



Väylävirasto
Trafikledsverket

Opinnäytetyö
2/2020

Ville Tarsa

NANOPINNOITTEEN VAIKUTUS LIIKENNEMERKKIEN LUMEENTUMISEEN



Kannen kuva: Ville Tarsa

Verkkajulkaisu (pdf) (www.vayla.fi)

ISSN 2490-1202

ISBN 978-952-317-795-6

Väylävirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puh. +358(0)295 34 3000

Ville Tarsa

Nanopinnoitteen vaikutus liikennemerkkien lumeentumiseen

Väylävirasto. Helsinki 2020. Opinnäytetyö 2/2020. 33 sivua ja 3 liitettä. ISSN 2490-1202, ISBN 978-952-317-795-6.

Asiasanat: liikennemerkit, pinnoitteet, nanotekniikka, talvikunnossapito

Tiivistelmä

Liikennemerkkien puhdistaminen lumesta on teiden talvikunnossapidon yksi eniten aikaa vievistä toimenpiteistä. Liikennemerkkien tulee olla puhtaita ja selvästi luettavissa tienkäyttäjille. Vaikka uusi lumisade olisi tulossa, on liikennemerkit puhdistettava, kun tarvittavat tiet on saatu aurattua. Liikennemerkkien nanopinnoittamisella pyritään helpottamaan puhtaanapitoa, sillä nanopinnoitteen luvataan hylkivän lunta ja likaa talvikaudella.

Tässä opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään nanopinnoituksen todellinen hyöty liikennemerkkien puhtaanapitoon talvikaudella. Kohteena oli lin hoitourakan alue Pohjois-Pohjanmaalla, jossa talvet ovat vaihtelevia, kosteita, lauhjoja ja lumisia.

Työn aikana liikennemerkkejä kuvattiin älypuheliiniin asennetuilla mobiilisovelluksilla. Valokuvat tarkasteltiin myöhemmin nettisovelluksen avulla. Data kerättiin yhteen säätietojen kanssa ja selvitettiin, kuinka monta nanopinnoitettua liikennemerkkiä talven aikana peittyi lumella.

Opinnäytetyössä selvisi, ettei nanopinnoitteella voi täysin estää liikennemerkkien lumeentumista, ja talven aikana havaittiinkin monia lumeen peittyneitä nanopinnoitettuja liikennemerkkejä. lin hoitourakan tehdyt työtunnit liikennemerkkien puhdistamisessa osoittivat myös, että liikennemerkkejä oli puhdistettu yhtä paljon kuin edellisinä talvina. Opinnäytetyön testin tuloksiin saattoi vaikuttaa mittausjakson leuto ja vähäluminen talvi. Lumisia päiviä oli todella vähän ja sydäntalvi oli normaalia lämpimämpi. Nanopinnoitteella nähtiin kuitenkin olevan hyötyä liikennemerkkien puhdistamisprosessissa, sillä lumi lähti helpommin pois nanopinnoitetuista merkeistä kuin pinnoittamattomista.

Ville Tarsa

Nanoytbeläggningens inverkan på hur snö fastnar på vägmärken

Trafikledsverket. Helsingfors 2020. Lärdomsprov 2/2020. 33 sidor och 3 bilagor. ISSN 2490-1202, ISBN 978-952-317-795-6.

Sammandrag

Att rengöra vägmärken från snö är en av de mest tidskrävande åtgärderna inom vägunderhållet på vintern. Vägmärkena ska vara rena och klart läsbara för trafikanterna. Även om man vet att ett nytt snöfall snart kommer ska vägmärkena rengöras när de nödvändiga vägarna har plogats. Syftet med att lägga ett nanoytskikt på vägmärken är att underlätta rengöringen, eftersom nanobeläggningen utlovas avvisa snö och smuts under vintersäsongen.

Detta lärdomsprov syftade till att ta reda på den verkliga nyttan av rengöring av vägmärken under vintersäsongen, när de fått en nanoytbeläggning. Objektet var området för ljo underhållsrenoverad i Norra Österbotten, där vintrarna är omväxlande, fuktiga, milda och snöiga.

Under arbetet fotograferades vägmärkena med mobilappar installerade i smarttelefoner. Bilderna granskades senare med hjälp av en webbapplikation. Man samlade in data tillsammans med väderdata och granskade hur många vägmärken med nanobeläggning som blev snötäckta under vintern.

Lärdomsprovet visade att nanobeläggning inte helt kan förhindra att snö fastnar på vägmärken, och under vintern observerade man att många vägmärken var snötäckta trots att de hade en nanobeläggning. De timmar som användes på arbetet för rengöring av vägmärken vid ljo underhållsrenoverad visade också att vägmärkena hade rengjorts lika mycket som under de föregående vintrarna. Testresultaten av lärdomsprovet kan ha påverkats av mätperiodens milda och snöfattiga vinter. Antalet snöiga dagar var verkligen få och midvintern var varmare än normalt. Men nanoytbeläggningen ansågs ändå vara till nytta i processen för rengöring av vägmärkena, eftersom snön lättare lossnade från nanobelagda skyltar än från obehandlade.

Ville Tarsa

Nano Coating on Traffic Sign

Finnish Transport Infrastructure Agency. Helsinki 2020. Thesis 2/2020. 33 pages and 3 appendices. ISSN 2490-1202, ISBN 978-952-317-795-6.

Abstract

Cleaning the traffic signs from snow is one of the most time-consuming tasks that the road maintenance contractor does in winter times. The traffic signs have to be clean and easy to read for all drivers. Even if the forecast predicts new snowfall to come, it does not give permission to postpone traffic sign cleaning task. Nano coating on traffic signs should facilitate this problem. Nano coating is promised to repel snow and dirt.

In this thesis the main task was to find out if nano coating repels snow from sticking on traffic signs. The second task was to find out what benefits nano coating gives to road maintenance. The research was made in Ii area, located in Northern Ostrobothnia.

During the research traffic signs were photographed using a mobile application. The photographs were analyzed later using a web-based application. The idea was to find out if any nano coated traffic sign was covered in snow during winter. If that happened it needed to be clarified what had caused snow to stick. The data was gathered from November 2019 to end of February 2020. The results from the photographs were added with weather information to see if any specific weather type causes snow to stick on a nano coated sign.

The results showed that the nano coating does not prevent snow from sticking on traffic signs. Many nano coated traffic signs covered in snow were observed throughout the winter. However, it was noticed that nano coating makes traffic sign easier to be cleaned from snow than traffic sign without nano coating.

Esipuhe

Tämän opinnäytetyön on tehnyt Ville Tarsa Oulun ammattikorkeakoulun Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelmassa.

Työn ohjaajina ovat toimineet Jarmo Erho, Oulun ammattikorkeakoulusta ja Oiva Huuskonen Destia Oy:stä. Opinnäytetyön tilasi Väylävirasto, jossa yhteyshenkilönä oli Heikki Lappalainen.

Nanopinnoituksen tehoa ja kestoja tullaan seuraamaan vielä ainakin jo pinnoitettujen liikennemerkkien osalta myös tulevina talvina.

Helsingissä heinäkuussa 2020

Väylävirasto
Kunnossapito-osasto

Sisältö

1	JOHDANTO.....	6
2	TEIDEN TALVIHOITO JA IIN ALUEURAKKA.....	7
2.1	Talvihoitoluokat.....	7
2.2	Iin alueurakka.....	8
3	LIIKENNEMERKIT.....	11
3.1	Liikennemerkkien kuntoluokitus.....	11
3.2	Liikennemerkkien näkyvyys.....	12
3.3	Liikennemerkkien puhdistaminen.....	12
4	NANOPINNOITE.....	14
5	LIIKENNEMERKKIEN LUMISUUDEN TARKASTELU.....	15
5.1	RoadData.....	16
5.2	Annotointi.....	16
5.3	Liikennemerkkien tunnistamisen haastavuudet.....	21
5.4	Säätiöiden yhdistäminen annotoinnin tuloksiin.....	23
6	NANOPINNOITTEEN TOIMIVUUDEN TARKASTELU.....	25
6.1	Annotoinnin tulokset.....	25
6.2	Säätiöiden analysointi.....	27
6.3	Urakoitsijan kommentit.....	29
6.4	Vertailuna Iivalon hoitourakka.....	30
7	YHTEENVETO.....	31
	LÄHTEET.....	33
	LIITTEET	
	Liite 1 Annotoinnin tulokset, nanopinnoitetut	
	Liite 2 Annotoinnin tulokset, nanopinnoittamattomat	
	Liite 3 Annotoinnin tulokset, kaikki merkinnät	

1 Johdanto

Talvi on haastavaa aikaa kaikille tienkäyttäjille. Tiet ovat liukkaat ja lumiset. Uria muodostuu pitkille matkoille ja lumi pölyyää edellä ajavan auton perässä. Lisäksi Suomen pitkän talven pimeys heikentää näkyvyyttä merkittävästi suurimman osan ajan päivästä. Näiden kaikkien haasteiden lisäksi liikennemerkeistä tulisi saada selvää ajon aikana. Jos tienkäyttäjä on lumisateen aikana liikenteessä, on hyvin todennäköistä, että liikennemerkit ovat lumen peittämiä. (Huuskonen 2019.)

Teiden talvikunnossapito tienhoitajille on haasteellinen. Liikenneväylien pitää olla kaikille käyttäjille siinä kunnossa, että tienkäyttäjä voi keskittyä turvalliseen ajamiseen. Liikennemerkit voivat kertoa tienkäyttäjälle hyvinkin tärkeää tietoa sen hetkisestä tiestä tai tulevasta osuudesta. Jos liikennemerkki on lumen peitossa, jää tienkäyttäjältä tieto saamatta. Liikennemerkkien puhdistaminen lumesta kuuluu teiden kunnossapitäjien tehtäviin. Ennen tätä työvaihetta tienhoitajilla on tiet aurattavana lumesta. Pahimmillaan menee monta tuntia, ennen kuin liikennemerkkejä päästään puhdistamaan. (Huuskonen 2019.)

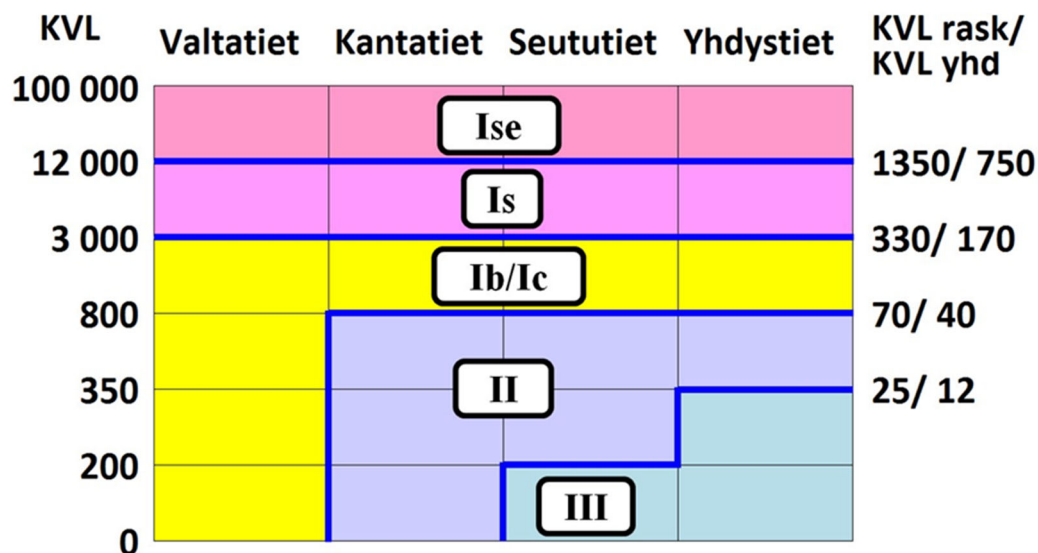
Tässä työssä tutkitaan, voidaanko liikennemerkkien lumeentumista vähentää tai jopa estää nanopinnoittamalla liikennemerkit talvea varten. Kriteerinä lumisuuden arvioimiselle käytetään liikennemerkin näkyvyyttä tienkäyttäjälle: onko merkki luettavissa vai ei. Työssä selvitetään myös, missä olosuhteissa nanopinnoite toimii parhaiten ja millaiset taloudelliset vaikutukset sillä on teiden talvikunnossapitoon. Nanopinnoitteen toimivuutta arvioidaan talven 2019–2020 aikana liikennemerkeistä otetuista valokuvista. Liikennemerkit on valittu lin alueurakan alueelta. Lumeentumisen arvioinnissa käytetään apuna saman talven aikana kerättyä säädataa Haukiputaan tiesääasemalta.

Opinnäytetyön tilaajana toimii Väylävirasto, ja työ toteutetaan yhteistyössä Destia Oy:n kanssa. Työn käytännön toteutusta ohjaa Destian kehittämisspäälikkö Oiva Huuskonen.

2 Teiden talvihoito ja lin alueurakka

Maantiet jaetaan Suomessa eri talvihoitoluokkiin. Näin on tehtävä, koska kaikkia teitä ei voida hoitaa samoilla kriteereillä järkevin kustannuksin. Eri luokat määräytyvät sen mukaan, kuinka vilkasliikenteinen tie pääsääntöisesti on ja mikä väylän merkitys on tieliikenteessä (kuva 1). Päätiät kuuluvat lähtökohtaisesti korkeimpaan hoitoluokkaan ja vähäliikenteiset ja syrjäiset tiät alimpiin hoitoluokkiin. (Talvihoito. 2019.)

Vaikka varsinkin päätiät pyritään pitämään samassa tasaisessa laadussa ympäri vuorokauden, on autoilijoiden varauduttava yllättäviin muutoksiin. Äkillinen sään muuttuminen tai ylipäättänsä talvelle ominainen lumimyräkki tuovat haasteita lumen ja jään puhdistamiseen. Vaikka aura-auto olisikin jo kierroksella, raju lumimyräkki ehtii tuomaan uutta lunta ennen kuin aura-auto ehtii tekemään kierroksen loppuun. Lisäksi mahdollinen hiekan tai suolan hakeminen varikolta vievät oman aikansa. Pidemmällä kierroksella varikolle saattaa kertyä monen kymmenen kilometrin matka. (Talvihoito. 2019.)



Kuva 1. Tieverkon jako eri talvihoitoluokkiin (Teiden talvihoito. 2019)

2.1 Talvihoitoluokat

Suomen maantiet jaetaan seitsemään eri talvihoitoluokkaan: Ise, Is, I, Ib, Ic, II ja III. Hoitoluokan Ise, Is, I, Ib ja Ic teihin kuuluvat kaikki tieluokat, kun taas II- ja III-luokkiin ei kuulu valtateitä. Hoitoluokissa II ja III keskimääräinen liikennemääräkin on pienempi kuin muissa hoitoluokissa. (Teiden talvihoito. 2019.)

Hoitoluokkaan Ise kuuluvat päätiät, joissa keskimääräinen vuorokausiliikenne on korkea ja liukkauden torjunta on tärkeässä roolissa. Henkilöautojen lisäksi tietä käyttää raskas liikenne, minkä vuoksi liukkauden torjunta ja lumen poisto tieltä on erittäin tärkeää vahinkojen välttämiseksi. Hoitoluokkaan kuuluu 1 523 km tietä. (Teiden talvihoito. 2019.)

Hoitoluokkaan Is kuuluvat myös vilkasliikenteiset tiet, mutta ero Ise-hoitoluokkaan on huomattavan iso. Siinä missä Ise-hoitoluokan tiet saattavat kuulua kaupungin keskustan tuntumaan, hoitoluokan Is tiet saattavat olla myös taajamien ulkopuolella. Liukkauden torjunta on merkittävässä roolissa myös Is-hoitoluokassa, mutta eroa tulee liukkauden ennakoivassa torjunnassa. Hoitoluokan Is teitä on huomattavasti enemmän kuin Ise-teitä, lähes 6 000 km. (Teiden talvihoito. 2019.)

Hoitoluokan I teitä on Suomessa vähiten, vain 519 km, mikä vastaa 1 % Suomen tiestöstä. Hoitoluokan tiet pidetään lähtökohtaisesti aina paljaana lumesta ja jäädästä, mutta säätilan muutokset ja pitkät pakkaskaudet voivat tuoda matalia polanteita. (Teiden talvihoito. 2019.)

Hoitoluokkaan Ib kuuluu eniten tieosuuksia korkeahoitoluokan teistä, 13 517 km, joka vastaa 17 % kaikista tieosuuksista. Hoitoluokan tiet hoidetaan korkeatasoisesti, kuten muissakin tieluokissa, mutta suolan käyttö on vähäisempää. Tiet saattavat myös olla polanteisia ja osittain kokonaan lumen peitossa. Tästä huolimatta tiet luokitellaan hyväksi talviteiksi ja niillä on hyvä ajella. Polanteita tasailaan mahdollisimman tasaisiksi talven mittaan. (Teiden talvihoito. 2019.)

Hoitoluokan Ic tiet ovat pääteiden ainoat tiet, joita pidetään polanteella ja lumisina ympäri talven. Tiet ovat liikennemäärältään hiljaisempia. Näillä teillä käytetään suolaa lähinnä syksyllä liukkauden torjuntaan. Hoitoluokan teillä on kuitenkin hyvä ja turvallinen ajaa, kunhan tienkäyttäjä huomioi vallitsevan sääolosuhteen. Liukkautta torjutaan hiekoituksella. Hoitoluokkaan Ic kuuluu 1 685 km tietä. (Teiden talvihoito. 2019.)

Hoitoluokan II tiet ovat liikennemääriltään sitä rauhallisimpia, teitä mitä korkeampitasoiset tiet ovat. Luokan II teitä ei luokitella valtateiksi. Talvisaikaan tiet ovat polanteisia ja lumisia. Tiet ovat kuitenkin normaaleissa sääolosuhteissa turvallisia ajaa. Teiden pintoja karhennetaan ympäri talven ja hiekoitusta suoritetaan varsinkin suurten ongelmatilanteiden välttämiseksi. Tienkäyttäjän on kuitenkin huomioitava sään äkilliset muutokset, sillä reagointi-aika ei ole samaa luokkaa kuin I luokan tiellä on. Hoitoluokkaan II kuuluu 15 113 km tietä. (Teiden talvihoito. 2019.)

Hoitoluokan III teitä on Suomessa eniten, 38 111 km. Tiet sijoittuvat lähinnä syrjäseuduille seutu- ja yhdysteinä. Talvikunnossapito on pääosin sama kuin II-luokan teillä, mutta reagointi-auraus- ja liukkaudentorjuntaan kestää huomattavasti kauemmin. Tienkäyttäjän on siis noudatettava erityistä varovaisuutta säätilanteiden muututtua. (Teiden talvihoito. 2019.)

2.2 lin alueurakka

Opinnäytetyössä tutkittiin lin alueurakan liikennemerkkien nanopinnoitteen toimivuutta talvikaudella 2019 – 2020. Tiestön talvihoitoluokitus-kartasta (kuva 2) on nähtävissä, mitä eri tieluokkia lin alueurakkaan kuuluu ja mille alueille ne jakautuvat. Isoin ja merkittävin tie lin alueella on valtatie 4, jonka vaikutus on Oulun ja Kemin välillä. Keskimääräinen vuorokausiliikenne Vt 4:lla lin alueella on 7 000 – 12 000 autoa. Tie kuuluu Is-tieluokkaan, eli tie on pidettävä hyvin puhtaana ja turvallisena korkealle liikennemäärälle. (Liikennemääräkartat. 2020.)

lin alueeseen kuuluu valtatie 4 lisäksi suurimmaksi osaksi pienempiä ja hiljaisempia kyläteitä ja yhdysteitä. Näiden liikennemäärät ovat sen verran pieniä, että ne voidaan luokitella matalimmille tieluokille. Liikennemäärät näillä teillä vaihtelevat välillä 1 000–5 000 autoa vuorokaudessa. Tieluokat ovat näillä teillä II ja III. (Liikennemääräkartat. 2020.)

Valtatie ja syrjäisten seututeiden lisäksi lin urakkaan kuuluu myös pienten kirkonkyläiden kyläteitä. Vaikka nämä tiet ovat hyvin vilkasliikenteisiä, ovat ne varustettu hitailla nopeuksilla. Tiet ovat luokiteltu luokkaan Ib. Näiden teiden varrella asuu paljon ihmisiä ja niiden varsille on rakennettu kouluja ja päiväkotia. (Tiestön talvihoitoluokitus. 2016.)



Kuva 2. Tiestön talvihoitoluokitus lin alueurakassa (1.03 Tiestön talvihoitoluokitus. 2016)

lin hoitourakan nanopinnoitetut liikennemerkkit sijaitsivat valtatie 4 varrella ja hoitoluokan Ib ja II varsilla. Liikennemerkkit oli valittu sen mukaisesti, missä niiden käyttötarkoitus on liikenneturvallisuuden kannalta tärkeä. Näitä paikkoja ovat muun muassa suojatiet ja hirvivaara-alueet.

Seuraavassa on lueteltu tutkimustyöhön valittujen liikennemerkkien sijainnit tienumeroittain sekä teiden hoitoluokat:

Vt 4, Ise

847, Ib

848, Is ja Ib

849, Ib

851, II

8460, Ib ja Ic

8513, II

8520, II

18738, Ic

18739, II

18741, II.

3 Liikennemerkkit

Liikennemerkkit toimivat tärkeänä osana liikenteen turvallisuutta. Ne kertovat tienkäyttäjälle muun muassa tiellä vallitsevasta nopeudesta, mahdollisesta hirtvivaarasta tai suojatiestä. Liikennemerkkit toimivat myös opasteina tienkäyttäjille. On siis tärkeää, että liikennemerkkit ovat selkeästi luettavissa kaikkina vuodenaikoina niin kesällä kuin myös talvella. (Yleisohjeet liikennemerkkien käytöstä. 2003.)

Liikennemerkkien näkyvyydestä ja kunnosta vastaa hoitourakan urakoitsija. Talvikauden pahimmat häiritteijät ovat lumisateesta tarttuva lumi sekä aura-autosta pölyävä lumi. Näistä lumi tarttuu helposti liikennemerkkiin ja saattaa pysyä merkissä kiinni pitkiäkin aikoja. Kovilla pakkasilla lisähaasteen tuo liikennemerkkin puhdistaminen. Merkkiä ei saa pestä vedellä sekä on oltava erittäin tarkkana, ettei merkin heijastinkalvoa rikota liikennemerkkiä harjattaessa. Leudoilla pakkasilla puolestaan lumi tarttuu erittäin helposti huurtuneisiin liikennemerkkeihin. Myös aura-autosta lentävä suolainen jää- ja lumisohjo tarttuu helposti liikennemerkkiin kiinni. (Huuskonen 2019.)

3.1 Liikennemerkkien kuntoluokitus

Liikennemerkkit jaetaan viiteen eri kuntoluokkaan. Näiden luokitusten avulla arvioidaan merkkien uusimis- ja kunnostustarvetta. Luokitus on numeroilla 1–5, missä kuntoluokka 1 on huonoin ja kuntoluokka 5 on paras. Kuntoluokituksessa huomioidaan merkin rakenteellinen kunto, ulkoasu sekä vauriot. Liikennemerkkin päivittäistä kuntoa kuten lumisuutta ei oteta huomioon kuntoluokituksessa. Liikennemerkkin varsiin ja muihin kiinnitysoosiin ei oteta kantaa kuntoluokituksessa, pelkästään liikennemerkkin tauluosaan. Liikennemerkkien kuntoluokitus tehdään silmämääräisesti sanallisen kuvauksen ja valokuvien avulla. Ohjeituksen on laatinut Tiehallinto vuonna 2009. (Liikennemerkkien kuntoluokitus. 2009.)

Kuntoarvon 5 saanut merkki on käytännössä uuden veroinen. Merkissä ei ole vaurioita ja ulkoasultaan merkki on virheetön. Kuntoarvon 4 merkki on todella hyvässä kunnossa oleva merkki, jossa on havaittavissa vain pientä kuluneisuutta. Liikennemerkkin värit eivät ole haalistuneet. Kuntoarvon 3 merkki toimii tyydyttävänä liikennemerkkinä. Vaurioita ja kuluneisuutta on huomattavissa. Värit ovat alkaneet haalistumaan ja merkissä voi havaita pieniä vääristymiä. Merkkiä voi kuitenkin käyttää liikennekäytössä. Kuntoarvon 2 saanut merkki on välttävä. Selviä vaurioita ja puutteita on havaittavissa. Värit ovat haalistuneet, värikalvossa on halkeamia sekä merkissä on muita selviä vaurioita. Merkki on luettavissa, mutta näitä ei käytännössä saisi olla käytössä. Kuntoarvon 1 saanut merkki on todella huonossa kunnossa. Merkki ei saisi olla liikennekäytössä. Merkki on selvästi vaurioitunut, värit ovat pahoin haalistuneet eikä merkistä tahdo saada selvää. (Liikennemerkkien kuntoluokitus. 2009.)

Liikennemerkkien kuntoluokitus on hyvä ottaa huomioon nanopinnoitetestiä tehtäessä. Nanopinnoitteen maksimaalisen hyödyn sekä pitkäikäisyyden saamiseksi olisi hyvä, jos pinnoite tehtäisiin uudenveroiseen merkkiin. Tämän huomioden, voidaan tutkia, kannattaako pinnoitetta laittaa 3 kuntoarvon saaneelle merkille tai sitä huonommalle. (Falkstedt 2020.)

3.2 Liikennemerkkien näkyvyys

Liikennemerkkien näkyvyys tienkäyttäjille on määritetty tarkasti Liikenneviraston tuottamassa ohjeistuksessa. Tällä pyritään tuottamaan tasalaatuinen tienkäyttöympäristö kaikille tienkäyttäjille ympäri Suomea. (Maanteiden talvihoito, menetelmätieto. 2017.)

Ohjeiden mukaisesti vilkasliikenteisten teiden liikennemerkkien näkyvyys on ensisijainen muihin teihin verrattuna. Näitä tieluokkia ovat Ise, Is, Ib ja Ic. Näiltä teiltä ei kuitenkaan puhdisteta heti kaikkia merkkejä vaan turvallisuuden kannalta tärkeimmät. Näitä ovat ohitus- ja kääntymiskiellot sekä alle 80 km/h nopeusrajoitukset. (Maanteiden talvihoito, Laatuvaatimukset. 2018.)

Muita viipymättä puhdistettavia liikennemerkkejä tien hoitoluokasta riippumatta ovat kävely- ja pyörävylien yhteydessä olevien korotettujen suojateiden ja liittymäalueiden varoitusmerkit. (Maanteiden talvihoito, Laatuvaatimukset. 2018.)

Muille tiemerkinnoille on annettu hoitoluokissa Ise, Is, Ib ja Ic taajama-alueella yhden vuorokauden toimenpideaika ja luokissa II ja III 3 vuorokauden. Toimenpideaika aletaan laskemaan siitä, kun merkki on lumeentunut. (Maanteiden talvihoito, Laatuvaatimukset. 2018.)

3.3 Liikennemerkkien puhdistaminen

Liikennemerkkien puhdistamiseen talvikaudella on annettu yleisohjeet urakka-asiakirjoissa. Tällä pyritään varmistamaan liikennemerkkien oikeanlainen puhdistaminen ja merkkien pitkä ikä. Liikennemerkin väärin puhdistaminen saattaa vaurioittaa merkin pintaa ja näin heikentää sen näkyvyyttä tienkäyttäjille. Väärin peseminen saattaa myös kovalla pakkasella aiheuttaa merkin jäätyksen, jolloin puhdistamisesta ei ole hyötyä. (Maanteiden talvihoito, Laatuvaatimukset. 2018.)

Liikennemerkkien puhdistaminen on suoritettava viipymättä ajoteiden puhdistamisen jälkeen. Vaikka luvassa olisi uusi lumisade muutaman tunnin päähän, se ei anna lupaa viivyttää merkkien puhdistamisen aloittamista. Kaikkia merkkejä ei tarvitse kuitenkaan puhdistaa välittömästi. Turvallisuuden kannalta tärkeät merkit, kuten Ise-, Is-, Ib- ja Ic-hoitoluokkien alle 80 km/h nopeusrajoitusmerkit, ohitus- ja kääntymiskiellomerkit sekä kävely- ja pyörävylien yhteydessä olevien korotettujen suojateiden ja liittymäalueiden varoitusmerkit, on puhdistettava viipymättä. Muiden merkkien kohdalla toimenpideaika luokissa Ise, Is, Ib ja Ic sekä taajamien ulkopuolella on 1 vrk. Luokissa II ja III taajamien ulkopuolella toimenpideaika on 3 vrk. (Maanteiden talvihoito, Menetelmätieto. 2017.)

Liikennemerkkien puhdistaminen on kuitenkin suoritettava siten, ettei siitä koidu haittaa muulle liikenteelle. Liikenne ei saa pysähtyä, eikä muulle liikenteelle saa koitua selkeää näköhaittaa esimerkiksi puhdistuksesta aiheutuvasta höyrystä. Liikennemerkkejä ei myöskään saa puhdistaa kaistan yli, vaan puhdistus on aina suoritettava autosta penkalle. (Maanteiden talvihoito, Menetelmätieto. 2017.)

Puhdistuksen hyvän laadun ja liikennemerkkien pitkän säilyvyyden ja näkyvyyden kannalta on hyvä suosia muutamia puhdistamisen tapoja. Pehmeän harjan käyttö lumisissa merkeissä on parhaaksi nähty tapa säilyttää merkin kestävyys. Jos lumi ei tahdo irrota tai jos merkki on likaantunut esimerkiksi kurasta, voidaan käyttää puhdistamisessa myös lämmintä vettä. Tällöin on huomioitava, että ulkolämpötila ei saa olla -10 °C :tta kylmempi eikä pesuveden lämpötila saa ylittää $+50\text{ °C}$:tta. (Maanteiden talvihoito, Menetelmätieto. 2017.)

4 Nanopinnoite

Nanopinnoitteen tämän tutkimustyön liikennemerkeille tuotti Suomen Nanopinnoite Oy. Yrityksellä on monen vuoden kokemus nanopinnoitteen toimivuuden testaamisesta liikennemerkkeihin likaa, vettä ja lunta vastaan. Nanopinnoitteella käsitellyjä liikennemerkkejä on jo käytössä Ivalo–Saariselkä-tieosuudella. Käsitely on tehty vuonna 2018. Näiden liikennemerkkien toimivuudesta ei ole tehty virallista tutkimusta. Yritys ei ole sitoutunut ainoastaan liikennemerkkien nanopinnoittamiseen, vaan jokainen työ tehdään tilaustyönä kohteelle sopivaksi. Liikennemerkkien nanopinnoite on siis tehty juuri liikennemerkeille sopivaksi. Myös Suomen haastavat sääolosuhteet on otettu huomioon. Suomen Nanopinnoite Oy tekee tiivistä yhteistyötä japanilaisen nanopinnoitevalmistajan kanssa. (Suomen Nanopinnoite Oy.)

Liikennemerkkien nanopinnoitteeksi valmistettava aine on sekoitus montaa eri aineosaa. Sekoituksessa on haettu UV-kestävyyttä, kulutuksenkestoa ja äärimmäistä tasaisuutta. Suomen Nanopinnoite on kehittänyt ainetta kolme vuotta yhteistyössä Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n sekä japanilaisen tehtaan kanssa. Sekoitus on tehty yksinomaan liikennemerkeille sopivaksi. Valmistetta tehtäessä on myös huomioitu liikennemerkkien erilaiset pinnat. Nanopinnoite sopii niin maalatulle kuin teipatullekin liikennemerkille. (Falkstedt 2020.)

Pinnoitettaessa liikennemerkkiä on huomioitava vallitsevat sääolosuhteet. Nanopinnoitetta ei voi laittaa, mikäli luvassa on vesisadetta. Myös sumua on vältettävä. Ulkolämpötilan pitäisi olla vähintään +5 °C:tta. Ennen liikennemerkin käsittelyä merkki puhdistetaan Butanolilla. Puhdistuksen jälkeen merkki pyyhitään kahteen kertaan imemättömällä tyynyllä, jota kastetaan seokseen, jossa on 80 % pinnoiteainetta ja 20 % Butanolia. Liikennemerkki pyyhitään uudelleen seoksella 10 minuutin jälkeen. Jos näitä valmistajan antamia ohjeita noudatetaan, nanopinnoitteelle luvataan 5 vuoden käyttöikä, minkä jälkeen liikennemerkki voidaan pinnoittaa uudelleen. (Falkstedt 2020.)

5 Liikennemerkkien lumisuuden tarkastelu

Työn alkuvaiheessa haastateltiin lin alueurakan työmaapäällikkö Jari Huttusta, jotta saataisiin selville nykytilanne liikennemerkkien puhdistamisen työvaiheista ja haasteista talvikautena. Haastattelussa kävi selväksi, että varsinkin vilkasliikenteisillä teillä liikennemerkkien puhdistaminen on hankalaa ilman, että muille tienkäyttäjille aiheutuisi siitä haittaa. Lin alueurakan piiriin kuuluu valtatie 4, mikä on hyvin vilkas tie varsinkin ruuhka-aikoina. Liikennemerkkien uuden käsittelytavan toivottiin todella tuovan helpotusta lumen tarttumiseen liikennemerkkeihin ja näin nopeuttavan hoitourakan toimenpiteitä. Näin voitaisiin keskittää resursseja enemmän muihin huoltotöihin, kuten lumen auraamiseen ja liukkauden torjuntaan. (Huttunen 2019.)

Ennen tietojen keruun aloittamista käytiin läpi, mitkä olivat nykyisellään pahimmat tekijät lumen kertymisessä liikennemerkkeihin. Urakoitsijoiden kokemusten perusteella tultiin siihen tulokseen, että kuluneet liikennemerkit, suomalainen lumi, aura-autosta lentävä lumi sekä lumituiskut olivat pahimmat vaikuttajat lumen tarttumiselle. (Huttunen 2019.)

Tutkimustyön nanopinnoitettujen liikennemerkkien lumeentumista seurattiin talven aikana ajamalla niillä tieosuuksilla, missä nanopinnoitettuja liikennemerkkejä ja näiden verrokkeja oli hoitourakassa. Ajon aikana autossa oli käytössä älypuhelin ja siihen asennettu RoadData-aplikaatio, mikä kuvasi liikennemerkkejä automaattisesti ennalta määritellyin ehdoin.

Liikennemerkkien lumisuus analysoitiin nettipohjaisella RoadData-ohjelmalla, jossa ohjelman käyttäjä antoi jokaiselle kuvatulle liikennemerkillä tunnisteen. Annetut tunnisteen olivat luminen, puhdistustarve ja ei luminen. Ohjelmasta sai ladattua tulokset Excel-työkirjana tietokoneelle. Työkirjaan yhdistettiin talven säätiedot Haukiputaan tiesääasemasta.

Lin hoitourakan urakoitsija tarjosi työhön taulukon, johon oli merkattu nanopinnoitetut liikennemerkit ja näiden verrokkeet. Suomen Nanopinnoite Oy oli pinnoittanut liikennemerkit syksyllä 2019. Taulukkoa täydennettiin lisäämällä siihen tärkeitä tietoja liikennemerkeistä, jotta liikennemerkkien lumisuuden tarkastelun jälkeen tulosten analysointi olisi mahdollisimman tarkkaa. Työkirjaan lisättiin muun muassa liikennemerkin kuntosuunnitelma, liikennemerkin mahdollinen teksti, liikennemerkkitolpan tunnus ja merkin materiaali.

Seuraavassa on lueteltu tähän tutkimustyöhön valikoidut, liikenneturvallisuuden kannalta tärkeiksi havaitut liikennemerkit ja niiden kappalemäärät:

- hirvieläimiä, asetusnumero 155, 21 kpl
- ohituskielto ja kielto päättyy, asetusnumero 351 & 352, 5 kpl
- kääntymiskiello, asetusnumero 332 & 333, 3 kpl
- lapsia, asetusnumero 152, 29 kpl
- suojatie, asetusnumero 511, 114 kpl
- nopeusrajoitus, asetusnumero 361, 96 kpl.

lin hoitourakkaan kuuluu yhteensä 4 174 liikennemerkkiä ja porttaalia, joista nanopinnoitetestiin oli valittu 255 liikennemerkkiä. Näistä merkeistä 157 on kuntoluokan 5 liikennemerkkejä, 79 kuntoluokan 4 liikennemerkkejä, 18 kuntoluokan 3 liikennemerkkejä ja 1 kuntoluokan 2 liikennemerkki. (2.03 Liikennemerkit ja porttaalit. 2016.)

5.1 RoadData

Liikennemerkkien lumisuutta ja samalla nanopinnoitteen toimivuutta tarkkailtiin talven aikana suorittamalla ajoja nanopinnoitettujen liikennemerkkien tieosuuksilla. Analysointia helpottamaan otettiin käyttöön Jalonne Oy:n kehittämä RoadData-mobiilisovellus. Ajossa olevaan autoon kiinnitettiin älypuhelin siten, että se kuvaisi tuulilasista vastaantulevia liikennemerkkejä mahdollisimman selkeästi.

RoadData-aplikaatio oli ohjelmoitu ottamaan valokuvia 1 sekunnin välein riippuen siitä, missä ajo tapahtui tai mikä oli ajoneuvon vauhti. Jotta valokuvien tarkastelu myöhemmässä vaiheessa olisi järkevää, Jalonne Oy:n työntekijät ohjelmoivat verkkopohjaisen ohjelman yksinomaan tätä työvaihetta varten.

Seuraavassa näkyvät ohjelmaan syötetyt tiedot:

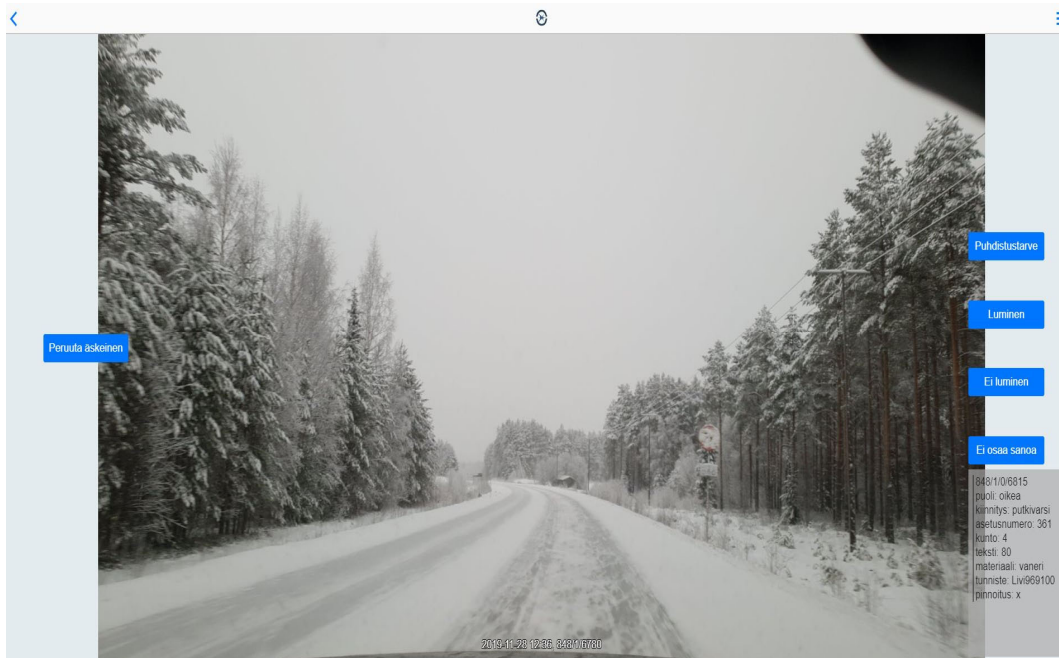
- tienumero
- tieosan alkuosa, Aosa
- etäisyys tieosan alusta, Aet
- kummalla puolella tietä liikennemerkki on
- liikennemerkin kiinnitys
- liikennemerkin asetusnumero
- liikennemerkin kuntoluokka
- mahdollinen teksti liikennemerkissä
- liikennemerkin materiaali
- liikennemerkin tunniste
- oma tunniste liikennemerkin pinnoitukselle.

Jotta talven aikana saatiin tarpeeksi kattavasti valokuvia liikennemerkeistä eri sääolosuhteissa, annettiin RoadData-aplikaatio usean auton käyttöön. Applikaatiota käytti talven aikana yhteensä kahdeksan autoa. Käyttäjiä olivat tutkimustyön tekijä, kolme lin hoitourakan urakoitsijaa, kaksi Destia Oy:n kuorma-autoa, maitoauto ja taksi. Kuvia talven aikana tarkasteltavaksi tuli yhteensä 43 809 kpl.

5.2 Annotointi

Talven aikana mobiilisovelluksella valokuvatut liikennemerkit tarkasteltiin Jalonne Oy:n nettipohjaisella RoadData-sovelluksella. Ohjelma näytti tutkimustyöhön valitut liikennemerkit niiden paikkatietojen perusteella. Tiedot oli aiemmin annettu Jalonne Oy:n työntekijöille taulukon muodossa. Koska mobiilisovelluksen satelliittipaikannuksessa on pientä epätarkkuutta, ohjelma oli ohjelmoitu näyttämään valokuvat 50 metriä ennen liikennemerkin paikkatietoa. Auton nopeudesta riippuen näin saatiin tarkasteluun noin 4-5 kuvaa per liikennemerkki. Yleensä kuvista yksi oli kaukana liikennemerkistä, yksi sopivalla etäisyydellä ja yksi liikennemerkin jälkeen.

RoadData-sovelluksen käyttöliittymän (kuva 3) oikealla puolella olivat painikkeet liikennemerkkien lumisuuden merkitsemistä varten. Painikkeiden alapuolelta harmaasta laatikosta löytyivät tiedot tarkasteltavasta liikennemerkestä. Laatikosta pystyi tarkastamaan, mitä liikennemerkkiä piti tarkastella, jos kuvassa oli useampi liikennemerkki. Käyttöliittymän alareunassa olivat tiedot siitä, milloin valokuva oli otettu, sekä valokuvan paikkatiedot mobiiliapplikaatiosta. Käyttöliittymän vasemmassa reunassa oli peruuta äskeinen toiminto - komento. Kyseisellä toiminnolla pystyi perumaan edellisen komennon tunnisteita antaessa. Peruutuksen pystyi antamaan vain kerran edelliselle kuvalle.



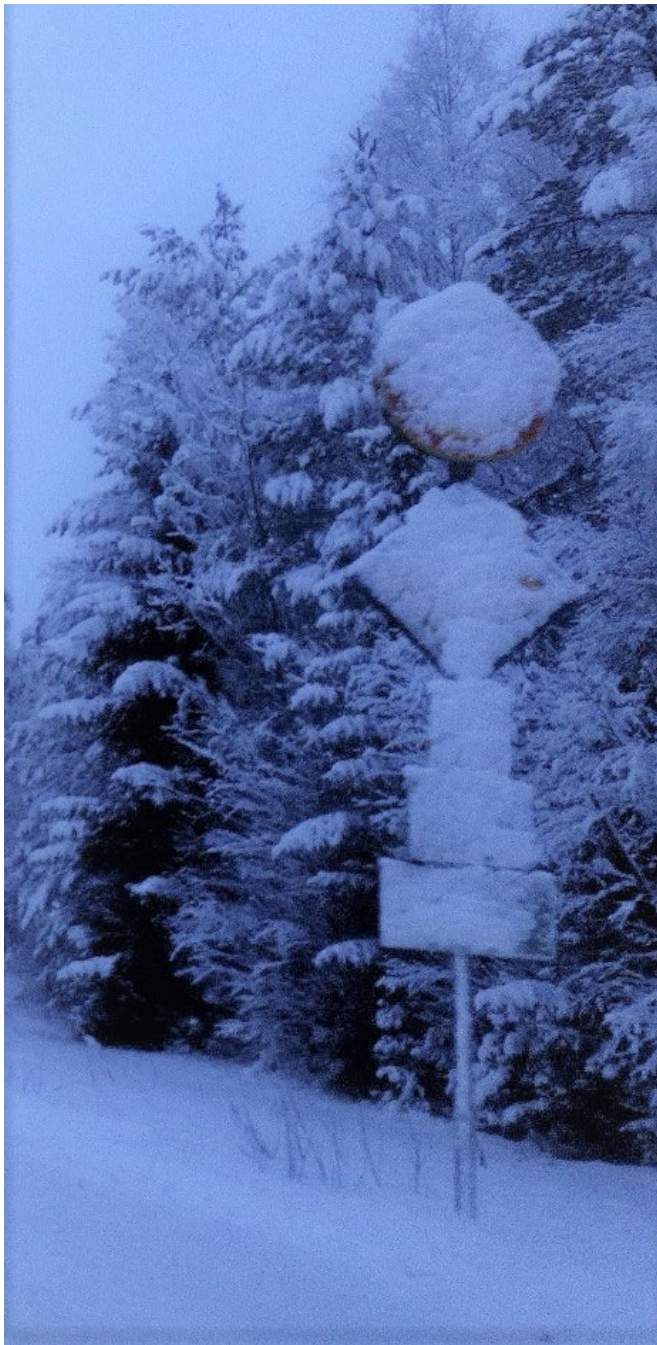
Kuva 3. Annotoinnin käyttöliittymä (RoadData)

Liikennemerkkien lumisuuden merkitsemistä varten nettisovellukseen oli ohjelmoitu ennalta sovitut tunnisteet, jotka annettiin jokaiselle valokuvalle. Tärkeimpänä kriteerinä valokuvien tulkitsemisessä oli liikennemerkin luettavuus eli se, saako tienkäyttäjä liikennemerkestä selvää autoa ajettaessa. Tunnisteina käytettiin seuraavia: puhdistustarve, luminen, ei luminen ja ei osaa sanoa. Puhdistustarve-tunniste ei ollut alusta alkaen mukana tunnisteissa. Ilman kyseistä tunnistetta käytiin läpi muutaman päivän liikennemerkit, kunnes huomattiin, etteivät pelkät luminen- ja ei luminen -tunnisteet anna tarpeeksi kattavaa tulosta. Puhdistustarve-tunniste otettiin käyttöön merkeille, jotka olivat lumessa, mutta joista voitiin lukea liikennemerkin sanoma (kuva 4).



Kuva 4. Puhdistustarpeellinen liikennemerkki (RoadData)

Luminen-tunniste annettiin niille liikennemerkeille, jotka olivat selkeästi lumen peitossa (kuva 5). Liikennemerkeistä ei pystynyt lukemaan merkin sanomaa.



Kuva 5. Luminen liikennemerkki (RoadData)

Ei luminen -tunnistetta käytettiin lumettomille merkeille. Tunnistetta käytettiin myös merkeille, jotka olivat lumessa, mutta samalla luettavissa olevia liikennemerkejä (kuva 6). Lumisuus ei myöskään ollut niin merkittävä, että se olisi aiheuttanut puhdistustarvetta.



Kuva 6. Ei luminen -liikennemerkki (RoadData)

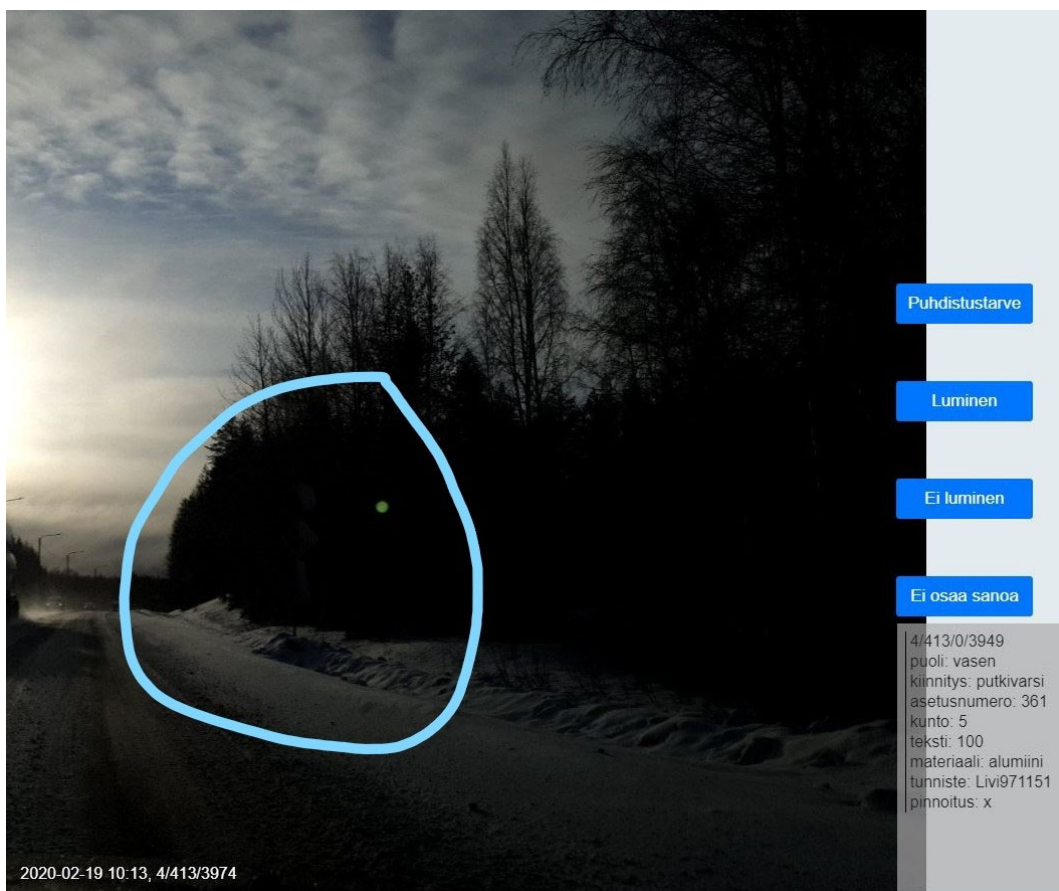
Ei osaa sanoa -tunnistetta käytettiin silloin, kun tarkasteltavasta kuvasta ei saanut selvää, kuva oli liikennemerkin jälkeen tai kuvassa ei ollut tarkasteltavaa liikennemerkkiä. Näitä tapauksia, joissa tarkasteltavaa liikennemerkkiä ei ollut kuvassa, olivat esimerkiksi risteysalueet. Ohjelma otti tarkasteluun kaikki kuvat 50 metrin säteellä liikennemerkeistä riippumatta siitä, oliko kuva otettu samalta tieltä kuin tarkasteltava liikennemerkki. Tämän lisäksi ohjelma ei ymmärtänyt sitä, kumpaan suuntaan tietä oli ajettu ja kummalla puolella tietä tarkasteltava liikennemerkki oli. Tästä johtuen annotoinnissa tuli vastaan kuvia, joissa liikennemerkin takapuoli osoitti kameraan. Näille kuville annettiin ei osaa sanoa -tunniste.

Liikennemerkeille annetut merkinnät saatiin taulukon muodossa ladattua tietokoneelle myöhempää tarkastelua ja tulosten analysointia varten. Taulukkoon lisättiin merkinnät kaikista niistä liikennemerkeistä, joille annettiin tunnisteet puhdistustarve, luminen ja ei luminen. Jos samalle liikennemerkillä oli annettu tunnisteet luminen ja ei luminen samalta ajolta, ohjelma ei antanut kyseistä

merkkiä taulukossa. Kyseisellä merkillä oli tässä tapauksessa ristiriita lumisuuden osalta.

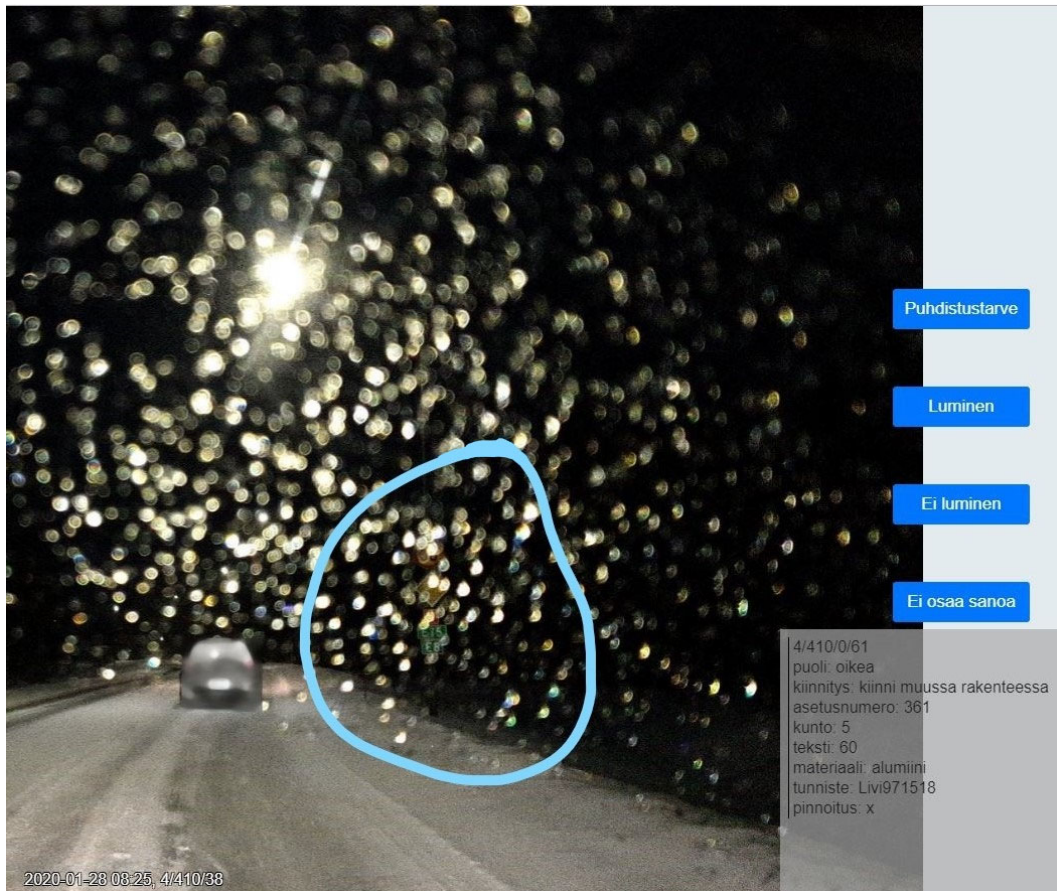
5.3 Liikennemerkkien tunnistamisen haastavuudet

Liikennemerkkien lumisuuden tarkastelussa RoadData-sovelluksella huomattiin muutama haaste, jotka saattoivat vaikuttaa lopulliseen tulokseen. RoadData-mobiilisovelluksen kamera toimii normaalin kameran tavoin, joten esimerkiksi vastavaloon kuvattua kuvaa tulee vääjäämättä. Tämän tyylistä valokuvista oli joissain tapauksissa mahdotonta tunnistaa liikennemerkin lumisuutta (kuva 7).



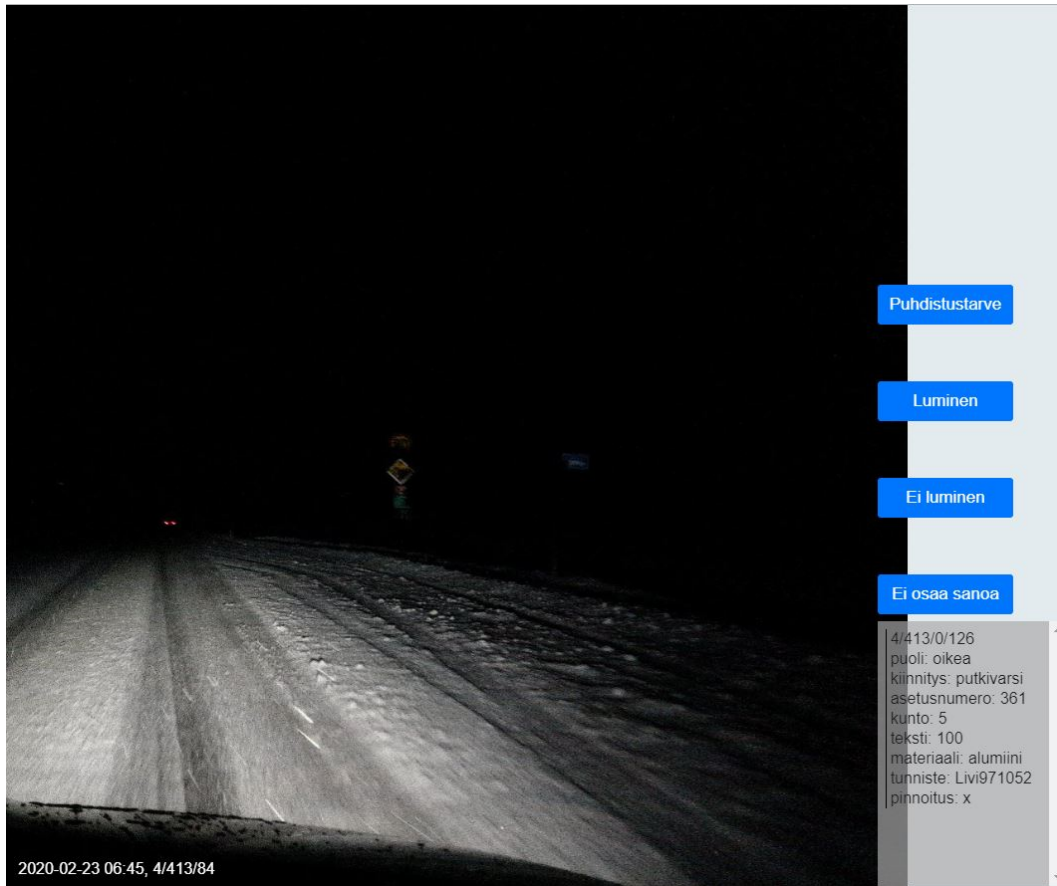
Kuva 7. Vastavaloon kuvattu valokuva, tarkasteltava liikennemerkki ympyröity (RoadData)

Myös auton tuulilasiin muodostuneet vesipisarat valoa kohden kuvattuna teki-
vät liikennemerkkin tulkittamisesta lähes mahdotonta (kuva 8). Vaikka jokaista
mobiilisovelluksen käyttäjää pyydettiin käyttämään aktiivisesti auton tuulilasin
pyyhkijöitä, kyseisten tilanteiden estäminen oli mahdotonta.



Kuva 8. Vesipisaroita auton tuulilasissa, tarkasteltava liikennemerkki ympyröity (RoadData)

Pimeällä ajettaessa auton ajovalot eivät aina osoittaneet suoraan liikenne-merkkiin tai vaihtoehtoisesti liikennemerkki ei heijastanut valoa niin, että liikennemerkki näkyisi selvästi kameraan. Näissä tapauksissa liikennemerkki näkyi hyvin tummana valokuvassa (kuva 9).



Kuva 9. Pimeällä otettu valokuva, jossa liikennemerkki näkyy huonosti (RoadData)

Annotoinissa edellä mainituille tapauksille annettiin ei osaa sanaa -tunniste. Tämä aiheutti sen, että mahdollisesti lumeentuneet liikennemerkit jäivät lopullisista tuloksista pois niiden tunnistamisvaikeuksien takia.

5.4 Säätietojen yhdistäminen annotoinnin tuloksiin

Tutkimustyön ajanjakson säätiedot kerättiin Haukiputaan tiesääasemalta. Säätiedot yhdistettiin annotoinnista saatuihin tuloksiin. Jos talven aikana tarkastelussa oleva liikennemerkki oli lumeentunut, näillä tiedoilla selvitettiin, millaisesta säätilasta se oli tapahtunut.

Seuraavassa näkyvät tiesääasemalta saadut tiedot, joita käytettiin liikenne-merkkien lumisuuksien seurantaan:

- ilman lämpötila °C
- tuuli m/s
- tuulen suunta
- vallitseva säätila.

Tiesääasemalta saatu säätila osoitti tietyn kellonajan vallitsevaa säätilaa. Kun säätietoja yhdistettiin annotoinnin tuloksiin, ei säätietoja täten voinut yhdistää suoraan vastaamaan annotoinnin kellonaikaa säätietojen kellonajalla. Säätietoista katsottiin tarkasteltavan kellonajan edellinen merkittävin sääolo ja kirjattiin se annotoinnista saatuihin tuloksiin.

Seuraavassa on kuvattu esimerkki säätietojen lisäämisestä annotoinnin tuloksiin: Annotoinnista saatu luminen liikenne-merkki 19.12.2019 klo 10.20. Säätieto kyseiselle ajalle näyttää poutasäätä. Samana päivänä oli ollut lumisadetta klo 5.44–7.20. Lumeentuneen liikenne-merkin säätietoihin merkattiin säätilaksi lumisade.

6 Nanopinnoitteen toimivuuden tarkastelu

Nanopinnoitteen toimivuutta liikennemerkkien lumeentumiseen analysoitiin tarkastelemalla, olivatko testiin valitut liikennemerkit lumeentuneet talven aikana. Jos lumeentumista oli havaittu, tarkasteltiin, minkälaiset tekijät vaikuttivat lumeentumiseen. Huomioon otettiin niin liikennemerkkien kuntoluokat kuin vallinneet sääolosuhteet. Myös pinnoitettujen ja pinnoittamattomien merkkien eroavaisuuksia tarkasteltiin. Tulokset lumeentuneista liikennemerkeistä ja talven aikana vaikuttaneista sääoloista saatiin edellisistä työvaiheista, annotoinnista ja säätietojen tarkastelusta.

6.1 Annotoinnin tulokset

Annotoinnin tuloksien tarkastelun alussa pantiin merkille, että testiin valituista liikennemerkeistä 75 % oli nanopinnoitettuja merkkejä. Jos siis testin tuloksissa nanopinnoitetut merkit olivat lumeentuneet määrällisesti enemmän kuin pinnoittamattomat, oli hyvä muistaa, että pinnoitettuja merkkejä oli myös määrällisesti enemmän. (Taulukko 1.)

Taulukko 1. Pinnoitettujen ja pinnoittamattomien liikennemerkkien lukumäärät

	kpl
Pinnoitettu	192
Pinnoittamaton	63

Mittausjakson annotoinnin tuloksista nähtiin selvästi, että suurin osa talven aikana valokuvatuista liikennemerkeistä oli lumettomia. Lumisia ja puhdistustarpeellisia liikennemerkkejä oli kuitenkin havaittu. (Taulukko 2.)

Taulukko 2. Mittausjakson kaikki merkinnät annotoinnista

Mittausjakson kaikki merkinnät	
Ei luminen	1 739
Luminen	125
Puhdistustarve	101

Jotta saatiin selvyys siitä, miten lumeentuneet liikennemerkit olivat jakaantuneet pinnoitettujen ja pinnoittamattomien liikennemerkkien välillä, tehtiin taulukko, jossa tätä tarkasteltiin (taulukko 3). Tarkastelussa huomattiin, että pinnoitettuihin liikennemerkeihin oli talven aikana tullut enemmän merkintöjä niin lumisuudesta kuin puhdistustarpeestakin. Tässä tosin huomioitiin myös, että pinnoitettuja liikennemerkkejä oli valittu tähän tutkimustyöhön enemmän kuin pinnoittamattomia (taulukko 1).

Taulukko 3. Pinnoitettujen ja pinnoittamattomien liikennemerkkien lumisuus mittausjakson aikana.

Pinnoitus	Lu- minen	Puhdistus- tarve
Pinnoitettu	102	78
Pinnoittamaton	23	23

Kuten luvussa 3.1 Liikennemerkkien kuntoluokitus on mainittu, liikennemerkin kuntoluokalla on väliä nanopinnoitteen kestävyys. Tämän tiedon pohjalta tarkasteltiin, onko liikennemerkin kuntoluokalla väliä myös liikennemerkin lumeentumiseen niin pinnoitetussa kuin pinnoittamattomassa liikennemerkillä. Tutkimustyön liikennemerkeistä suurin osa oli kuntoluokan 5 merkkejä (taulukko 4).

Taulukko 4. Liikennemerkkien kuntoluokat ja kappalemäärät

Liikennemerkki				
Kuntoluokitus	5	4	3	2
	157	79	18	1

Tarkastelussa huomattiin, ettei tässä tutkimuksessa liikennemerkin kuntoluokalla ollut merkitystä lumen kertymisessä. Liikennemerkit lumeentuivat suhteessa yhtä paljon jokaisessa kuntoluokassa. (Taulukko 5.)

Taulukko 5. Liikennemerkkien kuntoluokitukset

Kuntoluokitus	5	4	3	2
Ei luminen	1 092	517	121	8
Luminen	85	32	8	0
Puhdistustarve	62	30	10	0
Yhteensä	1 239	579	139	8
Pinnoitetut				
Ei luminen	810	375	110	8
Luminen	69	25	8	0
Puhdistustarve	53	19	7	0
Pinnoittamaton				
Ei luminen	282	142	11	0
Luminen	16	7	0	0
Puhdistustarve	9	11	3	0

Jotta saatiin selvyys, oliko lumeentuminen tapahtunut tasaisesti koko talven aikana, vai ainoastaan tiettyinä ajanjaksoina, tarkasteluun otettiin vielä jokai-

sen ajopäivän tulokset eriteltyinä. Selvisi, että nanopinnoitettujen liikenne-merkkien lumeentuminen kohdistui tietyille päiville. Lumeentumista ei siis tapahtunut tasaisesti talven aikana. Joinakin päivinä yhtäkään lumista liikenne-merkkiä ei ollut havaittu, kun taas joinakin päivinä jopa 66,7 % tarkastelluista merkeistä oli lumisia tai puhdistustarpeessa olevia. (Liite 1.)

Pinnoittamattomien liikennemerkkien lumeentumisessa havaittiin sama tulos: lumeentumista oli havaittu vain tiettyinä päivinä tutkimusjakson aikana (liite 2). Koko mittausjakson aikana kaikista tarkastelluista merkeistä lumeentuneita oli vain 11,5 % (liite 3). Luku on verrattaen pieni, mutta tässä on huomioitava, että pinnoitettujen sekä pinnoittamattomien prosenttiosuudet ovat yhtä pienet.

6.2 Säätietojen analysointi

Kuten annotoinnin tuloksien analysoinnissa oli huomattu, nanopinnoitettuja liikennemerkkejä oli lumeentunut mittausjakson aikana. Tämän tiedon pohjalta lähdettiin selvittämään, löytyykö lumeentumiselle selkeää tekijää vallinneista sääoloista talvena ajalta.

Talvi 2019 – 2020 oli normaalia talvea leudompi. Vaikka alkutalven pakkaset ja lumisateiden määrä näyttivät lupaavilta, jäi talvi normaalia lämpimämmäksi. Sydäntalvella ei päästy korkeisiin pakkaslukemiin, mikä esti nanopinnoitteen testaamisen kovilla pakkasilla. Vaikka lumisateiden määrä oli suhteessa korkeampi kuin vertailuarvo, lumi satoi maahan lähes poikkeuksetta leudoilla lämpöasteilla. (Kuva 10.)

li 2019-2020

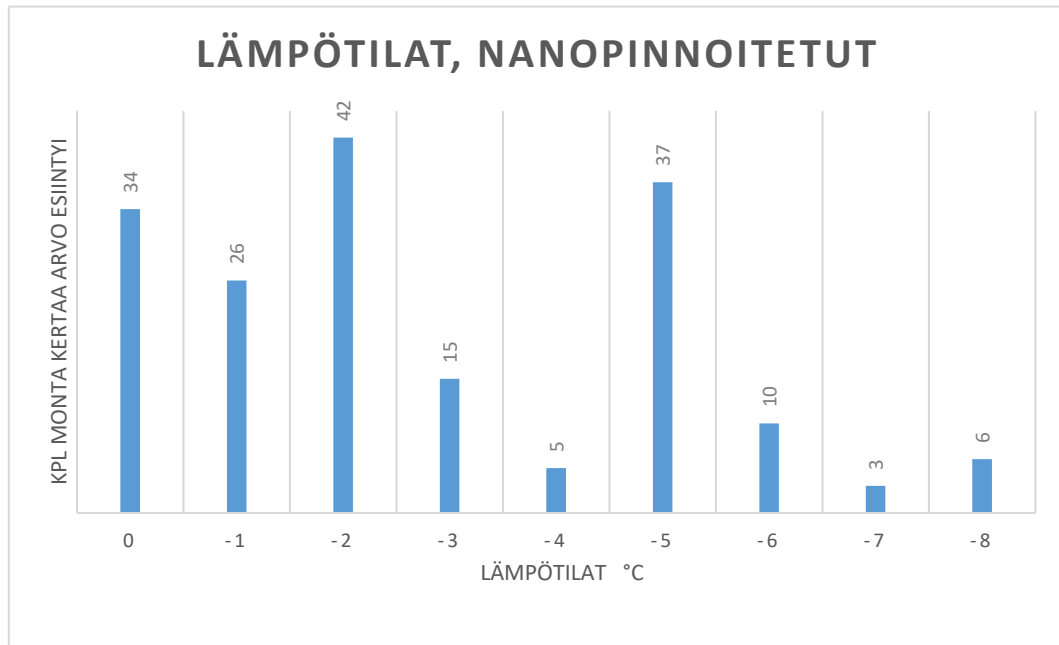
Jakso	Lämpö	Lumi	Jäät.
Lokakuu	0,7	15,9	11
Marraskuu	-4,6	46,9	5
Joulukuu	-3	38,2	7
Tammikuu	-4,4	29,4	10
Helmikuu	-5,6	29	7
Maaliskuu	-2,9	24,1	13
Huhtikuu	0	13,3	22
Sydäntalvi	-4,3	96,5	24
Koko kausi	-2,8	196,7	75

li 1981-2010

Jakso	Lämpö	Lumi	Jäät.
Lokakuu	2,4	10,6	9
Marraskuu	-4,0	28,0	6
Joulukuu	-8,6	28,4	5
Tammikuu	-10,9	32,1	4
Helmikuu	-10,4	25,2	4
Maaliskuu	-5,5	23,8	10
Huhtikuu	0,7	11,5	16
Sydäntalvi	-9,9	86,0	12
Koko kausi	-5,1	160,9	52

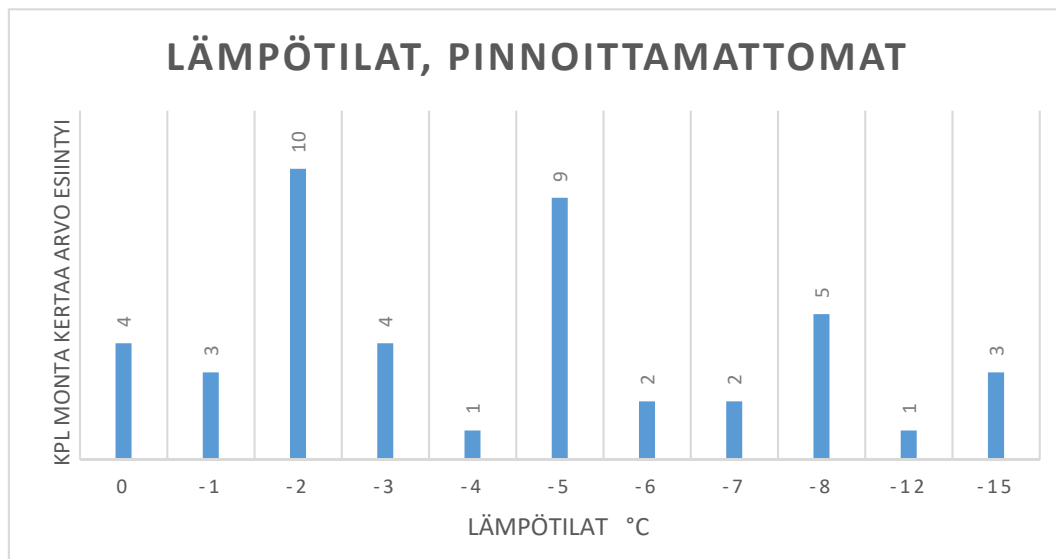
Kuva 10. Kuvakaappaus Ilmatieteenlaitoksen Weatherpoof-internetsivulta (Huttunen 2020)

Tulosten analysointia jatkettiin selvittämällä, millaisissa lämpötiloissa lumisia nanopinnoitettuja liikennemerkkejä oli havaittu talven aikana. Huomattiin, että kaikki merkinnät olivat alle -10 °C :n lämpötiloista. Merkinnöistä 57 % oli alle -3 °C :n lämpötiloista. Nanopinnoite ei siis estä liikennemerkkin lumeentumista leudoissa lämpötiloissa tämän testin perusteella. Taulukosta huomattiin myös, ettei talven aikana saatu yhtään merkintää kovilta pakkasilta. (Kuva 11.)



Kuva 11. Lämpötilat kun havaittu lumisia ja puhdistustarpeessa olevia nanopinnoitettuja liikennemerkkejä

Vertailun vuoksi tarkasteltiin, millaisia lämpötiloja esiintyi pinnoittamattomien lumeentuneiden merkkien kohdalla. Tässä tapauksessa ei huomattu merkittävää poikkeavuutta edelliseen. Muutama merkintä oli tullut kovemmilta pakkasilta, mikä viittaisi, että pinnoite saattaa toimia kovilla pakkasilla. Merkintöjä on kuitenkin niin vähän, että tämän tutkimuksen aineiston pohjalta kyseiseen kysymykseen ei voi vastata. (Kuva 12.)



Kuva 12. Lämpötilat kun havaittu lumisia ja puhdistustarpeellisia pinnoittamattomia liikennemerkkejä

Sääolojen havainnoinnissa tarkasteltiin myös, millaisissa lumisateissa nanopinnoitetut liikennemerkit olivat peittyneet lumeen. Haluttiin selvittää, tarttuuko esimerkiksi märkä räntäsade helpommin merkkiin kuin tavallinen lumisade. Tuloksista selvisi, että tavallinen lumisade oli yleisin lumisateen tyyppi tutkimuksen aikana. (Taulukko 6.)

Taulukko 6. Lumisateiden olomuodot

Sateen olomuoto	
Lumikuuro	25
Lumisade	147
Räntäsade	6

6.3 Urakoitsijan kommentit

Opinnäytetyön tuloksien vertailuksi otettiin lin hoitourakan urakoitsijan näkökulma nanopinnoitteen toimivuuteen. Tällä saatiin konkreettinen näkemys niiltä henkilöiltä, jotka huolehtivat teiden kunnossapidosta ja keiden työtä nanopinnoite tulisi helpottamaan. Urakoitsijat ajavat säännöllisesti hoitourakan teitä ja seurailevat muun muassa liikennemerkkien lumisuuksia talvikausina.

Urakoitsija ei ollut huomannut erityisen suurta vaikutusta nanopinnoitteen toimivuudella. Nanopinnoitetut liikennemerkit olivat olleet yhtä lumisia kuin pinnoittamattomat. Liikennemerkkien huurtumista oli havaittu vähemmän kuin edellisinä talvina, mutta tähän saattoi vaikuttaa myös leuto talvi. (Huttunen 2020.)

lin hoitourakan liikennemerkkien pesemiseen käytetyistä työtunneista näkee, että tutkimustyön ajanjaksona tehtyjä työtunteja on saman verran, kuin edellisinä talvikausina (taulukko 7). Kaudella 2018–2019 tehdyt työtunnit oli osittain

litteroitu väärin, mikä selittää kyseisen kauden vähäiset työtunnit. (Huttunen 2020.)

Taulukko 7. Liikennemerkkien pesemiseen käytetyt työtunnit (Erkkilä 2020)

Tehdyt työtunnit		
Hoitokausi	Yhteensä	Vt 4
2019 - 2020	51	20
2018 - 2019	18	4,5
2017 - 2018	82	21
2016 - 2017	57	20,5

6.4 Vertailuna Ivalon hoitourakka

Tutkimustyötä varten haastateltiin Ivalon hoitourakan urakoitsijaa Destia Oy:n Jari Lopinaa. Tällä haluttiin saada Ivalon hoitourakan näkemys nanopinnoitteen toimivuudesta. Ivalon hoitourakassa nanopinnoitteen toimivuudesta on kokemusta kahdelta edelliseltä talvelta vuosilta 2018 – 2019 sekä 2019 – 2020. Nanopinnoitetut liikennemerkit sijaitsevat Ivalo–Saariselkä välisellä tieosuudella valtatie 4 varrella. Pohjoisessa talvet ovat lähtökohtaisesti kylmempää ja lumisempää kuin lissä, joten tuloksetkin voivat olla erilaisia.

Ivalon hoitourakassa nanopinnoitteen toimivuutta ei ole tarkkailtu yhtä tarkasti kuin tässä tutkimustyössä, joten tarkkaa arvioita ei voida antaa. Urakoitsija on kuitenkin huomannut nanopinnoitteen tuovan pientä helpotusta liikennemerkkien puhdistamiseen. Lumen puhdistaminen lumisesta merkistä on helpompaa kuin pinnoittamattomasta merkistä. Urakoitsija kuitenkin myöntää, että nanopinnoitetut liikennemerkit lumeentuvat siinä missä pinnoittamattomat. Nanopinnoitteella ei siis päästä lumeentumisesta täysin eroon. (Lopina 2020.)

Ivalon hoitourakassa oli huomattu kokeilla, mitä tapahtuu, jos aura-auton pohjan ja perän käsittelee samalla aineella kuin liikennemerkit käsitellään. Talvien aikana oli huomattu, että ajoissa tarttuva lumi ja jää saadaan helposti puhdistettua autosta nanopinnoitteen ansiosta. (Lopina 2020.)

7 Yhteenveto

Liikennemerkkit kertovat tärkeää tietoa tienkäyttäjille ajettavasta tieosuudesta. Talvikausina liikennemerkkit lumeentuvat helposti ja ovat tällöin huonosti luettavissa. Lumeentuneet liikennemerkkit ovat siis turvallisuusriski. Tässä opinnäytetyössä selvitettiin, voidaanko liikennemerkkien lumeentuminen estää nanopinnoittamalla liikennemerkkit. Työssä tarkasteltiin myös, missä sääolosuhteissa nanopinnoite toimii ja onko liikennemerkkin kuntoluokalla vaikutusta lumeentumiseen. Tutkimustyö suoritettiin lin hoitourakan alueella, jossa urakoitsijana toimi Destia Oy.

Työssä liikennemerkkien lumisuuden määritelmäksi asetettiin liikennemerkkin luettavuus tienkäyttäjälle eli se, onko merkki luettavissa vai ei. Tämän kriteerin pohjalta nanopinnoitettujen liikennemerkkien lumisuutta tarkkailtiin vuoden 2019 marraskuusta vuoden 2020 helmikuun loppuun. Tulosten arvioinnissa huomioon otettiin myös vallinneet sääolot, jotta saatiin selvyys siitä, millaiset olosuhteet vaikuttivat liikennemerkkien lumeentumiseen.

Tutkimustyön tuloksista ei saatu selkeää vastausta nanopinnoitteen toimivuudesta. Vaikka suurin osa tutkimustyön mittausjakson liikennemerkkeistä oli lumettomia, lumisia nanopinnoitettuja liikennemerkkejä havaittiin pitkin talvea. Tuloksien analysoinnissa lumeentuneille nanopinnoitetuille merkeille pyrittiin löytämään selkeä tekijä, kuten talven sääolot tai liikennemerkkien kuntoluokka. Yksikään yksittäinen tekijä ei noussut esille tuloksissa.

Tämän opinnäytetyön tuloksien perusteella nanopinnoitteesta ei ole hyötyä liikennemerkkien lumisuuden estämisessä. Talven aikana huomattiin monia lumeentuneita nanopinnoitettuja liikennemerkkejä. Hoitourakassa käytetyt työtunnit osoittivat, ettei liikennemerkkien pesuun käytettyjä työtunteja saatu vähennettyä talven aikana. Vaikka annotoinnin tuloksista nähdään, että prosentuaalisesti nanopinnoitetut liikennemerkkit eivät lumeentuneet, on huomioitava, että pinnoittamattomat merkit lumeentuivat prosentuaalisesti yhtä monta kertaa. Huomioon on otettava myös mittausjakson huono talvi. Lumisadepäiviä oli todella niukasti talven aikana ja talven keskilämpötila oli lähellä nollaa. Tämä vaikutti siihen, että lumisateen jälkeisiä tarkastelupäiviä tuli mittausjakson aikana vähän. Jos talvi olisi ollut enemmän normaali, tulokset olisivat olleet kattavampia.

Jos kyseinen tutkimus tehtäisiin uudelleen, testipaikka kannattaisi valita alueelta, jossa talvi olisi lähtökohtaisesti parempi kuin tämän tutkimustyön alueella. Näin voitaisiin saada paremmalla todennäköisyydellä kattavampi tulos nanopinnoitteen toimivuudesta. Esimerkiksi Ivalon hoitourakka voisi toimia testialueena. Kyseisellä alueella on jo valmiina nanopinnoitettuja liikennemerkkejä.

Lisäksi nanopinnoitettujen liikennemerkkien ja näiden verrokkien paikat olisi hyvä sijoittaa lähemmäs toisiaan. Esimerkiksi jos pinnoitettu ja pinnoittamaton liikennemerkki olisivat peräkkäin testialueella, huomattaisiin, miten aurauslumi vaikuttaa näiden kahden liikennemerkkin välillä. Tässä tutkimustyössä kyseiset liikennemerkkit olivat eri tieosuuksilla.

Vartenotettava vaihtoehto olisi myös erillisen testialueen rakentaminen. Alueelle voisi asentaa muutaman kameran seuraamaan liikennemerkkejä ja tallentamaan sääolojen vaikutusta nanopinnoitteeseen. Tallenteista näkisi jälkikäteen esimerkiksi sen, kuinka nopeasti lumi tippuu nanopinnoitetusta liikennemerkestä lumisateen jälkeen.

Lähteet

- 1.03 Tiestön talvihoitoluokitus. 1248 li 2016-2021. 2016. Kartta. ELY-keskus.
- 2.03 Liikennemerkkit ja porttaalit. 2016. Excel-taulukko. Destia Oy.
- Erkkilä, Janne 2020. VS: Opinnäytetyö, Nanopinnoite. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Ville Tarsa. 23.4.2020.
- Falkstedt, Jori 2020. VS: Opinnäytetyö, Nanopinnoite. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Ville Tarsa. 15.4.2020.
- Huttunen, Jari 2019. Työmaapäällikkö, Destia Oy. Tapaaminen 21.11.2019.
- Huttunen, Jari 2020. Työmaapäällikkö, Destia Oy. Teams-palaveri 7.5.2020.
- Huttunen, Jari 2020. VS: IL:n raportti talvikausi 2019-2020. Vastaanottaja: Ville Tarsa 7.5.2020.
- Huuskonen, Oiva 2019. Kehittämispäällikkö, Destia Oy. Skype-palaveri 7.11.2019.
- [Liikennemerkkien kuntoluokitus](#). 2009. Tiehallinto. Hakupäivä 28.4.2020.
- [Liikennemääräkartat](#). 2020. Väylävirasto. Hakupäivä 13.2.2020.
- Lopina, Jari 2020. Työmaapäällikkö, Destia Oy. Puhelinkeskustelu 28.4.2020.
- [Maanteiden talvihoito. Laatuvaatimukset](#). 2018. Liikennevirasto. Hakupäivä 5.11.2019.
- [Maanteiden talvihoito. Menetelmätieto](#). 2017. Liikennevirasto. Hakupäivä 11.11.2019.
- RoadData. Sovellus. Jalonne Oy.
- [Suomen Nanopinnoite Oy](#). Hakupäivä 28.4.2020.
- [Talvihoito](#). 2019. Ely-keskus. Hakupäivä 25.11.2019.
- [Teiden talvihoito](#). 2019. Väylävirasto. Hakupäivä 11.11.2019.
- Tiestön talvihoitoluokitus. 1248 li 2016-2021. 2016. Ely-keskus.
- [Yleisohjeet liikennemerkkien käytöstä](#). 2003. Tiehallinto. Hakupäivä 28.4.2020..

Annotoinnin tulokset, nanopinnoitetut

Pinnoitettu				
pvm	Ei luminen	luminen	puhdistustarve	Prosentti
1.11.2019	49	0	0	0,0 %
4.11.2019	24	1	0	4,0 %
5.11.2019	15	0	0	0,0 %
6.11.2019	5	0	0	0,0 %
7.11.2019	9	0	0	0,0 %
8.11.2019	9	0	0	0,0 %
11.11.2019	28	3	0	9,7 %
14.11.2019	22	0	0	0,0 %
17.11.2019	87	3	2	5,4 %
18.11.2019	47	1	2	6,0 %
19.11.2019	33	0	0	0,0 %
20.11.2019	2	0	0	0,0 %
21.11.2019	1	0	0	0,0 %
25.11.2019	55	1	0	1,8 %
27.11.2019	25	0	2	7,4 %
28.11.2019	68	3	2	6,8 %
29.11.2019	22	1	5	21,4 %
30.11.2019	45	10	3	22,4 %
1.12.2019	38	1	9	20,8 %
2.12.2019	75	1	2	3,8 %
4.12.2019	12	3	0	20,0 %
5.12.2019	62	0	0	0,0 %
8.12.2019	8	0	0	0,0 %
9.12.2019	48	0	0	0,0 %
13.12.2019	10	6	0	37,5 %
18.12.2019	9	0	3	25,0 %
19.12.2019	26	1	1	7,1 %
20.12.2019	3	4	2	66,7 %
26.12.2019	45	13	12	35,7 %
29.12.2019	1	0	0	0,0 %
30.12.2019	7	0	0	0,0 %
31.12.2019	9	0	0	0,0 %
1.1.2020	17	0	0	0,0 %
12.1.2020	2	0	0	0,0 %
15.1.2020	19	0	0	0,0 %
16.1.2020	12	0	0	0,0 %
17.1.2020	14	0	0	0,0 %
18.1.2020	16	4	2	27,3 %
19.1.2020	50	12	3	23,1 %
20.1.2020	6	5	4	60,0 %

Pinnoitettu

pvm	Ei luminen	luminen	puhdistustarve	Prosentti
23.1.2020	17	0	0	0,0 %
24.1.2020	7	0	0	0,0 %
PVM	Ei luminen	Luminen	puhdistustarve	%
27.1.2020	11	0	1	8,3 %
28.1.2020	39	2	0	4,9 %
29.1.2020	18	1	0	5,3 %
30.1.2020	58	1	7	12,1 %
31.1.2020	26	2	3	16,1 %
1.2.2020	19	0	2	9,5 %
2.2.2020	21	4	1	19,2 %
15.2.2020	1	0	2	66,7 %
19.2.2020	26	15	5	43,5 %
20.2.2020	7	0	0	0,0 %
22.2.2020	1	0	0	0,0 %
23.2.2020	18	4	3	28,0 %
	1304	102	78	12,1 %

Annotoinnin tulokset, nanopinnoittamattomat

Ei pinnoitettu

pvm	Ei luminen	luminen	puhdistustarve	Prosentti
1.11.2019	16	1	0	5,9 %
4.11.2019	1	0	0	0,0 %
5.11.2019	0	0	0	0,0 %
6.11.2019	1	1	0	50,0 %
7.11.2019	3	3	0	50,0 %
8.11.2019	0	1	0	100,0 %
11.11.2019	4	2	0	33,3 %
14.11.2019	0	0	0	0,0 %
17.11.2019	16	0	0	0,0 %
18.11.2019	12	0	1	7,7 %
19.11.2019	21	0	0	0,0 %
20.11.2019	15	0	0	0,0 %
21.11.2019	0	0	0	0,0 %
25.11.2019	25	0	2	7,4 %
27.11.2019	2	0	0	0,0 %
28.11.2019	2	0	1	33,3 %
29.11.2019	3	2	1	50,0 %
30.11.2019	10	0	0	0,0 %
1.12.2019	9	0	1	10,0 %
2.12.2019	10	1	0	9,1 %
4.12.2019	10	2	0	16,7 %
5.12.2019	13	0	0	0,0 %
8.12.2019	0	0	0	0,0 %
9.12.2019	38	0	1	2,6 %
13.12.2019	4	2	1	42,9 %
18.12.2019	6	0	0	0,0 %
19.12.2019	9	2	2	30,8 %
20.12.2019	17	3	5	32,0 %
26.12.2019	12	0	0	0,0 %
29.12.2019	0	0	0	0,0 %
30.12.2019	5	0	0	0,0 %
31.12.2019	23	0	0	0,0 %
1.1.2020	0	0	0	0,0 %
12.1.2020	0	0	0	0,0 %
15.1.2020	4	0	0	0,0 %
16.1.2020	1	0	0	0,0 %
17.1.2020	3	0	0	0,0 %
18.1.2020	10	1	0	9,1 %
19.1.2020	0	0	0	0,0 %
20.1.2020	4	0	1	20,0 %

Ei pinnoitettu

pvm	Ei luminen	luminen	puhdistustarve	Prosentti
23.1.2020	17	0	0	0,0 %
24.1.2020	15	0	0	0,0 %
PVM	Ei luminen	Luminen	Puhdistustarve	%
27.1.2020	2	0	0	0,0 %
28.1.2020	5	0	0	0,0 %
29.1.2020	17	2	0	10,5 %
30.1.2020	13	0	1	7,1 %
31.1.2020	19	0	2	9,5 %
1.2.2020	5	0	2	28,6 %
2.2.2020	1	0	0	0,0 %
15.2.2020	0	0	0	0,0 %
19.2.2020	23	0	1	4,2 %
20.2.2020	7	0	0	0,0 %
22.2.2020	2	0	1	33,3 %
23.2.2020	0	0	0	0,0 %
	435	23	23	9,6 %

Annotoinnin tulokset, kaikki merkinnät

Merkintöjä				
pvm	yhteensä	Ei luminen	Luminen + puhdistustarve	prosentti
1.11.2019	66	65	1	1,5 %
4.11.2019	26	25	1	3,8 %
5.11.2019	15	15	0	0,0 %
6.11.2019	7	6	1	14,3 %
7.11.2019	15	12	3	20,0 %
8.11.2019	10	9	1	10,0 %
11.11.2019	37	32	5	13,5 %
14.11.2019	22	22	0	0,0 %
17.11.2019	108	103	5	4,6 %
18.11.2019	63	59	4	6,3 %
19.11.2019	54	54	0	0,0 %
20.11.2019	17	17	0	0,0 %
21.11.2019	1	1	0	0,0 %
25.11.2019	83	80	3	3,6 %
27.11.2019	29	27	2	6,9 %
28.11.2019	76	70	6	7,9 %
29.11.2019	34	25	9	26,5 %
30.11.2019	68	55	13	19,1 %
1.12.2019	58	47	11	19,0 %
2.12.2019	89	85	4	4,5 %
4.12.2019	27	22	5	18,5 %
5.12.2019	75	75	0	0,0 %
8.12.2019	8	8	0	0,0 %
9.12.2019	87	86	1	1,1 %
13.12.2019	23	14	9	39,1 %
18.12.2019	18	15	3	16,7 %
19.12.2019	41	35	6	14,6 %
20.12.2019	34	20	14	41,2 %
26.12.2019	82	57	25	30,5 %
29.12.2019	1	1	0	0,0 %
30.12.2019	12	12	0	0,0 %
31.12.2019	32	32	0	0,0 %
1.1.2020	17	17	0	0,0 %
12.1.2020	2	2	0	0,0 %
15.1.2020	23	23	0	0,0 %
16.1.2020	13	13	0	0,0 %
17.1.2020	17	17	0	0,0 %
18.1.2020	33	26	7	21,2 %
19.1.2020	65	50	15	23,1 %
20.1.2020	20	10	10	50,0 %

Merkintöjä

pvm	yhteensä	Ei luminen	Luminen + puhdistustarve	prosentti
23.1.2020	34	34	0	0,0 %
24.1.2020	22	22	0	0,0 %
PVM	Ei luminen	Luminen	Luminen + puhdistustarve	%
27.1.2020	14	13	1	7,1 %
28.1.2020	46	44	2	4,3 %
29.1.2020	38	35	3	7,9 %
30.1.2020	80	71	9	11,3 %
31.1.2020	52	45	7	13,5 %
1.2.2020	28	24	4	14,3 %
2.2.2020	27	22	5	18,5 %
15.2.2020	3	1	2	66,7 %
19.2.2020	70	49	21	30,0 %
20.2.2020	14	14	0	0,0 %
22.2.2020	4	3	1	25,0 %
23.2.2020	25	18	7	28,0 %
	1965	1739	226	11,5 %



Väylävirasto
Trafikledsverket

ISSN 2490-1202
ISBN 978-952-317-795-6
www.vayla.fi