

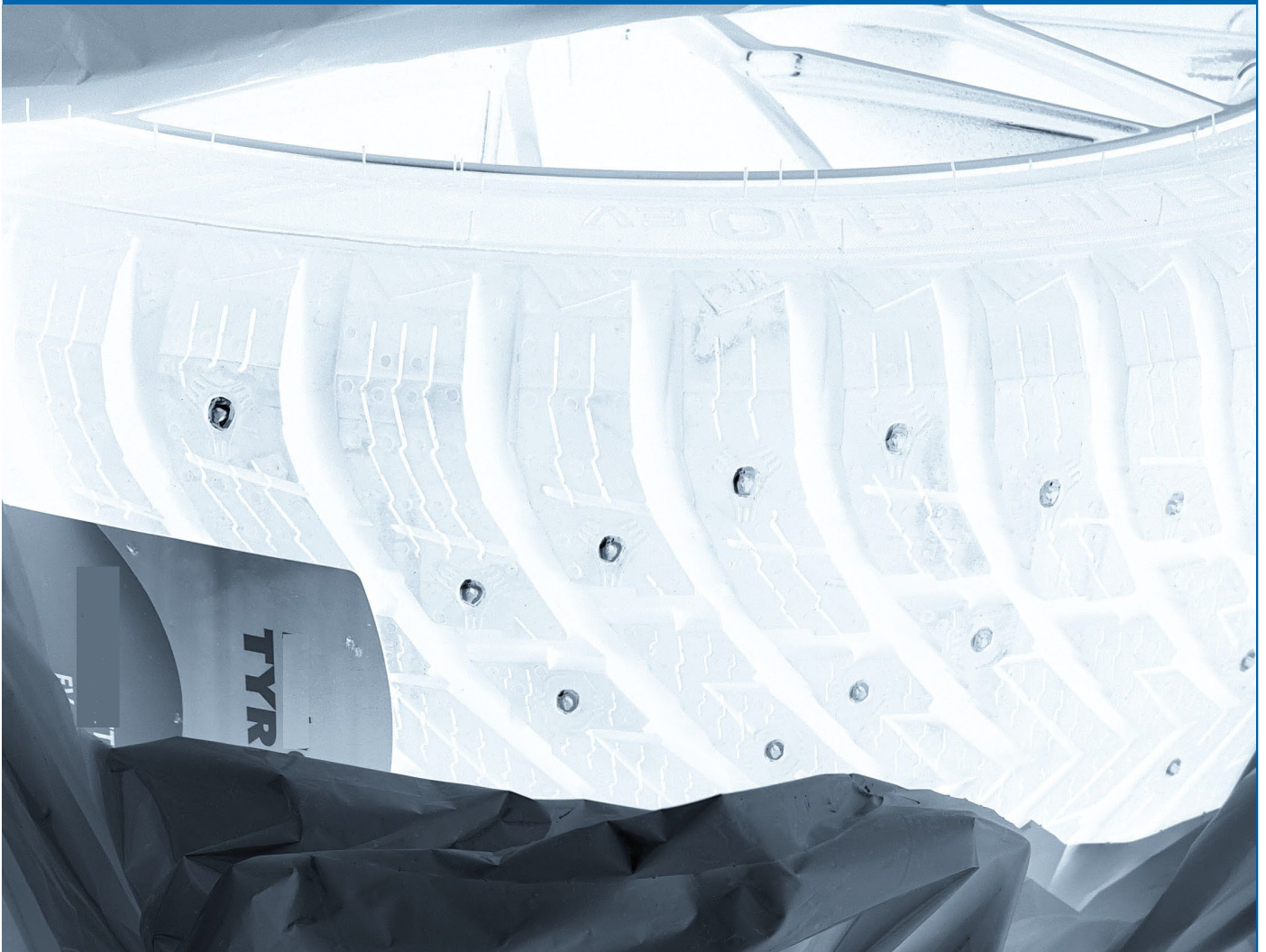


Väylävirasto
Trafikledsverket

Väyläviraston julkaisu
10/2023

Talvirengastyypin vaikutus liikenneturvallisuuteen

Tutkimustiedon päivitys



Mikko Malmivuo

Talvirengastyypin vaikutus liikenneturvallisuuuteen

Tutkimustiedon päivitys

Väyläviraston julkaisuja 10/2023

Kannen kuva: Jarkko Pirinen

Verkkajulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-405-044-9

Väylävirasto
PL 33
00521 HELSINKI
puh. 0295 343 000

Mikko Malmivuo: Talvirengastyypin vaikutus liikenneturvallisuuteen - Tutkimustiedon päivitys. Väylävirasto Helsinki 2023. Väyläviraston julkaisuja 10/2023. 48 sivua. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-044-9.

Avainsanat: Kitkarenkaat, liikenneturvallisuus, nastarenkaat, talvirenkaat

Tiivistelmä

Nastarenkaat tarjoavat kitkarenkaita parempaa jääpitoa, mutta toisaalta kuluttavat päällysteitä ja heikentävät ilmanlaatua. Tutkimuksen tavoitteena on koota yhteen viimeisin talvirengastyyppejä koskeva tutkimustieto sekä arvioida, tulisiko Väyläviraston suositella laajempaa kitkarenkaiden käyttöä.

Vielä tämän vuosituhatosen alkuvuosiin kohdistuvien tutkimusten mukaan nastarenkaat vaikuttivat kitkarenkaita turvallisemmalla vaihtoehdolla. Vuonna 2011 Norjassa arvioitiin, että 20 % vähennys nastarengasosuudessa lisäsi henkilövahinko-onnettomuuksia noin 6 %. Suomessa arvioitiin vuonna 2014 kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien aineiston perusteella, että pelkästään nastoitettavia renkaita käyttämällä olisi voitu välttää keskimäärin yksi kuolemaan johtanut onnettomuus talvikaudessa.

Ruotsissa 2015 tehdyn laajan talvirengastutkimuksen yhteydessä havaittiin, että käytetyn nastarenkaan pito heikkenee suhteellisesti nopeammin kuin käytetyn kitkarenkaan. Silti nastarengas tarjoaa käytettynäkin hieman paremman jääpidon kuin kitkarengas.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin talvirengastestejä vuosilta 1990–2022. Testien mukaan rengastyypin ero jääpidossa on säilynyt lähes muuttumattomana koko tarkastelujakson ajan. Pitoero saattoi kuitenkin olla vain 10 % tai jopa 40 % jään rakenteen mukaan.

Tutkimuksessa tarkasteltiin kuolemaan johtaneita talvikauden onnettomuuksia vuosina 1997–2020. Aineisto osoitti hyvin selvästi, että toisin kuin aiemmin, viimeisen noin 10 tarkasteluvuoden aikana nastattomia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien osuus on selvästi pienempi kuin nastattomia talvirenkaita käyttävien osuus liikennevirrassa. Tähän saattaa vaikuttaa ajonvakautusjärjestelmien yleistyminen. Nastattomia talvirenkaita käyttävät aiheuttajat olivat kuitenkin keskimäärin kokeneempia kuljettajia ja joutuivat onnettomuuteen useammin ajonvakautusjärjestelmän omaavalla ajoneuvolla kuin nastoitettavia talvirenkaita käyttäneet aiheuttajat.

Kitkarenkaiden käytön maltillista lisäystä suositellaan useammalle ja erityisesti niille, joilla on paljon ajokokemusta sekä uudehko ajonvakautusjärjestelmällä varustettu ajoneuvo. On kuitenkin otettava huomioon, että eri tutkimuslähteiden mukaan nastarenkaiden jään karhennusvaikutus vähenee oleellisesti, kun kitkarenkaiden osuus on 50–75 %. Nämä laskelmat eivät huomioi raskaan liikenteen talvipintoja kiillottavaa vaikutusta. Silti nykyisen kitkarengasasteen (14 %) tuplaaminen on mahdollista liikenneturvallisuuden ja kunnossapidon kannalta.

Mikko Malmivuo: Vinterdäckstypens påverkan på trafiksäkerheten - Uppdatering av forskningen. Trafikledsverket. Helsingfors 2023. Trafikledsverkets publikationer 10/2023. 48 sidor. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-044-9.

Sammanfattning

Dubbdäck ger bättre isgrepp än friktionsdäck, men å andra sidan sliter de på beläggningarna och försämrar luftkvaliteten. Syftet med undersökningen är att sammanställa den senaste forskningen om vinterdäckstyper och att bedöma om Trafikledsverket bör rekommendera en mer omfattande användning av friktionsdäck.

Ännu under de första åren av detta årtusende visade studier ännu att dubbdäck verkade vara säkrare än friktionsdäck. År 2011 uppskattades i Norge att 20 procents minskning av dubbdäck resulterade i en sexprocentig ökning av personskadeolyckor. Baserat på uppgifterna om dödsolyckor i Finland under 2014 uppskattades att man enbart genom att använda däck som kan dubbas hade kunnat undvika i genomsnitt en dödsolycka per vintersäsong.

En omfattande vinterdäckundersökning som genomfördes i Sverige 2015 visade att greppet hos ett använt dubbdäck försämrats relativt sett snabbare än hos ett använt friktionsdäck. Ändå ger dubbdäcket även när det är använt ett något bättre isgrepp än ett friktionsdäck.

I denna undersökning granskades vinterdäckstester från 1990 till 2022. Enligt testerna har skillnaden i isgrepp mellan däckstyperna förblivit nästan oförändrad under hela granskningsperioden. Däremot kunde greppskillnaden vara endast tio procent eller till och med 40 procent beroende på isstrukturen.

I undersökningen granskades vintersäsongens dödsolyckor mellan 1997 och 2020. Uppgifterna visade mycket tydligt att till skillnad från tidigare är andelen bilister som vållat en olycka och som haft dubbfria vinterdäck klart lägre än andelen bilister med dubbfria vinterdäck i hela trafikflödet. Den ökade användningen av elektronisk stabilitetskontroll kan påverka detta. I genomsnitt var de vållande bilister som använde dubbfria vinterdäck dock mer erfarna förare och råkade ut för en olycka oftare med ett fordon utrustat med elektronisk stabilitetskontroll än de vållande bilister som använde vinterdäck som kan dubbas.

En måttfull ökning av friktionsdäck rekommenderas till fler personer, särskilt dem som har mycket körerfarenhet och ett tämligen nytt fordon utrustat med elektronisk stabilitetskontroll. Det bör dock noteras att enligt olika forskningskällor minskar dubbdäckens ruggning av isen avsevärt när andelen friktionsdäck är 50–75 procent. Dessa beräkningar tar inte hänsyn till poleringseffekten av tung trafik på vinterytor. Det är dock möjligt att fördubbla den nuvarande andelen friktionsdäck (14 %) med tanke på trafiksäkerhet och underhåll.

Mikko Malmivuo: Impact of winter tyre type on road safety - Research data update. Finnish Transport Infrastructure Agency Helsinki 2023. Publications of the FTIA 10/2023. 48. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-405-044-9.

Abstract

Studded tyres provide better grip on ice than studless winter tyres, but on the other hand they wear out road surfaces and weaken the quality of air. The aim of the study is to compile most recent research data on winter tyre types and to assess whether the Finnish Transport Infrastructure Agency should recommend more extensive use of studless winter tyres.

According to studies conducted in the early years of this millennium, studded tyres seemed to be a safer choice than studless winter tyres. In 2011, it was estimated in Norway that a 20 % reduction in the share of studded tyres would increase personal injury accidents by about 6 %. In 2014, it was estimated in Finland, based on the data on fatal accidents, that the sole use of studdable winter tyres could have prevented, on average, one fatal accident in the winter season.

In an extensive winter tyre study conducted in Sweden in 2015, it was discovered that the grip of a used studded tyre decreases relatively more quickly than that of a used studless winter tyre. Nonetheless, a used studded tyre still offers a slightly better grip on ice than a studless winter tyre.

This study looked at winter tyre tests from 1990 to 2022. According to the tests, the difference in ice grip between tyre types has remained almost unchanged throughout the period under consideration. However, the difference in grip varied from just 10 % to as much as 40 %, depending on the quality of the ice.

The study looked at fatal winter season accidents between 1997 and 2020. The data showed very clearly that, unlike before, the share of accident instigators using studless winter tyres is clearly smaller than the share of those using studless winter tyres in the traffic flow over the past 10 years or so. Increased use of stability control systems may have influenced this. However, on average, those accident instigators who used studless winter tyres were more experienced drivers and were more often driving a vehicle equipped with a stability control system than the accident instigators who used studdable winter tyres.

A moderate increase in the use of studless winter tyres is recommended to more people and especially to those with extensive driving experience and a newer vehicle equipped with a stability control system. However, it should be kept in mind that, according to various research sources, the ice roughening effect of studded tyres is significantly decreased when the share of studless winter tyres is 50–75 %. These calculations do not take into account the polishing effect of heavy traffic on road surfaces during winter. Nonetheless, it is possible to double the current share of studless winter tyres (14 %) in view of road safety and maintenance.

Esipuhe

Suomessa käydään aika ajoin keskustelua siitä, minkälaisia talvirenkaita täällä pitäisi käyttää. Norjan ja Ruotsin talviolosuhteet ja rengastarjonta vertautuvat Suomeen. Norjassa nastarenkaiden käyttöä on päätetty voimakkaasti rajoittaa. Ruotsissa viranomaiset suosittelevat nastattomien talvirenkaiden käyttöä ajovajauden hallinnalla varustetuissa ajoneuvoissa.

Nastarenkaat tarjoavat kiistatta paremman pidon jäisissä olosuhteissa, mutta toisaalta nastat kuluttavat asfalttia ja heikentävät ilmanlaatua. Pohjoismaiset kitkarenkaat tarjoavat useissa talviolosuhteissa hyvää kitkaa, eivätkä kuluta asfalttia samoin tavoin. Ns. Keski-Euroopan kitkarenkaat mahdollistavat ajamisen yksillä renkailla läpi vuoden, mutta niiden pito-ominaisuudet talviolosuhteissa ovat nastarenkaita ja pohjoismaisia kitkarenkaita heikommat.

Tässä tutkimuksessa on päivitetty tutkimustuloksia talvirengastyypin vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen ja arvioitu sitä, tulisiko Suomessa vähentää nastarenkaiden käyttöä rajoituksin tai suosituksin.

Tutkimuksessa tilaajan edustajina ja työn valvojina ovat toimineet Otto Kärki ja Jarkko Pirinen Väylävirastosta. Tutkimuksen on tehnyt Mikko Malmivuo Innomikko Oy:stä. Esa Rätty Onnettomuustietoinstituutista on avustanut kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien aineiston tulkinnassa.

Helsingissä helmikuussa 2023

Väylävirasto
Väylänpito / Teiden kunnossapidon ohjausosasto

Sisältö

1	TYÖN TAUSTA JA TAVOITE.....	8
1.1	Tausta.....	8
1.2	Tavoite.....	8
2	VIIMEAIKAISIA TUTKIMUKSIA TALVIRENGASTYYPIN LIIKENNETURVALLISUUSVAIKUTUKSISTA.....	9
2.1	Talvirengastyypin turvallisuusvaikutukset Nasta-tutkimusohjelmassa (2011–13)	9
2.2	Nasta- ja kitkarenkaat kuolemaan johtaneissa talviajan onnettomuuksissa (2014).....	11
2.3	Ruotsalaisia tutkimuksia 2015–2016.....	12
2.3.1	Talvi- ja kesärenkaiden vertailu paljaalla kesäkelillä (2015)	12
2.3.2	Käytettyjen talvirenkaiden jää- ja lumipito (2015).....	14
2.3.3	Käytettyjen ja uusien talvirenkaiden pito märällä asfaltilla (2016)	15
2.4	Nastarenkaiden kuntoerot riskitekijänä (2017)	16
2.5	Talvirengastyypit talvikelionnettomuuksissa (2019)	18
2.6	Nastarenkaiden käytön rajoittaminen ja kokeilukatujen määrittäminen (2020).....	20
3	NASTA- JA KITKARENKAIDEN EROT TALVIRENGASTEISTEISSÄ	21
4	KITKARENKAIDEN OSUUS LIIKENTEESTÄ	25
5	TALVIRENGASTYYPIT KUOLEMAAN JOHTANEISSA ONNETTOMUUKSISSA	27
5.1	Ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden osuus kuolemaan johtaneista onnettomuuksista.....	28
5.2	Aiheuttajan ylinopeus tai huumaavien aineiden käyttö	32
5.3	Renkaiden urasyvyys	32
5.4	Ajonvakautusjärjestelmä ajoneuvossa	34
5.5	Tieluokat	34
5.6	Onnettomuuspaikan kitka valtateillä.....	36
5.7	Onnettomuuspaikan lautakunta-alue	37
5.8	Ajokokemus.....	39
5.9	Pakettiautojen osuus	40
5.10	Renkasiin liittyvät riskitekijät.....	41
6	YHTEENVETO	42
6.1	Tutkimustieto rengastyypin turvallisuusvaikutuksista.....	42
6.2	Rengastyypit talvirengasteistessä.....	42
6.3	Nasta- ja kitkarenkaat kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa	43
6.4	Johtopäätöksiä.....	43
7	POHDINTAA	45
	LÄHDELUETTELO	46

1 Työn tausta ja tavoite

1.1 Tausta

Suomessa autoilijat voivat vapaasti valita, käyttävätkö talviaikana nastallisia vai nastattomia talvirenkaita. Nastattomien talvirenkaiden osalta on lisäksi mahdollisuus käyttää joko pohjoismaisia tai ns. Keski-Euroopan kitkarenkaita. Autoilijat näkevät nastarenkaiden liikenneturvallisuusvaikutukset niin merkittävänä, että edelleen noin 86 % henkilö- ja pakettiautojen omistajista valitsee nastarenkaat. Määrä on merkittävästi suurempi kuin Ruotsissa ja Norjassa. Nastarenkaiden käyttöön liittyy myös haittavaikutuksia. Nastarenkaat kuluttavat päällysteitä ja tiemerkinlöjä sekä lisäävät ilman epäpuhtauksia. Toisaalta nastarenkaat karhentavat jää- ja poltanepintoja siten, että nastattomilla ajoneuvoilla liikkuminen on turvallisempaa. Tällä hetkellä Ruotsissa viranomaisen suosittelee kitkarenkaiden käyttöä ajoneuvoissa, joissa on ajovakauden hallintajärjestelmä.

Nasta- ja kitkarenkaiden liikenneturvallisuusvaikutuksia on tutkittu viime vuosina laajasti Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa. Sekä renkaiden että kuljettajaa avustajien järjestelmien kehittyminen todennäköisesti vaikuttaa talvirengastyypin liikenneturvallisuusvaikutuksiin.

1.2 Tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on:

- kerätä yhteen viime vuosien tutkimustieto talvirengastyypin liikenneturvallisuusvaikutuksista
- päivittää tieto talvirengastyypien suorituskykyeroista
- päivittää tieto rengastyypeistä kuolemaan johtaneissa talviajan onnettomuuksissa
- arvioida erilaisten talvirengastyypin koskevien suositusten ja rajoitusten välttämättömyyttä Suomessa.

2 Viimeaikaisia tutkimuksia talvirengastyypin liikenneturvallisuusvaikutuksista

2.1 Talvirengastyypin turvallisuusvaikutukset Nasta-tutkimusohjelmassa (2011–13)

Vuonna 2011 käynnistettiin Helsingin kaupungin toimesta kaksivuotinen Nasta-tutkimusohjelma. Tutkimuksen loppuraportissa katsottiin, että nastarenkaiden aiheuttama katupöly on liikenneturvallisuuden mahdollista heikkenemistä suurempi ongelma. Ohjelmassa annettiin melko suuri painoarvo haastattelututkimuksen tuloksille, joiden mukaan kitkarengaskuljettajat sopeuttavat paremmin ajonopeuksiaan kelin mukaisiksi kuin nastarengaskuljettajat (Katila et al 2012). Kyseinen tutkimus toteutettiin katsastustoimipaikoilla tehtävinä kyselyinä. Vastauksia kertyi 1529. Liikennevahinkoina tarkasteltiin itseraportoituja talviajan liikennevahinkoja viimeisten kolmen vuoden ajalta. Kyselyn mukaan kitkarenkailla ajavilla oli ollut nastarenkailla ajavia pienempi ajonopeus onnettomuustilanteissa. Kitkarengaskuljettajat, nastarengaskuljettajia harvemmin listasivat onnettomuuden estotoimiksi liukkauden torjunnan. Tämän katsottiin viittaavan ennakoivampaan ajotapaan. Tutkimuksen mukaan liukkaus ei näytä tulleen heille yhtä lailla yllätyksenä kuin nastarengaskuljettajille.

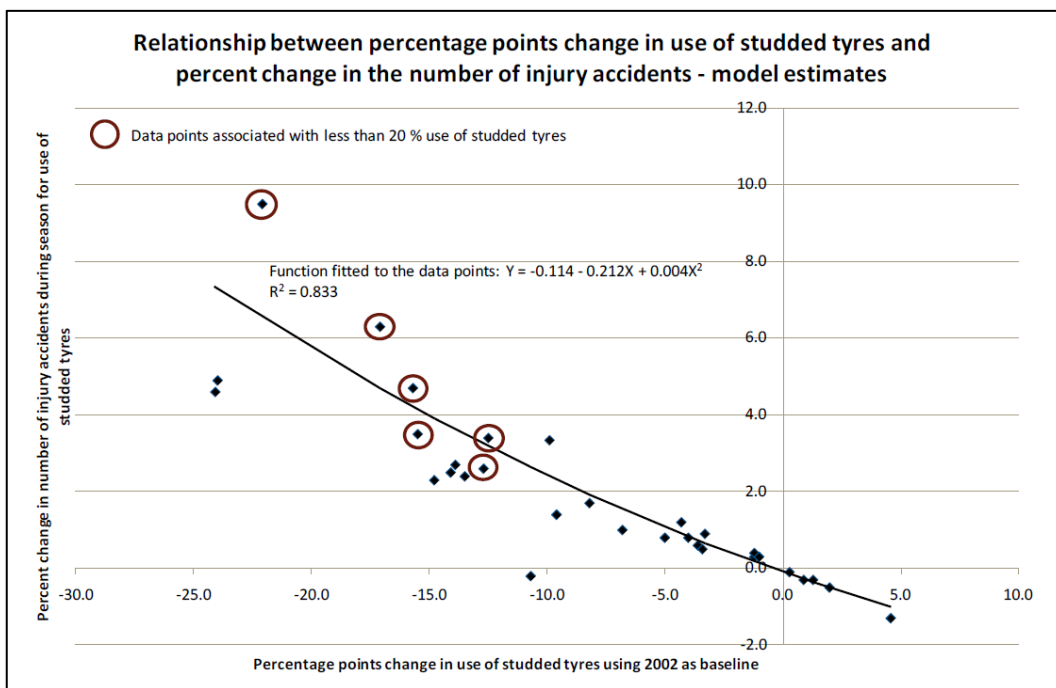
Tutkimusohjelman yhteydessä Malmivuo (Malmivuo 2012) teki kirjallisuustutkimuksen nasta- ja kitkarenkaiden turvallisuuseroista. Tutkimuksessa tehtiin seuraavia huomioita:

- kitkarenkaiden katsotaan olevan rakenteeltaan keskimäärin nastarenkaita hieman joustavampia/veltompia, joten kitkarenkaiden väistökyky ja ohjautuvuus saattavat olla kaikissa olosuhteissa hieman nastarenkaita heikompia
- tutkimustulokset käyttöään vaikutuksesta nasta- ja kitkarenkaiden pitokkyyn vaihtelevat. Nastarenkaiden pidon oleellisin kysymys liittyy nastojen kuntoon.
- talvirengastestien asiantuntijoiden mukaan lukkiutumattomat jarrut (ABS) lyhensivät suhteellisesti enemmän kitkarenkaiden kuin nastarenkaiden jarrutusmatkoja liukkaissa olosuhteissa
- nykyisten ajonvakautusjärjestelmien (ESC) on katsottu parantavan niin merkittävästi autojen hallittavuutta, että Ruotsin Trafikverket suosittelee kitkarenkaiden käyttöä ajoneuvoissa, joissa on ESC.
- käytetty kitkarengas on kesärenkaana heikompi kuin vastaavasti käytetty kesärenkas. Kitkarenkaiden mahdollisesti yleistyessä niiden käyttö kesärenkaina tulee todennäköisesti lisääntymään.
- Kitkarenkaiden vaikutusta kuljettajan ajonopeuteen on tarkasteltu useassa eri tutkimuksessa ja tulokset ovat olleet keskenään jossain määrin ristiriitaisia: joidenkin tutkimusten mukaan kitkarenkaiden käyttäjät ajavat talvikeleillä hitaammin kuin nastarenkaiden käyttäjät, joidenkin tutkimusten mukaan nopeammin ja joidenkin tutkimusten mukaan käyttäjäryhmien välillä ei ole eroa. Uskottavimmin kitkarengaskuljettajat sopeuttavat nopeuksiaan talvikeleillä

erityisesti kaarteissa, mutta sopeutus ei todennäköisesti kokonaan kata rengasominaisuuksien eroista syntyvää riskitason nousua.

- Japanin nastarengasrajoitusten yhteydessä on havaittu, että rajoitukset ovat johtaneet talviajan liikennesuoritteiden selvään laskuun. Japanissa myös havaittiin rajoitusten johtaneen kevyen liikenteen onnettomuuksien kasvuun. Tämä mahdollisesti johtui siitä, että henkilöautoliikenteen suoritteiden väheneminen johti jalankulkusuoritteiden kasvuun. Lisäksi nastarenkaat eivät enää karhentaneet jäisiä suojateitä.

Kyseisen tutkimuksen ehkä keskeisin tutkimuslähde oli Rune Elvikin ja Joanna Kaminskan vuoden 2011 tutkimus, joka tarkasteli Norjan nastarengasvähennysten ja liikenneturvallisuuden yhteyttä. Analyysin mukaan esim. 20 %:n vähennys nastarengasosuudessa lisäisi henkilövahinko-onnettomuuksia noin 6 % (kuva 1).



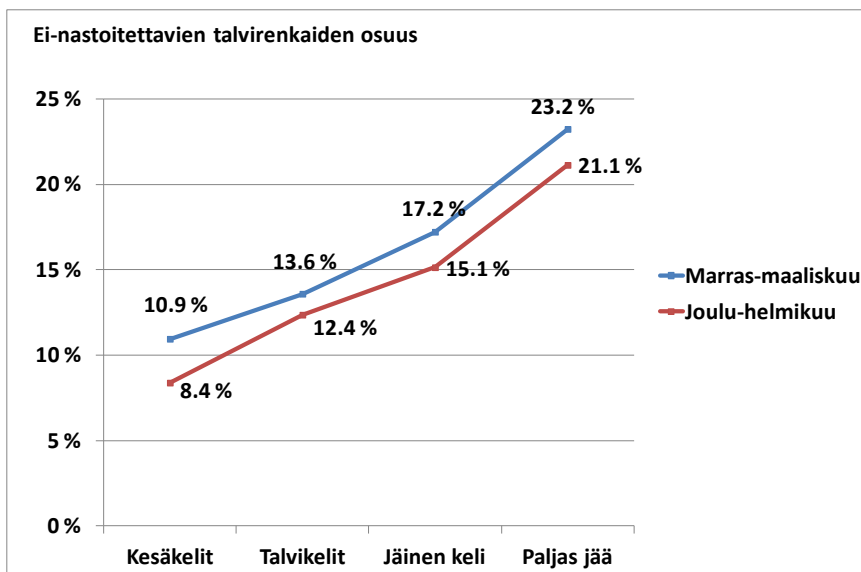
Kuva 1. Nastarengasosuuden muutoksen ja liikenneturvallisuuden yhteys nastarenkaiden käyttökautena. Aineistona Norjan 5 kaupunkia kaikkina vuosina 2002–2009 (Elvik & Kaminska 2011).

Nastarenkaat karhentavat sekä jää- ja polannepintoja että päällysteitä. Nasta-tutkimusohjelmassa tehtiin jäisellä testiradalla koe, jonka mukaan 25 % nastarengasosuus riittää karhentamaan jääpintaa niin, että tiellä olisi turvallista liikkua myös nastattomin renkain (Tuononen ja Sainio 2013). Vuonna 2016 Malmivuo ja Luoma tekivät vastaavan testin toisenlaisessa olosuhteessa, eli lumi- ja jääpolanteella (Malmivuo ja Luoma 2016). Tässä testissä päädyttiin tulokseen, jonka mukaan polannepinnan riittävä karhentaminen edellyttää 50 % nastarengasosuutta. Norjassa tehtiin myös vastaava testi jää- ja polannepinnoilla 2003 (Vaa 2004). Tutkimuksen tekijä Torgeir Vaa tulkitsi tuloksia niin, että riittävä karhennusvaikutus edellyttää 50 % nastarengasosuutta. Edelliset tulokset eivät ole keskenään ristiriitaisia, vaan tulos on riippuvainen keliolosuhteista.

2.2 Nasta- ja kitkarenkaat kuolemaan johtaneissa talviajan onnettomuuksissa (2014)

Tutkimuksen aineistona oli sellaiset kuolemaan johtaneet onnettomuudet vuosina 1997–2012, joissa oli ollut osallisena henkilö- tai pakettiauto (Malmivuo ja Luoma 2014). Aineisto kattoi myös vastaavat jalankulku- ja pyöräilyonnettomuudet. Aineistosta karsittiin pois itsemurhat, sairauskohtaukset ja nukahtamiset, koska näihin liittyvien onnettomuuksien katsottiin olevan hyvin kaukana sellaisista tilanteista, joissa ajoneuvon hallittavuudella on merkitystä. Tutkimuksessa käytettiin varsin pitkää 16-vuoden ajanjaksoa, jotta aineisto olisi kyllin laaja tilastollisesti luotettavien päätelmien tekemiseksi.

Talvirengastyyppiä tarkasteltaessa osoittautui, että onnettomuuden syntyyn ratkaisevimmin vaikuttaneella osallisella (A-osallisella) talvirenkaat olivat sitä useammin ei-nastoitettavat, mitä liukkaammalla kelillä onnettomuus oli tapahtunut (kuva 2).



Kuva 2. Ei-nastoitettavien talvirenkaiden osuus eri keliolosuhteissa vuosina 1997–2012 tapahtuneissa kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa. Mukana on vain A-osallisena olleiden henkilö- ja pakettiautojen talvirenkaat. Kesä- tai sekarenkain aiheutetut onnettomuudet sekä itsemurhat, nukahtamiset ja sairauskohtaukset on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.

Kaikkien 16 talvikauden osalta arvioitiin, että pelkästään nastoitettavia renkaita käyttämällä olisi voitu välttää keskimäärin yksi kuolemaan johtanut onnettomuus talvikaudessa, mutta rengastyyppien välinen ero ei ole tilastollisesti merkitsevää. Vastaavasti pelkkiä ei-nastoitettavia renkaita käyttämällä kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien vuosittainen lukumäärä olisi lisääntynyt keskimäärin yhdeksällä.

Tulosten mukaan vaikutti myös siltä, että osasy ei-nastoitettavien suureen osuuteen liukkaampien keliön onnettomuuksissa oli se, että tutkijalautakuntien aineistossa ei-nastoitettavat renkaat liittyivät useammin sääntöjenvastaiseen tai ainakin huolimattomaan käytökseen. Näytti myös siltä, että ei-nastoitettavilla ajetaan

usein vuoden ympäri. Se voi puolestaan lisätä mahdollisuutta, että rengaskunto ja -paineet jäävät keskimääräistä useammin tarkistamatta. Lisäksi tällainen toiminta saattaa johtaa osin siihen, että aivan nastarengaskauden alussa ja lopussa ei-nastoitettavien renkaiden osuus on suurempi kuin keskitalvella, jolloin rengastyypin jakaumia on eri tutkimusten merkeissä selvitetty.

Tulokset osoittivat myös, että pääkaupunkiseudulla (Helsinki, Espoo, Vantaa, Kautiainen) on sattunut vain yksi ei-nastoitettavia renkaiden käyttäneiden A-osallisen kuolemaan johtanut jääkelionnettomuus tarkastelulla 16-vuoden ajanjaksolla (1997–2012). Tämän perusteella voisi olettaa, että jos kitkarenkaiden käyttö lisääntyisi vain pääkaupunkiseudun alueella, seudun suhteellisen harvinaiset jääkelit, ajosuuntien erottelu pääteillä ja katujen ja pienempien teiden alhaiset nopeusrajoitukset takaisivat todennäköisesti sen, etteivät vakavimmat kuolemaan johtaneet onnettomuudet pääkaupunkiseudun sisällä välttämättä juuri lisääntyisi. Nastarenkaiden rajoittaminen Helsingissä johtaisi kuitenkin väistämättä siihen, että kitkarenkaiden käyttö myös muualla Suomessa lisääntyisi, sillä ei-nastoitettavia käyttävät eivät luultavasti vaihtaisi nastarenkaita autoonsa maakunnissa käydessään. Tämän vuoksi olisi tutkimuksen mukaan todennäköistä, että nastarenkaiden käytön vähentäminen Helsingissä johtaisi jonkin verran vakavien talviajan liikenneonnettomuuksien kasvuun pääkaupunkiseudun ulkopuolella.

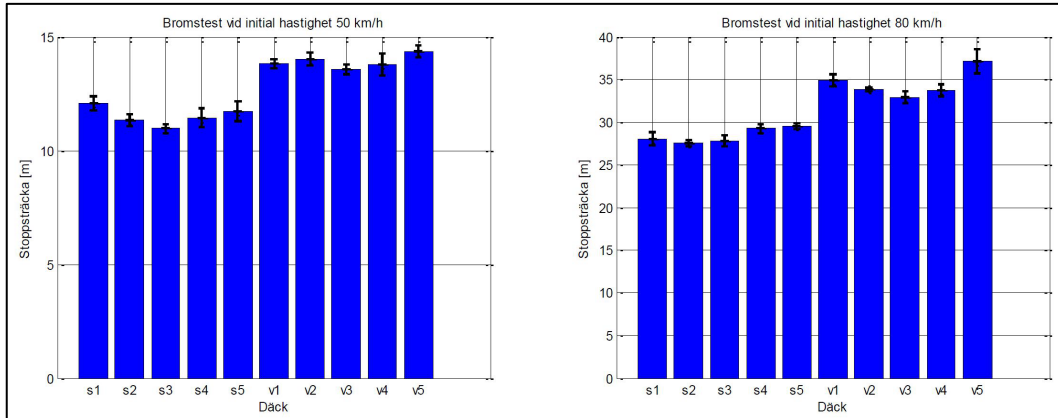
2.3 Ruotsalaisia tutkimuksia 2015–2016

2.3.1 Talvi- ja kesärenkaiden vertailu paljaalla kesäkelillä (2015)

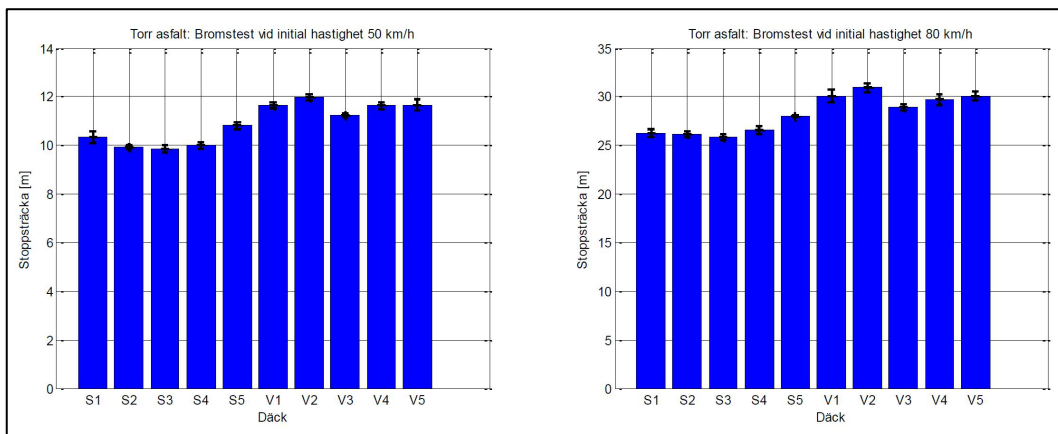
Ruotsissa tehtiin vuosina 2015–2016 joukko talvirengastutkimuksia. Näistä ensimmäinen tarkasteli talvi- ja kesärenkaiden käyttöä paljaalla tienpinnalla kesäaikaan (Hjort et al 2015). Koska kitkarenkaiden käyttö oli yleistynyt Ruotsissa voimakkaasti, myös kitkarenkaiden käyttö kesällä yleistyi. Vuonna 2011 tehdyn tutkimuksen mukaan 7 % ruotsalaisista kitkarenkaiden käyttäjistä ajaa kitkarenkaidella myös kesällä. Tutkimuksessa haluttiin siten tarkastella erityyppisten renkaiden pito-ominaisuuksia kesäkelillä.

Tutkimukseen valittiin 5 kesärangasta ja 5 pohjoismaista kitkarengasta. Yksi kumpaakin seuraavilta valmistajilta: Bridgestone, Continental, Good Year, Michelin ja Nokian. Jarrutusmatkatestejä varten testiauto oli varustettu jarrurobotilla, joka tuotti tarkasti saman jarruvoiman.

Tutkimuksen mukaan pohjoismaisten kitkarenkaiden jarrutusmatka oli 15 % suurempi kuivalla asfaltilla ja 20 % suurempi märällä asfaltilla kesärenkaisiin verrattuna (kuvat 3 ja 4). Toukokuussa tehdyissä testeissä ilman lämpötila oli 10–18 °C. Tutkijat arvioivat, että korkeammassa lämpötilassa ero voisi olla jopa tätä suurempi, sillä kitkarenkaidet on suunniteltu matalampiin lämpötiloihin.



Kuva 3. Jarrutusmatkat märällä asfaltilla. Vasemmanpuoleisessa kuvassa jarrutusmatkat 50 Km/h nopeudesta, oikeanpuoleisessa 80 km/h nopeudesta. Renkaat s1-s5 ovat kesärenkaita, renkaat v1-v5 ovat pohjoismaisia kitkarenkaita.



Kuva 4. Jarrutusmatkat kuivalla asfaltilla. Vasemmanpuoleisessa kuvassa jarrutusmatkat 50 Km/h nopeudesta, oikeanpuoleisessa 80 km/h nopeudesta. Renkaat s1-s5 ovat kesärenkaita, renkaat v1-v5 ovat pohjoismaisia kitkarenkaita.

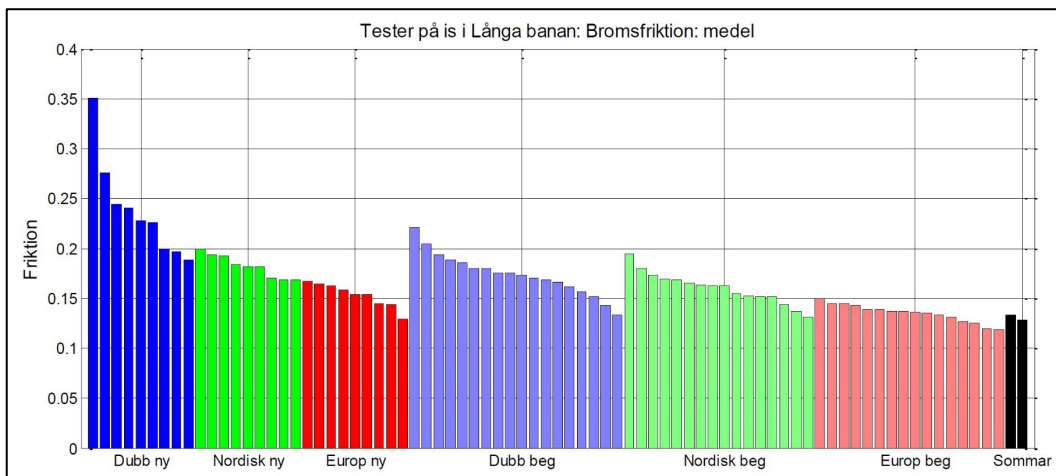
Tutkimukseen sisältyi myös eräänlainen nopea kaistanvaihtokoe (nopea siirtyminen toiselle kaistalle ja paluu). Sen mukaan kyseinen liikesarja pystyttiin tekemään kesärenkailla 15 % suuremmassa nopeudessa kuin vertailun kitkarenkailla. Tutkimukseen kuului myös erilaisia käsittelytestejä ja testi, jossa ajoneuvon jarrutus perustui automaattijarrutukseen kohdattaessa puhallettava auton muotoinen este. Näidenkin testien tulokset olivat samansuuntaisia edellä mainittujen kanssa.

Tutkimukseen kuului myös osio, jossa onnettomuusanalyysien kautta yritettiin arvioida, mikä merkitys kitkarenkaiden huonommalla hidastuvuudella on onnettomuusriskiin. Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien aineistolla arvioitiin, että kitkarenkaiden kesäkäyttö lisäisi kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien riskiä 3 %. Tulos ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Kitkarenkaiden katsottiin kuitenkin olevan yliedustettuna kesäajan onnettomuuksissa.

2.3.2 Käytettyjen talvirenkaiden jää- ja lumipito (2015)

Tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla uusien ja käytettyjen kitka- ja nastarenkaiden jää- ja lumipitoa (Hjort et al 2015). Tutkimuksessa oli mukana peräti 77 eri rengasta. Näistä 27 oli kokonaan uusia ja 50 käytettyjä. Käytettyjen renkaiden urasyvyys oli 5–7 mm ja ne olivat keskimäärin 5,5 vuotta vanhoja. Kitkarenkaiden osalta tarkasteltiin erikseen pohjoismaisia ja keskieurooppalaisia renkaita. Renkaita valittiin tarkoituksella siten, että osa edusti premium-merkkejä ja osa budjettirenkaita. Kaikki renkaat testattiin VTI:n omalla testilaitteistolla, eli "långa bana"-lla ja BV12:lla. Långa banan on laitteisto, missä rengas kiinnitetään rengasvoimia mittaavaan laitteistoon ja renkaan alapuolella oleva alustaa, tässä testissä jääpintaa liikutetaan. BV12 on VTI:n oma mobiili rengaskitkan mittaussauto. Testirengas kiinnitetään kyseiseen ajoneuvoon ja myös tämä järjestelmä mittaa erilaisia rengasvoimia. BV12 käytettiin lumella tehtäviin mittauksiin. Lisäksi 42 (12 uutta ja 30 käytettyä) rengasta testattiin henkilöautossa testiradalla. Henkilöautomittauksissa arvioitiin renkaiden suorituskykyä jarrutuksessa ja kiihdytyksessä.

Testien mukaan käytettyjen nastarenkaiden suorituskyky jäällä oli 20–30 % heikompi kuin uusien nastarenkaiden. Sen sijaan käytettyjen pohjoismaisten ja Keski-Euroopan kitkarenkaiden suorituskyky jäällä oli vain 10–15 % heikompi kuin vastaavien uusien renkaiden. Tutkijat halusivat kuitenkin huomauttaa, että tästä huolimatta käytettyjen nastarenkaiden suorituskyky jäällä oli käytettyjä kitkarenkaita parempi. Kuvassa 5 on esitetty yksi Långa bananin jarrutuskitkaa koskeva testitulokset.



Kuva 5. Eri renkailla saavutettu jääpito jarrutuksessa Långa banan - testilaitteessa. Dubb = nastarenkaat, Nordisk = pohjoismaiset kitkarenkaat, Europ = Keski-Euroopan kitkarenkaat, Sommar = kesärenkaat, ny = uudet, beg = käytetyt.

Todella liukkaalla jäällä nastarenkaiden suorituskykyero nastattomiin nähden kasvoi. Hyvin liukkaissa olosuhteissa myös käytetyt nastarenkaat suoriutuvat selvästi käytettyjä pohjoismaisia kitkarenkaita paremmin. Toisaalta hyvin liukkaissa olosuhteissa pitoeroa käytettyjen ja uusien nastattomien talvirenkaiden välillä ei enää ole.

Keski-Euroopan kitkarenkaiden jääpitoa luonnehdittiin todella huonoksi. Keski-Euroopan kitkarenkaiden jääpito oli samalla tasolla kesärenkaiden kanssa.

Kun vertailtiin toisiinsa premium- ja budjettirenkaiden jääpitoa, havaittiin, että nastarenkaissa premium- ja budjettirenkaiden ero tasoittuu käytön myötä (taulukko 1). Käytettyjen pohjoismaisten kitkarenkaiden osalta havaittiin, että käytetyillä budjettirenkailla saavutettiin jopa lyhyempi jarrutusmatka kuin premiumrenkailla.

Taulukko 1. Jarrutusmatka jäällä suhteessa uusiin nastarenkaisiin. Långa banan -testit. Erottelu premium- ja budjettirenkaisiin.

	Jarrutusmatka jäällä suhteessa uusiin nastarenkaisiin	
	Premiumrenkaat	Budjettirenkaat
Uudet nastarenkaat	- 13 %	+ 13 %
Käytetyt nastarenkaat	+ 35 %	+ 40 %
Uudet pohjoismaiset kitkarenkaat	+ 24 %	+ 37 %
Käytetyt pohjoismaiset kitkarenkaat	+ 54 %	+ 45 %
Uudet Keski-Euroopan kitkarenkaat	+ 51 %	+ 60 %
Käytetyt Keski-Euroopan kitkarenkaat	+ 74 %	+ 80 %

Lumipidon osalta ei nähty eroa uusien nastarenkaiden ja uusien premium-luokan pohjoismaisten kitkarenkaiden välillä. Sen sijaan budjettiluokan pohjoismaisilla kitkarenkailla oli hieman parempi lumipito kuin budjettiluokan nastarenkailla. Keski-Euroopan kitkarenkailla oli odotetusti selvästi huonompi lumipito kuin nastarenkailla ja pohjoismaisilla kitkarenkailla.

Vertailtaessa uusia ja käytettyjä talvirenkaita lumella, Keski-Euroopan kitkarenkaiden suorituskyky näytti alentuvan käytön myötä eniten, noin 20–25 %. Nastarenkailla vähenemä oli 10–15 % ja pohjoismaisilla kitkarenkailla vielä muutaman prosentin vähemmän.

Lumipitoa tarkasteltaessa havaittiin, että premium-luokan nastarenkaiden pito oli selvästi parempi kuin budjettiluokan renkailla. Sen sijaan nastattomien premium- ja budjettiluokan renkaiden välinen ero oli hyvin pieni.

2.3.3 Käytettyjen ja uusien talvirenkaiden pito märällä asfaltilla (2016)

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten eri-ikäisten ja tyyppisten talvirenkaiden pito vaihtelee märällä asfaltilla talviolosuhteissa (Hjort et al 2016). Tutkimus kattoi 84 rengasta, joista 31 oli uusia ja 53 käytettyjä. Kaikki renkaat testattiin VTI:n mobiilissa rengastestausajoneuvossa. Renkaista 50 (16 uutta ja 34 käytettyä) testattiin myös henkilöautossa. Edellä mainitun tutkimuksen tapaan renkaat olivat nastarenkaita, pohjoismaisia ja Keski-Eurooppalaisia kitkarenkaita sekä kesärenkaita. Testialustana oli märkä ja suolattu asfaltti lähellä nollaa celsiusastetta.

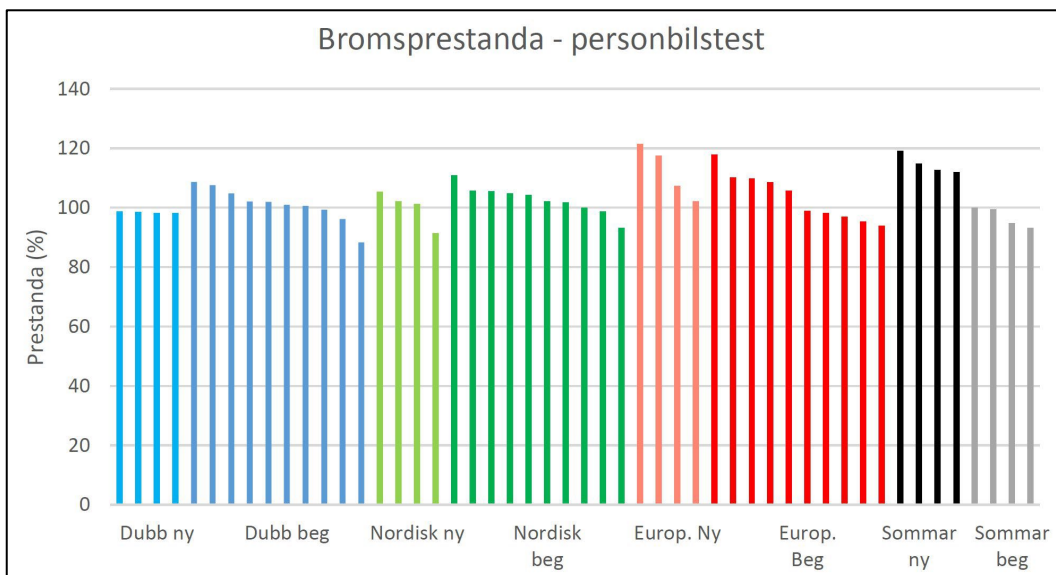
Tutkimuksen mukaan nastarenkaiden ja pohjoismaisten kitkarenkaiden suorituskyky jarrutuksen ja ohjautuvuuden suhteen oli hyvin samantasoinen, niin uusilla

kuin käytetyillä renkailla. Jarrutuksen suhteen näiden renkaiden suorituskyky oli hyvin samantasoinen riippumatta siitä, olivatko kyseessä uudet vai käytetyt renkaat.

Uusien renkaiden osalta Keski-Euroopan kitkarenkaiden suorituskyky (jarrutus ja ohjautuvuus) oli märällä asfaltilla 10–13 % parempi kuin nastarenkailla ja pohjoismaisilla kitkarenkailla. Käytetyillä Keski-Euroopan kitkarenkailla oli huonompi jarrutuskyky kuin uusilla. Silti käytetyillä Keski-Euroopan kitkarenkailla oli vielä 5 % parempi jarrutuskyky märällä asfaltilla kuin nastarenkailla ja pohjoismaisilla kitkarenkailla.

Kesärenkaiden suorituskyky märällä asfaltilla oli samansuuruinen tai parempi kuin Keski-Euroopan kitkarenkailla. Tämä koski niin uusia kuin käytettyjä kitkarenkaita.

Kuvassa 6 on esitetty tuloksia henkilöauton jarrutuskykytestistä. Kuvan mukaan Keski-Euroopan kitkarenkailla ja kesärenkailla saavutetaan parhaat tulokset.



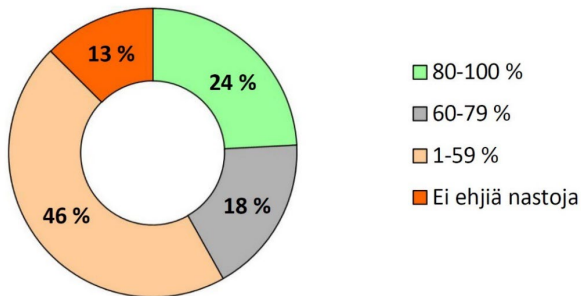
Kuva 6. Eri renkaiden jarrutuskyky henkilöautotestissä. Ryhmän "Nordisk ny" keskiarvo on 100 % ja muita renkaita verrataan tähän tasoon. Dubb = nastarenkaat, Nordisk = pohjoismaiset kitkarenkaat, Europ = Keski-Euroopan kitkarenkaat, Sommar = kesärenkaat, ny = uudet, beg = käytetyt.

2.4 Nastarenkaiden kuntoerot riskitekijänä (2017)

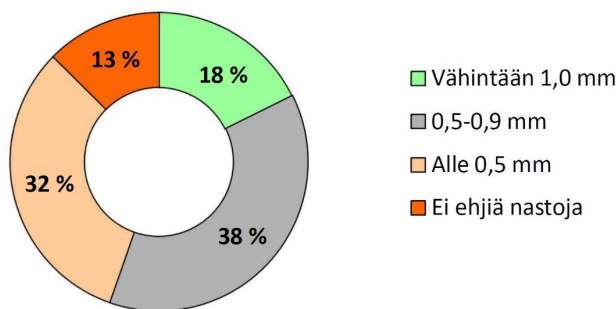
Trafín vuonna 2016 julkaisemassa tutkimuksessa tarkasteltiin rengashotellien nastarenkaiden kuntoeroja (Lahti, Lähderanta, Rätty 2017). Lisäksi tutkijalautakunta-aineiston perusteella pyrittiin arvioimaan, mikä rooli nastarenkaiden kuntoeroilla on kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa.

Nastarenkaiden kuntoa tutkittiin viidessä rengashotellissa eri puolilla maata. Tutkimuksen kohteena olivat rengassarjat, joiden kulunein rengas oli urasyvyydeltään 4–7 mm. Nastojen kuntoa tutkittiin jokaisessa renkaassa alueella, joka oli renkaan levyinen ja 30 cm pitkä. Vain viidesosa ryhmän renkaista oli sellaisia, että ehjien nastojen osuus oli vähintään 80 % (kuva 7). Nastaulkonemaltaan huonoimpien ja

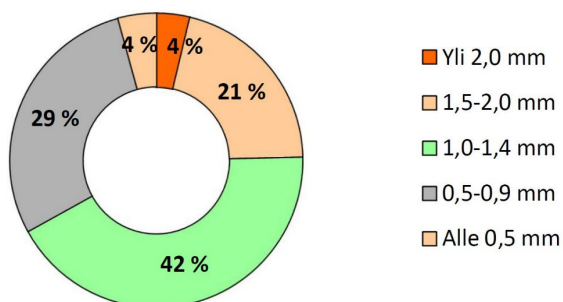
parhaimpien renkaiden ero oli varsin merkittävä (kuvat 8 ja 9). Rengassarjoista 4 % oli sellaisia, joissa mitattiin laittomia yli 2 mm nastaulkonemia. Paljon tätä suurempia nastaulkonemia ei käytännössä esiinny, sillä nastat irtoavat herkästi niin suurella ulkonematasolla. Joka neljännessä rengassarjassa oli ulkonemaltaan vähintään 1,5 mm:n nastoja, jotka voidaan luokitella huonoiksi tienpinnan kulumisen ja rengasmelun kannalta.



Kuva 7. Ehjiä nastojen osuus alkuperäiseen nastoitukseen verrattuna nastoitukseltaan huonoimmassa renkaassa. Aineistona rengassarjat, joissa kulunein rengas oli urasyvyydeltään 4–7 mm.

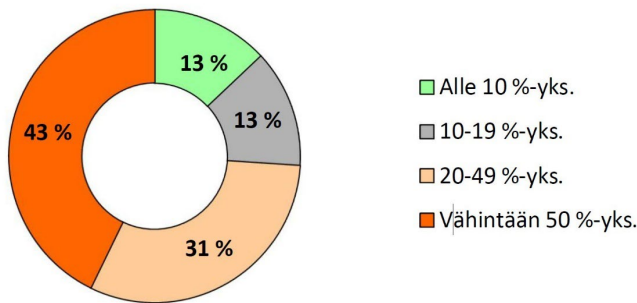


Kuva 8. Ehjiä nastojen ulkonema nastaulkonemaltaan huonoimmassa renkaassa. Aineistona rengassarjat, joissa kulunein rengas oli urasyvyydeltään 4–7 mm.



Kuva 9. Ehjiä nastojen ulkonema nastaulkonemaltaan parhaassa renkaassa. Aineistona rengassarjat, joissa kulunein rengas oli urasyvyydeltään 4–7 mm.

Noin kaksi kolmasosaa tutkituista rengassarjoista arvioitiin laittomiksi liian suurien, yli 25 prosentin nastamääräerojen vuoksi. Peräti 74 prosenttia tutkituista rengassarjoista oli sellaisia, joissa ehjiä nastojen osuudet parhaan ja huonoimman renkaan välillä erosivat vähintään 20 prosenttiyksikköä (kuva 10).



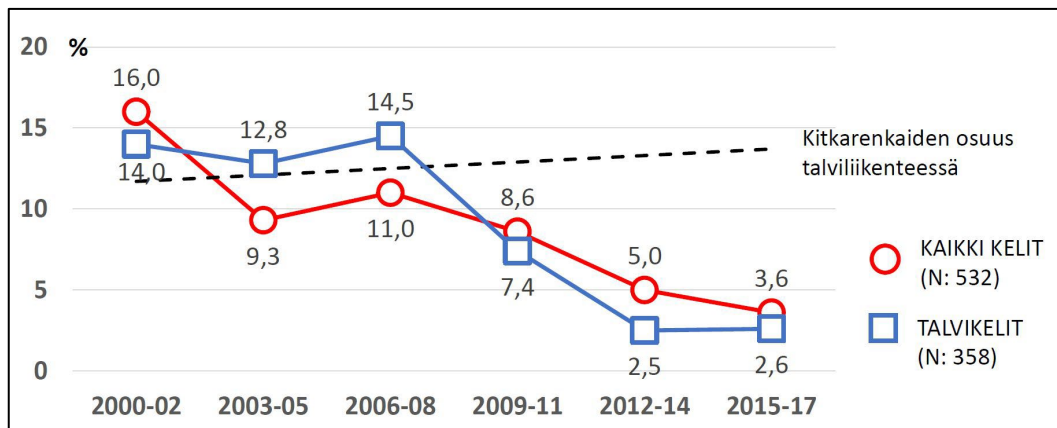
Kuva 10. Nastaosuusero rengassarjan parhaan ja huonoimman renkaan välillä. Aineistona rengassarjat, joissa kulunein rengas oli urasyvyydeltään 4–7 mm.

Nastarenkaat näyttäisivät kuluneen pääkaupunkiseudulla puolikuntoiseksi keskimäärin nopeammin kuin muualla maassa.

Henkilö- ja pakettiautojen aiheuttamissa kuolemaan johtaneissa talvikelionnettomuuksissa renkaat ovat huomattavasti kuluneempia kuin yleensä talviliikenteessä.

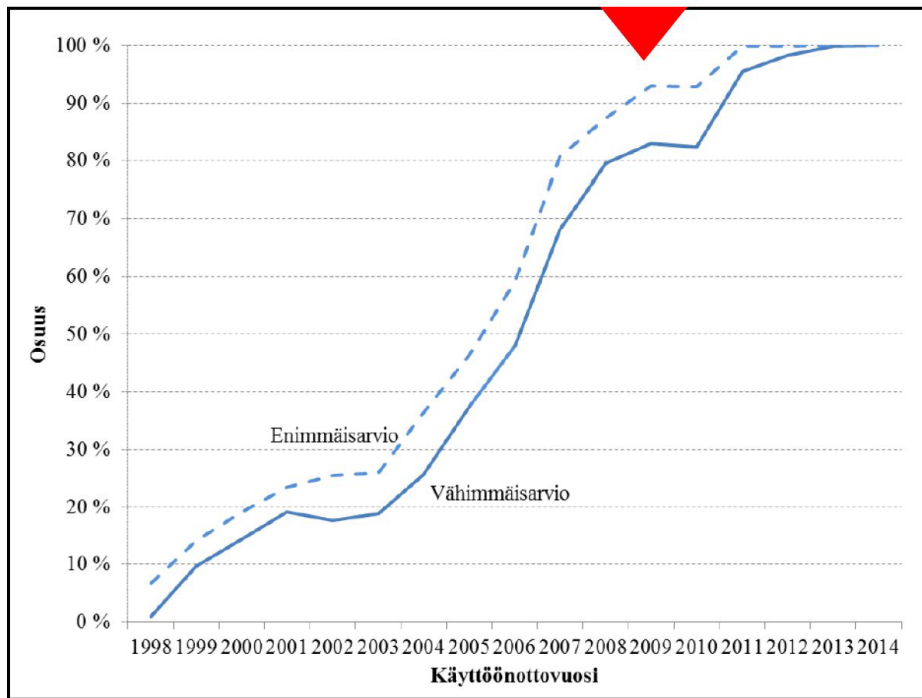
2.5 Talvirengastyypit talvikelionnettomuuksissa (2019)

Jouko Lahden vuonna 2019 tekemässä kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien selvityksessä havaittiin, että onnettomuudet, joissa kitkarenkaat ovat olleet aiheuttajalla, ovat dramaattisesti vähentyneet viime vuosina (kuva 11).



Kuva 11. Henkilöautojen aiheuttamat kuolemaan johtaneet liikenneonnettomuudet talvirengaspakon aikana (joulu-helmikuussa) 2000 luvulla. Nukahtamiset, sairauskohtaukset ja itsemurhat on rajattu aineiston ulkopuolelle.

Lahti ja useat hänen haastattelemaat asiantuntijat arvioivat, että ilmiöön saattaa vaikuttaa ajonvakautusjärjestelmien yleistyminen (kuva 12). Lahden selvityksestä ei ole tehty varsinaista tutkimusraporttia, käytettävissä oli ainoastaan kalvosarja.



Kuva 12. ESC:n yleistyminen.

2.6 Nastarenkaiden käytön rajoittaminen ja kokeilukatuja määritys (2020)

Sitowise Oy teki vuonna 2020 Helsingin kaupungin toimeksiannosta selvityksen nastarenkaiden käytön rajoittamisesta Helsingissä (Lindroos et al 2020). Tutkimuksessa myös määriteltiin kadut, joilla nastarenkaiden käyttö kiellettäisiin. Helsingin kaupungin tavoitteena on, että vuonna 2030 kitkarenkaiden osuus talviliikenteessä Helsingissä olisi 70 % nykyisen noin 30 % sijaan. Tutkimuksen nasta- ja kitkarenkaiden liikenneturvallisuuksia koskeva osuus käsittelee paljon Nasta-tutkimusohjelman-tuloksia. Lisäksi tutkimuksessa nostetaan esiin Malmivuon ja Luoman vuoden 2014 tutkijalautakuntaselvitys sekä 2016 karhennustutkimus.

Tutkimus toteaa nasta- ja kitkarenkaiden turvallisuuseroista seuraavaa: "Nasta- ja kitkarenkaiden eroja liikenneturvallisuuksissa on tutkittu paljon, mutta tulokset ovat ristiriitaisia. Asia ei ole yksiselitteinen, sillä kuljettajien ajokäyttäytymisessä on eroja ja liikenneonnettomuuksiin vaikuttavat monet tekijät. Liikenneonnettomuuksista ei tavallisesti kirjata aiheuttaja-ajoneuvon rengastyyppejä, ellei onnettomuutta tutkita tarkemmin tutkijalautakunnan toimesta (seurauksiltaan vakavimmat onnettomuudet). Tutkijalautakunta-aineistot kattavat vain pienen osan kaikista onnettomuuksista eikä niiden perusteella pystytä tekemään varmoja päätelmiä siitä, vältyttäisiinkö vakavilta onnettomuuksilta, mikäli useampi käyttäisi nastarenkaita. Kitka- ja nastarenkaiden eroja jarrutusmatkoissa on tutkittu, mutta näihin tutkimuksiin liittyy epävarmuutta liittyen mm. siihen, vastaavatko testiolosuhteet todellista tilannetta ja kuinka todennäköisiä testiolosuhteita vastaavat keliolosuhteet ovat."

Loppupäätelmissä myös todetaan, että "muissa pohjoismaissa nastarengaskielloilla ei ole havaittu olleen negatiivisia vaikutuksia liikenneturvallisuuksiin". Loppupäätelmissä myös suositellaan, että liikenneturvallisuuksien sijaan keskustelu tulisi keskittää vahvemmin siihen, miten nastarengaskielloilla voidaan parantaa ilmanlaatua.

Nastarengaskieltoa suositellaan joko Mannerheimintielle tai Runeberginkadulle ja Helsinginkadulle, tai kaikille kolmelle kadulle. Kieltojen vaikutuksia seurataan mittaamalla kieltoalueilla nastarenkaiden osuutta, melua ja ilmanlaatua, onnettomuusmääriä, liikennemääriä ja kunnossapitokustannuksia.

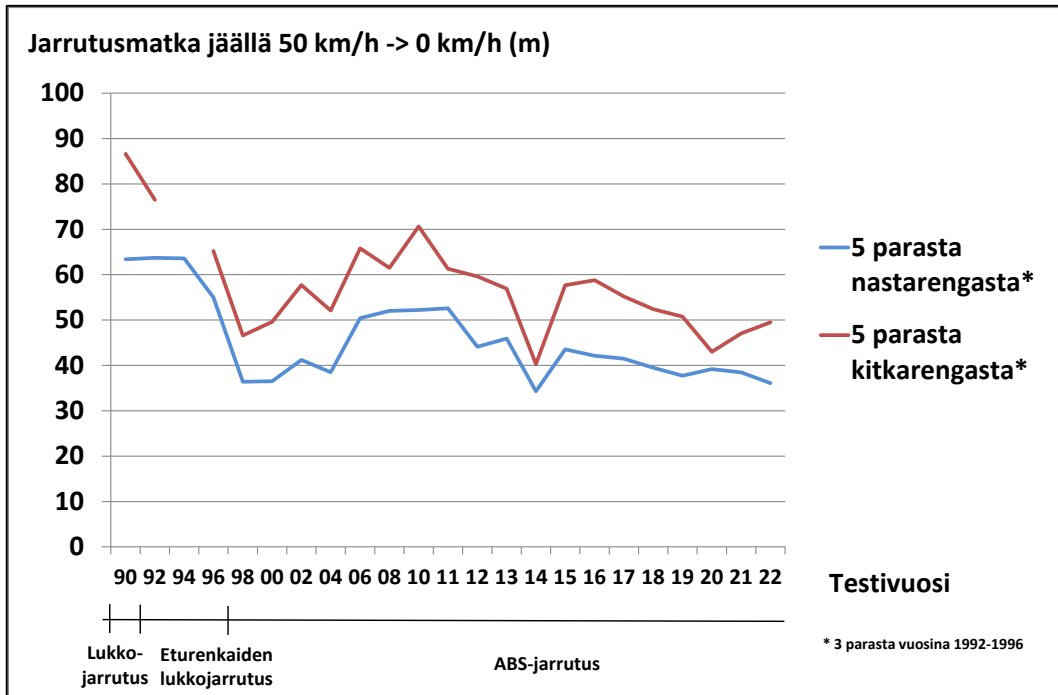
3 Nasta- ja kitkarenkaiden erot talvirengastesteissä

Talvirengastestit kuvaavat todennäköisesti parhaiten nasta- ja kitkarenkaiden suorituskykyeroja. Rengastestejä on myös arvosteltu. On sanottu, että rengastit eivät huomioi tarpeeksi hyvin testien aikana tapahtuvaa nastaulkoneman kasvua. Tämä on varmasti totta, mutta on vaikea uskoa, että tämä aivan oleellisesti muuttaisi testien kokonaiskuvaa. On myös katsottu, ettei rengastestien olosuhteita (esim. sileä jää) esiinny todellisessa tieympäristössä. Todellisten tieympäristöjen olosuhteiden epähomogeenisuus johtaa kuitenkin siihen, ettei puolueettomia vertailuja voida maantieympäristössä tehdä.

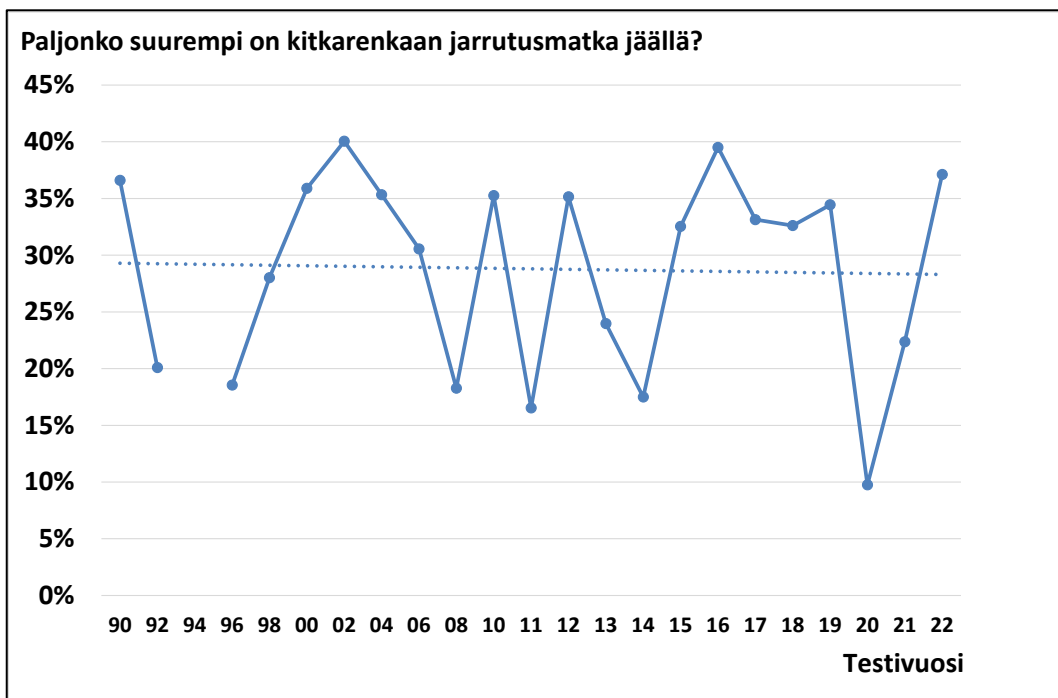
Rengastestien puutteena on luonnollisesti se, että kohteena ovat vain uudet renkaat. Toisaalta rengastestien vahvuutena on se, että koska keskeisimmät testit jatkuvat vuodesta toiseen samankaltaisina, eri rengastyypin suorituskyvyn kehitystä voidaan tarkastella hyvin pitkällä aikavälillä.

Tekniikan maailman rengastesteistä on vastannut jo vuosikymmeniä samat tekijät Ivalon Testworldin testiradoilla. Testimenetelmät ovat vuosien saatossa hioutuneet entistä tarkemmiksi. Tämän raportin tekijällä oli mahdollisuus seurata testien etenemistä kevättalvella 2010 Ivalossa. Jo tuolloin testien suoritus vaikutti hyvin ammattimaiselta. Erilaisia testiin vaikuttavia virhelähteitä on pyritty minimoimaan yhä perusteellisemmin. Esimerkiksi Tekniikan Maailman vuoden 2020 testien yhteydessä kerrottiin, että sileän jään testiautot oli varustettu jään pintaa pyyhkivillä lastoilla. Ne pyyhkivät pois lumipölyä ja nastojen irrottamaa jäähilettä autojen edestä.

Tämän luvun kuviin on kerätty rengastestien tulokset vuosilta 1990–2010 kahden vuoden välein ja vuodesta 2010 eteenpäin vuoden välein. Kuvassa 13 on vertailtu parhaiden nasta- ja kitkarenkaiden jarrutusmatkaa sileällä jäällä nopeudesta 50 km/h lähtien aina pysähdyksiin asti. Sekä nasta- että kitkarenkaiden jarrutusmatkat vaikuttavat hieman lyhentyneen vuosien saatossa. Kuvassa 14 on esitetty sama vertailu niin, että on tarkasteltu sitä, kuinka monta prosenttia pidempi on kitkarenkaan jarrutusmatka sileällä jäällä nastarenkaan jarrutusmatkaan verrattuna. Kuvassa kiinnittää huomiota se, että tulosten vaihtelu on hyvin suurta. Vaihtelu ei voi johtua siitä, että renkaiden laatu vaihtelisi vuosittain merkittävästi. Se ei todennäköisesti myöskään johdu siitä, että mittausmenetelmiin liittyisi suurta vaihtelua. Syy on todennäköisimmin siinä, että testit on tehty ulkojäällä, jolloin esim. ilman lämpötilaa ei voida vakioida ja mm. sen seurauksena jää on ollut erilaista eri testivuosina. Todennäköisesti myös ilman kosteus ja lukuisat muut tekijät vaikuttavat siihen, millainen on renkaan ja jään välinen kitka. Kuva 14 kertoo kuitenkin vahvasti siitä, että nastarenkaan ja kitkarenkaan pitoero sileällä jäällä riippuu hyvin voimakkaasti jään rakenteesta. Rengastyypin ero jarrutusmatkassa voi olla vain 10 %, mutta myös jopa 40 %. Kuvaan 14 on myös piirretty katkoviivalla lineaarinen trendiviiva. Sen mukaan kitkarenkaan jarrutusmatka on hitaasti lähentynyt vuosien saatossa nastarenkaiden jarrutusmatkaa. Kehitys on kuitenkin niin hidasta, että kuvan asteikolla kyse on yhden prosentin muutoksesta.

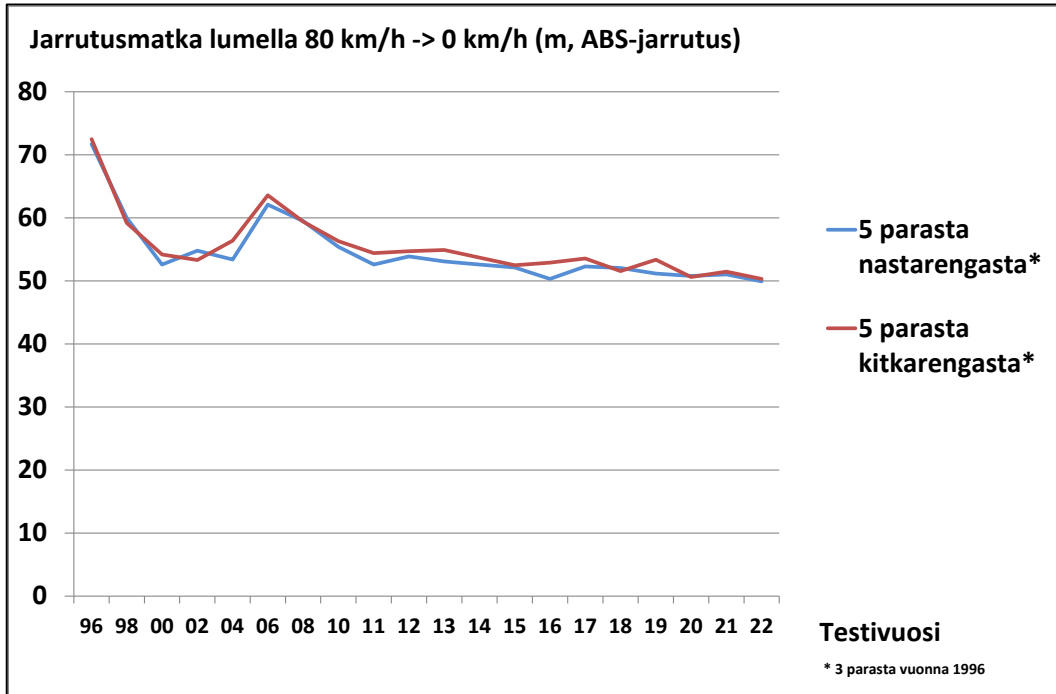


Kuva 13. Jarrutusmatka sileällä jäällä nopeudesta 50 km/h nopeuteen 0 km/h. 5 parhaan nasta- ja kitkarengaan jarrutusmatka Tekniikan Maailman talvirengastes-tissä.



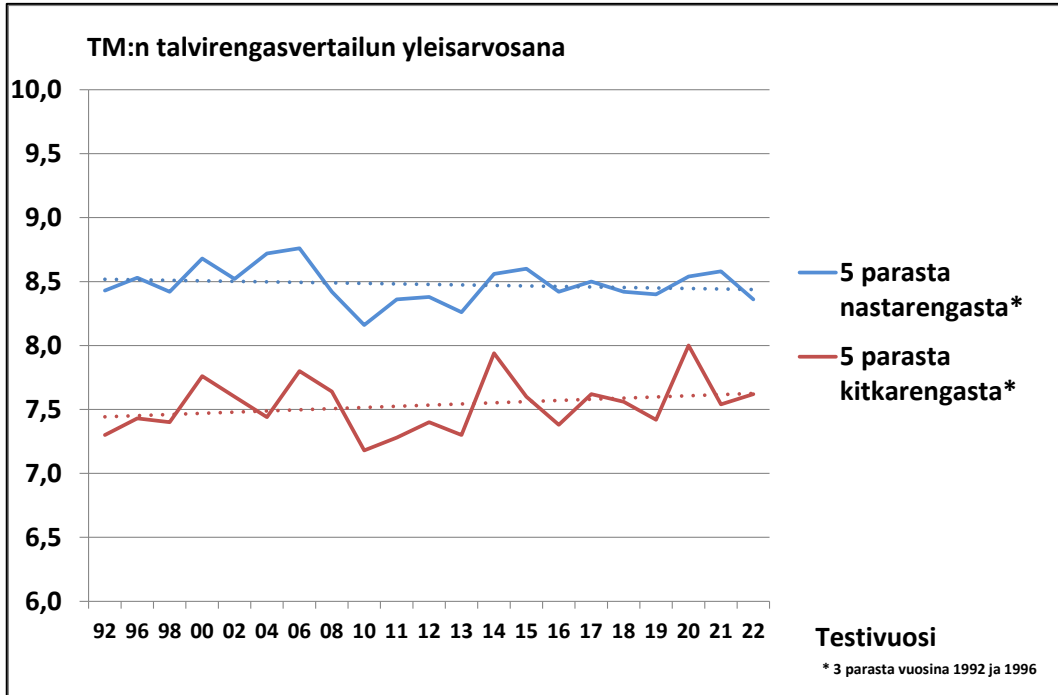
Kuva 14. Kitkarengaan jarrutusmatka suhteessa nastarengaan jarrutusmatkaan sileällä jäällä.

Kuvassa 15 on tarkasteltu nasta- ja kitkarenkaiden jarrutusmatkaa lumella nopeudesta 80 km/h aina pysähdyksiin asti. Kuvan viesti on selvä. Lumella nasta- ja kitkarenkaiden välille ei saada minkäänlaista merkittävää eroa jarrutusmatkan suhteen.



Kuva 15. Jarrutusmatka lumella nopeudesta 80 km/h nopeuteen 0 km/h. 5 parhaan nasta- ja kitkarenkaan jarrutusmatka Tekniikan Maailman talvirengastestissä.

Kuvassa 16 on vielä verrattu nasta- ja kitkarenkaiden saavuttamia rengastestien yleisarvosanoja. Yleisarvosana pohjautuu erilaisiin jäällä ja lumella sekä märällä ja kuivalla asfaltilla tehtäviin jarrutus-, kiihdytys-, käsittely- ja ajettavuustesteihin. Testien sisältö on jonkin verran muuttunut vuosien kuluessa. Näistä arvosanoista näkyy, että nasta- ja kitkarenkaiden saavuttamat arvosanat ovat lähentyneet toisiaan selvästi voimakkaammin kuin esim. ero jääpidossa (ks. katkoviivalla merkityt trendiviivat). Toisaalta on huomattava, että kaikki yleisarvosanaan vaikuttavat tekijät eivät ole yhtä absoluuttisesti mitattavia kuin jarrutusmatka.



Kuva 16. Tekniikan Maailman talvirengasvertailun yleisarvosana 5 parhaalle nasta- ja kitkarenkaalle 1992-2022.

4 Kitkarenkaiden osuus liikenteestä

Keskeinen kysymys talvirengastyypin onnettomuuksia ja liikenneturvallisuutta tarkastellessa on se, mikä on kitkarenkaita käyttävien henkilö- ja pakettiautojen osuus liikenteessä.

Vuonna 2010 selvitettiin henkilö- ja pakettiautojen renkaiden kuntoa ja tyyppiä VTT:n tutkimuksessa, missä tarkasteltiin renkaiden huoltoasemilla ja ostoskeskuksissa eri puolilla Suomea (Malmivuo ja Luoma 2010). Aineisto käsitti 1 508 ajoneuvoa. Aineisto kerättiin 14.12.2009–24.2.2010. Tulosten mukaan 11,5 % käytti nastattomia talvirenkaita. Tulos oli hyvin samankaltainen lähes vastaavan vuoden 2001 tutkimuksen kanssa. Vuonna 2010 nastattomien talvirenkaiden osuus pakettiautoissa oli 3,1 %, kun osuus vuonna 2001 oli ollut 6,2 %.

Tammi-helmikuussa 2018 VTT (Kuisma, Luoma, Sintonen 2018) tarkasteli henkilöautojen renkaiden kuudessatoista kaupungissa ostoskeskuksen parkkialueilla (yht. 1 300 ajoneuvoa). Tulosten mukaan kitkarenkaita oli 11,5 % ja muita nastattomia talvirenkaita 0,5 %.

Trafin vuonna 2018 tilaamassa tutkimuksessa tarkasteltiin edellä mainitun vuoden 2010 tutkimuksen tapaan renkaiden kuntoa ja tyyppiä eri puolilla Suomea (Lahti 2018). Aineistoa kerättiin S-ryhmän ja ABC-ketjun toimipaikoilla ja se käsitti 2 651 henkilöautoa. Aineisto kerättiin maaliskuussa, tarkemmin 12.3.–23.3.2018. Tutkimuksessa kitkarenkaiden osuus talvirenkaiden osuudesta oli koko maassa 13,7 %. Kitkarenkaiden osuus Helsingissä ja Uudellamaalla 18,2 %, Muualla Etelä-Suomessa 16,1 % ja Keski- ja Pohjois-Suomessa 7,8 %.

Tampereen yliopiston tiedekeskus Terra on kehittänyt Väyläviraston käyttöön ns. nastarengasluokitinta (Liiv ja Kodisoja et al 2021). Luokittimen tunnistaa nastarenkaiden osuuden valitussa mittauspisteessä nastarengasäänien perusteella. Luokittimella pystytään seuraamaan varsin tarkasti nastarengaskauden renkaanvaihtojankohtia. Luokittimen absoluuttiseen tarkkuuteen vaikuttaa muutama tekijä. Mikäli nastarengasäänien on hyvin vähän nastoja jäljellä, nastojen aiheuttama ääni jää vaimeammaksi ja vaikeuttaa tunnistusta. Myös renkaiden väliin jääneet kivet saattavat aiheuttaa nastarengasäänien äänispektrin, jolloin nastarengasäänien renkaat saatetaan tulkita nastarengasääniksi. Lisäksi lumi ja jää heikentävät nastarengasäänien ääniä. Luokittimien tuottama nastarengasäänien renkaiden osuus on varsin lähellä edellä kuvattua noin 14 %:n osuutta.

Tuoreessa vuoden 2022 tienkäyttäjätutkimuksessa oli kysymys käytettävissä olevan auton rengastyypistä. Taulukossa 2 on tulosten jakauma niiden osalta, joilla oli auto käytettävissä (7 211 vastaajaa). Tuloksissa kiinnittää huomiota se seikka, että jopa joka kymmenennellä oli taloudessaan käytössä useampia ajoneuvoja, joihin oli valittu eri talvirengastyypin. Tässä tapauksessa olisi mielenkiintoista tietää, miksi eri rengastyyppeihin oli päädytty. Varmaankin osa näistä tapauksista saattaa selittyä käyttäjien erilaisilla mieltymyksillä. Perheen kokeneempi autoilija saattaa käyttää mieluummin kitkarenkaita ja vähemmän kokenut nastarenkaita. Mutta kuinka moni näistä tapauksista on sellaisia, missä pystytään painottamaan rengastyypin kelin mukaan? Onko mahdollista, että joissain perheissä liikutaan haasteellisissa talvikeleissä enemmän nastarengasäänien renkaiden varustetulla ajoneuvolla ja vakaammassa keleissä enemmän kitkarengasäänien renkaiden varustetulla? Mikäli

tällaisten tapausten määrä on merkittävä, se vaikuttaa mm. siihen, miten rengastyyppien onnettomuustilastoja pitäisi tulkita.

Taulukko 2. Tienkäyttäjätyytyväisyystutkimuksen 2022 kysymys rengastyypeistä.

Onko taloudessasi käytettävissä olevassa autossa / autoissa tänä talvena...?	Osuus
Nastarenkaat	82,2 %
Kitkarenkaat	7,5 %
Taloudessani on kaksi tai useampia autoja, joista osassa nasta- ja osassa kitkarenkaat	10,3 %

5 Talvirengastyypit kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa

Suomessa tietoa liikenneonnettomuuteen joutuneiden ajoneuvojen renkaista kerätään systemaattisesti ainoastaan liikenneonnettomuuksien tutkijalautakuntien toimesta. Lautakuntien tutkimusaineisto on kerätty sähköiseen tietokantaan. Kyseinen Onnettomuustietoinstituutin (OTI) data koskee vain kuolemaan johtaneita onnettomuuksia. Koska kuolemaan johtaneita liikenneonnettomuuksia tapahtuu Suomessa yhä vähemmän, aineiston tulokset ovat viime vuosien osalta harvoin tilastollisesti merkitseviä. Silti aineisto tarjoaa hyvää suuntaa antavaa tietoa talvirengastyypien ja vakavien onnettomuuksien yhteydestä.

OTI:n aineisto pitää sisällään yksityiskohtaista tietoa niin onnettomuuksien aiheuttajasta kuin vastapuolesta, niin kuljettajasta kuin matkustajista. Tämän luvun tarkasteluihin aineistoon tehtiin seuraavat rajaukset:

- Osallisuudenumerona käytettiin arvoja 01 ja 50, eli kyseessä oli onnettomuuden pääaiheuttaja tai yksittäisonnettomuus (eläinonnettomuuksia ei otettu mukaan).
- Osallisen ominaisuus sai arvon 1, eli kyseessä oli moottoriajoneuvon kuljettaja.
- Osallislaji oli 01 tai 02, eli kyseessä oli perävaunun henkilö- tai pakettiauto.
- Itsetuhotarkoitus, sairauskohtaus tai nukahtaminen ei saanut olla onnettomuuteen vaikuttavana tekijänä.

Onnettomuuksien ajankohtaa tarkasteltaessa on syytä muistaa, että Suomessa oli pitkään talvirengaspakko joulukuun alusta helmikuun loppuun. Tällöin nastallisia talvirenkaita sai käyttää lähtökohtaisesti marraskuun alusta pääsiäistä seuraavaan maanantaihin. 1.6.2020 voimaan tulleen tieliikennelain mukaan talvirenkaita on käytettävä 1.11.–31.3. kelin sitä edellyttäessä. Varsinaista pakkoa ei enää ole. Koska saatu OTI:n aineisto ylittää vuoden 2020 loppuun, uuden talvirengassäännön aikainen aineisto jää hyvin pieneksi.

OTI:n aineisto jakaa talvirenkaat nastoitettaviin ja ei-nastoitettaviin. Nastoitettavien talvirenkaiden joukkoon saattaa siis kuulua pieni määrä nastarenkaita, joissa nastat on tarkoituksella nypitty pois. Tällaisia tapauksia ei sähköisestä onnettomuusdatasta pystytä poistamaan, joten tämä on vain hyväksyttävä nastoitettavien joukon ominaisuutena.

Koska Lahden tulos (luku 2.5) osoitti, että tutkijalautakunta-aineistossa on tapahtunut keskeisiä muutoksia vuosien saatossa, tässä luvussa on keskitytty tarkastelemaan tuloksia ajan suhteen. Luvussa on käytetty runsaasti neljän vuoden liukuva keskiarvoa. Tapausmäärien vähäisyyden vuoksi on katsottu, että tarkastelut edellyttävät vähintään neljän vuoden aikajännettä. Liukuva keskiarvo taas antaa ilmiöistä luotettavamman kuvan kuin se, että tarkasteltaisiin vain peräkkäisiä neljän vuoden jaksoja. Tällöin tuloksiin ei vaikuta se, mistä vuodesta kukin neljän vuoden jakso alkaa.

5.1 Ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden osuus kuolemaan johtaneista onnettomuuksista

Kuvassa 17 on esitetty sellaiset tammi-helmikuun ja joulukuun vuosittaisten onnettomuustapausten lukumäärät, joissa pääaiheuttajalla oli nastoitettavat tai ei-nastoitettavat talvirenkaat. Vuositarkastelu on tässä ja myöhemmin kalenterivuoden mittainen. Tällöin yhden talvikauden onnettomuudet jakautuvat aina kahden kalenterivuoden ajalle. Kuvassa 17 on eroteltu erikseen ns. paljaan jään kelit, sillä vuoden 2014 tutkimuksessa havaittiin, että kyseinen keliolosuhde oli se, missä rengastyypin ero näkyi. vahvimmin. Paljas jää sisältää kelityypit ”vetinen jää, iljanne” sekä ”peilijää, ohut jääkalvo”. OTI:n onnettomuusrekisterin kelien osaryhmä ”jäinen keli” on laajempi ja sisältää myös sellaisia kelityyppejä, mitkä sisältävät irtolunta jään päällä. Vuoden 2014 tutkimuksessa havaittiin, että näissä keleissä rengastyypin ero on selvästi pienempi.

Kuvassa 18 on esitetty nastattomia talvirenkaita käyttäneiden osuus liukuvana neljän vuoden keskiarvona. Tässä kuvassa käsite ”Talvikeli” kattaa kaikki talvikelionnettomuudet ja ”Jäinen keli” kaikki jäisen kelin onnettomuudet. Kuvasta voidaan nähdä, että kuten Jouko Lahti selvityksessään osoitti (luku 2.5), ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttävien osuus on kääntynyt hienoiseen laskuun tarkastelukauden 2005–2008 jälkeen. Tässä on syytä muistaa, että kitkarenkaiden osuus oli henkilö- ja pakettiautoliikenteessä vuosituhannen vaihteessa n. 12 % ja se on noussut vähitellen noin 14 %:iin.

Kuvien 17 ja 18 aikajänne on sama kuin Lahden tutkimuksessa, eli talvirengaspakon ajanjakso joului-helmikuu. Samaa ilmiötä on syytä tarkastella myös laajemmalla ajanjaksolla, eli marraskuun alusta maaliskuun loppuun. Tämän ajanjakson myötä tapausmäärä ja havaintojen luotettavuus lisääntyy. Tarkastelun heikentää kuitenkin se, että ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttävät asentavat talvirenkaat alle yleensä aiemmin kuin nastoitettavia talvirenkaita käyttävät. Tämän johdosta ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttävien osuus erityisesti marraskuun alkupuolella saattaa olla selvästi suurempi kuin tyypillisesti keskitalvella mitattu rengastyypin käyttöaste saattaisi osoittaa. Tämän pieni vaikutus tuloksiin on syytä pitää mielessä.

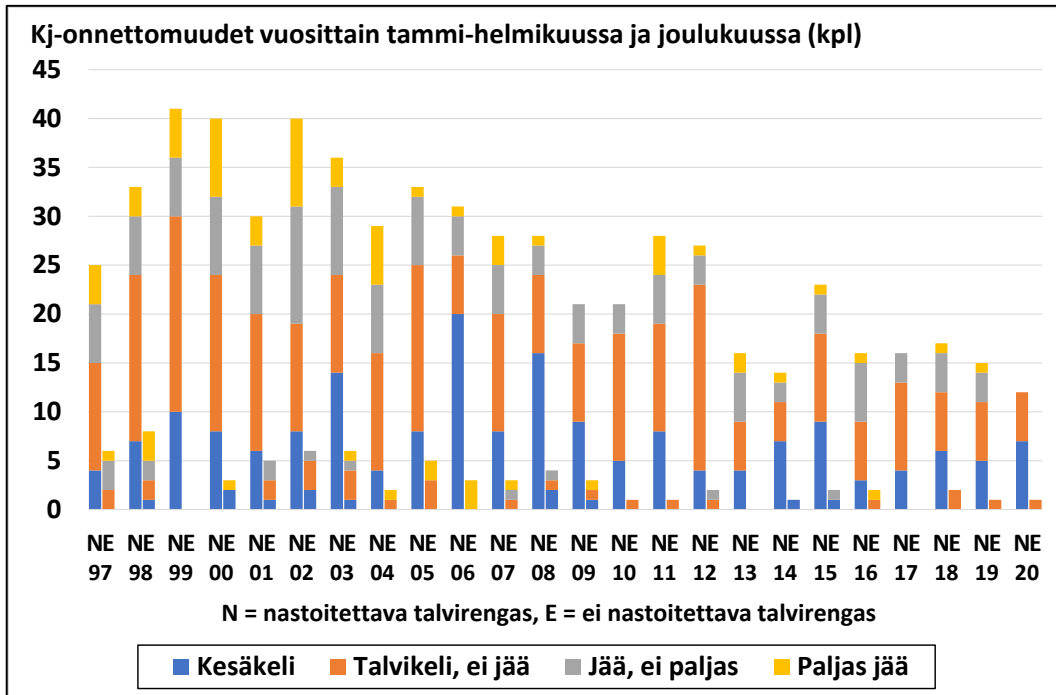
Kuvassa 19 on toistettu kuva 17 siten, että tarkastelukautena on nyt tammi-maaliskuu ja marras-joulukuu. Sama ero on myös kuvien 20 ja 18 välillä. Kuvasta 20 nähdään vastaavanlainen ilmiö kuin kuvassa 18. Kuvassa 20 nastattomia talvirenkaita käyttäneiden osuus (kaikki kelit) näyttäisi alkavan vähentyä kauden 2009–2012 jälkeen. Merkille pantavaa on, että kaudella 2017–2020 ei ole syntynyt lainkaan ei-nastoitettavilla renkailla aiheutettua paljaan jään onnettomuutta. Toki on syytä muistaa, että jaksoon kuuluu talvikausi 2019–2020, jolloin eteläisessä Suomessa ei koettu termistä talvikautta lainkaan.

Havaintojen matemaattisen luotettavuuden arvioimiseen on olemassa erilaisia menetelmiä. Taulukossa 3 luotettavuutta on arvioitu hyvin kansanomaisella tavalla. Taulukossa on laskettu, paljonko tarkastellut ei-nastoitettavien osuudet muuttuisivat, jos tarkastelujaksolla 2017–2020 olisi tapahtunut yksi paljaan jääkelin kuolemaan johtanut onnettomuus, missä aiheuttaja olisi käyttänyt ei-nastoitettavia tal-

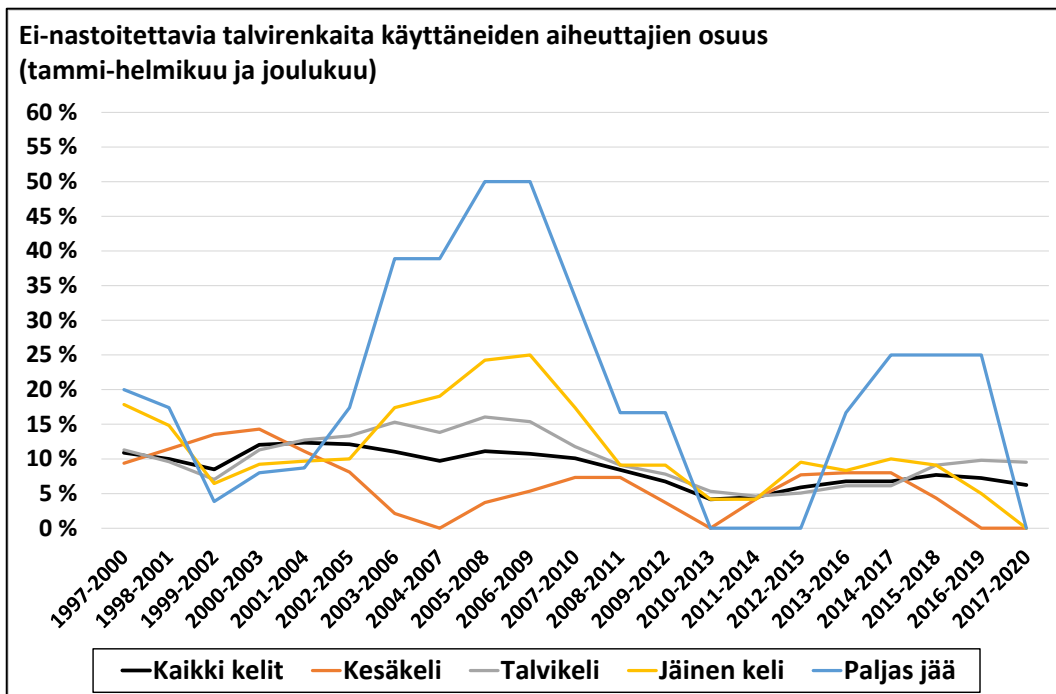
virenkaita. Mikäli tarkastellaan vain kolmea talvikuukautta, ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttävien onnettomuusmäärää olisi lisääntyttävä tarkastelujakson 4:stä 10:een, jotta ei-nastoitettavien osuus saavuttaisi kitkarenkaiden osuuden liikennevirrassa (kaikki kelit). Mikäli tarkastellaan viittä talvikuukautta, ei nastoitettavia talvirenkaita käyttävien onnettomuusmäärää olisi lisääntyttävä tarkastelujakson 10:stä noin 16:een, jotta ei-nastoitettavien osuus saavuttaisi kitkarenkaiden osuuden liikennevirrassa (kaikki kelit). Jos taas tarkastellaan vain paljaan jään onnettomuuksia, yksikin onnettomuus muuttaa oleellisesti kuvaa.

Taulukko 3. Tulosten luotettavuus. Paljonko yksi paljaan jään ei-nastoitettavien talvirenkaiden onnettomuus muuttaisi ajanjakson 2017–2020 ei-nastoitettavien osuutta?

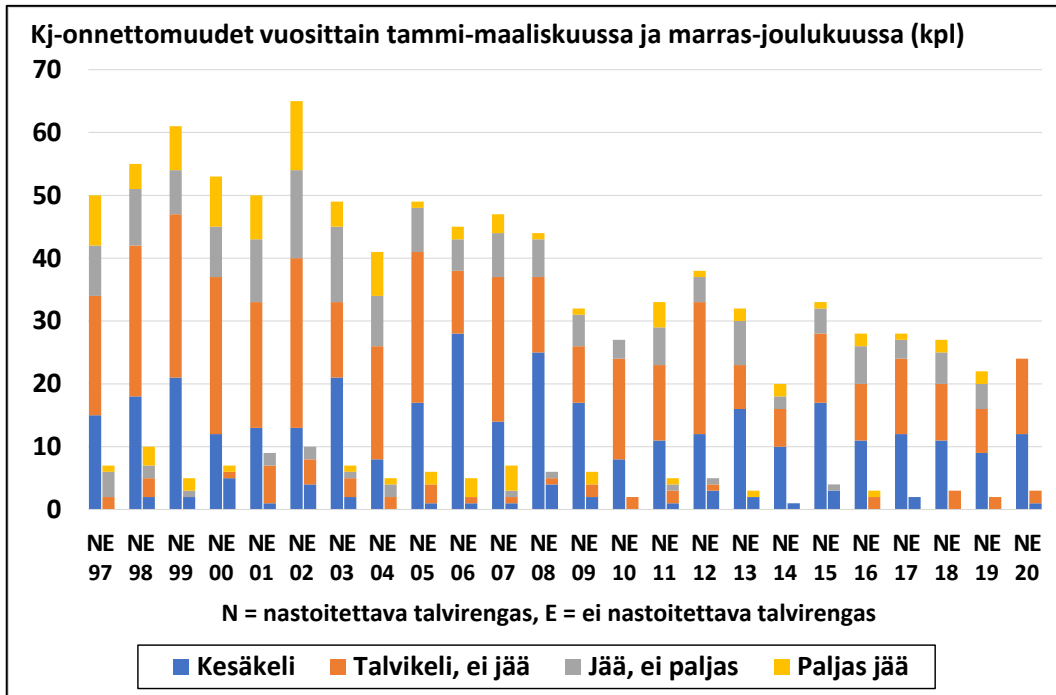
		Todellinen osuus 2017-2020	+1 paljaan jään kitkarengas-onnettomuus
Tammi-helmikuu ja joulukuu	Kaikki kelit	6,3 %	7,7 %
	Kesäkeli	0,0 %	0,0 %
	Talvikeli	9,5 %	11,6 %
	Jäinen keli	0,0 %	7,7 %
	Paljas jää	0,0 %	33,3 %
Tammi-maaliskuu ja marras-joulukuu	Kaikki kelit	9,0 %	9,8 %
	Kesäkeli	6,4 %	6,4 %
	Talvikeli	10,9 %	12,3 %
	Jäinen keli	0,0 %	5,6 %
	Paljas jää	0,0 %	16,7 %



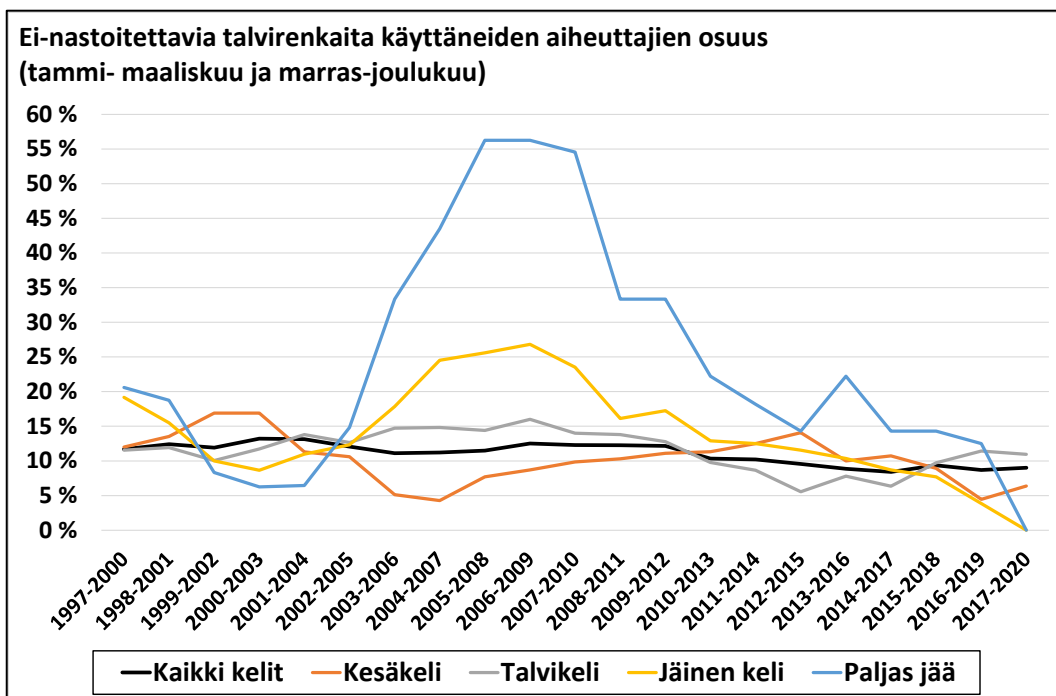
Kuva 17. Sellaiset kuolemaan johtaneet onnettomuudet tammi-helmikuussa ja joulukuussa, joissa pääaiheuttajalla oli nastoitettavat tai ei-nastoitettavat talvirenkaat. Itsemurhat, nukahtamiset ja sairauskohtaukset on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.



Kuva 18. Nastattomia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien osuus tammi-helmikuussa ja joulukuussa. Kesä- tai sekarenkain aiheutetut kuolemaan johtaneet onnettomuudet sekä itsemurhat, nukahtamiset ja sairauskohtaukset on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.



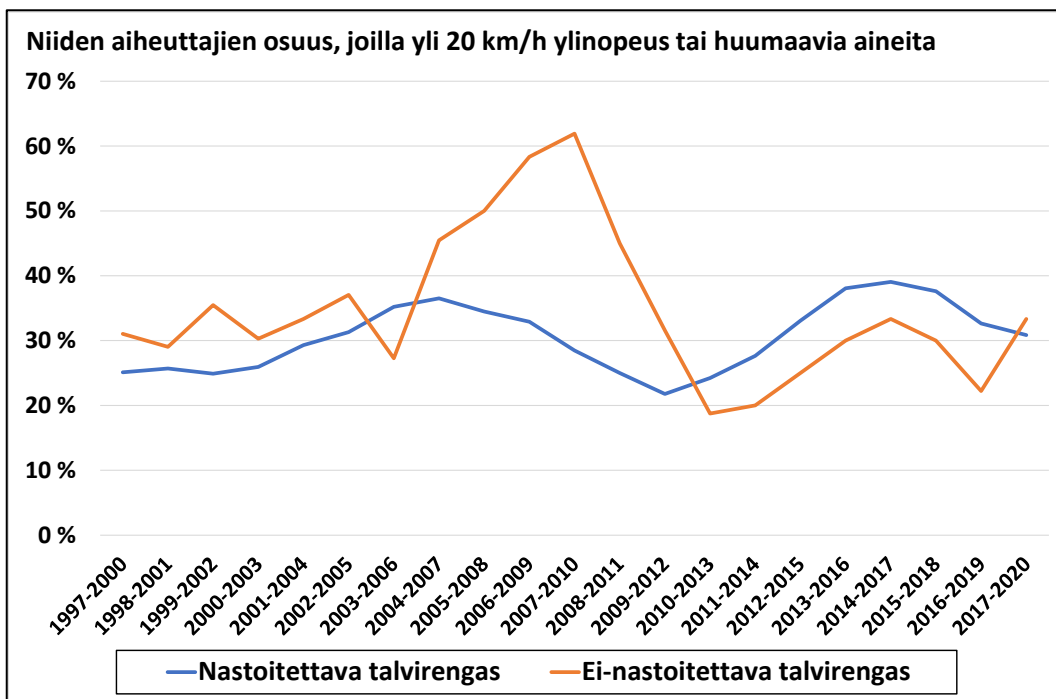
Kuva 19. Sellaiset kuolemaan johtaneet onnettomuudet tammi-maaliskuussa ja marras-joulukuussa, joissa pääaiheuttajalla oli nastoitettavat tai ei-nastoitettavat talvirenkaat. Itsemurhat, nukahtamiset ja sairauskohtaukset on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.



Kuva 20. Nastattomia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien osuus tammi-maaliskuussa ja marras-joulukuussa. Kesä- tai sekarenkain aiheutetut kuolemaan johtaneet onnettomuudet sekä itsemurhat, nukahtamiset ja sairauskohtaukset on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.

5.2 Aiheuttajan ylinopeus tai huumaavien aineiden käyttö

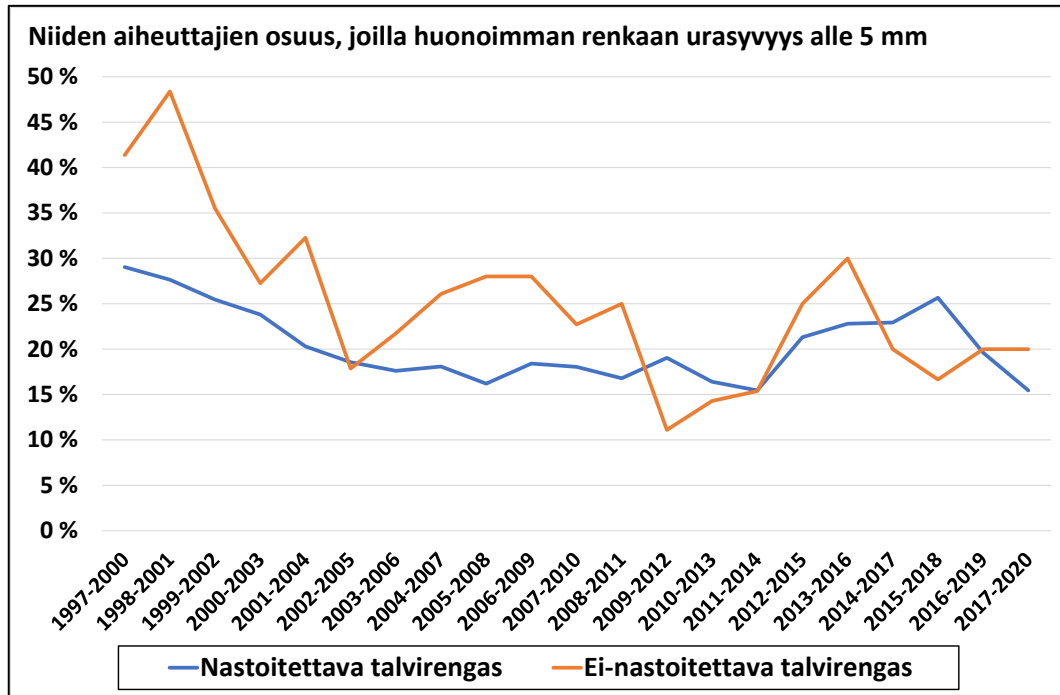
Malmivuon ja Luoman tutkimuksessa (luku 2.2.) havaittiin, että ei-nastoitettavia renkaita käyttäneillä aiheuttajilla oli suhteessa useammin ylinopeutta tai huumaavien aineiden käyttöä. Kuvassa 21 ylinopeutta ja huumaavien aineiden käyttöä on erikseen tarkasteltu nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien kesken ja ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden kesken. Kuvan mukaan ero oli selvimmillään 2000-luvun alussa, mutta on sittemmin tasoittunut.



Kuva 21. Niiden nastoitettavia tai ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien osuus, jotka ylittivät tiekohtaisen nopeusrajoituksen yli 20 km/h tai olivat käyttäneet huumaavia aineita. Tammi-maaliskuussa ja marras-joulukuussa tapahtuneet kuolemaan johtaneet onnettomuudet (kaikki kelit). Kesä- tai sekarenkain aiheutetut kuolemaan johtaneet onnettomuudet sekä itsemurhat, nukahtamiset ja sairauskohtaukset on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.

5.3 Renkaiden urasyvyys

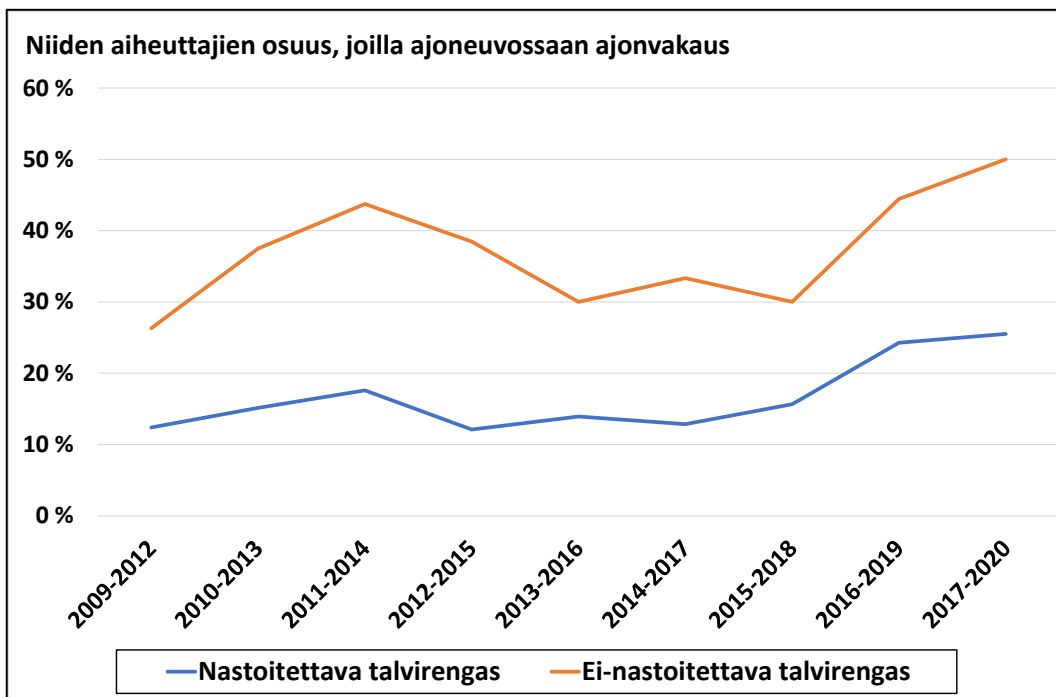
Talvirenkaiden urien syvyyden on lain mukaan oltava vähintään 3 mm. Traficom virallinen ohje kuitenkin on, että talvirenkaiden urasyvyyden olisi oltava vähintään 5 mm. Malmivuon ja Luoman tutkimuksessa (kuku 2.2.) havaittiin aikoinaan, että renkaiden kuntopuutteet liittyivät useimmin ei-nastoitettavia käyttäneisiin. Kuvassa 22 kuluneiden renkaiden osuuksia on erikseen tarkasteltu nastoitettavia talvirenkaita käyttävien aiheuttajien kesken ja ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden kesken. Kuvan mukaan vaikuttaa siltä, että urasyvyyden osalta ei eroa juuri enää ole. Lisäksi hyvin kuluneilla renkailla aiheutettujen onnettomuuksien osuus on kaikkiaan vähentynyt.



Kuva 22. Niiden nastoitettavia tai ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien osuus, joilla huonoimman renkaan urasyvyys on alle 5 mm. Tammi-maaliskuussa ja marras-joulukuussa tapahtuneet kuolemaan johtaneet onnettomuudet (kaikki kelit). Kesä- tai sekarenkain aiheutetut kuolemaan johtaneet onnettomuudet sekä itsemurhat, nukahtamiset ja sairauskohtaukset on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.

5.4 Ajonvakautusjärjestelmä ajoneuvossa

Ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien osuuden pienentyessä on arveltu, että ajonvakautusjärjestelmät auttaisivat erityisesti kitkarenkailla kulkevia. Kuvassa 23 ajonvakautusjärjestelmää käyttäneiden osuuksia on erikseen tarkasteltu nastoitettavia talvirenkaita käyttävien aiheuttajien kesken ja ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden kesken. OTI on kerännyt tätä muuttujaa vuodesta 2009 lähtien. Kuvasta 23 voidaan havaita, että ajonvakautusjärjestelmien yleisyys aiheuttajien ajoneuvoissa on viime vuosina ollut selvästi alhaisempi, kuin järjestelmien osuus liikennevirran ajoneuvoissa. Ajonvakaus on ollut noin kaksi kertaa yleisempi ei-nastoitettavaa talvirengasta, kuin nastoitettavaa talvirengasta käyttävän aiheuttajan ajoneuvossa. Kuvan 23 tarkastelussa mukaan on otettu ne tapaukset, jolloin OTIN:n datassa on ollut tieto ajonvakautusjärjestelmän olemassaolosta (97 % tapauksista).

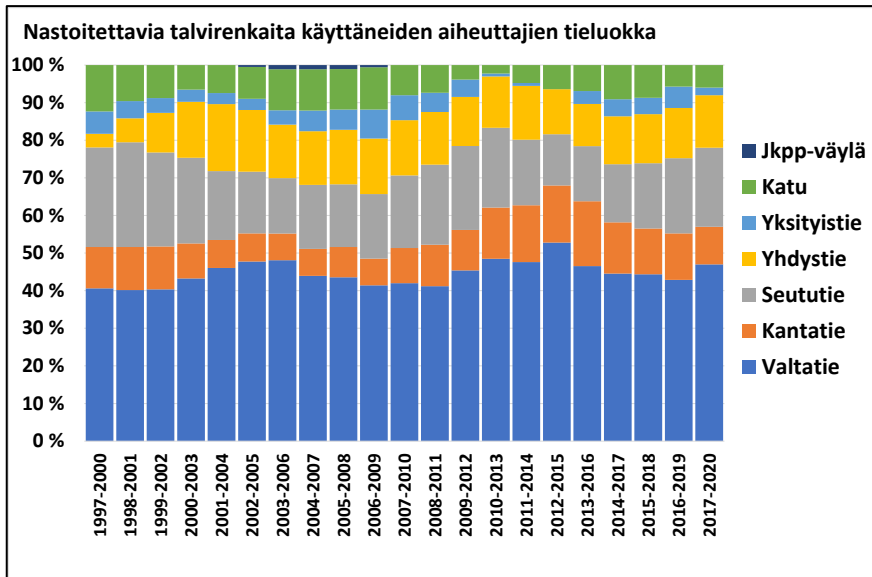


Kuva 23. Niiden nastoitettavia tai ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien osuus, joilla ajonvakautusjärjestelmä ajoneuvossa. Tammi-maaliskuussa ja marras-joulukuussa tapahtuneet kuolemaan johtaneet onnettomuudet (kaikki kelit). Kesä- tai sekarenkain aiheutetut kuolemaan johtaneet onnettomuudet sekä itsemurhat, nukahtamiset ja sairauskohtaukset on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.

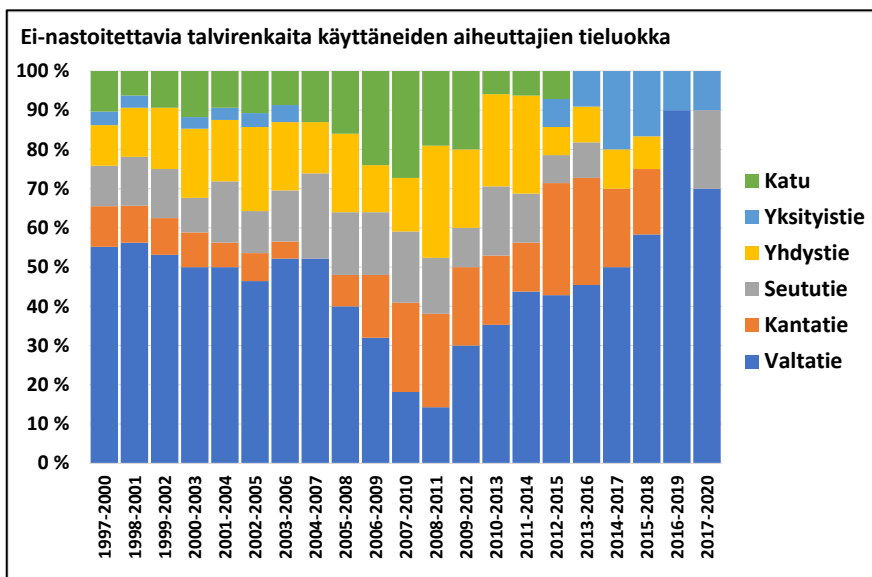
5.5 Tieluokat

Malmivuon ja Luoman tutkimuksessa (luku 2.2.) havaittiin, että ei-nastoitettavia renkaita käyttäneet aiheuttajat joutuivat useimmin onnettomuuksiin kaduilla kuin nastoitettavia renkaita käyttäneet. Kuvasta 24 nähdään, että viime vuosina ei-nastoitettavia renkaita käyttäneet aiheuttajat ovat joutuneet onnettomuuksiin useam-

min maantiellä ja erityisesti valtateillä. Ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneet aiheuttajien onnettomuudet tapahtuivat aiemmin suhteellisesti useammin katuverkollla, mutta viime vuosina yhä useammin valtateillä (kuva 25).



Kuva 24. Nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien onnettomuuspaikka tieluokittain. Tammi-maaliskuussa ja marras-joulukuussa tapahtuneet kuolemaan johtaneet onnettomuudet (kaikki kelit). Kesä- tai sekarenkain aiheutetut kuolemaan johtaneet onnettomuudet sekä itsemurhat, nukahtamiset ja sairauskohtaukset on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.

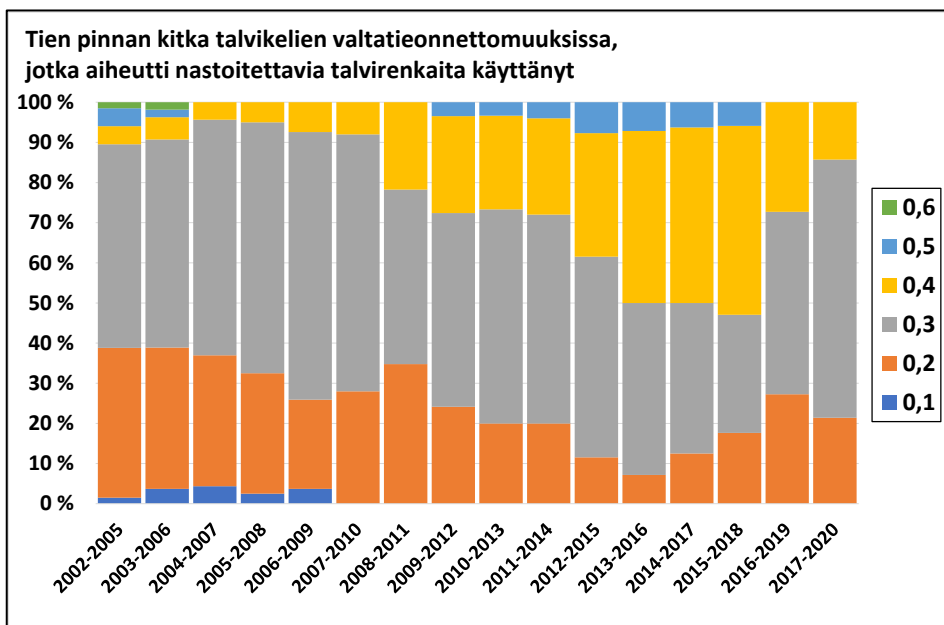


Kuva 25. Ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien onnettomuuspaikka tieluokittain. Tammi-maaliskuussa ja marras-joulukuussa tapahtuneet kuolemaan johtaneet onnettomuudet (kaikki kelit). Kesä- tai sekarenkain aiheutetut kuolemaan johtaneet onnettomuudet sekä itsemurhat, nukahtamiset ja sairauskohtaukset on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.

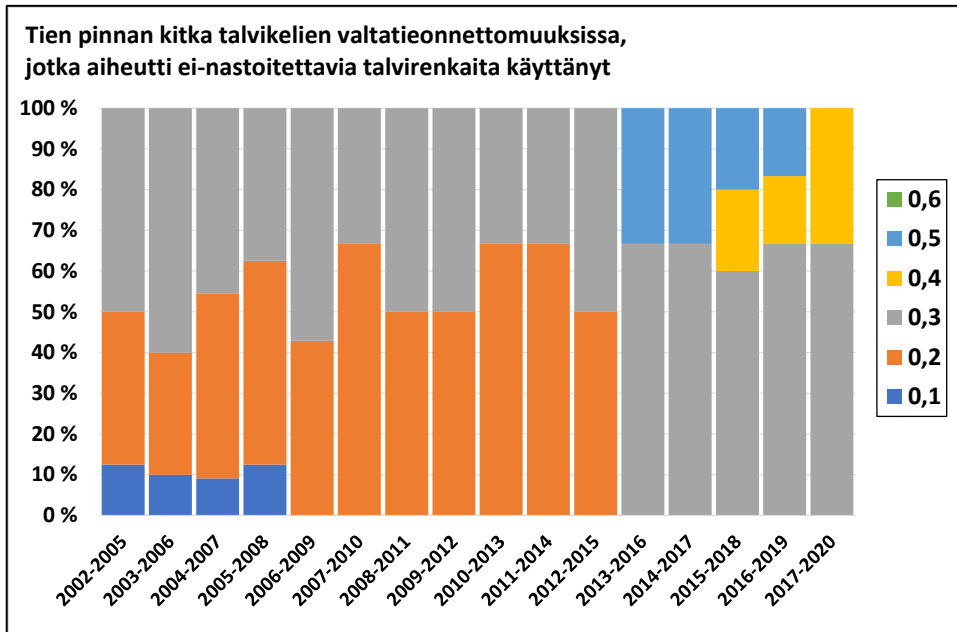
5.6 Onnettomuuspaikan kitka valtateillä

OTI:n aineisto sisältää vuodesta 2002 lähtien varsin hyvin tietoa onnettomuuspaikan kitkasta. Erityisesti valtateiden tilanne on kiinnostava, sillä Väylävirasto on asettanut maanteiden laatuvaatimusten yhteydessä valtateille kitkavaatimuksia. On kuitenkin huomattava, että merkittävä osa valtateistä on matalampaa hoito-luokkaa kuin Ise, mikä tarkoittaa, että kitkavaatimus on voimassa vasta ns. toimenpideajan jälkeen.

Sekä kuvasta 26 (nastoitettavia käyttäneet aiheuttajat) että kuvasta 27 (ei-nastoitettavia käyttäneet aiheuttajat) havaitaan, että aivan matalimpia kitkatasoja (0,1 ja 0,2) on viime vuosina esiintynyt valtateiden talvikelionnettomuuksissa selvästi harvemmin kuin vuosituuhannen alussa. Kitkataso 0,3 taas saattaa jo täyttää laatuvaatimukset toimenpideajan jälkeenkin. Viime vuosina ei-nastoitettavia käyttäneiden aiheuttajien onnettomuudet näyttävät syntyneen hieman korkeammilla kitkatasoilla kuin nastoitettavia käyttäneiden aiheuttajien. On kuitenkin huomattava, että tässä tarkastelussa tapausmäärät ovat hyvin pienet (rajattu valtateiden talvikelieihin). Esimerkiksi jaksolla 2017–20 ei-nastoitettavia käyttäneiden aiheuttajien lukumäärä oli tässä tarkastelussa 4 kpl.



Kuva 26. Nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien onnettomuuspaikan kitka talvikelieillä valtateillä. Tammi-maaliskuussa ja marras-joulukuussa tapahtuneet kuolemaan johtaneet onnettomuudet. Kesä- tai sekarenkain aiheutetut onnettomuudet sekä itsemurhat, nukahtamiset ja sairauskohtaukset on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.

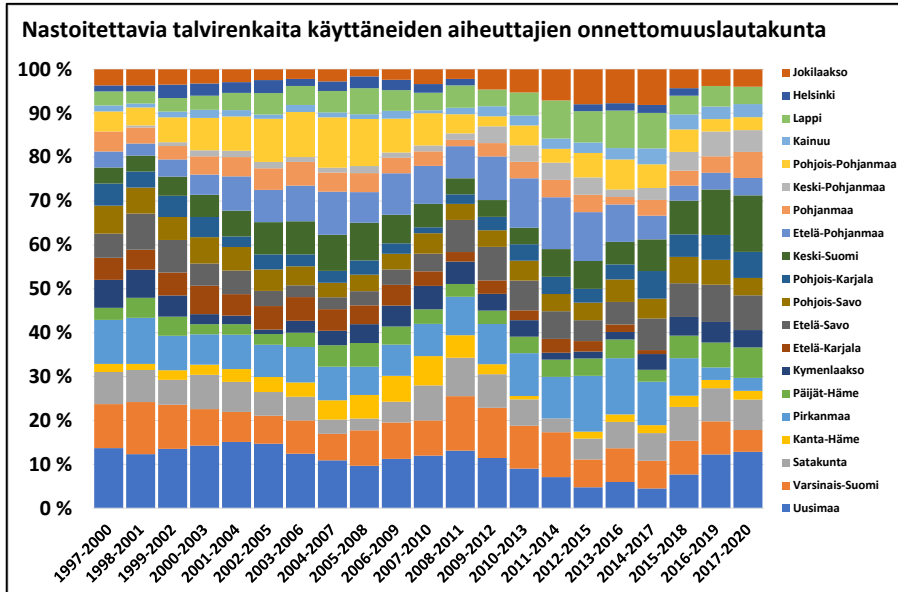


Kuva 27. Ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien onnettomuuspaikan kitka talvikeleillä valtateillä. Tammi-maaliskuussa ja marras-joulukuussa tapahtuneet kuolemaan johtaneet onnettomuudet. Kesä- tai sekarenkain aiheutetut onnettomuudet sekä itsemurhat, nukahtamiset ja sairauskohtaukset on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.

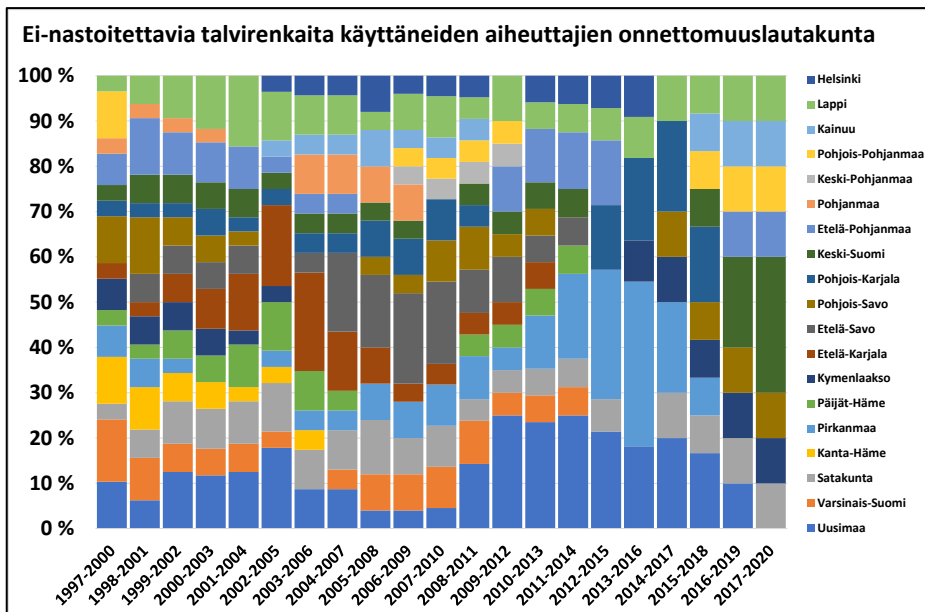
5.7 Onnettomuuspaikan lautakunta-alue

Kitkarenkaiden käyttöaste on ollut perinteisesti suurin Helsingissä ja Uudella maalla. Siten on mielenkiintoista tarkastella sitä, missä päin Suomea tämän tarkastelun onnettomuudet ovat syntyneet. Aluejaottelussa on käytetty tutkijalautakunta-alueita. Ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneet aiheuttajat ovatkin erityisesti 2010-luvun alussa joutuneet onnettomuuksiin suhteellisen usein Uudenmaan ja Helsingin alueella (kuva 29) nastoitettavia talvirenkaita käyttäneisiin aiheuttajiin verrattuna (kuva 28).

Uudenmaan ELY-keskuksen alue, eli Uudenmaan, Kanta-Hämeen ja Päijät-Hämeen alue on viime vuosina tuottanut noin 30 % maan liikennesuoritteesta. Tarkasteluissa onnettomuuksissa tämä alue vastaa kuitenkin keskimäärin 20 %:a.



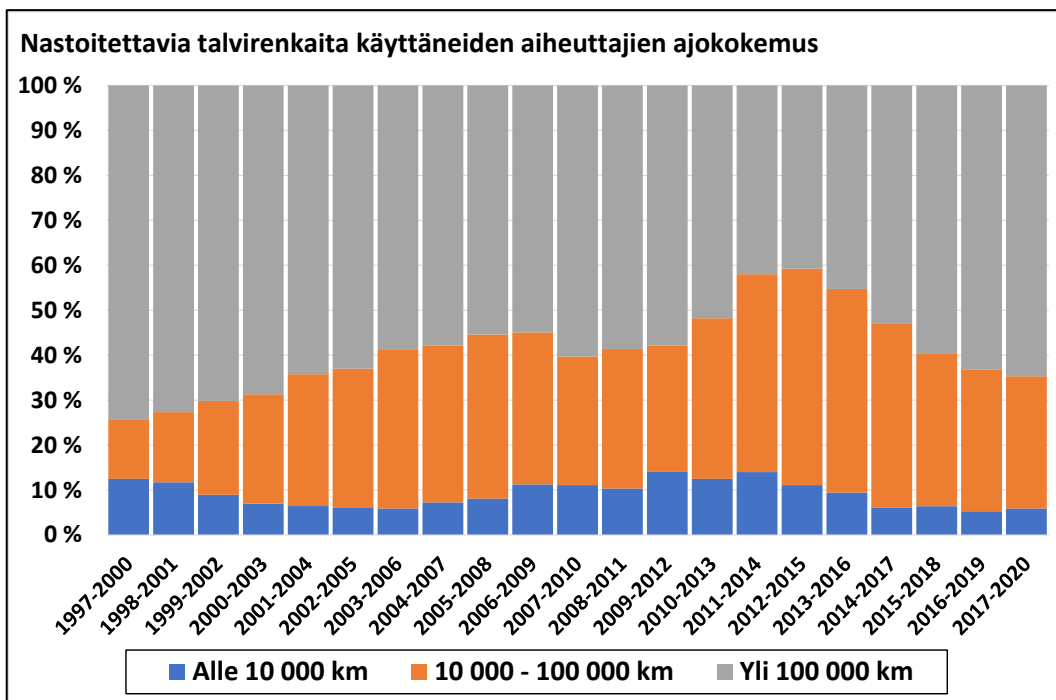
Kuva 28. Nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien onnettomuuspaikan alue. Tammi-maaliskuussa ja marras-joulukuussa tapahtuneet kuolemaan johtaneet onnettomuudet (kaikki kelit). Kesä- tai sekarenkain aiheutetut onnettomuudet sekä itsemurhat, nukahtamiset ja sairauskohtaukset on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.



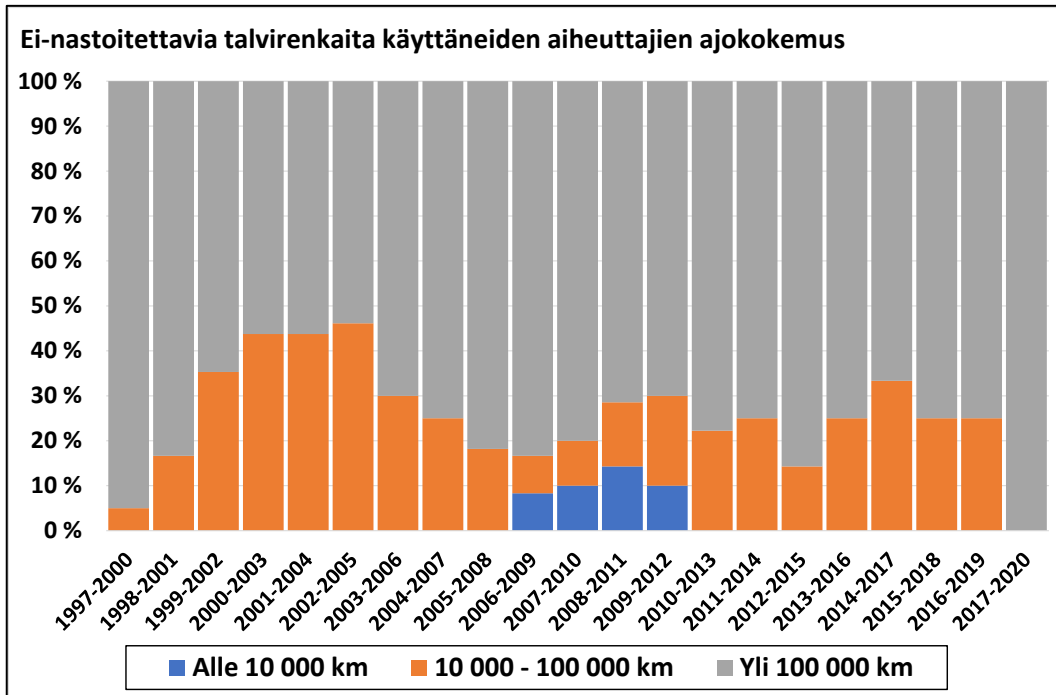
Kuva 29. Ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien onnettomuuspaikan alue. Tammi-maaliskuussa ja marras-joulukuussa tapahtuneet kuolemaan johtaneet onnettomuudet (kaikki kelit). Kesä- tai sekarenkain aiheutetut onnettomuudet sekä itsemurhat, nukahtamiset ja sairauskohtaukset on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.

5.8 Ajokokemus

Kitkarenkaiden käyttö on perinteisesti ollut hieman suositumpaa kokeneempien kuljettajien keskuudessa. Nastoitettavia ja ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien ajokokemusta onnettomuushetkellä on tarkasteltu kuvissa 30 ja 31. Ajokokemuksella tarkoitetaan tässä koko aiemman eliniän ajokokemusta. Ajokokemus perustuu usein karkeaan arvioon, erityisesti tapauksissa, joissa aiheuttaja ei ole voitu haastatella. Viimeisen 10 tarkasteluvuoden aikana kokeneiden kuljettajien (yli 100 000 km) osuus on nastoitettavia renkaita käyttäneiden aiheuttajien kohdalla keskimäärin 52 % ja ei-nastoitettavia renkaita käyttäneillä 77 %.



Kuva 30. Nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien ajokokemus. Tammi-maaliskuussa ja marras-joulukuussa tapahtuneet kuolemaan johtaneet onnettomuudet (kaikki kelit). Kesä- tai sekarenkain aiheutetut onnettomuudet sekä itsemurhat, nukahtamiset ja sairauskohtaukset on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.



Kuva 31. Ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien ajokokemus. Tammi-maaliskuussa ja marras-joulukuussa tapahtuneet kuolemaan johtaneet onnettomuudet (kaikki kelit). Kesä- tai sekarenkain aiheutetut onnettomuudet sekä itsemurhat, nukahtamiset ja sairauskohtaukset on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.

5.9 Pakettiautojen osuus

Tämän luvun analyysit ovat koskeneet sekä henkilö- että pakettiautoa käyttäneitä aiheuttajia. Taulukossa 4 on tarkasteltu sitä, mikä on pakettiautoa käyttäneiden aiheuttajien osuus eri ajanjaksoina. Käytettävissä ei ole aivan tuoretta tietoa kitkarenkaiden osuudesta pakettiautoissa, mutta vuosituhannen alun selvityksissä kitkarenkaiden osuus pakettiautoissa oli pienempi kuin henkilöautoissa. Näin ollen vaikuttaisi siltä, että pakettiautot ovat yliedustettuina ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden onnettomuuksissa. Tämä toki tarkoittaa kääntäen sitä, että jos esim. luvussa 5.1 olisi tarkasteltu vain henkilöautoja, kitkarengasaiheuttajien osuus olisi ollut vielä alhaisempi.

Taulukko 4. Pakettiautoa käyttäneiden aiheuttajien osuus. Tammi-maaliskuussa ja marras-joulukuussa tapahtuneet kuolemaan johtaneet onnettomuudet. Kesä- tai sekarenkain aiheutetut onnettomuudet sekä itsemurhat, nukahtamiset ja sairauskohtaukset on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.

Ajanjakso	Kaikki kelit		Talvikelit	
	Nastoitettava	Ei-nastoitettava	Nastoitettava	Ei-nastoitettava
1997-2004	4,7%	13,1%	5,0%	13,6%
2005-2012	6,3%	8,9%	7,1%	10,3%
2013-2020	6,9%	14,3%	6,0%	25,0%

6 Yhteenveto

Nastarenkaat tarjoavat kitkarenkaita parempaa jääpitoa, mutta toisaalta kuluttavat päällysteitä ja heikentävät ilmanlaatua. Viranomaiset ovat Suomessa toistaiseksi ohjanneet talvirengastyypin valintaa vähemmän kuin esim. Ruotsissa ja Norjassa. Tässä tutkimuksessa pyritään tarkastelemaan sitä, puoltaisiko viimeisin rengastyypin turvallisuusvaikutuksia käsittelevä aineisto sitä, että Väylävirasto voisi suositella laajempaa kitkarenkaiden käyttöä?

6.1 Tutkimustieto rengastyypin turvallisuusvaikutuksista

Rune Elvik ja Joanna Kaminska tekivät vuonna 2011 Norjassa tutkimuksen, jossa tarkastelivat Norjan nastarenkaiden vähentämisen liikenneturvallisuusvaikutuksia. Tutkimuksen mukaan esim. 20 %:n vähennys nastarengasosuudessa lisäisi henkilövahinko-onnettomuuksia noin 6 %:a. Suomessa vuonna 2014 tehdyssä tutkijalautakunta-aineistoon perustuvassa kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien analyysissä arviottiin, että pelkästään nastoitettavia renkaita käyttämällä olisi voitu välttää keskimäärin yksi kuolemaan johtanut onnettomuus talvikaudessa (Malmivuo ja Luoma 2014). Tämän jälkeen tilanne näyttää kuitenkin muuttuneen. Mm. Jouko Lahti on osoittanut, että kitkarenkaita käyttäneiden kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien aiheuttajien osuus on viime vuosina vähentynyt dramaattisesti. Jopa niin paljon, että onnettomuustilastojen valossa ei-nastoitettavat talvirenkaat näyttäytyvät nyt turvallisemmalta vaihtoehdolta kuin nastoitettavat talvirenkaat.

Ruotsissa tehtiin 2015 ja 2016 joukko hyvin laajoja talvirengastestejä. Niissä osoitettiin, että nastarenkaiden ja kitkarenkaiden pitoero jäällä kaventuu renkaan käyttöiän lisääntyessä. Tutkimuksissa myös tuotiin esiin, että lisääntynyt kitkarenkaiden talvikäyttö johtaa lisääntyneeseen kitkarenkaiden kesäkäyttöön. Tutkimuksen mukaan pohjoismaisten kitkarenkaiden jarrutusmatka oli 15 % suurempi kuivalla asfaltilla ja 20 % suurempi märällä asfaltilla kesärenkaksiin verrattuna. Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien aineistolla arvioitiin, että kitkarenkaiden kesäkäyttö lisäisi onnettomuusriskiä 3 %.

Jouko Lahti osoitti tutkimuksessaan vuonna 2017, että nastarenkaiden käyttöön liittyy merkittäviä kuntoeroriskejä. Noin kaksi kolmasosaa tutkituista rengashotellien käytetyistä nastarengassarjoista arvioitiin laittomiksi liian suurien, yli 25 prosentin nastamääräerojen vuoksi. Peräti 74 prosenttia tutkituista rengassarjoista oli sellaisia, joissa ehjien nastojen osuudet parhaan ja huonoimman renkaan välillä erosivat vähintään 20 prosenttiyksikköä.

6.2 Rengastyypit talvirengastesteissä

Vaikka talvirengastetit koskevat vain uusia renkaita, ne tarjoavat hyvää tietoa rengastyypin keskinäisestä kehityksestä. Testien mukaan nasta- ja kitkarenkaiden ero jääpidon suhteen ei ole muuttunut vuosien saatossa. Toisaalta myös havaitaan, että ero jääpidossa vaihtelee vain 10 %:sta aina 40 %:iin. Jään laatu vaikuttaa valtavasti nasta- ja kitkarenkaiden jääpitoeroon.

6.3 Nasta- ja kitkarenkaat kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin sitä, miten nastoitettavia ja ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden aiheuttajien kuolemaan johtaneet onnettomuudet ovat kehittyneet 24 vuoden (1997–2020) ajanjaksolla. Tuloksista kävi hyvin ilmi, että ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneiden osuus on laskenut viime vuosina selvästi. Nykyään osuus alittaa selvästi osuuden, joka kitkarenkailla on liikennevirrasta (14 %). Vielä vuosituhannen alussa ei-nastoitettavia käyttäneet aiheuttajat olivat yliedustettuina hyvin liukkaiden olosuhteiden (paljas jää) onnettomuuksissa, mutta tätä ei ole enää viime vuosien osalta nähtävissä.

Koska kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien määrä on ollut viime vuosina vähäinen, ei-nastoitettavien vähäisempi osuus viime vuosien onnettomuuksissa ei ole tilastollisesti merkitsevä. Ero on kuitenkin niin merkittävä, että mikäli tarkastellaan viittä talvikuukautta (marras-maaliskuu), ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttävien onnettomuusmäärän olisi lisääntyttävä tarkastelujaksolla 2017–2020 yhteensä 10:stä noin 16:een, jotta ei-nastoitettavien osuus saavuttaisi kitkarenkaiden osuuden liikennevirrassa. Jotta tähän päästäisiin, nastoitettavilla talvirenkailla ajavien onnettomuudet eivät vastaavasti saisi lisääntyä yhtään.

Viime vuosina alle puolet talvikuukausina tapahtuneista kuolemaan johtaneista onnettomuuksista on ollut sellaisia, missä aiheuttajalla on ollut ajonvakautus autosaan. Tämä alittaa todennäköisesti ajonvakautusjärjestelmien osuuden liikennevirran ajoneuvoista. Ajonvakautusjärjestelmä oli kuitenkin useammin ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneen aiheuttajan ajoneuvossa.

Viimeisen 10 tarkasteluvuoden aikana kokeneiden kuljettajien (yli 100 000 km) osuus on nastoitettavia renkaita käyttäneiden aiheuttajien kohdalla keskimäärin 52 % ja ei-nastoitettavia renkaita käyttäneillä 77 %. Kitkarenkailla varustettuja pakettiautoja käyttäneet aiheuttajat vaikuttavat olevan hieman yliedustettuina talviajan kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa.

Tämän tutkimuksen resurssien puitteissa ei ollut mahdollista tutustua tutkijalautakuntien onnettomuusselostuksiin. Onnettomuusselostuksiin tutustumalla saataisiin vielä mahdollisesti lisätietoa renkaiden roolista kuolemaan johtaneiden talvikelionnettomuuksien taustalla. Tässä tapauksessa olisi mielenkiintoista tutustua viimeisen 5–10 vuoden talviajan onnettomuuksiin.

6.4 Johtopäätöksiä

Kitkarenkaita käyttävien onnettomuudet ovat vähentyneet verrattuna nastarenkaita käyttävien onnettomuuksiin. Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien ja erityisesti talvikelionnettomuuksien määrä on varsin pieni täysin luotettavien johtopäätösten tekemiseen. Tutkimuksen perusteella kitkarenkaita ei silti voida pitää nastarenkaita turvallisempana vaihtoehtona, eikä kitkarengas sovi kaikille, jos ajaa paljon talvikeliolosuhteissa, ajotaidot talvikелеillä ovat riittämättömät tai autosta puuttuu ajonvakaudenhallintajärjestelmä. Tutkimustulosten perusteella kitkarenkaita voisivat käyttää nykyistä enemmän ne, joilla on paljon ajokokemusta erityisesti talvikелеillä, uudehko ajonvakautusjärjestelmällä varustettu ajoneuvo ja joilla

ei ole aivan ehdotonta tarvetta liikkua kitkarenkaalla varustetulla ajoneuvolla haastavimpien keliolosuhteiden aikaan. Ajamisen vähentäminen haastavissa keliolosuhteissa pienentäisi onnettomuusmäärää muutenkin. Kitkarenkaiden käyttöä ei voi suositella pakettiautoihin, koska sellaiset aiheuttajat, joilla on pakettiautossa einastoitettavat talvirenkaat, vaikuttavat olevan yliedustettuna kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa.

Nastarenkaat karhentavat jäistä ja jääpolanteista tien pintaa sekä ennalta ehkäisevät tien pinnan kiillottumista, millä on oleellinen merkitys liikenneturvallisuuden kannalta. Eri tutkimuslähteiden mukaan nastarenkaiden karhennusvaikutus vähennee oleellisesti, kun kitkarenkaiden osuus on 50–75 %. Karhennusvaikutustestit tarkastelevat tilannetta vain henkilöautojen osalta, eikä raskaan liikenteen vaikutusta niissä ole tarkasteltu. Pääteillä raskaan liikenteen osuus on yli 10 % ja raskas liikenne ei yleensä käytä nastarenkaita ja niissä on lukuisia rengasakseleita. Raskas liikenne siis toimii lähinnä tien pinnan kiillottajana, ei karhentajana. Silti nykyisen kitkarengasasteen (14 %) tuplaaminen on mahdollista liikenneturvallisuuden oleellisesti vaarantumatta ja vaikeuttamatta talvikunnossapitoa sekä liukkaudentorjuntaa. Kitkarenkaiden osuuden kasvaessa onnettomuuskehitystä on syytä seurata tarkkaan.

7 Pohdintaa

Tämän tutkimuksen keskeisiä kysymyksiä on se, voidaanko ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttävien kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien aiheuttajien vähäisestä osuudesta päätellä, että kitkarenkaat eivät talvella lisää lainkaan onnettomuusriskiä nastarenkaisiin nähden, vaan pikemminkin parantavat sitä? Mikä voisi tämän ilmiön selittää?

Joissain lähteissä selitykseksi on tarjottu kitkarenkaiden kehitystä. Luvun 3 talvirengastestien aineisto ei kuitenkaan puolla tätä näkemystä. Ilmiöön tarjottava ehkä yleisin selitys on se, että ajoneuvon vakautusjärjestelmät hyödyntävät suhteellisesti enemmän kitkarenkaita käyttäviä. Tätä selitystä tukee se, että käänne onnettomuustilastoissa osuus varsin hyvin samoihin vuosiin järjestelmän yleistymisen kanssa.

Toinen mahdollinen syy näkyy onnettomuustilastoista. Aiemmin kitkarengaskäyttöön on valikoitunut suhteellisesti enemmän riskiä ottavia ja huonokuntoisia renkaita käyttäviä. Nyt nämä taustatekijät ovat varsin identtisiä eri rengastyyppijä käyttävien kesken. Edelleen ei-nastoitettavia talvirenkaita käyttäneet aiheuttajat ovat kokeneempia kuljettajia kuin nastoitettavia talvirenkaita käyttäneet aiheuttajat. Tätä asiaa ei ole syytä unohtaa.

Yksi suuri avoin kysymys liittyy siihen, vähentyykö kitkarenkaiden ajosuorite haastavilla talvikeleillä enemmän, kuin nastarenkaiden ajosuorite? Mm. Japanissa havaittiin 1990-luvulla, että liikennesuorite väheni nastarengasrajoitusten myötä. Mikäli kitkarengaskuljettaja jää vaikean talvikelin aikaan kotiinsa etätöihin, tämä on liikenneturvallisuuden kannalta pelkäämistä myönteistä. Japanissa myös todettiin, että nastarengasrajoitusten myötä kevyen liikenteen onnettomuudet lisääntyivät. Mikäli siis kitkarengasajoneuvonsa kotiin jättävä lähtee huonolla kelillä kävelen töihin tai julkisen liikenteen pysäkille, liukastuu ja loukkaantuu, vaikutus liikenneturvallisuuteen ei ole yhtä hyvä. Vuoden 2022 tienkäyttäjätyytyväisyystutkimuksen mukaan yli puolet kotitalouksien kitkarengasajoneuvoista sijaitsee sellaisissa talouksissa, missä on myös nastarengasajoneuvo käytettävissä. Tämä antaa ainakin teoriassa mahdollisuuden vaihtaa toiseen rengastyypin haastavissa keliolosuhteissa.

Tämän tutkimuksen yhteydessä ei tullut esille ainoatakaan lähdettä, jossa olisi tarkasteltu rengastyyppien osuuksia eri keliolosuhteissa. Olisi hyvin mielenkiintoista nähdä, onko kitkarenkaiden osuus liikennevirrasta sama niinä päivinä, jolloin on vallinnut kesäkeli tai vakaa talvikeli, verrattuna niihin päiviin, jolloin on vallinnut ja jolloin on ennustettu huonoa ajokeliä.

Yksi mahdollinen selitys saattaisi vielä liittyä siihen, että haastavimmat talvikelit ovat viimeisen 10-15 vuoden aikana vähentyneet. Luvussa 5.6 nähtiin, että valtaosien vakavien talvikelionnettomuuksien kitkatasot ovat hieman nousseet vuosien saatossa. Vaisala toteuttaa Väylävirastolle ns. Talven laatumittaria, joka kertoo tiesääasemadataan pohjautuen talven vaikeudesta. Mittari ulottuu talveen 2010–2011 asti, jolloin 79 % ajasta (1.10.–30.4.) vallitsi ns. hyvä palvelutaso. Vuosina 2013–2020 hyvään palvelutasoon pystyttiin 88 % ajasta.

Lähdeluettelo

- /1/ Alppivuori, Kari; Kanner, Heikki; Mäkelä, Kari; Kallberg, Veli-Pekka: Talvi ja tieliikenne -projekti. Nastarenkaiden käytön ja talvikunnossapidon yhteiskunnallinen optimointi. Tielaitoksen tutkimuksia 4/1995. 82 s. + 1 liite.
- /2/ Elvik, Rune.; Kaminska, Joanna 2011: Effects on accidents of reduced use of studded tyres in Norwegian cities. Analyses based on data for 2002-2009. TØI report 1145/2011. 46 s.
- /3/ Hjort, Mattias; Bruzelius, Fredrik; Andersson, Håkan; Krafft, Maria; Ydenius, Anders; Rizzi, Matteo 2015: Jämförelse av vinter- och sommardäck på barmark sommartid. Tester, riskanalys och djupstudier. VTI rapport 849. 42 s. + 2 liitettä.
- /4/ Hjort, Mattias; Eriksson, Olle 2015: Test av is- och snögrepp för slitna vinterdäck. Jämförelse av olika kategorier av vinterdäck. VTI rapport 875. 53 s. + 8 liitettä.
- /5/ Hjort, Mattias; Eriksson, Olle 2016: Väggrepp på våt asfalt för slitna och nya vinterdäck. Jämförelse av olika kategorier av vinterdäck. VTI rapport 901. 37 sivua + 6 liitettä.
- /6/ Katila, Ari; Laapotti Sirkku, Peräaho, Martti; Hernetkoski, Kati 2012. Turun yliopisto. 42 s.
- /7/ Kuisma, Salla; Luoma, Juha; Sintonen, Henri 2018: Kesärenkaiden käyttö talvella henkilöautoissa. VTT Technology 335. 18 s.
- /8/ Lahti, Jouko; Lähderanta, Tero; Rätty, Esa 2017: Nastarenkaiden kuntoerot riskitekijänä. Trafikin tutkimuksia 16/ 2017. 28 s. + 5 liitettä.
- /9/ Lahti, Jouko 2018: Henkilöautojen renkaat maaliskuun talvikeleillä. Pilotti säännölliseen seurantaan. Trafikin tutkimuksia 10/ 2018. 23 s. + liitt.
- /10/ Lahti, Jouko 2019: Talvirengastyypit talvikelionnettomuuksissa. Kitkarenkaiden osuuden vähenemiseen vaikuttavat tekijät. Kalvosarja. 24 sivua.
- /11/ Liiv, Ville; Kolisoja, Pauli; Akkanen, Antti; Hakala, Aapo 2021: Nastarengasluokittimen jatkokehitys -Nastarenkaiden automaattinen tunnistaminen. Väyläviraston julkaisuja 66/ 2021.
- /12/ Lindroos, Katja, Mansikkamäki, Laura; Kokkonen, Jarno; Tuominen, Janne; Valli, Raisa 2020: Nastarenkaiden käytön rajoittaminen. Rajoitusalueiden määrittämisen periaatteet ja liikenteellisten vaikutusten tarkastelu. Helsingin kaupunki. 45 s.
- /13/ Malmivuo, Mikko; Luoma, Juha 2010: Talvirenkaiden kunnan kehittyminen vuosina 2001-2010. VTT tiedotteita 2554. 41 s. + 2 liitettä.
- /14/ Malmivuo, Mikko 2012: Nastarenkaiden vähentämisen liikenneturvallisuusvaikutukset. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 4/2012. 61 s.
- /15/ Malmivuo, Mikko; Luoma, Juha 2014: Nasta- ja kitkarenkaat kuolemaan johtaneissa talviajan onnettomuuksissa. VTT Technology 204. 33 s. + liitt. 4 s.

-
- /16/ Malmivuo, Mikko; Luoma, Juha 2016: Rengastyypin vaikutukset lumi- ja jääpolanteen liukkauteen ja kulumiseen. VTT Technology 244. 48 s. + 1 liite.
- /17/ Tuononen, Ari; Sainio, Panu 2013: Nasta-tutkimusohjelma. optimaalinen nasta-kitkarengassuhde jäisellä tiellä – nastavirta. Aalto-yliopisto. 21 s.
- /18/ Vaa, Torgeir 2004: Vinterfriksjonprosjektet – Studie på konsekvenser av endret piggdekkbruk, Norsk trafikksenter 2003. Intern rapport ns. 2369. 31 s. + liit.



Väylävirasto
Trafikledsverket

ISSN 2490-0745
ISBN 978-952-405-044-9
www.vayla.fi