittiin jonkun verran, virheellisesti reunapalteen oli merkattu esimerkiksi kaiteita ja erittäin korkeaa reunapaltoa oli jäänyt havaitsematta. Menetelmässä on kehittämisen

varaa, vaikka tälläkin mittauksella edut olivat selkeitä ja koko alueen tilanne saatiin tallennettu kerralla. (Herronen ym., 2017)

Kuva 9. Reunapalteen esitys roaddatacenter.com-nettisivulla. Vihreä 3-5 cm. keltainen 5-10 cm, punainen 10-15 cm (Herronen ym., 2017).



6 PEHKO-projektin vuosiseuranta

PEHKO-projektia seurataan tiiviisti ja pidetään useita palavereita ja raportoinnit ovat kattavia. *(PEHKO-projektin toimintasuunnitelmassa on määritelty projektin etenemistä seurattavan kuukausittaisissa palavereissa, neljännesvuosiraporttien ja kerran vuodessa toteutettavan laajemman raportoinnin avulla.)* (Herronen ym., 2015)

6.1 2015

PEHKO-projekti käynnistyi alkuvuodesta 2015. Ensimmäisen vuoden aikana on keskitytty keräämään tietoa ja analysoimaan sitä. Myös muutamia kriittisiä kohteita tiestöllä kunnostettiin ja vahvistettiin. ELY-keskusten henkilöstön kanssa keskusteltu PEHKO-tekniologiasta ja -ajattelusta sekä miten se muuttaa nykyisiä ylläpidon ja hoidon toimintaprosesseja. (Herronen ym., 2015)

6.2 2016

Kaikki seurannassa olevat tiet saatiin mitattua jo keväällä, edellisvuotta aikaisemmin, lukuun ottamatta osaa Lapin tiestöä, joka mitattiin vasta loppu kesästä, sillä siellä oli korjaustöitä kesken. Mittausaineiston käsittely on ollut aikaa vievää, aineiston käsittely alkoi jo kesällä ja jatkui vuoden loppuun saakka. Analysointi haluttiin suorittaa luotettavasti ja tarkasti, mikä helpottaa tulevien vuosien päivittämistä ja ylläpitoa. Paikkatiedon lisäksi on tulkittu myös päällysteiden paksuudet, ojanpohjan tason laskennat sekä kuivatustarkastelut. (Herronen ym., 2016)

Tierekisterin muutos vuosien 2015 ja 2016 välillä vaikeutti ja hidasti vuoden 2016 aikana. Suuremmaksi ongelmaksi kuitenkin osoittautui tieosoitteverkossa tehdyt keskilinjojen geometriamuutokset, tämän vuoksi teiden ja tieosien laskennalliset pituudet muuttuivat. Tämä sekoitti pahasti tien kunnon muutosvertailut vuosien 2015 ja 2016 välillä. Nykyisen tierekisterijärjestelmän osoittautuessa epäluotettavaksi, päädyttiin tekemään PEHKO – analyysit tulevaisuudessa koordinaatteihin perustuen ja vain tarvittaessa sidotaan kunkin vuoden tierekisteriin. (Herronen ym., 2016)

6.3 2017

Vuoden 2017 kesä oli sateinen, mikä häytti mittauksia. Kaikkien kohteiden mittaukset kuitenkin saatiin tehtyä melkein aikataulussa. Lapin alueella tehdyissä IRI – mittauksissa tapahtui valitettavasti virhe, laitteisto ei toiminut oikein. Mittauksia oli tehty jo jonkin aikaa ennen kuin virhe huomattiin, aikataulu syistä uusinta mittauksia ei voitu enää tehdä. Joka

tapauksessa analyysit saatiin tehtyä mitattujen teiden pohjalta. Vastaavien poikkeamien välttämiseksi on laitteiston toimivuuden seuranta ja laadunvalvonta- ja varmistusprosessia parannettu. (Herronen ym., 2017)

6.4 2018

Vuonna 2018 PEHKO – projekti laajeni Uudenmaan ELY -keskuksen alueelle, mikä olikin vuoden merkittävin tapahtuma. Tämä kattaa pääosin Hyvinkään alueen päällystetyt tiet ja se eroaa huomattavasti Keski-Suomen ja Lapin PEHKO – alueista muun muassa suurten liikennemäärien vuoksi. Kesällä 2018 tehtiin ensimmäiset mittaukset Uudenmaan PEHKO – alueelle ja saatiin määritettyä lähtötilanne sekä ensimmäiset toimenpide suositukset vuodelle 2019. Muutamia ylimääräisiä RDSV – mittauksia tehtiin, jotta voitiin seurata kevään routa- ja kuivatustilannetta. (Herronen ym., 2018)

Ensimmäisiä PEHKO – korjattuja kohteita päästiin myös tarkastelemaan vuonna 2018. Niiden tämänhetkistä kuntoa mietittiin sekä mahdollisten epäonnistuneiden korjauksien syitä pohdittiin ja mietittiin ratkaisuja niihin. Lisäksi eri muuttujien riippuvuussuhteita tutkittiin vuonna 2018, mm. päällysrakenteiden kokonaispaksuuden suhteen ja selvitettiin sivusuuntaista heiluntaa kuvaavien warping-kohteiden esiintymistä ja luonnetta. (Herronen ym., 2018)

6.5 2019

Kesällä 2019 saatiin tehtyä Uudenmaan PEHKO-alueen toinen mittauskierrös ja näin ollen saatiin laskettua urakasvunopeudet tarkasti. (Herronen ym., 2019)

Rovaniemen alueen pääteillä otettiin useita poranäytteitä poikkeuksellisen nopean urautumisen vuoksi. Mittauksilla saadut tulokset eivät selittäneet nopeaa urautumista, päällysteen remix-kelpoisuutta analysoitiin poranäytteiden avulla. (Herronen ym., 2019)

Vuonna 2019 tutkittiin myös aiemmista vuosista poiketen liikennemäärien vaikutusta teiden käyttäytymiseen. Mittaustietokantojen avulla verrattiin muun muassa urautumisnopeuksia

ja sen myötä elinkaarikustannuksia suhteessa liikennemääriin. Verrattaessa eri ELY-keskusten PEHKO-alueiden tiestöä, tämä osoittautui erinomaiseksi tavaksi. (Herronen ym., 2019)

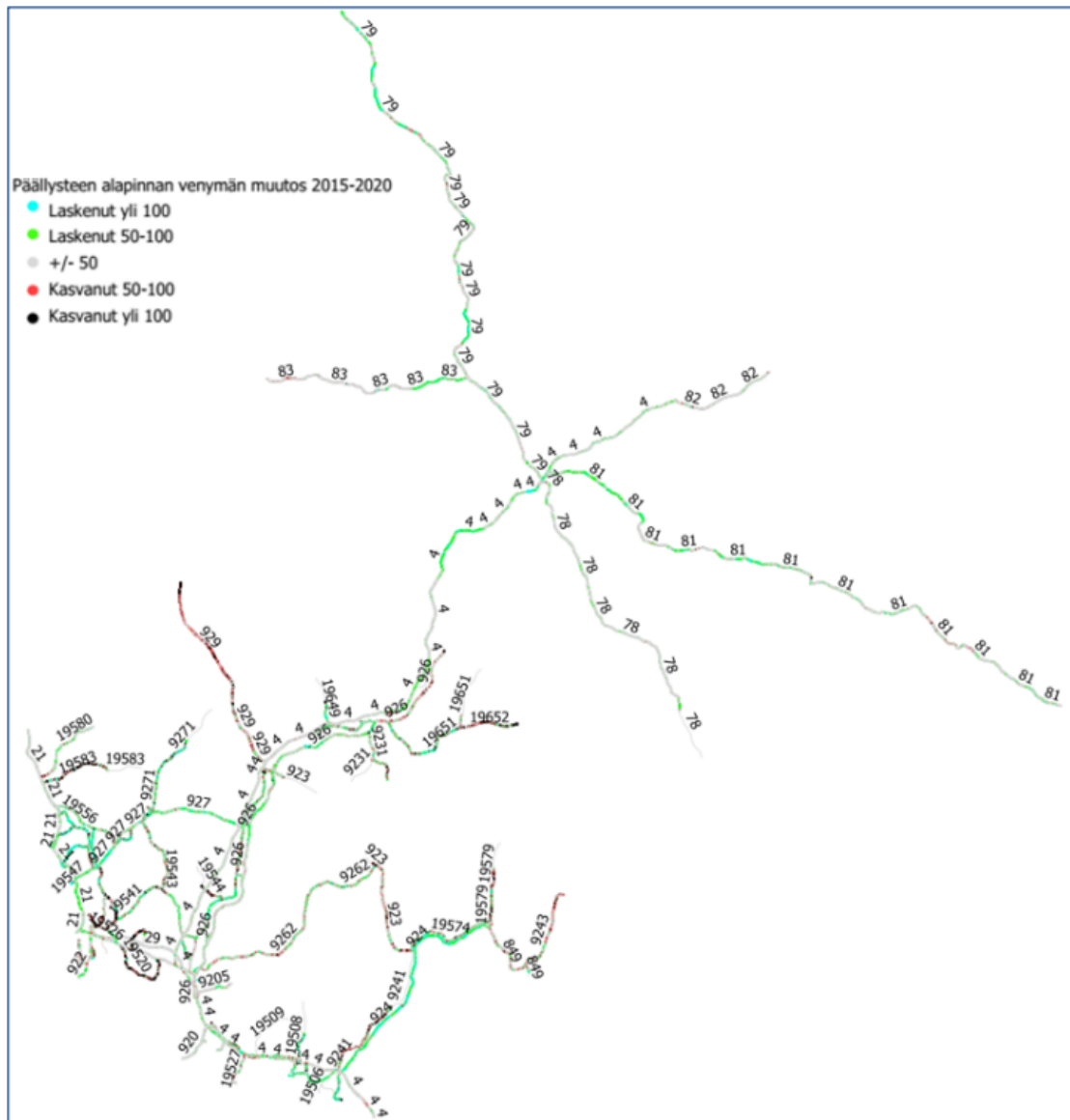
6.6 2020

Vuonna 2020 vuosittaiset mittaukset saatiin tehtyä Uudellamaalla touko-kesäkuussa, Keski-Suomessa kesäkuussa ja Lapissa kesä-heinäkuussa. Vuonna 2020 tavoitteena oli kerätä myös tietoa rengasuriin syntyvistä väsymishalkeamista. Tulosten varmistamiseksi tehtiin uudelleen mittauksia osalle tiestöä, tutkimustulokset osoittivat, että urasyvyudet olivat yllättäen kesän aikana pienentyneet. (Herronen ym., 2020)

Kantavuusmittaukset tehtiin elokuussa viiden seurantavuoden jälkeen Keski-Suomen ja Lapin alueilla, mittaukset suorittivat sama toimija kuin aikaisemmin. (Herronen ym., 2020)

Uudellamaalla tehtiin vuonna 2020 runsaasti kuivatusanalyseja, kuivatuskohteiden valintaa sekä kuivatuksen parantamista. (Herronen ym., 2020)

Kuva 11. Lapin PEHKO-alueen TSD-mittauksista lasketun päällysteen alapinnan venymän muutos vuosien 2015 ja 2020 mittausten välillä (Herronen ym., 2020).



7 Kommentit ja palaute

Vuoden 2017 vuosiraportissa oli ensimmäistä kertaa ELY-keskusten kommentit projektin tuloksista ja käytännön toteutettavuudesta. (Herronen ym., 2017)

7.1 Keski-Suomi

Jo kahden vuoden jälkeen ennakoivan hoidon ja kunnossapidon toimenpiteiden hyvät tulokset oli havaittavissa. Keski-Suomen ELY-keskuksessa todettiin lappu-SIP kokeilun olevan taloudellisesti kannattavaa päällysteiden hoidossa. Projekti on tuonut odotetustikin hyviä tuloksia. Keski-Suomen ELY-keskus toivoi, että ELY-keskuksen edustajien paikallis- ja olosuhdetuntemusta otettaisiin tukemaan mittaustulosten analysointia ja näin pohtimaan ongelmien syitä käytännössä. (Herronen ym., 2017)

Vuonna 2018 Keski-Suomen ELY-keskus totesi päällysteiden elinkaaren kannalta hoitomenetelmien vaikuttaneen positiivisesti varsinkin vähäliikenteisten teiden kuntoon. Keski-Suomen ELY-keskus toivoi laaja-alaisempia vertailuja toteutuneiden kohteiden tulosten arvioinnissa. (Herronen ym., 2018)

Vuonna 2019 Karstulan alueella tiestöä päällystettiin paljon sekä myös täsmäkorjattiin reikiä ja halkeamia. Keski-Suomen ELY-keskus on hieman huolissaan hoitoluokkamuutosten aiheuttamista vaikutuksista, päällysteiden käyttöikä saattaa jäädä odotettua lyhyemmäksi 1b-hoitoluokan teillä. Keski-Suomen ELY-keskus aikoo hyödyntää hyväksi todettuja käytäntöjä koko päällystetyn verkon ohjelmoinnissa ja suunnittelussa. (Herronen ym., 2019)

Rajusti olosuhteiltaan vaihteleva talvi toi haasteita talvihoidon ennakoivien toimenpiteiden tekemiselle. Vuonna 2020 ei Karstulan alueella uusittu päällysteitä, tarpeista huolimatta. Keski-Suomen ELY-keskus pohti, että pitäisikö maksimivallinkorkeutta pienentää, jotta yllättävien sulamisjaksojen aikana tien luiskaan sulavan lumen ja siten veden määrä rakenteessa olisi vähäisempi. Keski-Suomen ELY-keskus ehdottaa myös, että olisi hyvä seurata myös Väyläviraston kriteerien mukaista virallista kuntotilannetta ja näin saada kuntotilanteesta paremman kokonaiskuvan. (Herronen ym., 2020)

7.2 Lappi

Vuonna 2017 Lapin ELY-keskus huomasi myös, että aikaisemmin tehdyt talvihoidon toimenpiteet ovat osoittautuneet hyviksi toimenpiteiksi, joilla voi vähentää kevään

sulamisvesien aiheuttamia ongelmia. Kesäkauden toimenpiteiden on myös havaittu olevan suuri positiivinen merkitys tiestölle. Lapin ELY-keskus aikoi panostaa enemmän kuivatuksen parantamiseen sekä saatujen hyvien tulosten myötä myös päällysteiden ennakoivaa ylläpitoa tehostetaan. (Herronen ym., 2017)

Vuonna 2018 Lapin ELY-keskus totesi, että kuivatuksen parantaminen on tärkeää ja jo edellisen vuoden havainnot ja löydökset ovat saaneet positiivista vahvistusta toimivuudesta. Huonokuntoisia päällysteitä on paljon ja määrärahat ei riitä kunnostamaan kaikkea. Talvihoidon oikean aikaiset toimenpiteet osoittivat jälleen positiivista vaikutusta urautumiseen ja päällysteen ikään. Vuonna 2018 oli ensimmäinen vuosi, kun projektin alussa korjattuja kohteita oli mahdollisuus arvioida. Yksi huomio oli, että teräsverkot eivät toimi, jos pohjamaa on liian pehmeä, tätä olisi hyvä tutkia enemmän. (Herronen ym., 2018)

Lapin ELY-keskus oli myös vuonna 2019 tyytyväinen PEHKO-projektiin ja kaikkiin tapoihin, joilla analysoida ja parantaa päällysteiden hoitoa ja ylläpitoa. Lapissa valta-, kanta- ja seututeillä kustannuksissa mentiin huonompaan suuntaan, kun taas yhdysteillä tilanne parani selvästi, minkä ansiosta jäätin kustannuksissa edellisen vuoden tasolle. Talvihoidon toimenpiteet myöhästivät ja suolaus lisääntyi, mikä voi vaikuttaa kustannuksiin, tämän vuoksi ohjeistuksen mukaisesti tehtävien toimenpiteiden teko on tärkeää. (Herronen ym., 2019)

Vähäisen rahoituksen vuoksi ennakoiden tehtyjä korjauksia on ollut mahdotonta tehdä, edes päätieverkon tarpeellisia korjauksia ei ole kyetty tekemään ajoissa. Valta- ja kantateiden urasyvyudet ovat kuitenkin pysyneet kohtalaisen samalla tasolla, mutta muualla tieverkolla on urasyvyudet kasvussa. Pääosin Lapin vuosikustannukset ovat olleet laskusuunnassa, mutta yhdysteiden kustannusten nousu on syönyt pääteillä saavutetun kustannushyödyn. Lapin ELY-keskus toteaa, että tiestön korjaustoiminnan kehittäminen on pitkäjänteistä työtä, eikä liian nopeita johtopäätöksiä lyhyen aikavälin mittauksien muutoksista kannata tehdä. Projektin ensimmäinen puolikas on antanut paljon hyviä oppeja mittaustiedon analysointiin ja hyödyntämiseen. Projektin aikana tehtyjen korjaustoimenpiteiden seuraaminen on voitu aloittaa ja Lapin ELY-keskus toivookin, että seurannan dokumentointi tehdään siten, että niistä saadaan opit talteen ja hyödynnettäväksi. (Herronen ym., 2020)

7.3 Uusimaa

Vuosi 2018 oli pilottivuosi Uudemaan PEHKO-projektissa. Pääasiassa keskityttiin lähtötiedon hankintaan. Uudemaan ELY-keskuksen odotukset ovat korkealla, erityisesti kuivatuksen suhteen. Tilaaja haluaa oppia ymmärtämään mittaustietoja syvällisemmin, jotta voidaan pohtia mittaustietojen hyödyntämistä päällyskohteiden optimoinnissa ja suunnittelussa. (Herronen ym., 2018)

Vuonna 2019 päästiin tarkastelemaan ensimmäisiä mittaustuloksia ja analyysyjä. Osa analyysistä paljasti kohteita ja riskejä, joita ei ole osattu tunnistaa. Toisaalta osa analyysistä vahvisti jo olemassa olevia käsityksiä. Kuivatukseen liittyvät ohjeet ja toimintalinjat saatiin uusittua, hyödyntäen mittaustietoa ja kuivatukseen voidaan tarttua tosissaan. Uudenmaan ELY-keskus odottaa mielenkiinnolla tiesuolan käytön mahdollisia tuntemattomia vaikutuksia päällysteisiin. (Herronen ym., 2019)

Vuonna 2020 Uudenmaan PEHKO -alueella päällystemäärärahat kasvoivat merkittävästi ja korjaustöitä toteutettiin aiottua enemmän. Vähäliikenteisillä teillä asennettiin reilusti teräsverkkoa. Uudenmaan ELY-keskuksen mielestä vertailu Väyläviraston verkkotason mittauksiin ja tunnuslukuihin olisi tärkeää, jotta ymmärretään mitä tarvitsee muuttaa. Talviaika oli lauha ja ongelmia tulikin tulvista, jotka katkoivat teitä. Vesikelien vuoksi päällysteitä jouduttiin paikkaamaan läpi talven. Uudenmaan ELY-keskus on huomannut kuivatuksen hyödyn, kuivatuksen teho on kiistaton pitkällä aikavälillä. Uudenmaan pilotin jatkoa seurataan mielenkiinnolla ja tutkitaan toimenpiteiden tehokkuutta ja onnistumista. (Herronen ym., 2020)

7.4 Väylävirasto

Väylävirasto jätti kommentin ensimmäisen kerran vuonna 2019. Väylävirasto seuraa mielenkiinnolla tulosten vertailua eri PEHKO-alueiden kesken. Pilotoinnin jatkaessa pelisääntöjä täytyy noudattaa mahdollisimman tarkasti ja Väylävirasto pohtii, pitäisikö pilotointia laajentaa erilaisiin tiestö-, ilmasto ja liikenneolosuhteisiin. Lisäksi toivottavaa olisi, että PEHKO-menetelmiä verrattaisiin perinteisten päällysteohjelmoinnin menetelmien

kanssa ja löytää molemmista parhaat toimintatavat jatkokehittelyä varten. (Herronen ym., 2019)

Vuonna 2020 Lapin ja Keski-Suomen kohteet ovat puolessa välissä tutkimusohjelmaa. Tulokset ovat pääsääntöisesti olleet odotusten mukaiset. Väylävirasto seuraa tiiviisti tutkimusohjelmaa etenemistä ja tekee tarvittaessa linjauksia tutkimusohjelman suuntaamisesta. Väyläviraston toiveissa olisi, että eri lähteistä syntyvä tutkimustieto saadaan kerättyä yhteen ja saadaan merkittävää tietoa urautumisprosessista. Päälystevauriot ovat tällä hetkellä tienkäyttäjiltä eniten palautetta aiheuttava valituksen syy, projektissa pitäisi Väyläviraston mukaan miettiä enemmän reikien ja halkeamien vähentämistä paremmalla suunnittelulla ja ennakoivalla kunnossapidolla. (Herronen ym., 2020)

8 Havainnot/tulokset

Alun perin mittausohjelmassa oli Keski-Suomesta 401 km ja Lapista 1252 km. Joitakin osuuksia on jäänyt pois, sillä osuuksia on muutettu sorateiksi. Uudellamaalla tiestöä on noin 817 km. Mittaukset on pyritty tekemään heti kesän alussa, roudan sulamisen jälkeen, mutta poikkeuksiakin on tapahtunut, esimerkiksi vuonna 2015 Lapin mittauksia tehtiin vielä lokakuussa. (Herronen ym., 2020)

Road Doctor Survey Van -mittauksilla tehdyt urasyvyyden laskennat on todettu erittäin luotettavaksi mm. Väyläviraston testeissä. Toistettavuus tämän kaltaisissa seurantatutkimuksissa on tärkeitä. Jotta uralaskenta saadaan tehtyä aina samalla tavalla ja samasta kohdasta, mittaukset sidotaan aina reunaviivaan. (Herronen ym., 2020)

8.1 Kustannusten tarkastelu

Vuodesta 2017 alkaen Lapin ja Keski-Suomen alueilla on voitu laatia taloudellisia laskelmia PEHKO-projektissa tehtyjen toimenpiteiden vaikutuksista päällysteiden vuosikustannuksiin. Laskelmat on laskettu ns. TPPT-kaavalla (Tien pohja- ja päällysrakenteet -tutkimus 2001). Toimenpiteiden hinnaksi on laskettu uusi päällyste vanhan päälle (5,5€/m²) ja

keskileveydeksi on merkitty 6,5m. Kustannusvertailussa käytetään koko projektin ajan samoja arvoja, jotta saadaan laskettua suhteellisen muutokset. (Herronen ym., 2020)

8.1.1 Keski-Suomi

Kuvasta selviää vuoden 2019-2020 vaikean talven vaikutukset koko projektin kustannuksiin. Tähän asti jatkunut positiivinen kehitys katkesi ja vuosikustannukset olivat jopa 17 % vuoden 2015-2016 kustannuksia suuremmat. (Herronen ym., 2020)

Esitettyjen vuosikustannusten arvioinnissa on huomioitava, että ne eivät sisällä eri syistä toteutettavien päällysteiden korjausten kustannuksia, vaan niiden laskenta perustuu pääosin urakasvunopeuteen. (Herronen ym., 2020)

Kuva 12. Keski-Suomen PEHKO-alueen päällysteiden laskennalliset vuosikustannukset 2015-2020 (Herronen ym., 2020).

	KESKI-SUOMI €/m					Parannusta	
	2020-2019	2018-2019	2017-2018	2016-2017	2016-2015	koko jakso	edelliseen
Valta- ja kantatiet	2,71	1,60	1,72	1,66	2,59	-5 %	-70 %
Seututiet	2,98	1,39	1,73	1,45	2,10	-42 %	-114 %
Yhdystiet	2,56	1,55	1,89	2,03	2,32	-10 %	-65 %
Kaikki tiet	2,77	1,52	1,75	1,66	2,38	-17 %	-83 %

8.1.2 Lappi

Lapin PEHKO-alueilla koko projektin alueella kustannukset ovat parantuneet 20 %. Kuvasta selviää, että Lapin päätiestön kustannukset ovat parantuneet jopa 27 % ja tämä kompensoi seututeiden tilannetta, joka on pysynyt lähes samana. (Herronen ym., 2020)

Kuva 13. Lapin PEHKO-alueen päällysteiden laskennalliset vuosikustannukset 2015-2020 (Herronen ym., 2020).

	LAPPI €/m					Parannusta	
	2020-2019	2018-2019	2017-2018	2016-2017	2016-2015	koko jakso	edelliseen
Valta- ja kantatiet	1,99	2,33	2,17	2,40	2,72	27 %	15 %
Seututiet	1,75	1,72	1,64	1,73	1,92	9 %	-2 %
Yhdystiet	2,00	1,68	1,91	1,94	2,35	15 %	-20 %
Kaikki tiet	1,96	1,99	2,00	2,13	2,47	20 %	2 %

8.1.3 Uusimaa

Uudellamaallakin jo kahden vuoden jälkeen on havaittavissa merkittävää pienentymistä kustannuksissa. Etenkin valta- ja kantateillä kustannusten pienentyminen on ollut suuri, jopa 22 %. Koko projektin kustannukset ovat parantuneet 10 %. (Herronen ym., 2020)

Kuva 14. Uudenmaa PEHKO-alueen päällysteiden laskennalliset vuosikustannukset 2018-2020 (Herronen ym., 2020).

	UUSIMAA €/m					Parannusta	
	2020-2019	2019-2018	2017-2018	2016-2017	2016-2015	koko jakso	edelliseen
Valta- ja kantatiet	3,42	4,36				22 %	22 %
Seututiet	2,73	3,41				20 %	20 %
Yhdystiet	2,23	2,26				1 %	1 %
Kaikki tiet	2,50	2,79				10 %	10 %

8.2 Päällysteiden tarkastelu

Projektin tavoitteena on ollut, että päällysteen väsymistä pystyttäisiin seuraamaan mittauksilla ja korjauksia voitaisiin suunnitella ennakoivasti. Päällysteen alapinnan venymän TSD-mittauksilla sekä urakasvunopeuksien perusteella on pyritty löytämään kohtia, joissa vaurioituminen on kiihtymässä, mutta jossa vaurioita ei ole vielä havaittavissa. (Herronen ym., 2020)

PEHKO-projekteissa julkaistuista raporteista selviää, että seitsemästä suurimmasta syyistä teiden urautumiseen ja korjausvelan kasvuun kaksi liittyi selkeästi teiden kuivatukseen:

matalat sivuojat sekä yksityistieliittyneiden kuivatus. Myös reunapalteilta ja reunadeformaatiolla on selvä yhteys. (Herronen ym., 2020)

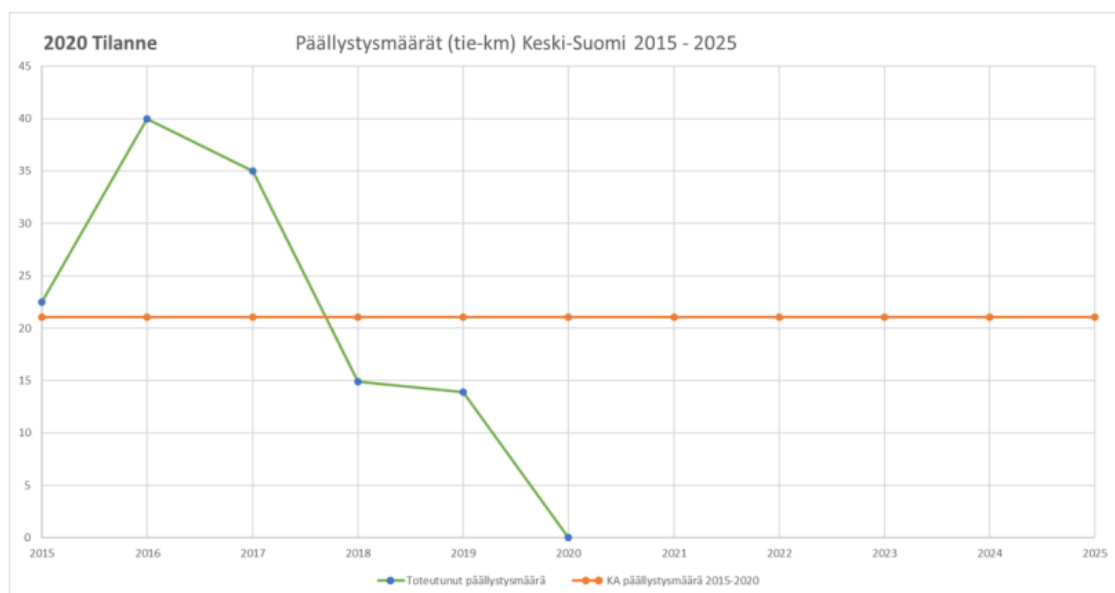
PEHKO-projektin tavoitteena on ollut myös selvittää erilaisten päällysteiden uusimis- ja korjaustekniikoiden vaikutusta päällysteiden elinkaarikustannuksiin eli kerätä eri päällystystekniikoiden toimivuudesta mitattua tietoa. (Herronen ym., 2020)

Tarkastelussa on otettu esille vain Lapin ja Keski-Suomen alueet, Uudellamaalla päällysteiden tarkastelua tehdään tarkemmin myöhemmin. (Herronen ym., 2020)

8.2.1 Keski-Suomi

Päällysteisiin määrätty määräraha ovat tuoneet projektiin omia haasteita. Keski-Suomessa suunniteltuja päällystemääriä toteutettiin PEHKO-alueella hyvin ensimmäisinä vuosina. Kuitenkin vuonna 2020 määräraha tippui reilusti, eikä päällystystöitä tehty käytännössä lainkaan. Tutkimusohjelman kannalta tämä on valitettavaa, sillä täsmäkorjauksia olisi tarvittu varsinkin alemmalla verkolla. (Herronen ym., 2020)

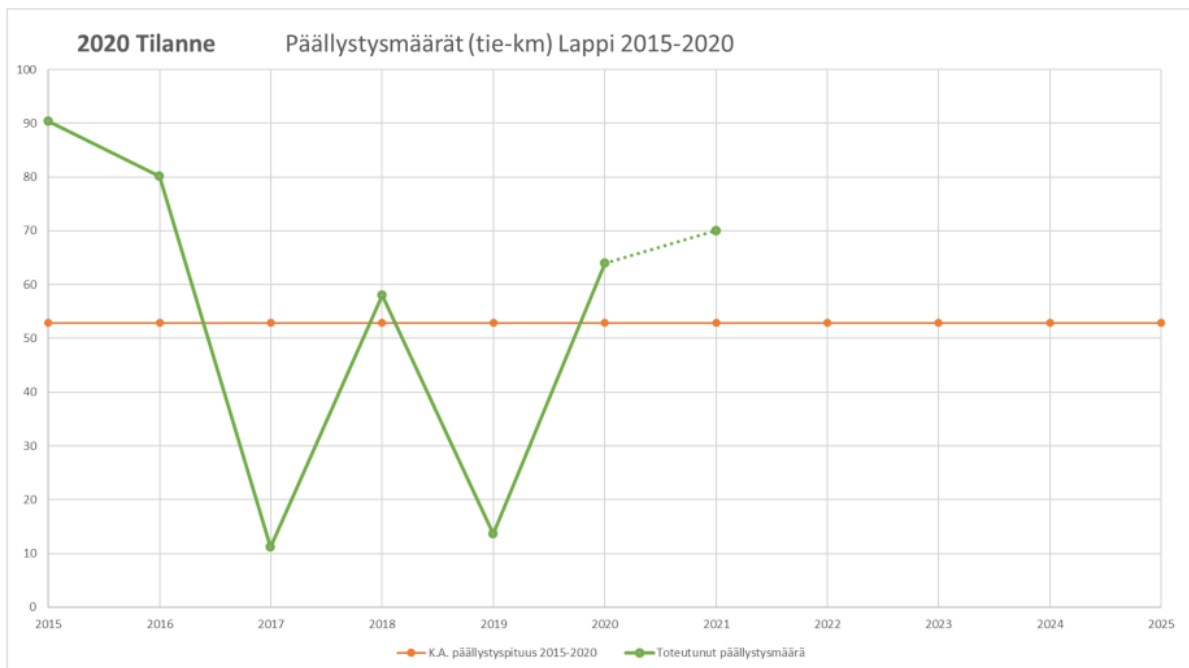
Kuva 15. Päällystemäärät Keski-Suomen PEHKO-alueella 2015-2020. Urapaikkaukset eivät sisälly näihin lukuihin. Oranssi viiva on keskiarvo toteutuneista kilometreistä (Herronen ym., 2020).



8.2.2 Lappi

Myös Lapissa vähäliikenteiset tiet ovat jääneet ilman rahoitusta. Tutkimusohjelmaa ei ole voitu täysin toteuttaa tästä syystä. Lapissa päällystemäärien vaihtelu on ollut erittäin suurta, kuitenkin keskiarvo on ollut lähellä tavoitteita. (Herronen ym., 2020)

Kuva 16. Päällystemäärät Lapin PEHKO-alueella 2015-2020. Oranssi viiva on keskiarvo toteutuneista kilometreistä. (Herronen ym., 2020)



9 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli esitellä käynnissä oleva PEHKO-projekti. PEHKO-projektin tavoitteena on pidentää päällysteiden käyttöikä ja pienentää ylläpidon kustannuksia. Projektin puoli väliin mennessä saadaan huomata, että kustannusten pienentäminen on onnistunut, joskin ne ovat yhteydessä talvien keliolosuhteisiin.

Tällä hetkellä kunnossapidossa on paljon asioita, mitä tehdä toisin. On hyvä, että vaihtoehtoja tutkitaan ja löydetään parempia ratkaisuja. Myös määrärahoja vähennetään tiestöltä koko ajan, joten edullisemmat ratkaisut tiestön ylläpitoon on tervetulleita.

Yhteisillä ohjeilla ja oppailla pystytään oppimaan ja mieltämään uusia toimintatapoja. Keväisin nopea lumien sulaminen aiheuttaa monia haasteita tiestöllä ja myöhästyneet talvihoidon toimenpiteet edesauttavat kelirikon tuomia ongelmia. Pienilläkin kunnossapidon töillä on suuri merkitys, esimerkiksi kuivatuksen parantaminen on halpaa ja sillä saadaan suuri säästö.

Lähteet

- Belt, J., Lämsä, V., Savolainen, M., Ehrola, E. (2002). *Tierakenteen vaurioituminen ja tiestön kunto*. <https://julkaisut.vayla.fi/pdf/3200747.pdf>
- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. (2022). *Kunnossapito*. <https://www.ely-keskus.fi/kunnossapito2>
- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. (2014). *Kevään kelirikko- ja painorajoitukset*. <https://www.ely-keskus.fi/-/kevaan-kelirikko-ja-painorajoitukset-uudenmaan-ely-keskus>
- Herronen, T., Hiekkalahti, A., Saarenketo, T., (2015). *PEHKO-projekti, vuosiraportti 2015* [PEHKO vuosiraportti 2015.pdf](#)
- Herronen, T., Hiekkalahti, A., Saarenketo, T. (2016). *PEHKO-projekti, vuosiraportti 2016* [PEHKO vuosiraportti 2016.pdf](#)
- Herronen, T., Hiekkalahti, A., Matintupa, A., Saarenketo, T. (2017). *PEHKO-projekti, vuosiraportti 2017* [PEHKO vuosiraportti 2017.pdf](#)
- Herronen, T., Hiekkalahti, A., Matintupa, A., Saarenketo, T., (2018). *PEHKO-projekti, vuosiraportti 2018* [PEHKO vuosiraportti 2018 20190611.pdf](#)
- Herronen, T., Hiekkalahti, A., Matintupa, A., Saarenketo, T. (2019). *PEHKO-projekti, vuosiraportti 2019* [PEHKO vuosiraportti 2019 final4.pdf](#)
- Herronen, T., Hiekkalahti, A., Matintupa, A., Saarenketo, T. (2020). *PEHKO-projekti vuosiraportti 2020 ja Keski-Suomen ja Lapin alueiden puoliväliraportti vuosilta 2015-2020* [PEHKO vuosiraportti 2020 final.pdf](#)
- Roadscanners. (2022). *Roadscanners hyödyntää rakenteita rikkomattomia menetelmiä.* . <https://www.roadscanners.com/fi/roadscanners/>
- Traficom. (2021). *Maantieverkon kunto*. <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/maantieverkon-kunto>
- Väylävirasto. (2020). *Teiden kelirikko ja painorajoitukset*. <https://vayla.fi/kunnossapito/tieverkon-kunnossapito/painorajoitukset>
- Rummukainen, A. (2013). *Kelirikko odotettua pahempi - rahat eivät riitä korjaamaan*. <https://yle.fi/uutiset/3-6590505>