

TALVITESTIRATOJEN LUMI- JA JÄÄPINNAN
KATEGORIOINTI

Kyrö Ville

Opinnäytetyö

Konetekniikka
Insinööri (AMK)

2021

Konetekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Ville Kyrö	Vuosi	2021
Ohjaaja	DI Mari-Selina Kantanen		
Toimeksiantaja	Test World Oy, Markus Hilli		
Työn nimi	Talvitestiratojen lumi- ja jääpinnan kategoriointi		
Sivu- ja liitesivumäärä	29 + 6		

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia ja kehittää ajoneuvo- ja rengastestauksessa käytettävien talvitestiratojen lumi- ja jääpintojen laadullista mittaustekniikkaa sekä yhtenäistää lumi- ja jääpintojen kategoriointiin liittyviä toimintatapoja talvitestaukseen erikoistuneelle Test World Oy:lle.

Opinnäytetyö toteutettiin kevään 2021 aikana. Opinnäytetyön teoreettisessa osuudessa kuvattiin lumen ja jään ominaisuuksia ja painotettiin talvitestiradoilta vaadittaviin laadullisiin vaatimuksiin. Opinnäytetyössä kartoitettiin talvitestiradoilla käytössä olevia kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia mittausmenetelmiä sekä arvioitiin niiden toimintaa ja kelpoisuuksia.

Opinnäytetyön aineisto kerättiin alan kirjallisuudesta, tutkimustuloksista, yrityksen sisäisestä tietokannasta sekä haastatteleamalla Test World Oy:ssa toimivia asiantuntijoita. Haastattelut suoritettiin teemahaastatteluina.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kattava yleistietopaketti talvitestiratojen laatuun vaikuttavista tekijöistä sekä laadittiin talvitestiratojen lumi- ja jääpintojen kategorioinnin avuksi selkeyttävät kaaviot, joiden tarkoituksena on yksinkertaistaa ja yhtenäistää käytettäviä ohjeistuksia ja nimityksiä. Haastatteluiden ja havaintojen pohjalta esiin nousseet haasteet dokumentoitiin ja niiden pohjalta esitettiin kehitysideoita.

Avainsanat

kitka, lumi, jää, talvitesti, mekaaniset ominaisuudet

Mechanical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Ville Kyrö	Year	2021
Supervisor	Mari-Selina Kantanen, M.Sc.		
Commissioned by	Test World Oy, Markus Hilli		
Subject of thesis	Snow and ice surface categorization of winter test tracks		
Number of pages	29 + 6		

The topic of the thesis was to study and develop the qualitative measurement technology of snow and ice surfaces used in vehicle and tire testing and to standardize the methods related to the categorization of snow and ice surfaces for Test World Oy.

The thesis was implemented during the spring of 2021. The theoretical part of the thesis describes the properties of snow and ice and emphasizes the qualitative requirements of winter test tracks. In the thesis, the qualitative and quantitative measurement methods used on winter test tracks were investigated and their operation and suitability were evaluated.

Material for the thesis was collected from the literature in the field, research results, the company's internal database and by interviewing experts working at Test World Oy. The interview method used was a thematic interview.

As a conclusion, a comprehensive general information package on the factors influencing the quality of winter test tracks was obtained. Furthermore, a clear diagram was prepared to support the categorization of snow and ice surfaces of winter test tracks, the purpose of which is to standardize the instructions and designations. Based on the interviews and observations, the emerging challenges were documented and presented with development ideas.

Key words

friction, snow, ice, winter test, mechanical properties

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TEST WORLD OY	7
2.1	Yrityksen esittely	7
2.2	Yrityksen historia	7
2.3	Ajoneuvojen ja renkaiden talvitestaus	8
3	TALVITESTIRATOIHIN VAIKUTTAVAT YMPÄRISTÖTEKIJÄT JA MITTAMISESSA KÄYTETYT MENETELMÄT	10
3.1	Ympäristötekijät	10
3.2	Lumen ja jään tekniset ominaisuudet	10
4	TALVITESTIRATOJEN LAADULLINEN MITTAUSTEKNIikka	17
4.1	Kvalitatiiviset mittausmenetelmät	17
4.2	Kvantitatiiviset mittausmenetelmät	17
4.2.1	CTI- penetrometri	18
4.2.2	Lämpötila ja ilmankosteus	18
4.2.3	Vertailurengas	19
4.2.4	Mikroskoopi	19
5	TUTKIMUSMENETELMÄ JA TOTEUTUS	20
5.1	Tutkimus- ja kehittämishanke	20
5.2	Tutkimuksen aineistonkeruu- ja analyysimenetelmät	21
6	TULOKSET	23
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	25
7.1	Lumi- ja jääpintojen visuaalinen arviointi	25
8	POHDINTA	27
	LÄHTEET	28
	LIITTEET	30

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

ASTM	American Society for Testing and Materials – Standardi-järjestö
Foot print	Renkaan tienpintaa koskettava alue
Indoor	Ympärivuotisen talvitestauksen mahdollistava sisätes-taushalli
Keinolumi	Jäätäneistä vesipisaroista muodostunut lumelta näyt-tävä materiaali
Lepokitka	Kappaleen liikkeellelähtöä vastustava voima
Liukukitka	Kappaleen liikettä vastustava voima
Polanne	Kovaksi pakkautunut lumi tai jää ajouralla
R&D	Research and development (Tutkimus- ja kehittämistoi-minta)
SRTT	Standard reference test tires (Standardoitu referenssi testirengas)

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ja kehittää ajoneuvo- ja rengastestauksessa käytettävien talvitestiratojen lumi- ja jääpintojen laadullista mittaustekniikkaa ja yhtenäistää lumi- ja jääpintojen kategoriointiin liittyviä toimintatapoja sekä ohjeistuksia kunnossapito- ja testihenkilöstön kanssa. Opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa käytössä olevat kvalitatiiviset ja kvantitatiiviset mittaussuunnitelmat, toiminnan tutkiminen sekä kelpoisuuksien arviointi. Tutkimus- ja kehittämishanke rajataan koskemaan lumi- ja jäättestiratojen mittaustekniikan laadullista parantamista hyödyntäen jo käytössä olevia mittauslaitteistoja.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Ivalossa vuonna 1991 perustettu riippumaton ajoneuvojen, renkaiden ja komponenttien talvitestaukseen erikoistunut yritys Test World Oy. Yhtiön toimiala kattaa ympärivuotisen talvitestausspalveluiden ja olosuhteiden tarjoamisen kotimaisille sekä kansainvälisille asiakkailleen.

Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen ja sen tarkoituksena on parantaa toimeksiantajan tuotannon laatua sekä toimia mahdollisesti osana uudistettaessa toimeksiantajan lumi- ja jääkäsikirjaa. Aiheena oleva tutkimus- ja kehittämishanke tukee monipuolisesti omaa ammatillista osaamistani sekä kehittymistäni testi-insinöörin tehtävissä Test World Oy:ssä.

2 TEST WORLD OY

Test World Oy on Ivalossa vuonna 1991 perustettu riippumaton ajoneuvojen, renkaiden ja komponenttien talvitestaukseen erikoistunut yritys. Yhtiön toimiala kattaa ympärivuotisen talvitestauspalveluiden ja olosuhteiden tarjoamisen kotimaisille sekä kansainvälisille asiakkailleen. (Test World 2019.)

2.1 Yrityksen esittely

Test World Oy on yksi maailman johtavista talvitestaukseen erikoistuneista yrityksistä, jonka erikoisuutena on maailman ensimmäinen ympärivuotisen talvitestauksen mahdollistava sisättestirata, joka mahdollistaa ajoneuvo- ja rengastes-
tauksen hallituissa olosuhteissa lumella, jäällä sekä kuivalla että märällä asfaltilla. Yhtiöllä on myös lukuisia ulkotestiratoja, jotka palvelevat talviaikana kahdessa eri toimipisteissä Inarin kunnan alueella. (Test World 2019.) Test World Oy on osa Utac Ceram Millbrook yhtymää, joka on markkinoiden yksi johtavista yhtymistä ajoneuvotestauksessa, tyyppihyväksynnässä ja mittalaitetekniikassa (Millbrook 2021).

Test World Oy:n strategia on ”tarjota ensiluokkainen ympärivuotinen talvitestausympäristö ajoneuvo- ja siihen liittyvälle teollisuudelle, tarjota kaikki rengastes-
tauspalvelut samasta paikasta, paikka yritysten talviajokokemuksille ja markkinointi/ lanseeraustapahtumille sekä ensiluokkainen paikka elokuva- ja tv-tuotannolle” (Test World 2020).

Test World Oy:n visio on ”olla johtava tarjoaja talvitestauksessa ja talvitestauspalveluissa asiakkailleen”. Visio toteutetaan keskittymällä prioriteetteihin, joita ovat turvallisuus ja luottamuksellisuus, asiakaspalvelu, tekninen huippuosaaminen sekä investoinnit. (Test World 2020.)

2.2 Yrityksen historia

Test Worldin toiminta alkoi vuonna 1991 pienimuotoisena ratojen ja puolueettomien testipalveluiden vuokrapalveluna. Test World laajensi toimintaansa vuonna 1993 Ivalossa sijaitsevan Mellanaavan alueelle. Laajentaminen mahdollisti pidempien ja monipuolisempien ratojensuunnittelun ja rakentamisen. Vuonna 2012

Mellanaavan testialueelle avattiin maailman ensimmäinen Indoor 1-sisätestaus-halli, joka mahdollisti ympärivuotisen talvitestauspalvelun tarjoamisen hallituissa olosuhteissa. Vuonna 2015 Test World fuusioitui brittiläisen ajoneuvotestaukseen erikoistuneen Millbrook Groupin kanssa ja samana vuonna Test World laajensi indoor-sisätestaus-hallia Indoor 2:lla, joka oli suunniteltu subjektiivisten ajoneuvo-testauksen suorittamiseen. Vuonna 2016 Test Worldin isäntäyhtiö Millbrook Group siirtyi Spectris Plc:n omistajuuteen, joka tunnetaan yhtenä maailman suurimpana laboratoriovälineiden ja mittalaitteiden valmistajana. Yritysfuusiot kasvattivat myös Test Worldin osuutta yhtenä maailman johtavana talvitestauspalvelun harjoittajana, joka pystyi laajentamaan toimintaansa Indoor 3:lla, 4:lla ja 5:lla. Laajennukset mahdollistivat myös märkä- ja kuivajarrutestauksen sisätiloissa. (Test World 2019.)

Vuonna 2021 Millbrook Group fuusioitui ranskalaisen Utac Ceram- konsernin kanssa. Test World on nykyään osa Utac Ceram Millbrook-organisaatiota, joka tunnetaan maailmalla markkinoiden johtavana ajoneuvotestauksen, tyyppihyväksyntäpalveluiden, sertifikaattien sekä sähkökäyttöisten voimasiirto tekniikoiden kehittäjänä. Organisaatiolla on testikeskuksia ympäri maailmaa, mikä mahdollistaa ajoneuvoteknologian testaamisen kaikissa olosuhteissa. (Millbrook 2020.)

2.3 Ajoneuvojen ja renkaiden talvitestaus

Ajoneuvo- ja rengasteollisuuden talvitestaus on maailman mittakaavassa hyvin pientä toimintaa ja rajoittuu ympäristövaatimusten vuoksi maantieteellisesti pienelle alueelle. Maailman johtavat auto- ja rengasvalmistajat tarvitsevat talvitestauspalveluita tuotekehitystyön tueksi ja tutkiakseen tuotteiden toiminnallisuutta kylmissä olosuhteissa. Tuotekehityksen lisäksi auto- ja rengasvalmistajat hakevat tuotteisiinsa lain vaatimia sertifikaatteja, joilla voidaan todistaa tuotteiden toimivuus talvisissa olosuhteissa, kuten esimerkiksi Suomessa. Maailmalla renkaiden talvitestauskeskukset sijaitsevat pääasiassa Suomen ja Ruotsin Lapissa sekä Etelä-Euroopassa, kuten Alpeilla sekä Yhdysvaltojen pohjoisosissa ja Uudessa-Seelannissa. Suurin osa talvitestikeskuksista on valmistajien omia, mutta alalla toimii myös ulkopuolisia riippumattomia talvitestikeskuksia, kuten Test World Oy sekä pelkästään rata- ja kunnossapitopalvelua tarjoavia yrityksiä. (Hilli 2020.)

Testaamiseen käytettävä aika on kuitenkin suhteellisen lyhyt ja testitoiminta sijoittuukin Suomessa yleensä marraskuusta huhtikuuhun. Paras aika talvitestien suorittamiseen on kaamosaika, jolloin aurinko ei vielä pääse vaikuttamaan lumi- ja jäärajojen ominaisuuksiin ja tasaiset pakkasjaksot ovat yleisiä (Hilli 2020). Inarin kunnassa sijaitseva Test World Oy rakennutti uuden teknologian turvin Indoorisätestihallin, joka mahdollistaa talvisten, lähes stabiilien laboratorio-olosuhteiden tarjoamisen ympärivuoden. Talvitestaustoiminta tulee kuitenkin jatkossakin tarvitsemaan ulkoratoja, jotka mahdollistavat monipuolisemmat testiradat, laajemman ratakapasiteetin sekä muunneltavuuden. (Test World 2019.)

Ajoneuvo- ja rengastestaus perustuu erilaisiin standardoituihin testeihin tai valmistajien omiin tuotesuunnittelun tueksi luotuihin testeihin. Testit suoritetaan pääasiassa testikuljettajien suorittamina objektiivisina tai subjektiivisina testisuorituksina. Testien suorittamiseksi ajoneuvot varustellaan erilaisilla mittalaitteilla, jotka mittaavat esimerkiksi ajoneuvojen sen hetkistä sijaintia, kiihtyvyyttä, jarrutusvoimaa sekä nopeutta. Subjektiivisissa testeissä mittalaitteiden lisäksi myös testikuljettajien omat tuntumaan perustuvat havainnot huomioidaan testien dokumentoinnissa. (Test World 2019.)

3 TALVITESTIRATOIHIN VAIKUTTAVAT YMPÄRISTÖTEKIJÄT JA MITTAMISESSA KÄYTETYT MENETELMÄT

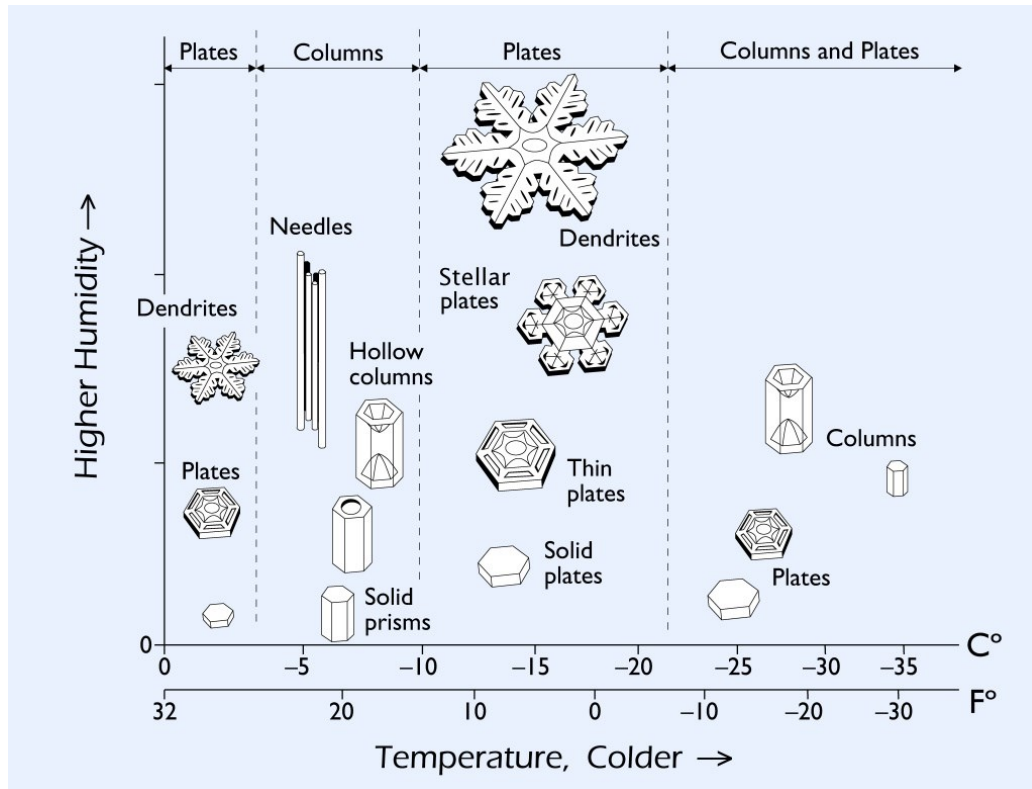
Talvitestiradat ovat pääsääntöisesti ulos tehtyjä erilaisia mäkiä, pitkiä suoria ja mutkaisia lumi- ja jääratoja. Yhtenäistä näissä kaikissa on kuitenkin se, että suurin osa ajoneuvo- ja rengastesteistä tapahtuu ulkona, koska radat vaativat paljon pinta-alaa ympärilleen. Ulkona sijaitsevat testiradat ovat taas alttiina ympäristötekijöille, joka tuo mukanaan erilaisia haasteita niin laadun varmistamisessa kuin kunnossapidossa.

3.1 Ympäristötekijät

Testiradoilta vaaditaan lähes laboratorio-olosuhteet, jotta jokainen testattavana oleva ajoneuvo tai rengas saisi puolueettoman ja tasa-arvoisen kohtelun testiä suorittaessa. Ulkona stabiilit laboratorio-olosuhteet ovat lähes poikkeuksetta hankala toteuttaa valitsevien ympäristötekijöiden vuoksi ja testit suoritetaankin pääasiassa kenttäkokeina. Ympäristön säävaihtelut, kuten pakkasen, ilmankosteus, lumi- ja vesisade sekä aurinko vaikuttavat aina jää- ja lumiratojen ominaisuuksiin, jotka taas vaikuttavat suoraan testiratojen laatuun. Ratojen oikeanlainen kunnossapito on yksi tärkeimmistä elementeistä suhteessa testiratojen tasaiseen laatuun. (Hilli 2020.)

3.2 Lumen ja jään tekniset ominaisuudet

Lumi muodostuu ilmakehässä vesihöyryn tiivistyessä, kun ilmakehän lämpötila laskee alle 0 °C:n. Pilviin tiivistynyt alijäähtynyt vesi muuttuu jääkiteiksi lämpötilan laskiessa ja jääkiteiden kasvaessa ne alkavat painumaan maanvetovoiman johdattamana kohti maan pintaa muodostaen lumisateen. (LaChapelle, 3.) Jääkiteiden rakenteellinen kehittyminen on riippuvainen pilvien lämpötilasta ja kosteudesta. Kuvio 1 on nähtävissä kiteiden levymäinen (plates) tai neulamainen (columns) muoto (Libbrecht 2019).

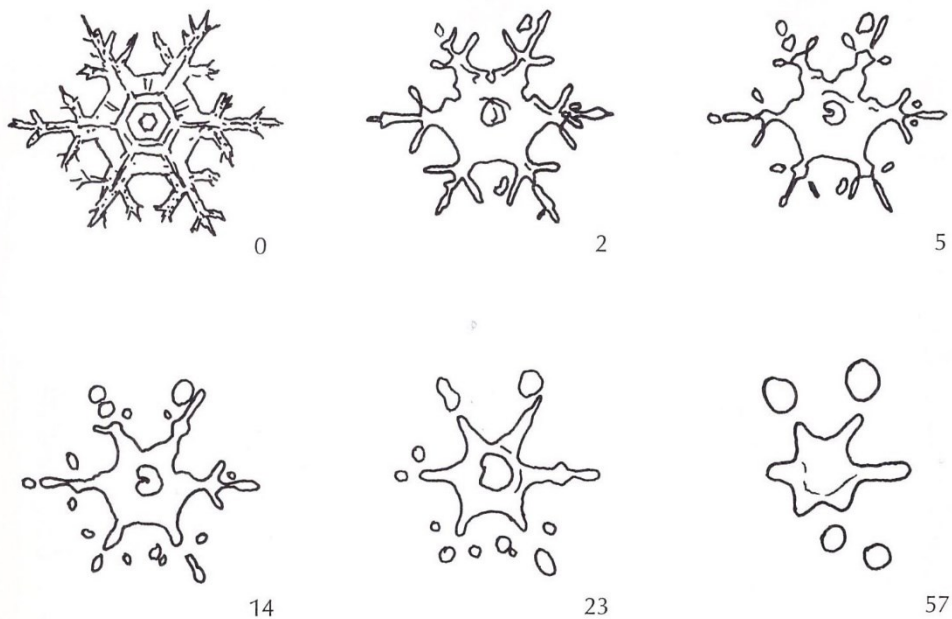


Kuvio 1. Lumikiteen rakenteellinen muutos (morfologi) suhteessa lämpötilaan (temperature) ja ilmankosteuteen (Humidity) (Libbrecht 2019).

Lumi on ominaisuuksiltaan hankalasti tutkittava aine, koska sen olomuoto ja rakenne muuttuvat jatkuvasti ympäristötekijöiden, kuten lämpötilan ja ajan vaikutuksesta. Lumen rakenne muuttuu myös ulkopuolisten tekijöiden, kuten ihmisen aiheuttamasta rasitteesta liikennöinnin ja kunnossapidon vaikutuksesta. Lumen käyttäytymiselle ei ole tutkimuksista huolimatta pystytty luomaan yksiselitteistä kaavaa, vaan lumen perusominaisuudet on jaoteltu karkeasti kolmeen kategoriaan. Ensimmäiseen kategoriaan kuuluu lumen laatu, johon sisältyy tiheys, vesipitoisuus sekä raekoko ja muoto. Toiseen kategoriaan luetaan mekaaniset ominaisuudet eli lumen lujuus ja kovuus. Kolmanteen kategoriaan kuuluu lumen ja toisen aineen vuorovaikutus eli kitka. (Järvinen & Makkonen 1987, 8.)

Lumen laadun mittaamiseen on kehitetty erilaisia mittalaitteita, joilla pystytään seuraamaan lumen koostumusta ja ominaisuuksia. Lumen laatua mitattaessa tulee huomioida maahan sataneen lumen eri metamorfoosit. Lumikiteen elinkaarta tutkittaessa on hyvä tietää, että jo taivaalta vastasatanut lumikide alkaa muuttamaan muotoaan ajan kuluessa ja lumikiteet pyrkivät termodynaamiseen tasapai-

noonsa muuttuen jäärakeiksi ja kasvattaen tiheyttään. Lumikiteen olomuotomuutokset ovat suoraan verrannollisia ympäristöolosuhteiden vakauteen, mikä määrittelee lumikiteiden metamorfoosien (Kuvio 2) tapahtumanopeuden. Lumen ominaisuuksiin vaikuttavat myös ulkopuoliset voimat ja omamassa, jotka muuttavat rakennetta sekä kehitysvaiheessa olevien lumikiteiden erilujuisia sidoksia. Sidokset määrittelevät lopulta muun muassa lumen mekaanisia ominaisuuksia. (Järvinen & Makkonen 1987, 9.)

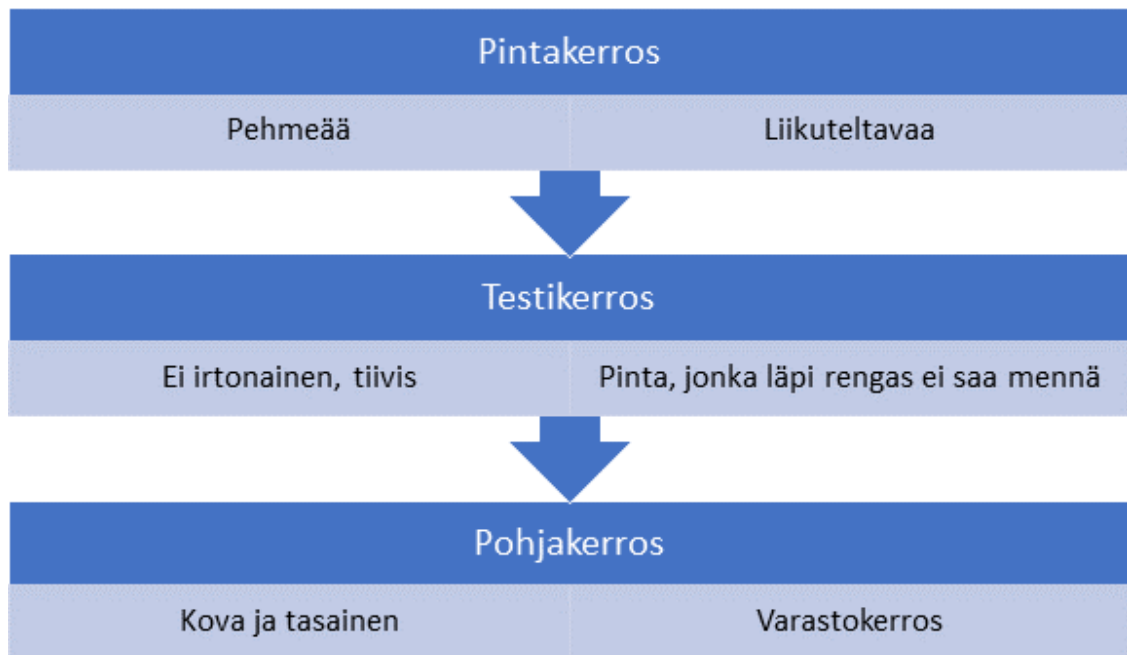


Kuvio 2. Lumikiteessä tapahtuva metamorfoosi. Numerointi kuvaa lumikiteen ikää päivissä (LaChapelle 1992, 16).

Lunta on myös mahdollista tuottaa keinotekoisesti kiteyttämällä vesisumua kylmässä ilmvirrassa erilaisten kaupallisten lumitykkien muodossa. Keino- ja luonnonlumi eroavat kuitenkin koostumukseltaan ja materiaalisilta ominaisuuksiltaan huomattavasti. Luonnonlumi on tiiviydeltään huokoisempaa ja sen tiheys vaihtelee 30–200 kg/m³. Luonnonlumi on ominaisuuksiltaan myös helposti kokoonpuristuvaa ja ilmavaa. Keinolumen tiheys on taas huomattavasti luonnonlunta suurempi, 500–700 kg/m³ ja se on rakenteellisiltaan ominaisuuksiltaan kovempaa kuin luonnonlumi. Keinolumi on erittäin hyödyllinen materiaali erilaisissa lumirakenteiden rakentamismateriaalina, kuten hiihtoladuissa. Luonnonlunta vastaavaa jäljitelmää on myös yritetty keinotekoisesti tuottaa, mutta prosessille ei ole löytynyt tehokasta ratkaisua. (Peisa 2014, 9).

Keinotekoisien lumen käyttöä talvitestauksessa testiratojen alustana on myös tutkittu ja kokeiltu, mutta suuret eroavaisuudet keinotekoisien lumen ja luonnonlumen rakenteessa aiheuttavat ongelmia suurien poikkeavuuserojen vuoksi. Keinotekoisista lunta voidaan kuitenkin hyödyntää esimerkiksi erilaisissa pr-tilaisuuksissa ja ajokoulutuksissa, kun luonnonlunta ei ole vielä riittävästi saatavilla. (Test World 2001.)

Lumitestiratojen rakenne koostuu pääasiassa kovaksi tiivistetystä pohjasta eli pohjakerroksesta ja sen päälle tulevasta välikerroksesta eli testikerroksesta sekä testikerroksen päällä olevasta pintakerroksesta. Testiratojen homogeeninen rakenne (Kuvio 3) on asteittain pohjaan päin koveneva ja yhtenäinen. Pohjakerros toimii myös lumen varastokerroksena, johon talvenaikana satanut lumi tiivistetään kunnossapitomenetelmin mahdollisimman paksuksi kerrokseksi. Testikerros määrittää halutun ratakovuusluokan mukaan ja testikerroksen pääasiallinen tehtävä on ottaa vastaan testattavien ajoneuvojen renkaiden voima. Testikerroksen rakenne tulisi olla mahdollisimman tiivis, ettei testattava rengas pääse läpisemään kerrosta missään vaiheessa testiä. Testikerroksen päällä oleva pintakerros syntyy kunnossapitokoneiden ja tekniikoiden toimesta ja kerroksella ei saisi olla vaikutusta testattavaan renkaaseen. (Mäki 2021.)



Kuvio 3. Lumitestiradan pohjarakenne

Lumitestiratojen oikeanlainen rakenne on määritelty tyyppihyväksyntäprosesseja valvovien viranomaisten ja standardijärjestöjen kautta, kuten esimerkiksi ASTM 1805-20 "Standard test method for single wheel driving traction in a straight line on snow and ice-covered surfaces" on määritelty ohjeistukset lumipinnan käsittelylle, koostumukselle ja laadulle (Taulukko 1). (ASTM 2020.)

Taulukko 1. Lumitestiradan karakterisointi (ASTM F1805-20 2020, A2).

Pinnan kuvaus	Lämpötila °C			CTI-Lumen tiiveys	SRTT F2493 (SRTT E1136) *	Pinnan ominaisuudet ja foot print **	Huom.
	Sallittu vaihtelu	Pinnan lämpötila					
		Min.	Max.				
Pehmeä pakattu lumi	+3	-15	-4	50-70	0.17-0.21 (0.18-0.22)	5-7.5 cm tuore irtonainen lumi. Selkeä jälki.	a
Kohtalaisen pakattu lumi	+3	-15	-4	70-80	0.23-0.38 (0.25-0.38)	2.5-5 cm irtonainen lumi. Selkeä jälki	b
Puolikovaksi pakattu Lumi	+3	-15	-4	80-84	0.25-0.38 (0.25-0.36)	1-2 cm irtonainen lumi. Kohtalainen jälki	c
Kovaksi pakattu lumi	+3	-15	-4	84-93	0.15-0.23 (0.15-0.20)	Ei irtonaista lunta. Osittainen jälki tai ei näkyvää jälkeä.	d
Kostea jää	0	-8	0	93-98	0.06-0.13 (0.06-0.12)	Sileä jää ilman irtonaista materiaalia. Ei näkyvää jälkeä.	e
Kuiva jää	0	-20	-7	93-98	0.08-0.13 (0.06-0.14)	Sileä jää ilman irtonaista materiaalia. Ei näkyvää jälkeä.	f

* Taulukon lukeminen vaatii tutustumisen E1136 tai F2493 standardeihin

** Foot print ominaisuudet määritetään kävelemällä tai ajamalla valmistetulla pinnalla ja tutkimalla jäljen laajuutta tai sen puutetta

a) Tuore uusi lumi tai syvältä käsitelty lumikerros

b) Vaatii lumikerroksen käsittelyn ja asettumisen

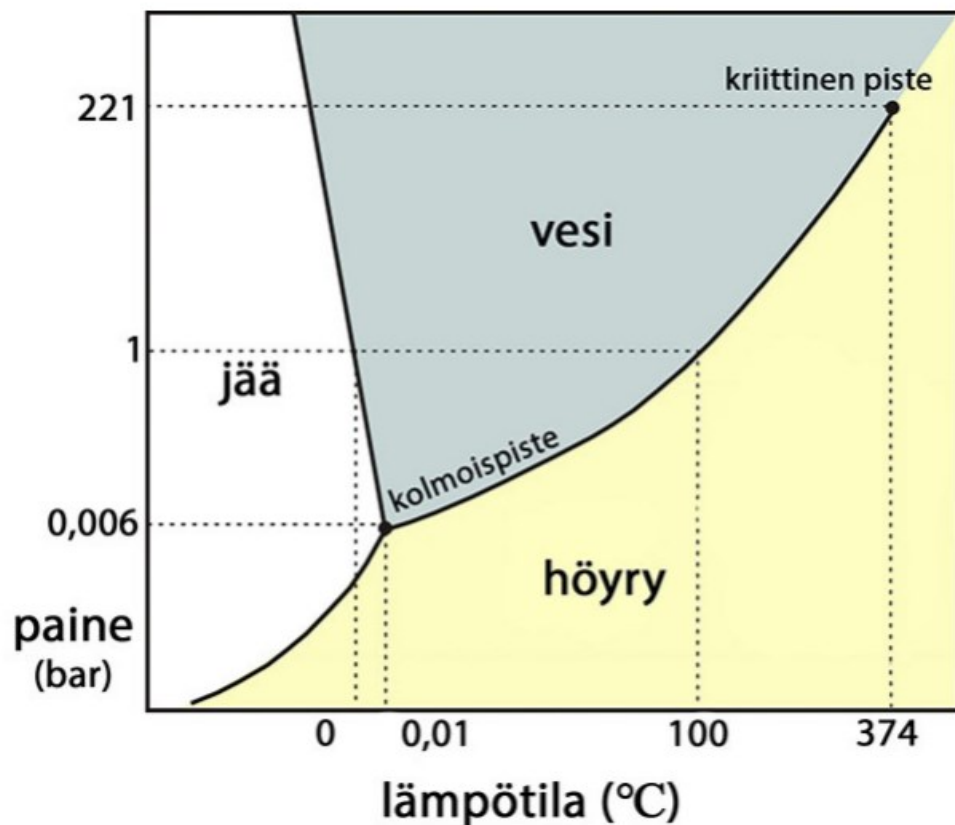
c) Tyypillinen testipinta renkaiden ja autojen käsittelytesteissä

d) Pakattu testipinta ilman jälkikäsitelyä

e) Vältettävä suoraa aurinkon paistetta. Harjattava tai uudelleen pinnoitettava tarpeen mukaan

ASTM:n määrittelevät lumitestiradan vaatimukset ovat kuitenkin vakiintuneet testiratojen pinnanlaadun mittarina ja useat auto- ja rengasteollisuuden valmistajat suorittavat myös omia R&D-testejä samoissa olosuhteissa.

Talvitestiradat vaativat erilaisten kovien ja pehmeiden lumiratojen lisäksi jäära-toja, jotka voivat olla keinotekoisesti valmistettuja sisä- ja ulkoratoja tai jäära-toja, joissa on hyödynnetty vesistöjen luonnollista jäätymistä. Yhtenäistä edellä maini-tuissa elementeissä on, että ne kaikki ovat lähtöisin vedestä ja sen eri olomuo-doista paineen ja lämpötilan vaikutuksesta (Kuvio 4). Jään ominaisuudet muuttu-vat koko ajan ympäristön, ilmankosteuden ja lämpötilan sekä paineen vaikutuk-sesta. On katsottu, että jään liukkauden aiheuttaa siihen kohdistuva paine, joka synnyttää jään pinnalle ohuen vesikalvon ja aiheuttaa kitkan häviämisen. (Rosen-berg 2005.)



Kuvio 4. Veden olomuodot (faasit) paineen ja lämpötilan vaikutuksessa (Zhele-zovskiy 2016, 8; Wagner & Pruß 2002, 398).

Tutkimusten mukaan jää ei noudata klassista kitkalakia, vaan sen sijaan kitkerroin pienenee pintapaineen kasvaessa. Prosessiin vaikuttaa myös ympäristön lämpötila sekä liukunopeus. Jään karheutuminen ei muuta lepokitkaa vaan karheutunut jää aiheuttaa hetkellisen liukukitkan suurenemisen. Liikkeen synnyttämä lämpö sulattaa epätasaisuudet vesikalvoksi, mikä johtaa kitkan alenemiseen. Riittävän alhainen jään lämpötila voi johtaa tilanteeseen, missä renkaan tuottama lämpö ei riitä epätasaisuuksien sulattamiseen ja renkaan tartuntakyky tehostuu huomattavasti. Hyvin alhainen lämpötila vaikuttaa ajoneuvon renkaan pinnan kovettumiseen ja kitkan alentumiseen, koska kovettunut rengas ei pysty tarttumaan epätasaiseen jään pintaan. (Grönfors 1975, 25–27.)

Jäättestiradoilta vaaditaan homologinen rakenne, mikä asettaa vaatimuksia niin sen kunnossapidolle kuin laadulliselle määrittelykselle. Voidaan katsoa, että jään laatu on riippuvainen sen kovuudesta, lämpötilasta, ilmahuokosista sekä tasaisuudesta.

Veden puhtaudella on myös suuri merkitys jäänpinnan laatuun. Jäädytykseen käytettävän veden tulisi olla mahdollisimman puhdasta, eikä koostumukseltaan mineraalipitoista ja ilmavaa. Jos jäädytyksessä käytettävä vesi otetaan esimerkiksi vesijohtovedestä, ei ongelmaa pitäisi olla, mutta jos jäädytyksessä käytetty vesi tulee luonnollisista lähteistä, kuten järvistä tai joista, niin koostumuksella voi olla haitallisia vaikutuksia laadullisessa lopputuloksessa suurien mineraalipitoisuuksien ja ilmavuuden vuoksi. Veden kovuus kasvaa mineraalipitoisuuksien lisääntyessä. (Diez 2016, 10–11.)

Jäädytyksessä käytetyn veden lämpötilalla on myös suuri merkitys jäänkirkkauteen. Parhaaseen lopputulokseen päästään, kun jäädytykseen käytettävä vesi lämmitetään noin 60–70°C lämpötilaan. Lämmitys poistaa vedestä ylimääräiset kaasut sekä sulattaa jo aikaisemmin jäätyneen pinnan vahvistaen uuden vesikalvon tarttumisen ja jäätyneen jääkentän pintaan. Menetelmä on huomattavasti tehokkaampi kuin samalla määrällä kylmää vettä. (Dietz 2016, 14.)

4 TALVITESTIRATOJEN LAADULLINEN MITTAUSTEKNIikka

Ajoneuvo- ja rengastestit vaativat onnistuakseen testiratojen laadulta homogeenisen rakenteen. Haasteena laadunvarmistamisessa ovat kuitenkin ratojen suuret pinta-alat sekä muodot. Testiratojen laadunvalvontaan on kehitetty erilaisia kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia mittausten menetelmiä.

4.1 Kvalitatiiviset mittausten menetelmät

Kvalitatiivisilla mittausten menetelmillä voidaan lumi- ja jääpintojen sen hetkellisestä koostumuksesta havainnoida kosteus, kovuus, lumityyppi, kiderakenne ja testipinnan paksuus. Menetelmät eivät ole virallisia mittausten menetelmiä. Sen sijaan menetelmät antavat visuaalisen kuvan testiratojen laadusta. Esimerkiksi ASTM:n ohjeistama foot print -teoria, jossa voidaan havainnoida lumen kovuutta testiradan pinnalle jäävistä kuvioista (Taulukko 1). (ASTM 2020, A2).

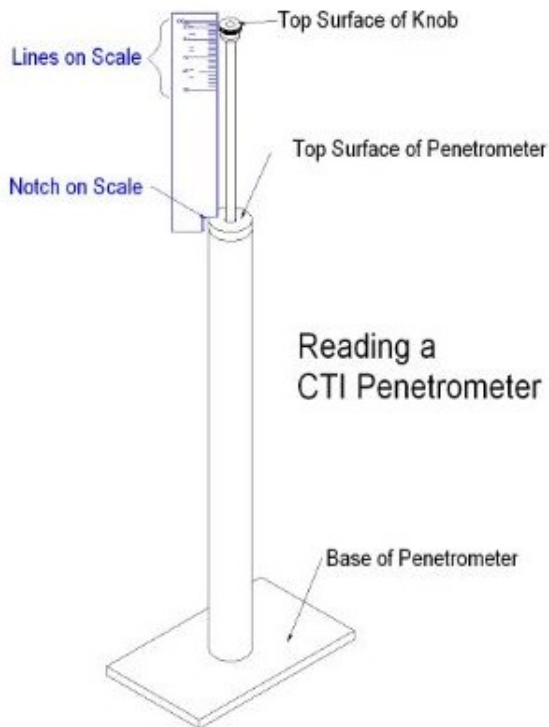
Lumen kosteuden ja tyyppin määrittämiseksi voidaan havainnointitekniikkana hyödyntää hiihtolatuksen kunnon arvioinnissa käytettyä lumipalloteoriaa. Lumipalloteoria toimii siten, että lunta otetaan tarpeeksi kämmenelle, jonka jälkeen kerätty lumi yritetään puristaa palloksi. Jos palloa ei muodostu, niin lumi on tällöin kuivaa pakkaslunta. Palloksi muodostunut lumi taas on kosteaa nuoskalunta ja vetinen pallo kertoo suuresta vesipitoisuudesta. (Kolehmainen 2006, 19.)

4.2 Kvantitatiiviset mittausten menetelmät

Ajoneuvo- ja rengasvalmistajat sekä tyyppihyväksyntäprosessia valvovat viranomaiset vaativat erityyppisille testeille erilaisia olosuhteita talvitestratojen pinnanlaadulta. Pinnanlaadun tekniset ominaisuudet tulee saada kategorioitua vastaamaan vaadittavia olosuhteita mittalaitteiden avustuksella, jotta saadaan arvioidua talvitestradalta vaadittava pitotaso. Varsinkin tyyppihyväksyntätesteissä mittalaitteiden tulee olla kalibroitu ja kalibroitien ajankohta tulee olla merkittävänä jokaiseen käytettyyn mittalaitteeseen. Pitotaso arvioidessa tulee huomioida lumen tiiviys, kiteinen rakenne, leikkauslujuus ja kosteuspitoisuus.

4.2.1 CTI- penetrometri

Tällä hetkellä varsinkin lumitestiratojen pinnanlaadun mittarina käytetään pääasiassa eri viranomaisten tyyppihyväksyntästandardien määrittelemää Smithersin valmistaa CTI-penetrometriä (Kuva 1), joka perustuu yhdistettyyn lumen tiivyyden ja leikkauslujuudesta saatuihin parametreihin. (Smithers 2021.)



Kuva 1. CTI-Penetrometri (Smithers 2021).

4.2.2 Lämpötila ja ilmankosteus

Lämpötilaa ja ilmankosteutta valvotaan erilaisilla sääasemilla ja kalibroiduilla lämpötilaa mittaavilla mittalaitteilla, joilla voidaan varmistaa testitapahtuman aikana ympäristössä tapahtuvat lämpötilavaihtelut. Luotettava ja reaaliaikainen lämpötilaseuranta on yksi tärkeimmistä mittalaitteista ajoneuvojen- ja renkaiden talvitesauksessa, koska suurin osa testeistä on määritetty suoritettavaksi erilaisissa lämpötiloissa. Jatkuva lämpötilaseuranta on myös osa testiratojen laatua mittavista tekijöistä ja sillä on myös suuri vaikutus erilaisten kunnossapitomenetelmien käytössä.

4.2.3 Vertailurengas

Vertailurenkaat eli referenssirenkaat (SRTT) on kansainvälisesti käytetty ja standardoitu menetelmä. Renkaiden pääasiallinen tarkoitus on toimia vertailukohteenä testattaville renkaille sekä varmistaa, että jokainen testattavana oleva rengas saa testialustalta tasavertaisen kohtelun. Vertailurenkailla mitataan jarrutusmatkoja (hidastuvuutta) sekä radan sen hetkistä pitoindeksiä.

Vertailurenkaita voidaan myös käyttää pelkästään testiratojen pinnanlaadun varmistamiseksi. Tällöin vertailurenkaana voidaan käyttää talviominaisuuksiltaan hyvää pohjoismaista kitkarengasta. (Mäki 2021.)

4.2.4 Mikroskooppi

Lumitestiratojen pintakerroksien tutkimisessa käytetään myös mikroskooppia. Menetelmällä voidaan tarkastella lumen ominaisuuksien muuttumista, kuten ikääntymisestä ja rasituksesta johtuvan raekoon muutoksista mikrotasolla. Vaikka mikroskooppi ei ole jokapäiväinen mittausmenetelmä, niin siitä kerätty data mahdollistaa lumen ominaisuuksien ja käyttäytymisen tuntemisen pidemmällä aikavälillä. (Tuovinen 2021.)

5 TUTKIMUSMENETELMÄ JA TOTEUTUS

Tämän tutkimus- ja kehittämistyön tavoitteena ja tarkoituksena on parantaa toimexiantajan tuotannon laatua tutkimalla ja kehittämällä ajoneuvo- ja rengastes-
tauksessa käytettävien talvitestiratojen lumi- ja jääpintojen laadullista mittaustek-
niikkaa. Lisäksi tarkoituksena on yhtenäistää lumi- ja jääpintojen kategoriointiin
liittyviä toimintatapoja sekä ohjeistuksia kunnossapidon ja testihenkilöstön
kanssa. Tutkimus- ja kehittämistyön tavoitteena on kartoittaa käytössä olevia
kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia mittausten menetelmiä, tutkia menetelmien toimintaa,
sekä arvioida kelpoisuuksia. Tavoitteena on myös mahdollisten puuttuvien mit-
tausmenetelmien ja mittalaitteiden määrittäminen ja mahdollisuuksien mukaan
niiden tuominen talvitestauksen ja ratojen kunnossapidon tarpeisiin.

Tutkimus- ja kehittämishanke rajataan koskemaan lumi- ja jäättestiratojen mit-
taustekniikan laadullista parantamista hyödyntäen jo käytössä olevia mittauslait-
teistoja.

5.1 Tutkimus- ja kehittämishanke

Opinnäytetyö toteutetaan tutkimus- ja kehittämishankkeena. Opinnäytetyön to-
teutus suuntautuu tutkimus- ja kehittämishankkeen kuvaamiseen, asiantuntijoi-
den haastatteluihin, teoreettisen aineiston keräämiseen ja analysointiin sekä
vaihtoehtoisten mittausten menetelmien ja mittalaitteiden määrittelyyn. Tutkimus- ja
kehittämishanke toteutetaan kvalitatiivisena tutkimuksena, jonka pohjalta kerätyt
tutkimusaineistot, mittaukset, haastattelut, havainnot ja kehitysideat analysoi-
daan ja kuvataan selkeäksi tietokokonaisuudeksi.

Teoria ja tietoperusta pohjautuu aikaisempaan alan kirjallisuuteen ja tutkimustu-
loksiin, yrityksen sisäiseen tietokantaan sekä asiantuntijoiden haastattelui-
hin. Opinnäytetyössä aiheen keskeiset käsitteet määritellään teoreettisessa
osassa ja muut käsitteet voidaan määritellä siinä yhteydessä, kun ne tulevat
esille.

5.2 Tutkimuksen aineistonkeruu- ja analyysimenetelmät

Kanasen mukaan teemahaastattelu toteutetaan haastateltavan ehdoilla, mikä tarkoittaa sitä, että tutkittava kertoo vapaasti tutkittavasta aiheesta. Tutkija voi tehdä tarkentavia kysymyksiä ja huolehtii siitä, että keskustelu pysyy aiheen piirissä. Haastattelun aikana teemat käydään läpi keskustelemalla ja tarpeen tullen haastattelija tarkentaa asioita haastateltavalta. Kerätty aineisto on hyvä analysoida mahdollisimman pian, koska se lisää tutkijan ymmärrystä aiheesta. Tutkijan tulisi olla perehtynyt tutkimuksen aiheeseen, jotta hän voi luoda keskustelun teemat. Teemojen avulla kaikki tarvittavat aihealueet tulee käsiteltyä keskustelun aikana. Haastattelua varten tutkija tekee teemahaastattelurungon ennakkokäsityksensä pohjalta. Teemahaastatteluissa voi nousta uusia aiheita, joihin tutkijan tulee tarttua. (Kananen 2017, 95–96.)

Teemahaastattelujen aineisto puretaan tekstimuotoon eli litteroidaan. Litteroinnin jälkeen aineisto tiivistetään ja pelkistetään koodaamalla, joka auttaa hahmottamaan aineistoa. Aineistosta pitää löytää oleellinen. Aineistoa analysoitaessa sitä voidaan lähestyä joko aineistolähtöisesti tai teorialähtöisesti. Teorialähtöisessä lähestymisessä aineistosta etsitään teorian avulla vihjeitä tulkinnasta. Aineistolähtöisessä lähestymisessä tulkinta nostetaan aineistosta. (Kananen 2017, 136.) Aineistolähtöisessä luokittelussa teksti luokitellaan aineistosta löydetyin perusteella (Kananen 2017, 141).

Kanasen mukaan luokittelulla tarkoitetaan samaa tarkoittavien asioiden yhdistämistä. Luokittelun avulla samaa tarkoittavat käsitteet yhdistetään käsitteiden alle, jolloin niistä muodostuu kokonaisuus. Opinnäytetyön analysoimisessa aineistosta etsitään muun muassa toiminnan logiikkaa eli prosesseja ja malleja tai samankaltaisuutta tai erilaisuutta. (Kananen 2017, 146–148.)

Opinnäytetyön aineisto kerättiin haastatteleamalla asiantuntijoita, jotka valittiin toimemksiantajan henkilöstöstä. Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituna teemahaastatteluna. Haastatteluun valittiin kaksi henkilökuntaan kuuluvaa alan asiantuntijaa. Haastattelua varten laadittiin valmiiksi teemapohjainen kysymysrunko Liite 1, joka jaettiin kolmeen eri teemaan. Teemat olivat lumi, jää sekä henkilöstö

ja toimintatavat. Teemat käytiin läpi haastateltavien kanssa ja haastattelutilanteessa kysymyksiä täsmennettiin tarpeen tullen tarkentavilla kysymyksillä. Kysymykset lähetettiin haastateltaville ennakkoon nähtäväksi. Haastatteluista kerätty aineisto nauhoitettiin.

Nauhoitukset litteroitiin pian haastatteluiden jälkeen, mikä helpotti haastatteluiden aineiston analysointia. Litteroitu aineisto pelkistettiin koodaamalla helpompaan ja käsiteltävämpään muotoon. Koodaamisessa käytettiin aineistosta nousseita ilmaisuja. Luokittelu toteutettiin aineistolähtöisesti, koska haastatteluiden tarkoituksena oli saada haastateltavilta lisää tietoa ilmiöistä ja niin sanottu hiljainen tieto näkyväksi. Haastatteluiden ensisijaisena tarkoituksena oli saada yrityksessä oleva hiljainen tieto talvitestiratojen lumi- ja jääpintojen laadullisesta määrittämisestä kirjalliseen muotoon.

Havainnointi voidaan katsoa yhdeksi vanhimmista tiedonkeruumenetelmistä, mutta menetelmän katsotaan olevan työläs ja vievän runsaasti aikaa. Havainnointi on kuitenkin tehokas tiedonkeruumenetelmä, kun tutkitaan aihealueita, joissa tutkittavasta ilmiöistä ei ole saatavilla tarpeeksi tietoa tai tiedon saanti on vähäistä. (Kananen 2017, 83.)

Opinnäytetyössä aineistoa kerättiin myös havainnointimenetelmää apuna käyttäen. Havainnointi toteutettiin muiden työtehtävien ohessa pitämällä kirjaa erilaisista ympäristön tuomista muutoksista lumi- ja jääpintoihin. Havainnointia kohdistettiin myös muiden testiratoja käyttävien henkilöiden toimintatapoihin, kun he kartoittivat testiratojen kuntoa. Muistikirjan havainnot analysoitiin haastatteluiden tapaan koodaamalla tehdyt havainnot yksinkertaiseen muotoon. Havaintoja käytettiin lähinnä materiaaleista ja haastatteluista kerättyjen menetelmien tueksi.

6 TULOKSET

Haastatteluiden perusteella lumitestiratojen laadunvarmistuksessa käytettyjen menetelmien haastekohdat nousivat esille. Haastatteluiden perusteella laadunvalvontaa hankaloittaa se, että käytetyt mittalaitteet ovat standardoituja ja mitattavat tulokset tulevat suoraan säädöksistä. Lumen tiivyyttä ja kovuutta määrittävällä CTI-penetrometrillä ongelmakohdaksi nousi mittauksissa esiintyvät hajonnat sekä mittalaitteen kapea-alaisuus, joka ei välttämättä kerro sen hetkisestä testiratojen laadusta riittävästi. ”Mittalaitteen hyvä puoli on kuitenkin sen helppokäyttöisyys sekä mittausmenetelmille tehdyt selkeät käyttöohjeistukset ja yhtenäiset toimintatavat” (Mäki 2021).

Vertailurenkaiden käytöstä nousi esille myös huonoja sekä hyviä puolia. *”Hyvää on renkaasta saatava hidastuvuutta kuvaava indeksi, jonka pohjalta voidaan tarkastella radan laatua sen koko pituudelta”* (Mäki 2021). Vertailurenkaiden ongelmaksi nähtiin kuitenkin niiden poikkeava koko esimerkiksi verrattaviin renkaisiin sekä vertailurenkaan käytöstä syntyvä ylimääräinen työ.

Haastatteluissa tuotiin esille laadunvarmistamisessa käytettäviä menetelmiä, kuten mittaviivaimen ja mikroskoopin hyödyntäminen. Mikroskoopilla voidaan tarkastella lumen ominaisuuksien muuttumista, kuten ikääntymisestä ja rasituksesta johtuvia raekoon muutoksia mikrotasolla. *”Huonoa menetelmässä on tutkimustietojen puute lumen vanhenemisesta ja muokkautumisesta rasituksen alla”* (Tuovinen 2021).

Haastatteluissa käsiteltiin myös erilaisia visuaalisia toimintatapoja testiratojen laadun ja rakenteen määrittämiseksi. *”Lumitestirata on syvyysuunnassa asteittain kovettuva ja siinä ei tulisi olla jyrkkiä rajapintoja. Lumen pitäisi olla puhdasta valkoista jalan alla narisevaa tuoretta ja kiteistä lunta”* (Tuovinen 2021). Haastatteluissa ilmeni myös yhtenäisten toimintatapojen puute.

Haastatteluissa tuli esiin myös se, että jäätestiratojen pinnanlaadun varmistamiseksi ei ole juuri otettu käyttöön menetelmiä, joilla pinnanlaatua voitaisiin mitata. Laaduntoteaminen perustuu havaintoihin ja vertailurenkaalta saatuihin hidastuvuusindekseihin, joilla voidaan todeta jään tasalaatuisuus. Jään laatuun katsotaan vaikuttavan enemmän sen kunnostusmenetelmät ja jäädytyksessä käytetyn veden ominaisuudet.

Haastatteluiden pohjalta ilmeni ongelmakohtia, jotka eivät juurikaan korreloi laadulliseen mittaustekniikkaan, mutta vaikuttavat suuresti laadukkaaseen lopputulokseen. *”Tärkeimpänä olisi saada kuntoon meidän kirjallinen perehdytyksemme. Tietotaito on ripoteltu sinne tänne, tietyille henkilöille. Osaamista enemmän tai vähemmän kirjallisessa muodossa, yleensä vähemmän”* (Tuovinen 2021).

Havaintojen perusteella opinnäytetyön tuloksena syntyi lumen ja jään kategoriointia helpottava kaavio Liite 2 ja Liite 4, jotka pohjautuvat ASTM 1805-20 taulukoon A2.1 testipinnan ominaisuudet. Kaaviossa on myös luotu ohjeistus lumites-tiradan rakenteelle Liite 3, jonka tarkoituksena on yhtenäistää radan eri kerroksista käytettäviä nimityksiä.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Haastatteluiden perusteella voi tehdä johtopäätöksen, että yksikään tällä hetkellä käytetty mittalaite tai -menetelmä ei toimi täydellisesti yksin, vaan laadun varmistamiseksi luodut keinot tukevat toinen toisiaan. Mikroskoopin käyttöä tulisi ehdottomasti jatkaa ja kerättyä tietoa dokumentoida, jolloin pidemmällä aikavälillä menetelmästä kerätty aineisto helpottaisi ratojen kunnossapitoa, kun käsiteltävä materiaali tunnettaisiin paremmin. CTI-mittauksessa tulisi olla yhtenäinen toimintatapa ja myös havainnointia tulisi yhtenäistää.

Haastatteluiden mukaan henkilöstön perehdytysmateriaali olisi tarpeen päivittää ja saada yrityksen työntekijöillä oleva arvokas hiljainen tieto näkyväksi ja kirjalliseen muotoon. Laadunvalvontaa tulisi kehittää, jonka hyödyt näkyisivät tulosten aukottomuudessa ja mitattavuudessa. Haastatteluissa nousi esille toimintatapojen ja sanastojen yhtenäistämisen tarve, mistä saatavat hyödyt näkyisivät työntekijöiden tiedon ja osaamisen lisääntymisessä. Sanastojen yhtenäistäminen vaikuttaisi myös oletusten ja väärinkäsitysten vähentymiseen. Haastatteluiden perusteella toimivaksi ajatellut keinot toimintatapojen ja sanastojen yhtenäistämiseen olisivat työnkierto sekä henkilöstön koulutus- ja perehdyttämispäivät, joissa testiratojen kanssa tekemisissä oleva henkilöstö tutustuisi toistensa työnkuviin, työtehtäviin ja osaamiseen.

Havaintojen ja haastatteluiden perusteella tällä hetkellä käytössä olevat mittausmenetelmät riittävät testiratojen laadunvarmistamiseksi ja uusien mittalaite hankintojen sijaan olisi kannattavampaa yhtenäistää henkilökunnan koulutuksia, toimintatapoja ja ohjeistuksia. Mittalaiteteknologia on kuitenkin kehittynyt ja markkinoilla on saatavissa mielenkiintoisia menetelmiä, jotka voisivat olla tulevaisuudessa hyödyksi testiratojen laadunvalvonnassa.

7.1 Lumi- ja jääpintojen visuaalinen arviointi

Kappaleessa kerrotut tekniikat eivät ole tieteellisesti tutkittuja ja todistettuja. Ne perustuvat tutkijan omiin kokemuksiin ja havaintoihin lumi- ja jääpintojen visuaalisessa laadun arvioimisessa.

Lumen kiderakenne voidaan todeta visuaalisesti kämmentä hyväksi käyttäen. Jos kämmenelle otettu lumi tuntuu merisuolarakeilta, on lumi menettänyt koostumuksensa, sekä mekaaniset ominaisuutensa. Lumi vastaa laadullisia vaatimuksia, kun se on kuivaa ja siinä on havaittavissa savimainen tiiviys. Puuterilumi voidaan havaita puhalluskokeella. Lumitestirata ei ole riittävän tiivis, jos sen testipinta on kevyesti pyyhkäistävissä tai puhallettavissa. Tilanne on riskialtis esimerkiksi tuulisena päivänä, jolloin tuuli kuljettaa kevyttä lunta tehden testiradasta epätasaisen ja osittain jäisen.

Lumen kovuutta ja testipinnan paksuutta voidaan arvioida myös kengän kärjellä. Rata on liian pehmeä, jos kengänkärki tavoittaa kovan lumipolanteen helposti. Menetelmän avulla voi myös havaita sen, ettei testipinta ole asettunut kunnostuksen jälkeen tai testipinta ei ole tarttunut ollenkaan kiinni pohjakerrokseen. Kengän kärjen jäljestä voi myös arvioida testipinnan paksuuden. Testiradan pinnan pitotasoa voidaan havainnoida hieromalla kengän pohjaa testiradan pintaan.

Jääpinnanlaatua voidaan varmistaa toteamalla silmämääräisesti tai kämmenen avulla, että onko testiradan pinnalla kosteutta. Silmin tai kämmenellä selvästi havaittu kosteus merkitsee jäänpinnan lämpötilan olevan lähellä nollaa ja silloin pinnalta vaadittu pitotaso ei vastaa vaatimuksia. Pitotasoa voi testata myös liukumalla kengillä. Hyväksi havaittu pitotaso tuntuu kengän alla hieman tahmealta, mutta kuivalta. Liukumisella voidaan myös arvioida jääpinnan suoruutta ja huomata mahdolliset epätasaisuudet ja pinnan karkeuden. Jääpinnan kovuutta voidaan arvioida raapimalla jään pinnalle. Liian pehmeä jää tarttuu helposti kynsien alle ja raapaisu jättää selkeän uran jään pinnalla.

Silmämääräisellä arviolla on tärkeä merkitys niin lumi- kuin jääpintoja arvioitaessa. Silmämääräisesti voi tarkastaa ratojen suoruuden ja sen, ettei radoilla ole jotain sinne kuulumatonta, kuten esimerkiksi kuoppia, likaa ja epätasaisuutta. Edellä mainittuja menetelmiä voidaan hyödyntää pinnanlaadun sen hetkisessä arvioinnissa, mutta lopullinen arviointi ja pinnanlaadun määrittäminen perustuu mittalaitteista saatuihin tuloksiin.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön aihe talvitestiratojen lumi- ja jääpintojen kategoriointi oli laajuudessaan haastava, mutta samalla mielenkiintoinen. Aihe tuki omaa ammatillista kehittymistä ja osaamista testi-insinöörin työtehtävissä sekä avasi uusia näkökulmia talvitestiratojen kunnossapidosta, ominaisuuksista sekä lumen ja jään eri olomuodoista ja käsiteltävyydestä.

Opinnäytetyön suurin haaste oli aika ja käytettävissä olevat resurssit. Aineistoa kerätessä ja sitä analysoitaessa ilmeni, että julkista tutkimustietoa talvitestiratojen lumi- ja pintoihin liittyen on tarjolla hyvin vähän. Lumeen ja jäähän liittyvän teoreettisen materiaalin vähäisyys ilmeni jo siinä vaiheessa, kun opinnäytetyöhön kerättiin teoreettista materiaalia. Lunta ja jäätä on kuitenkin tutkittu paljon, mutta suuret ajoneuvo- ja rengasvalmistajat haluavat pitää tutkitun tiedon itsellään ja yrityssalaisuuksien piirissä. Alan ohjeistus koostuu pääasiassa erilaista standardeista ja säädöksistä, jotka ovat englanninkielisiä. Kieli hankaloittaa standardien tuomista opinnäytetyöhön, koska standardien käyttö pitäisi tapahtua suorilla lainauksilla, mikä taas ei ole suositeltua suomenkielisessä opinnäytetyössä.

Haasteina opinnäytetyössä oli selkeästi tiukka aikataulu, koska aiheen saaminen pitkittyi alkuperäisestä suunnitelmasta. Opinnäytetyön edetessä huomio kiinnittyi myös työn laajuuteen ja opinnäytetyö olisi ollut selkeämpi rajata suoraan kohdentumaan yhteen teemaan, joka olisi helpottanut tutkittavaan ilmiöön syventymistä. Aikataulu ja resurssipuute vaikeuttivat myös lumen kategorioinnin selvitystä, koska tutkiminen olisi vaatinut erilaisia testirataprofiileja tutkittavaksi. Toimeksiantajan sisätestihallin radat ovat kuitenkin rajalliset ja jokainen tutkimukseen käytettävä rata olisi ollut pois sen hetkellisestä ratakapasiteetista.

Opinnäytetyössä suoritettu lumi- ja jäättestiratojen kategoriointi perustuukin teoriassa kerättyyn materiaaliin ja niiden hyödyntämiseen sekä selkeyttämiseen. Ohjeiden selkeyttäminen kaaviomuotoon, helpottaa niiden omaksumista, mikä toivottavasti johtaa haastatteluissakin esiin nousseiden ongelmien, kuten yhteisen kielen vahvistumiseen.

LÄHTEET

ASTM F1850-20, 2020. Standard Test Method for Single Wheel Driving Traction in a Straight Line on Snow and Ice-Covered Surfaces. West Conshohocken: ASTM International

Diez, M. 2016. Development of techniques and procedures for evaluating ice quality in ice rink applications. KTH School of industrial engineering and management. Energy technology. Master of science thesis. Viitattu 24.4.2021 <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1072149/FULLTEXT01.pdf>

Grönfors, T. 1975. Tutkimus nastarenkaista ja nastan pistovoimasta. Teknillinen korkeakoulu. Autotekniikka. Diplomityö.

Hilli, M. 2020. Test World Oy. Testipäällikkö. Talvitestausperehdytys 16.11.2020.

Järvinen, E & Makkonen, L. 1987. Lumen ominaisuuksien mittaaminen. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Kananen, J. 2017. Laadullinen tutkimus pro graduna ja opinnäytetyönä. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kolehmainen, V. 2006. Perinteisen hiihtotavan simulointi suksen liikutuslaitteessa, sekä luistoon ja pito-ominaisuuksiin vaikuttavat tekijät. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian laitos. Pro Gradu tutkielma.

LaChapelle, E. 1992. Field Guide to snow crystal. Cambridge: International Glaciological Society.

Libbrecht, K. 2019. Snowflake science. Viitattu 19.4.2021 <http://www.snowcrystals.com/science/science.html>

Millbrook 2020. UTAC CERAM and Millbrook are Joining Forces to Form a Market Leading Group. Viitattu 2.5.2021 <https://www.millbrook.co.uk/news/2020/utac-ceram-and-millbrook-are-joining-forces-to-form-a-market-leading-group/>

Mäki, E. 2021. Test World Oy. Testi-insinöörin haastattelu 28.4.2021.

Peisa, K. 2014. Arktisten ilmiöiden termodynamiikka. Viitattu 24.4.2021 <https://www.lapinamk.fi/loader.aspx?id=a6b0d46e-8949-4297-964b-1940eadd484>

Rosenberg, B. 2005. Why is ice slippery. Physics today. Vol 58. No 12, 50. Viitattu 24.4.2021 <https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/1.2169444>

Smithers 2021. GTI Gauge. Viitattu 14.4.2021. <https://www.smithers.com/industries/transportation/automotive/winter-proving-grounds/cti-gauge>

Test World 2001. Testikauden pidentäminen uusien teknisten ratkaisuin. Sisäinen intranet.

Test World 2019. Yritysesittely. Sisäinen intranet.

Test World 2020. Johtamisjärjestelmä. Laatukäsikirja. Sisäinen intranet

Test World 2021. About. Viitattu 14.2.2021. <https://www.testworld.fi/about/>

Tuovinen, T. 2021. Test World Oy. Indoor-päällikön haastattelu 29.4.2021.

Wagner, W. & Pruß, A. 2002. The IAPWS Formulation 1995 for the Thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance for General and Scientific Use. Journal of Physical and Chemical Reference Data. Vol 31. No 2. 387–535. Viitattu 1.5.2021 <https://doi.org/10.1063/1.1461829>

Zhelezovskiy, Y. 2016. DSC-Kalorimetrin suunnittelu faasimuutosmateriaaleille. Tampereen teknillinen yliopisto. Tietotekniikka. Diplomityö. Viitattu 1.5.2021 <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/24568/zhelezovskiy.pdf?sequence=3&isAllowed=y>