

Nastarenkaan kuluttavuus yliajokokeessa ja imurimenetelmällä



Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri) Timo Unhola, Anu Solla, Hannu Vesala		Julkaisun laji Raportti	
VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka		Toimeksiantaja Liikenne- ja viestintäministeriö	
VTT Prosessit		Toimielimen asettamispäivämäärä	
Julkaisun nimi Nastarenkaan kuluttavuus yliajokokeessa ja imurimenetelmällä			
Tiivistelmä <p>Nastarenkaiden tyyppihyväksyntä perustuu nastan ulkoneman, pistovoiman ja painon mittaamiseen. Se ei sovellu tavanomaisesta nastasta poikkeavalle liukuesteelle. Nastarenkaan tietä kuluttava ominaisuus tulisi määrittää mittaamalla kuluva tienpintamateriaalia todellisissa olosuhteissa eli todellisen nastarenkaan ja todellisen päällysteen pinnan normaalissa ajokontaktitilanteessa. Sitä tavoiteltiin vv. 2002-2003 ns. pölynimurikokeen avulla.</p> <p>Kokeessa tutkittavan renkaan ympäriltä renkaan ja tien kontaktikohdasta imetään ajon aikana renkaan irrottama pöly analysoidaan. Lupaavista esikokeen tuloksista ja sen jälkeen tehdyistä laitteiston parannuksista huolimatta pahimmat pölynimurikokeen ongelmat jäivät ja tulivat jatkokokeissa ilmeisiksi: mittausolosuhteiden kontrolloimattomuus ja mittauspäivien aikatauluttamisen vaikeus. Jos mittaus voidaan tehdä vain tiettyjen olosuhteiden vallitessa, olisi laitteiston ja henkilöstön voitava olla valmiudessa sopivia olosuhteita odotellessa. Se tulee kuitenkin kalliiksi, kun arvokkaalla laitteistolla (kitkanmittausauto, ELPI hiukkasanalysaattori) on muutakin käyttöä. Jos hankitaan laitteisto vain tätä koetta varten, tulee investointikuluista mittavat, kun mitataan vain muutamana päivänä vuodessa. Erottelukyvyyn puute vaivasi ainakin nyt tehdyissä mittauksissa myös selvästi. Siihen ei löydetty ilmeistä syytä eli yleinen mittausolosuhteiden kontrolloimattomuus tulisi todennäköisesti olemaan vastakin vaivana.</p> <p>Yliajokokeen jatkuva kehittäminen on tehnyt siitä varman ja luotettavan. Siinä tutkittavin renkain ajetaan uritettujen kivikoekappaleiden yli kunnes saadaan punnittava kuluma. Koeolosuhteet eivät näytä vaikuttavan lopputulokseen. Koe voidaan tehdä aina tien pinnan lämpötilan ollessa suunnilleen välillä 0 ... +15 °C, eli usean kuukauden aikana sekä keväällä että syksyllä. Kokeen toteuttamisen varmuus alentaa kustannuksia ja investointikuluja ei ole. Toistettavuus on hyvä ja erottelukyky riittävä. Koekappaleiden on tarkan punnittavuuden takia oltava kivistä, mutta asfalttipäällysteenkin kuluma riippuu ensimmäisen talven alkukuluminen jälkeen lähes yksinomaan kiviaineksen ominaisuuksista. Yliajokoe soveltuu liukuesterenkaan tyyppihyväksyntämenetelmäksi.</p>			
Avainsanat (asiasanat) ajoneuvot, nastat, renkaat, nastarenkaat, liukuesteet, tyyppihyväksyntä, tien kuluminen, pöly			
Muut tiedot Yhteyshenkilö/LVM Kari Saari			
Sarjan nimi ja numero Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 12/2004		ISSN 1457-7488	ISBN 951-723-878-9
Kokonaissivumäärä 38	Kieli suomi	Hinta 10 €	Luottamuksellisuus julkinen
Jakaja Edita Publishing Oy		Kustantaja Liikenne- ja viestintäministeriö	



Författare (uppgifter om organet: organets namn, ordförande, sekreterare) Timo Unhola, Anu Solla, Hannu Vesala		Typ av publikation Rapport	
VTT Bygg och transport		Uppdragsgivare Kommunikationsministeriet	
VTT Processer		Datum för tillsättandet av organet	
Publikation (även den finska titeln) Dubbdäckslitage definierat genom överkörnings- eller dammsugningsmethod (Nastarenkaan kuluttavuus yliajokokeessa ja imurimenetelmällä)			
Referat Mätning av dubbdäckslitage har varit ett viktigt mål av metodutveckling, som VTT har gjort sedan 70-talet. Nya slirskydd har utvecklats som inte lämpar sig för vanlig procedur för typgodkunnande som består av mätning av dubbens utstick, dubbkraft och vikt. Den bäst lämpade methoden borde mäta slitaget direkt där det uppstår, d.v.s. vid kontakten mellan däcket och vägytan. En sådan method, upptäckt i Norge i 80-talet, utvecklades vidare av VTT Bygg och transport och VTT Processer. Den består av ett däcktäckande munstycke, vakuumpump och dammanalysator ELPI (Electrical Low Pressure Impactor). Den möjliggör att under körning mäta dammpartiklarnas totalvikt. En pilotstudie i år 2001-02 visade lovande resultat: ELPI lämpade sig till den här typen av mätning. Några åtgärder för att förbättra sugning och nya mätningar samt en jämförelse till överkörningsmetoden gjordes år 2003. Okontrollerade omständigheter på vägen förvandlades dock för mycket för att få tillräckligt stadiga resultat från en mätserie av några olika däck. En annan problem var med tidtabell att göra. Väntetider kan bli för långa för en sådan dyrbar utrustning som kan inte stå stilla veckor när man väntar på en lämplig dag att mäta. Vägytan måste vara torr och utan snö, slask eller is. Alltför varma dagar är också opassande. Som slutsats drogs att dammsugningsmetoden är för sårbar och mycket svår att utföra vid ett lämpligt tillfälle. Därför är överkörningsmetoden att föredra. Där kör man med en vanlig bil med provdäck på ena sidan över stenprovstycken, som kan vägas före och efter testet. Den har utvecklats över 20 år till en noggrann och pålitlig metod, som kan användas både för att definiera slitage av olika slags däck med slirskydd och att bestämma inverkan av olika fordonfaktorer på slitaget. Att provkropparna är av sten i stället för asfalt kan kritiseras men det är omöjligt att väga asfalt tillräckligt noggrant. Dessutom bestämmer stenmaterialets kvalitet nästan totalt beläggningens slitagestyrka.			
Nyckelord fordon, däck, dubb, dubbdäck, slitage, damm			
Övriga uppgifter Kontaktperson vid ministeriet: Kari Saari			
Seriens namn och nummer Kommunikationsministeriets publikationer 12/2004		ISSN 1457-7488	ISBN 951-723-878-9
Sidoantal 38	Språk finska	Pris 10 €	Sekretessgrad offentlig
Distribution Edita Publishing Ab		Förlag Kommunikationsministeriet	



Authors (from body; name, chairman and secretary of the body) Timo Unhola, Anu Solla, Hannu Vesala	Type of publication Report		
VTT Building and Transport	Assigned by Ministry of Transport and Communications		
VTT Processes	Date when body appointed		
Name of the publication Road wear caused by studded tyres Over-run and dust measuring vacuum method			
Abstract <p>In demand for a method which can be used to determine the road wear of a tyre with non-slip tread insert device, VTT (Technical Research Centre of Finland) has over the years developed ways to measure the small wear of pavement. Lately the demand has increased, since new devices has been developed, which normal type approval measurement of stud protrusion, force or mass cannot be applied to.</p> <p>Because it would be preferable to measure the wear of the actual pavement in a real situation and attempt was made to introduce a new way of measuring the wear during driving. The equipment consists of a casing around the test tyre, a vacuum pump to suck air/dust from the casing and a device called ELPI (Electrical Low Pressure Impactor). This makes it possible to measure the wear, i.e. the amount of air-bourne particles on-line during the driving. This method development started with the first stage in 2001-2002 and it seemed promising: the dust amount from different kinds of studded and anti-skid device tyres could be measured. Some improvements were made mainly to the airflow and another attempt was made in 2003. The measuring equipment appeared to be accurate and suitable for the job. However, the situations in normal road conditions had so many uncontrolled aspects that it was hard to find a road section and time for measurement when conditions were stable enough to complete the test series in equal circumstances for both the reference and the test tyres.</p> <p>Another serious problem arose when setting up a schedule for the measurement. The ELPI is an expensive equipment, it couldn't be booked for this purpose for a long time waiting for a suitable day to make the measurement. Those days with rain or wet or moist on the surface of the road were out of the question as well as days with snowing or snow or ice on the road. Very warm days should be avoided, too.</p> <p>All of the above lead to a conclusion that this method is too vulnerable to be used as a type approval test. However, our old test, (over-run) is accurate and reliable, even if laborious to be completed in all the needed precision. It is a method, where actual cars with test tyres are run over stone specimen, which are weighed pre and after run. The wear of an asphalt pavement is highly dependent on the quality of the stone material used in the mix.</p>			
Keywords tyres, studs, studded tyres, non-slip tread insert device, type approval, road wear, airborne dust			
Miscellaneous Contact person at the Ministry: Mr Kari Saari			
Serial name and number Publications of the Ministry of Transport and Communications 12/2004	ISSN 1457-7488	ISBN 951-723-878-9	
Pages, total 38	Language Finnish	Price 10 €	Confidence status Public
Distributed by Edita Publishing Ltd		Published by Ministry of Transport and Communications	

1 ESIPUHE

Teiden kulumisen pienentämiseksi käyttöön otettu nastarenkaiden tyyppi hyväksyntä Suomessa on 1970-luvulta lähtien perustunut nastan pistovoiman ja ulkoneman sekä 1990-luvulta lähtien myös nastan painon (massan) mittaamiseen. Markkinoille tulee jatkuvasti uusia liukuesteratkaisuja, joista useat on kehitetty nimenomaan kuluttamaan vähemmän tien pinnan päällystettä. Niiden tyyppi hyväksyntä edellyttää toisenlaista menetelmää, jos niihin ei voi soveltaa pistovoiman tai ulkoneman mittausta. Tähän tarkoitukseen Suomessa on 1980-luvulta lähtien kehitetty menetelmiä, joita käyttäen ajoneuvojen normaalinopeuksilla tapahtuvaa tiekulutusta mitataan. Parhaassa tapauksessa menetelmällä tulisi voida mitata renkaan kuluttavuutta ai-doissa olosuhteissa eli juuri siellä missä kuluminen tapahtuu, renkaan ja asfaltin kontaktitilanteissa. Yhden nastarenkaan kulumatuotos on kuitenkin niin pieni, kilometrin matkalla noin viisi grammaa mikroskooppisen pieniä hiukkasia, että sen mittaaminen on hankalaa. Lisäksi moni uusista liukuesteratkaisuksista kuluttaa selvästi nastarengasta vähemmän.

Norjassa 80-luvun alkupuolella (Per Hansen, Vejdirektoratet) kehitetyllä menetelmällä kerättiin ajon aikana tutkittavan renkaan ympärille rakennetun kotelon sisältä imemällä pöly suodattimelle, joka punnittiin. Menetelmällä saatiin mitattua eroja raskaan kaluston renkaiden liukuesteiden, ketjujen ja erilaisten nastojen välillä. Kevyemmän mittausauton kehittäminen jäi kuitenkin kesken mahdollisesti puutteellisten pölynkeräysmenetelmien takia. Talteen saatu pölymäärä oli vain murto-osa laskennallisesta kulutusmäärästä. Lisäksi olosuhteet ilmeisesti vaikuttivat oleellisesti tulokseen. Mittausmenetelmää ei kuitenkaan siellä saatujen kokemusten mukaan pidetty tarkoitukseen sopimattomana, vaan kehitystyötä vaativana.

VTT Prosessit (ennen: VTT Energia) on tutkinut vuosia polttomoottorien hiukkaspäästöjä ja kehittänyt menetelmiä hiukkasten tarkkaan analyysiin kotimaisten ja ulkomaisten yhteistyökumppanien kanssa. Menetelmien avulla saadaan pienistäkin hiukkasmäärästä mitattua hiukkasten määrää ja laatua. Alustavissa keskusteluissa ilmeni, että nastarengaspölyn mittaus ilmeisesti olisi täysin mahdollinen. Se voitaisiin toteuttaa norjalaisten tapaan tai jatkuvana elektronisena mittauksena (ELPI). Jälkimmäinen on Suomessa kehitetty, hiukkasten varaukseen perustuva menetelmä, joka laitteistona on kallis, mutta VTT Prosessit- tutkimusyksikön laitetta voitaisiin käyttää analysointityökaluna.

Kehitettävä menetelmä perustuisi vertailevaan mittaukseen, jossa käytetään kahta referenssirengasta:

1. nastaton rengas nollatason ilmaisijana
2. nastarengas, normaali nasta/rengas, tunnettua hyväksyttyä tyyppiä

Tutkittavan renkaan irrottama pöly mitattaisiin aina suhteessa näihin kahteen.

Liikenne- ja viestintäministeriö päätti syyskuussa 2001 esikokeen teettämisestä VTT:llä vuoden 2002 alkupuoliskon aikana.

Esikokeen mukaan (VTT Tutkimusraportti 1061/28/02/RTE) pölynimurimenetelmä näytti siinä määrin lupaavalta, että v. 2002 Liikenne- ja viestintäministeriö ja VTT sopivat kokeen jatkamisesta niin, että pölynimurikokeessa havaitut puutteet ja ongelmat pyritään korjaamaan. Parannetulla laitteistolla tehtiin uudet kokeet v. 2003 aikana. Lisäksi samoilla renkailla tehtiin keväällä 2003 vertaileva kulutuskoe vakiintuneella yliajomenetelmällä.

Parannetulla laitteistolla tässä tutkimuksessa suoritettavat kokeet osoittivat, että pölynimurimenetelmään perustuvaan mittaukseen vaikuttavien ulkoisten tekijöiden vaihteluja ei ole kohtuullisin toimin mahdollista eliminoida riittävästi vääristämästä mittaustuloksia ja että mittausmenetelmä osoittautui ennakoitua kalliimmaksi verrattuna esim. vaihtoehtoisena mittausmenetelmänä olevaan ns. yliajomenetelmään. Näistä syistä tutkimuksen perusteella on päädytty lopputulokseen, ettei ns. pölynimurimenetelmä sovellu käytännön ratkaisuksi korvaamaan nastarenkaiden ja nastojen nykyistä tyyppihyväksyntämenetelmää.

Helsingissä helmikuussa 2004

Kari Saari
liikenneneuvos

SISÄLLYSLUETTELO

1	ESIPUHE	9
2	YHTEENVETO.....	12
3	YHTEYSHENKILÖT.....	13
4	TAVOITTEET	13
5	KOERENKAAT	14
6	MENETELMÄT.....	15
6.1	Pölynimurikoe.....	15
6.1.1	Periaate	15
6.1.2	Laitteisto	15
6.1.3	Hiukkasmittaukset ELPI:llä.....	15
6.1.4	Koealue.....	17
6.1.5	Koeajo-olosuhteet.....	17
6.1.6	Mittaukset 2003	19
6.2	Yliajokoe	20
6.2.1	Periaate	20
6.2.2	Laitteisto	20
6.2.3	Toteutus	21
6.2.4	Koealueet.....	21
6.2.5	Koeajo-olosuhteet.....	21
7	TULOKSET.....	23
7.1	Pölynimurikoe.....	23
7.1.1	Ensimmäinen mittaus	23
7.1.2	Toinen mittaus	25
7.1.3	Johtopäätökset pölynimurikokeista	26
7.2	Yliajokoe	28
8	MENETELMIEN VERTAILU.....	29
8.1	Haitat ja hyödyt.....	29
8.2	Kustannukset	30
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	30
10	JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET	31
11	TUTKIMUSEHDOTUKSET	32
11.1	Ajoneuvon painon vaikutus tiekulumiseen	32
11.2	Rengaspaineen vaikutus tiekulumiseen	32
11.3	Renkaan leveyden ja profiilisuhteen vaikutus tiekulumiseen	32
11.4	Ajonopeuden vaikutus tiekulumiseen kevytnastoin	32
11.5	Jatkotutkimusehdotusten tavoite	32

2 YHTEENVETO

Nastarenkaiden tyyppihyväksyntä siten kuin sitä on tehty lähes samanlaisena 1970-luvulta asti perustuu nastan ulkoneman ja pistovoiman sekä 1990-luvulta alkaen lisäksi nastan painon mittaamiseen. Se ei kuitenkaan sovellu tavanomaisesta nastasta poikkeavalle liukuesteelle, koska niistä ei voi edellä mainittuja ominaisuuksia asetusten määrittämällä tavalla mitata. Nastarenkaan tietä kuluttava ominaisuus tulisi ensisijaisesti määrittää mittaamalla kuluvaan tienpintamateriaalia todellisissa olosuhteissa eli todellisen nastarenkaan ja todellisen päällysteen pinnan normaalissa ajokontaktitilanteessa. Sitä tavoiteltiin vv. 2002-2003 ns. pölynimurikokeen avulla VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan ja Prosessien laitteistolla ja yhteistyöllä. Menetelmällä tutkittavan henkilöauton renkaan ympäriltä renkaan ja tien kontaktikohdasta imetään ajon aikana renkaan irrottama pöly, josta analysoidaan osanäyte sähköisellä alipaineimpaktorilla (Electrical Low Pressure Impactor, ELPI). Kokeessa laitteisto oli rakennettu VTT:n kitkamittausautoon.

Lupaavista esikokeen tuloksista (VTT Tutkimusraportti 1061/28/02/RTE) ja sen jälkeen tehdyistä laitteiston parannuksista huolimatta pahimmat pölynimurikokeen ongelmat jäivät ja tulivat jatkokokeissa yhä ilmeisimmiksi: mittausolosuhteiden kontrolloimattomuus ja mittauspäivien aikataulutuksen vaikeus. Jos mittaus voidaan tehdä vain tiettyjen olosuhteiden vallitessa, olisi laitteiston ja henkilöstön voitava olla valmiudessa sopivia olosuhteita odotellessa. Se tulee kuitenkin kalliiksi, kun arvokkaalla on muutakin käyttöä. Jos hankitaan laitteisto vain tätä koetta varten, tulee investointikuluista mittavat, kun mitataan vain muutamana päivänä vuodessa. Erottelukykyyn puute vaivasi ainakin nyt tehdyissä mittauksissa myös selvästi. Siihen ei löydetty ilmeistä syytä eli yleinen mittausolosuhteiden kontrolloimattomuus tulisi todennäköisesti olemaan vastakin vaivana. Mittausauton (kuorma-auto) nopeus ei myöskään täysin vastaa henkilöautojen maantienopeuksia.

Yliajokoe on normaalilla henkilöautolla normaaleilla maantienopeuksilla tehtävä kulutuskoee, jossa tutkittavin renkain varustetulla henkilöautolla ajetaan uritettujen kivikoekappaleiden yli kunnes saadaan punnittava kuluma. Yliajokokeen jatkuva kehittäminen on tehnyt siitä varman ja luotettavan. Koeolosuhteet eivät näytä vaikuttavan lopputulokseen. Koe voidaan tehdä aina tien pinnan lämpötilan ollessa suunnilleen välillä 0 ... +15 °C, eli usean kuukauden aikana sekä keväällä että syksyllä. Kokeen toteuttamisen varmuus alentaa kustannuksia ja investointikuluja ei ole. Menetelmän toistettavuus on hyvä ja erottelukyky riittävä. Koekappaleiden on tarkan punnittavuuden takia oltava kivistä, mutta asfalttipäällysteenkin kuluma riippuu ensimmäisen talven alkukuluminen jälkeen lähes yksinomaan kiviaineksen ominaisuuksista. Yliajokoe soveltuu liukuesterenkaan tyyppihyväksyntämenetelmäksi, koska sitä voidaan soveltaa kaikille maantiekäyttöön tarkoitetuille renkaille.

Teiden kulumisen Suomessa on ollut ongelma, jonka hallitseminen on vaatinut jatkuvaa päällysteiden kehittämistä sekä nastarenkaiden kuluttavuuden rajoittamista. Viime aikoina nastarengaskuluma ei ole oleellisesti lisääntynyt, vaikka liikenne ja mm. ajoneuvojen painot ovat selvästi kasvaneet. Tähän on oleellisesti vaikuttanut nastojen keventyminen 1990-luvun aikana. Kun keventyminen päättyy, voidaan odottaa kulumisen alkavan uudelleen kasvaa.

3 YHTEYSHENKILÖT

Liikenne- ja viestintäministeriö
VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
VTT Prosessit

Liikenneneuvos Kari Saari
Tutkija Timo Unhola
Tutkija Anu Solla
Työteknikko Hannu Vesala

4 TAVOITTEET

Tavoitteet olivat lähes samat kuin esikokeessa:

1. Kehittää menetelmä, jolla voidaan mitata tutkittavan nastarenkaan tiestä irrottaman pölyn määrä.
2. Kehittää menetelmästä tyyppihyväksyntään soveltuva (kuluma verrattuna tunnettuun nastarenkaaseen).
3. Selvittää, minkälaisissa mittausolosuhteissa kyseistä menetelmää voidaan käyttää tyyppihyväksyntätarkoituksiin.
4. Kehittää menetelmä, jolla voidaan lisäksi analysoida nastarenkaan irrottaman pölyn koostumus (terveydelliset haitat).

Lisäksi tavoitteena oli arvioida nyt kehitettävää menetelmää vertaamalla sitä aiemmin käytettyyn, ns. yliajomenetelmään.

5 KOERENKAAT

Kokeeseen valittiin viisi koerengasta (taulukko 1, kuva 1), joiden tiekuluttavuudessa tiedettiin olevan oleelliset erot. Renkaat olivat kokoa 195/65R15, uusia, esikoetta varten sisäänajettuja (Green Diamond 1000 km, muut 300 km), ja esikokeessa joitakin kymmeniä kilometrejä käytettyjä. Nastat oli nastoitettu normaaliin 1,2 mm ulkonemaan. Pölynimurikoemittauksen välillä tehtiin niillä yliajokokeet, joissa renkaille tuli n. 1000 lisäkilometriä. Kokeen päättyessä renkaat olivat vielä lähes uuden veroiset.

Taulukko 1. Koerenkaat ja -liukuesteet

Nro	1	2	3	4	5
Tyyppi	Kitkarengas	Liukuestepinta-rengas	Kevytliukueste-rengas	Nastarengas Kevyt-nasta	Nastarengas Raskas nasta
Rengas	Nokian Hakka-peliitta Q	Green Diamond (pinnoitettu)	Nokian Hakka-peliitta 2	Nokian Hakka-peliitta 2	Nokian Hakka-peliitta 2
Liukueste	--	Alumiinioksidi/piikarbidiseos kulutuspinna-kumissa	Kevytliukueste	NOKIAN Laajarunko 8 – 10 / 7	SCASON MR 9,5
Liukuesteiden lkm	--	∞ (koko pinta)	110 (nastarei'issä)	110	110
Nastan paino, g	--	--	--	0,9	1,8



Kuva 1. Koerenkaat

6 MENETELMÄT

Kokeessa käytetyt menetelmät, pölynimurikoe ja yliajokoe, sekä niiden tulokset on esitelty seuraavassa.

6.1 Pölynimurikoe

6.1.1 Periaate

VTT RAKENNUS JA YHDYSKUNTATEKNIikka rakensi vuoden 2001 aikana nastarenaan ajon aikana irrottaman pölyn mittaamiseen tarvittavat rakenteet kitkanmittauskuorma-autoonsa. Esikokeen mittaukset tehtiin VTT Prosessit -tutkimusyksikön kanssa yhteistyössä huhti-toukokuussa 2002. Kokeessa päätettiin käyttää ainoastaan ELPI hiukkasmittauslaitteistoa, jonka osavirta (näyte) oli vain pieni osa kokonaisvirrasta. Kokonaispölymäärä määritettiin laskennallisesti.

Esikokeessa havaitut puutteet korjattiin talven 2002-2003 aikana

6.1.2 Laitteisto

VTT RAKENNUS JA YHDYSKUNTATEKNIikka rakennutti pölynkeräyskotelon kitkanmittausautonsa mittapyörän ympärille. Kotelon oli oltava metallirakenteinen ja niin lähellä tien pintaa kuin mahdollista. Kotelo kiinnitettiin renkaan tukivarteen jousituksen alapuolelle ja sen alareunassa oli kumireunus, joka sisäänajon jälkeen kuluttuaan oli ajon aikana hyvin lähellä tien pintaa (ks. kuva 2). Kotelon takaosaan alas kiinnitettiin imuletku, jonka toinen pää johdettiin polttomoottorivetoiseen ilmapumppuun auton lavalla. Letkun yläpäässä sijaitsi putki, jonka sisältä otettiin osavirta ELPI-analysaattoriin (kuva 3).

Esikokeessa havaittiin, että 80 km/h tehdyissä mittauksissa kuluma oli epämääräinen ja alhaisempi 60 km/h nopeudella. Tästä päätettiin, että ajoviiman patopaine ohjaa pölyn pois imuputkelta. Korjaavina toimenpiteinä pienennettiin imukotelon yläosaa, lisättiin pyörän eteen tuulisuoja ja kohotettiin imutehoa noin kaksinkertaiseksi uudella tehokkaammalla pumpulla.

6.1.3 Hiukkasmittaukset ELPI:llä

Hiukkasten kokonaismassamittaukset tehtiin Dekati Ltd:n sähköisellä alipaineimpaktorilla (Electrical Low Pressure Impactor, ELPI). ELPI:n keskeisimmät osat ovat varaaja ja alipaineimpaktori. Hiukkaset varataan ja erotellaan alipaineimpaktorissa kokoluokkiin aerodynaamisen halkaisijan mukaan. Virtasignaalit mitataan kultakin impaktoriasteelta ja muunnetaan hiukkasten massapitoisuuksiksi laskennallisesti.

Näissä mittauksissa alipaineimpaktorille johdettiin osavirta (10 l/min) kokonaisnäytteestä 2575 l/min. Viimeisen mittausjakson aikana mittausjärjestelmään jouduttiin vaihtamaan toinen puhallin, jolloin kokonaisvirtaus oli 1970 l/min.



Kuva 2. Pölynkeräyslaitteisto kitkanmittausautossa



Kuva 3. Hannu Vesala ja ELPIn alipaineimpaktori

6.1.4 Koealue

Kantatie 51 välillä Espoonlahti - Jorvas (tieosat 7 ja 8) valittiin koealueeksi, koska sillä oli sopivasti liikennettä ja homogeeninen päällyste sekä lisäksi sopivat kääntymis- ja renkaanvaihtopaikat. Vertailutestin tekemiseksi on aina pyrittävä ajamaan sarjan kaikki renkaat mahdollisimman samoissa olosuhteissa. Länteen ajettiin nopeudella 60 km/h ja itään 80 km/h. Mittausjakson pituus oli n. 4,3 km.

6.1.5 Koeajo-olosuhteet

Ensimmäinen mittauspäivä.

13.3.03 klo 11-13 yksi sarja T,1,2,3,4,5

lt -1...+2, tuuli N-NW 10 m/s

Tie kuiva, ajokaista puhdas, kääntymispaikoilla soraa ja sohjoa, jota kertyi suuttimeen. Ilma aurinkoinen ja tuulinen, tuuli sivulta, tiepölyä sekä paikallisen havainnon että mittauksen (YTV) mukaan vähän.



Kuva 4. Ilmanlaatuindeksi 13.3.2003

Toinen mittauspäivä.

14.3.03 klo 10-14 kaksi sarjaa T,5,4,3,2,1, / 1,2,3,4,5,T

lt -2...+4, tuuli W <5 ms

Tie aluksi kuiva, kokeen mittaan aurinko sulatti penkoilta yhä lisää valumavesiä, jotka eivät näyttäneet haittaavan, tuulen olemattomuus aiheutti sen, että ohittavien autojen pöly vaikutti mittaukseen n. km:n ajan, rekkoja piti varoa. Taustapölyä paljon sekä tiellä havaittuna että YTV:n mittauksissa.



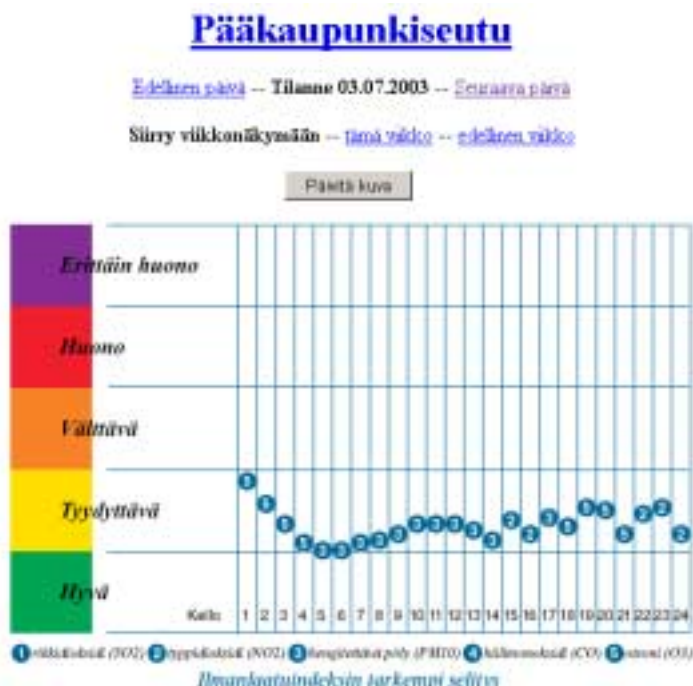
Kuva 5. Ilmanlaatuindeksi 14.3.2003

Kolmas mittauspäivä.

3.7.03 klo 10-13 yksi sarja T,1,2,3,4,5

lt +19...+17, puolipilvinen, tuuli E-SE 3 m/s

Tie kuiva, ajokaista puhdas, pölyä vähän/kohtalaisesti (sadekuuroja)



Kuva 6. Ilmanlaatuindeksi 3.7.2003

6.1.6 Mittaukset 2003

Renkaat pyrittiin ajamaan kussakin kokeessa kahteen kertaan, ensin numerojärjestyksessä ja sitten päinvastaisessa järjestyksessä. Renkaan kuorma kokeessa oli 390 kg ja rengaspaine 2,2 bar.

Tulosten laskennassa hiukkasten tiheydelle käytettiin arvoa 2.5 g/cm^3 (kivipöly). Häviöiden määrää on vaikea arvioida näiden mittausten perusteella. Kuvien 7-10 mittaukset suoritettiin 13-14.3.2003 ja 3.7.2003. Kuvissa on esitetty kulumien keskiarvot ja ensimmäisessä mittauksessa kahden mittauskerran tulosten keskihajonta. Kuvissa on myös esitetty regressiosuora, joka jossain määrin kuvaa mittauksen onnistumista, koska renkaat olivat kuluttavuusjärjestyksessä ja taustan arvo voidaan ajatella nolllaksi.

6.2 Yliajokoe

6.2.1 Periaate

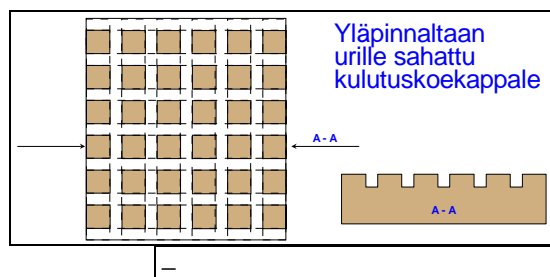
VTT:n silloisessa Tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratoriossa kehitettiin 1980-luvun lopulla menetelmä, jolla saatiin osoitettua mm. nastan painon ja ajonopeuden vaikutus tien kulumiin.

Koeautolla, jossa on koerenkaat vasemmalla sivullaan, ajetaan tien pintaan asennettujen koekappaleiden yli niin monta kertaa, että kulumat voidaan selvittää punnitsemalla koekappaleet ennen ja jälkeen kokeen.

Tuloksia näistä kokeista on julkaistu vuosina 1986-89 Tutkimuselostuksissa TS586, TS624, TS652 ja TS745 sekä vuosina 1995-99 Tutkimusraporteissa 304, 346, 406, 449 ja 496.

6.2.2 Laitteisto

Koekappaleina on käytetty eri kivimateriaaleista tehtyjä kivilieriöitä, päällystekiviainesmurskeesta epoksialustalle valmistettuja laattoja sekä viime vuosina ainoastaan kokonaisia kivi-laattoja, joiden yläpinta on sahattu urille (kuvat 7 ja 9).



Kuva 7. Sahattu kiviaineskoekappale



Kuva 8. Yliajokokeen valmistelua toukokuussa 2003

Tässä kokeessa käytettiin viimeksi mainittuja, kokonaan sahattuja kiviaineskoekappaleita tehtyinä Kurun harmaasta graniitista. Koekappaleella saadaan luotettavasti punnittavia kulumia kaikkein vähitenkin kuluttavilla nastoilla ja koekappaleiden välinen valmistuksesta johtuva hajonta on pieni (kuva 16).

6.2.3 Toteutus

Kulutuskoe tehtiin edellä kuvatulla menetelmällä seuraavin yksityiskohdin:

Auto	Audi A4 2.0 (Interrent)
Vetotapa ylityskokeessa	Etuveto, IV vaihde, tasainen veto
Ylitysmäärä	400 (200+200, etu+taka)
Ajonopeus	80 km/h
Renkaat (ks. Taulukko 1)	2 kpl/vaihtoehto Nokian Hakkapeliitta Q, Green Diamond Nokian Hakkapeliitta 2 (kolme eri nastaa), 195/65 R 15 91 T
Rengaskoko	195/65 R 15 91 T
Vanteet	6J×15" (Nokian Renkaat Oyj)
Rengaspaine	230 kPa
Nastat	ks. Taulukko 1
Nastamäärä	110 kpl/rengas
Nastoitus	VTT/Nokian Renkaat Oyj
Tavoiteulkonema	1,2 mm
Sisäänajo	300 km, Green Diamond 1000 km
Kiviaines	Kurun harmaa graniitti
Koekappaleet	Kivilaattakoepalat: 20 × 77 × 90 mm (12 kpl/ajo, 3 rivissä)

6.2.4 Koalueet

Koepaikka Virttaan varalaskukenttä, Alastaro, piennarasfaltti

6.2.5 Koeajo-olosuhteet

Sää Pilvinen/sade/pouta, lt. +7° ... +15° C,
Alusta Märkä (kastelu)
Aika 12.-13.5.2003



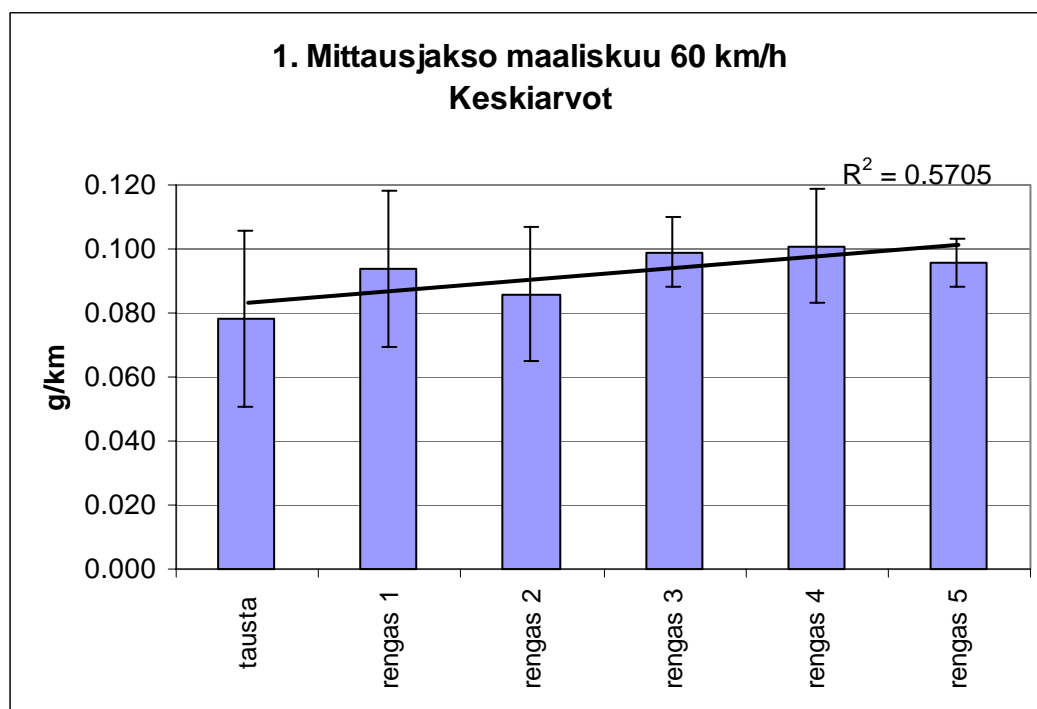
Kuva 9. Yliajokoe

7 TULOKSET

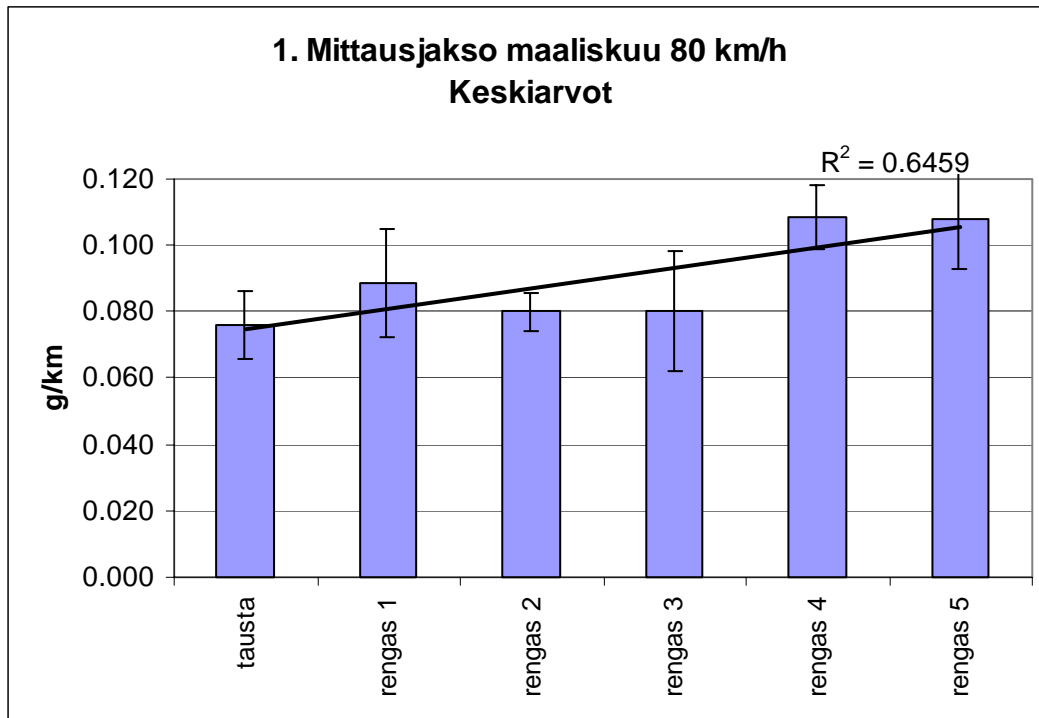
7.1 Pölynimurikoe

7.1.1 Ensimmäinen mittaus

Ensimmäisissä mittauksissa kokeet suoritettiin kahteen kertaan siten, että toistomittaus tehtiin käänteisessä järjestyksessä.



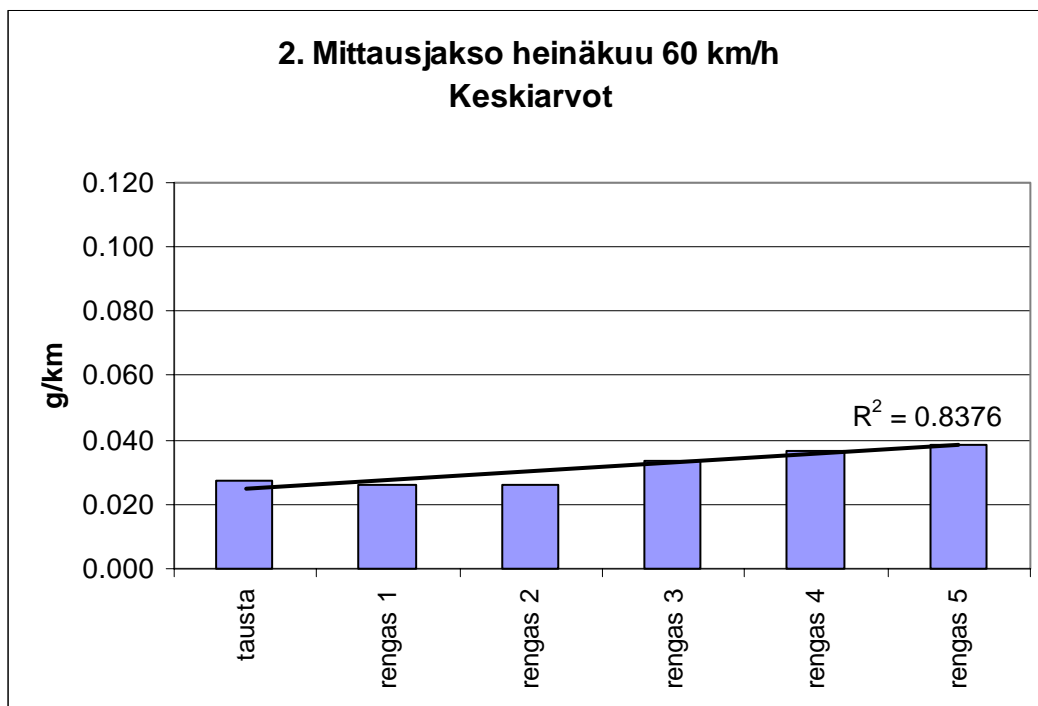
Kuva 10. Ensimmäisen mittausjakson tulokset Tie51:llä. Ajonopeus 60 km/h.



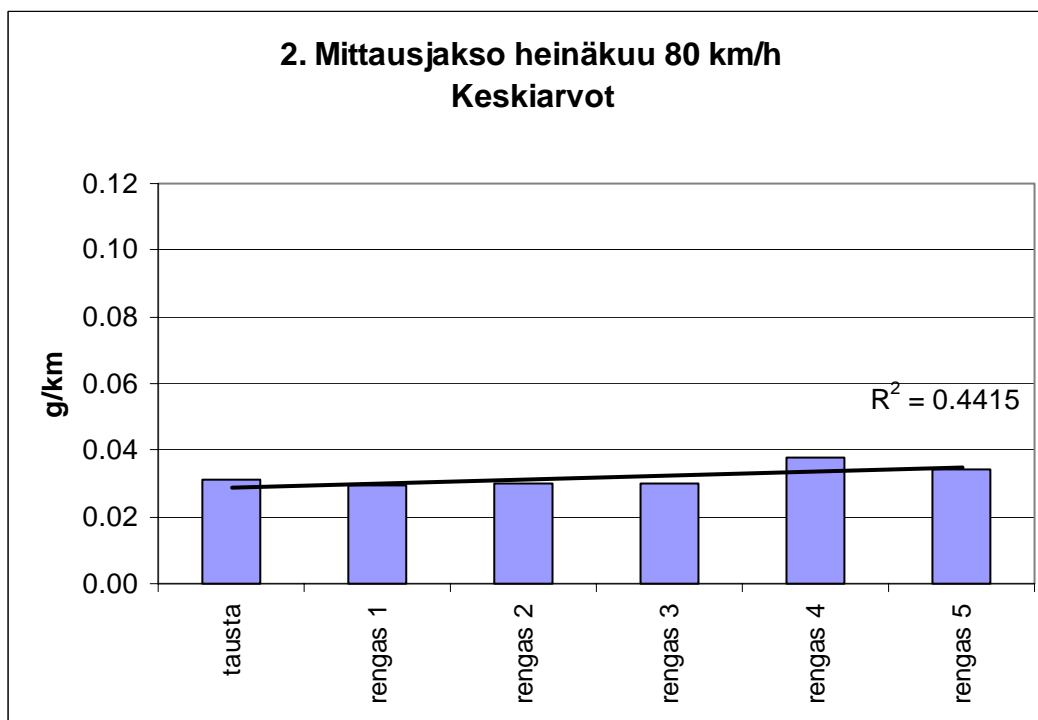
Kuva 11. Ensimmäisen mittausjakson tulokset Tie51:llä. Ajonopeus 80 km/h.

Ensimmäisen mittausjakson tuloksista (Kuvat 10-11) havaittiin ajonopeuden merkityksen olevan loogista eli se näkyy, kun nastan massa kasvaa. Tällä mittausjärjestelyllä (parannettu imuteho ja aerodynaaminen muotoilu) on onnistuttu poistamaan ajonopeuden negatiivinen vaikutus mittaustuloksiin, kuten aikaisempien tulosten perusteella tavoitteeksi asetettiin. Renkaiden väliset erot jäivät tässä mittausjaksossa odotettua vähäisemmiksi. Tämä voi johtua tienpinnan kulutuskeston eroista.

7.1.2 Toinen mittaus

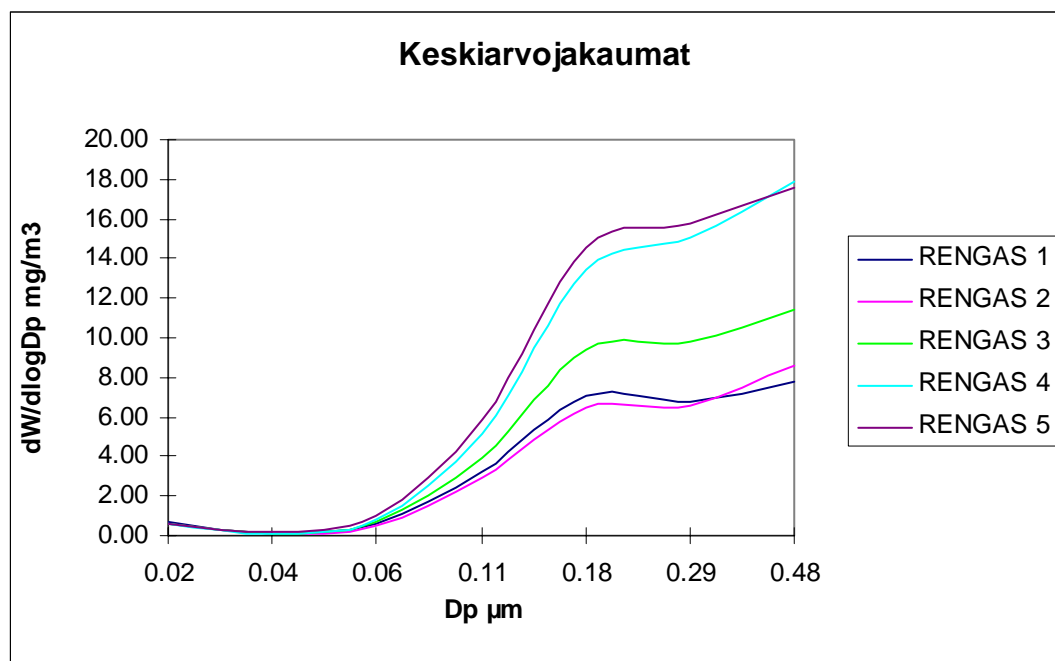


Kuva 12. Toisen mittausjakson tulokset Tie51:llä. Ajonopeus 60 km/h.



Kuva 13. Toisen mittausjakson tulokset Tie51:llä. Ajonopeus 80 km/h.

Toisen mittausjakson mittaukset tehtiin kertaalleen. Imuteho oli alempi tässä mittausjaksossa, jonka seurauksena nastan vaikutus ei näy, kuten kuvassa 8.



Kuva 14. Esimerkki mittausten hiukkaskokojakaumista.

7.1.3 Johtopäätökset pölynimurikokeista

Esikoe

Menetelmä osoittautui esikokeen perusteella arvosteltuna lupaavaksi. Mittauslaitteisto ELPI näytti soveltuvan tarkoitukseen hyvin. Mittaus oli sujuvaa mutta ajoittaiset epätasaisuudet tiessä saattoivat antaa "häiriöpiikkejä", jotka kuitenkin olivat toistuvia ja mittausdatasta suhteellisen helppo poistaa. Hiukkasjakaumat ja -määrät vaikuttivat uskottavilta. Pölyn keräämistä suodattimille ei siten nähty tarpeelliseksi.

Varsinkin pienemmällä 60 km/h nopeudella ajettut testit antoivat systemaattisesti keskenään samankaltaisen tuloksen, joka lisäksi vastaa ennakkoon muiden kokeiden perusteella tiedossa olleita renkaiden välisiä kuluttavuuseroja.

Ongelmia näytti olevan suuremmalla nopeudella 80 km/h ajettaessa, jolloin renkaiden väliset erot olivat pienemmät ja määrät alhaisemmat kuin 60 km/h, vaikka ainakin nastarenkaiden kuluttavuuden tiedetään kasvavan nopeuden mukana progressiivisesti. Mahdollisena selittäjänä nähtiin ajoviiman aiheuttama patopaine imukotelon takaosaan. Tällöin alaspäin purkautuva ilman virtaus on saattanut osittain estää pölyn nousun putkeen.

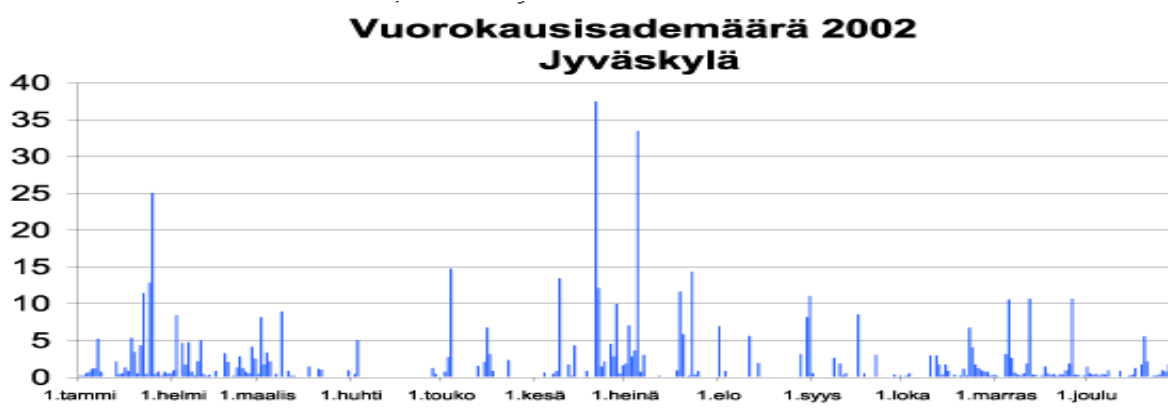
V. 2003 koe

Mittausdata oli käyttökelpoista eikä mittauksissa ollut ongelmia. Mittaukset tulisi kuitenkin suorittaa tasalaatuisessa ja riittävän kuluvalle alustalla, koska näyttää, että alustan merkitys on suuri renkaiden välisiä eroja haettaessa.

Esikokeessa havaittujen puutteiden korjaaminen näytti osittain parantaneen niitä ongelmia, joita nähtiin esikokeessa eli kuluttavuus 80 km/h oli eri renkaiden välillä suurin piirtein sa-

manlainen kuin 60 km/h. Suuremmalla nopeudella olisi raskaan nastan kuitenkin pitänyt kuluttaa selvemmin kevytnastaa enemmän kuin nyt oli tuloksena. Eri renkaiden kuluttavuusjärjestyskin näytti vaihtuvan kokeesta toiseen ja tausta oli viimeisessä mittauksessa korkeampi kuin usean renkaan kuluma.

Kokeen suurin ongelma on tuntemattomien ja kontrolloimattomien tekijöiden vaikutus kulumatulokseen. Tätä on vaikea parantaa, sillä kokeet on kuitenkin tehtävä yleisillä teillä, joilla muun liikenteen pölynlähteitä ei voi kontrolloida. Toinen vakava ongelma on mittauskelien vähyys ja ennakoimattomuus. Laitteisto ja tekijät on varattava useita päiviä tai mieluummin viikkoja etukäteen, jolloin mittauspäivän kelistä ei ole mitään tietoa. Sumu, sade, lumi, räntä, lika ym. estävät mittauksen. Ns. märkäajat vaihtelevat Etelä-Suomessa talvisin kuukausittain 100-200 h välillä (Lampinen 1993). Seuraavassa esimerkki päivittäisistä sademääristä yhdellä sääasemalla.



Kuva 15. Esimerkki sademäärien päivittäisestä jakaumasta vuoden 2002 aikana.

7.2 Yliajokoe

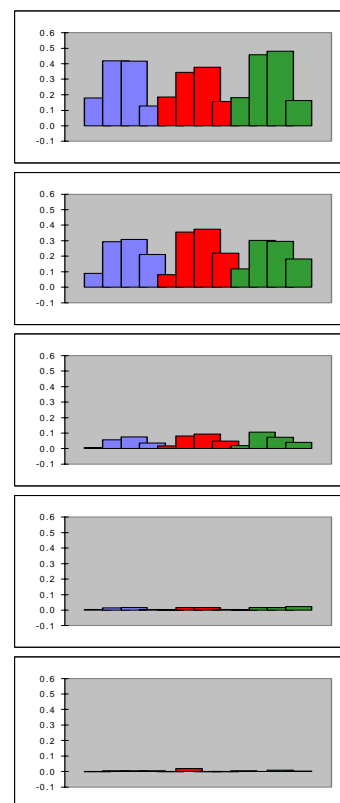
Yliajokokeen tulokset (kuvat 16 ja 17) olivat luotettavan tuntuisia, keskiarvon virhe oli kulutuspolarivien kulumaeroista laskien 95 % todennäköisyydellä keskimäärin alle 17 %. Kuten kuvista 16 ja 17 ilmenee, koerenkaiden kuluttavuudessa oli suuria merkitseviä eroja, mikä oli odotettavissakin, olihan referenssinä nastaton rengas, jonka kuluttavuus tiedetään olevan lähes olematon.

Raskasta nastaa ei ole viime vuosina enää käytetty VTT:n kulutus-kokeissa, joten sen kuluttavuus verrattuna talven 2002-3 markkinoitten yleisimpään nastarenkaaseen oli mielenkiintoinen. Ero on pienempi kuin aiemmissa kokeissa. Raskas nasta kulutti nyt 23 % enemmän kuin kevyt, vaikka sen massa oli kaksinkertainen. Ilmeisin syy on alhainen ajonopeus (80 km/h), tässä kokeessa on aiemmin käytetty lähes aina 100 km/h nopeutta. Rengasprofiilin vaikutus tulokseen on myös mahdollinen, tosin sen suunnasta ei ole tietoa.

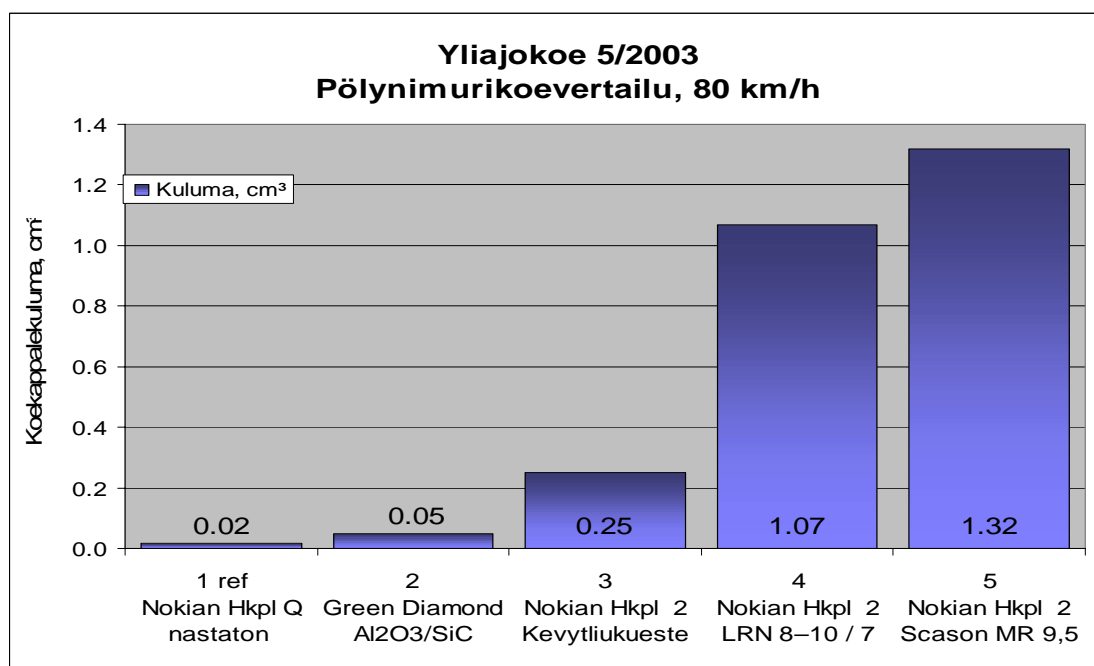
Kevytliukuesterengas kulutti varsinaisia nastarenkaita selvästi vähemmän, vain 23 % kevytnastarenkaan kulutuksesta. Tähän vaikuttavat sekä pienempi paino että pienempi ulkonema ja pistovoima.

Green Diamond alumiinioksidi/piikarbidiseos-pinnoitekulutuspinta ei kuluttanut kuin 5 % kevytnastarenkaan kulutuksesta.

Nastaton rengas kulutti 2 % kevytnastarenkaan kulutuksesta. Tämä tulos on pysynyt samankaltaisena jokaisessa kokeessa, missä nastaton on ollut mukana.



Kuva 16. Koekappaleiden kulumajakaumat, ylhäältä: raskas nasta, kevyt nasta, kevytliukueste, Green Diamond, nastaton



Kuva 17. Yliajokokeen kulumatulokset (kulumasumma)

8 MENETELMIEN VERTAILU

8.1 Haitat ja hyödyt

Pölynimurikokeen arvostelu ja vertailu yliajokokeeseen tuotti seuraavat haitat ja hyödyt:

Pölynimurikokeen etuja:

- + Mittaa suoraan todellista kulumaa todellisen renkaan ja todellisen tien kontaktissa
- + Laitteisto mahdollistaa jatkuvan on-line mittaamisen ja on erottelukykyinen
- + Koko mittaussarja voidaan ajaa lyhyen ajan kuluessa (tunteja) ==> testi on nopea ja
- + Edullinen, jos laitteisto on valmiiksi asennettu ja mittaus voidaan tehdä suunniteltuna aikana
- + Vain yksi koerengas tarvitaan

Pölynimurikokeen haittoja:

- Olosuhteet hyvin kriittiset (tiellä ei saa olla sumua, vettä, lunta, loskaa, kuuraa, ym.)
- Tuntemattomien tekijöiden mittausvirheriski on suuri (esim. liikenne sivuteiltä, hiekka-kuorma)
- Mittaus voidaan tehdä vain tietyissä olosuhteissa, lähinnä keväällä
- Menetelmän erottelukyky varsinkin vuonna 2003 vaikutti heikolta
- Laitteisto on kallis, sitä ei voi varata tähän kokeeseen pitkäksi aikaa sopivaa keliä odotellessa
- Nopeus (80 km/h max) ei riitä

Yliajokokeen etuja:

- + Mittaa lähes todellista kulumaa todellisen renkaan ja päällystekiviaineksen kontaktissa
- + Lähes olosuhderiippumaton (kastelu), voidaan tehdä joka vuosi usean kuukauden aikana
- + Voidaan tehdä etukäteen sovittuna aikana (resurssien varaus)
- + Laitteinvestoinnit olemattomat (koekappalealusta)
- + Hyvä toistettavuus ja tuloksen varmentaminen
- + Nopeus vapaasti valittavissa
- + Auto ja ajotapa vapaasti valittavissa (etu/takaveto, veto/rullaus, ym.)

Yliajokokeen haittoja:

- Pakkasella ei voida tehdä mittauksia, eikä kesäkuumalla (bitumi tarttuu lämpimiin nastoihin)
- Asfalttipäällystettä ei voi käyttää koekappaleina
- Työläs, kulutusajo kestää n. 3 h / yksi vaihtoehto ==> henkilökulut

8.2 Kustannukset

Pölynimurimenetelmän käyttökustannuksia on vaikea arvioida, koska tähän mennessä kokeisiin on liittynyt suuri osa menetelmän kehittämistä. Karkeasti arvioiden yhden liukuesterenkaan vertailu referenssirenkaisiin (nastallinen ja nastaton) maksaisi noin 5000 - 10000 €. Useamman vaihtoehdon vertailu samanaikaisesti alentaisi kustannuksia vaihtoehtoa kohden selvästi, sillä kokeen kesto rengasvaihtoehtoa kohti on alle puoli tuntia. Tuloksen varmistamiseksi koesarja olisi käytävä läpi ainakin kahdesti. Tällöin esimerkiksi viiden vertailtavan renkaan pölynimurikoe maksaisi arviolta 8-20000 €.

Yliajokokeen kustannukset ovat vakiintuneet; yhden vaihtoehdon testaaminen referenssiin verraten maksaa 9000 € (tarvitaan vain nastallinen referenssi). Tässä kokeessa yhden lisävaihtoehdon hinta on 3000 €. Koska samalla rupeamalla voidaan testata useita rengasvaihtoehtoja, alenee valmistelujen ja referenssiajon hinta/vaihtoehto vaihtoehtojen lisääntyessä. Siis esimerkiksi viiden vertailtavan renkaan yliajokoe maksaa 21000 €.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Nastarenkaan tietä kuluttava ominaisuus olisi toivottavaa määrittää mittaamalla kuluva tienpintamateriaalia todellisissa olosuhteissa eli todellisen nastarenkaan ja todellisen päällysteen pinnan normaalissa ajokontaktitilanteessa. Sitä tavoiteltiin vv. 2002-2003 pölynimurikokeen avulla VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan ja Prosessien laitteistolla ja yhteistyöllä.

Lupaavista esikokeen tuloksista ja sen jälkeen tehdyistä laitteiston parannuksista huolimatta pahimmat pölynimurikokeen ongelmat jäivät ja tulivat jatkokokeissa ilmeisiksi: mittausolosuhteiden kontrolloimattomuus ja mittauspäivien aikatauluttamisen vaikeus. Jos mittaus voidaan tehdä vain tiettyjen olosuhteiden vallitessa, olisi laitteiston ja henkilöstön voitava olla valmiudessa sopivia olosuhteita odotellessa. Se tulee kuitenkin kalliiksi, kun arvokkaalla laitteistolla (kitkanmittausauto, ELPI hiukkasanalysaattori) on muutakin käyttöä. Jos hankitaan laitteisto vain tätä koetta varten, tulee investointikuluista mittavat, kun mitataan vain muutama päivä vuodessa. Erottelukyvyyn puute vaivasi ainakin nyt tehdyissä mittauksissa myös selvästi. Siihen ei löydetty ilmeistä syytä eli yleinen mittausolosuhteiden kontrolloimattomuus tulisi todennäköisesti olemaan vastakin vaivana. Mittausauton (kuorma-auto) nopeus ei myöskään täysin vastaa henkilöautojen maantienopeuksia.

Yliajokokeen jatkuva kehittäminen on tehnyt siitä varman ja luotettavan. Koeolosuhteet eivät näytä vaikuttavan lopputulokseen. Kokeen toteuttaminen ei ole milloinkaan viivästynyt aikataulusta. Koe voidaan tehdä aina tien pinnan lämpötilan ollessa suunnilleen välillä 0 ... +15 °C, eli usean kuukauden aikana sekä keväällä että syksyllä. Kokeen toteuttamisen varmuus alentaa kustannuksia ja investointikuluja ei ole. Toistettavuus on hyvä ja erottelukyky riittävä. Koekappaleiden on tarkan punnittavuuden takia oltava kivistä, mutta asfalttipäällysteenkin kuluma riippuu ensimmäisen talven alkukuluminen jälkeen lähes yksinomaan kiviaineksen ominaisuuksista. Yliajokoe soveltuu pölynimurimenetelmää paremmin liukuesterenkaiden tyyppihyväksyntämenetelmäksi ja sitä voidaan soveltaa kaikille maantiekäyttöön tarkoitettuille renkaille niillä käytettävillä nopeuksilla.

10 JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Päällysteen kulumista Suomessa on hillitty mm. nastarengasmääräyksin. 1970-luvulta lähtien määräyksiä muuttamalla on pystytty suuntaamaan liikenteen ja nastojen käytön lisääntymisen myötä kasvanut kuluminen alenevaksi yhä uudestaan ilman, että talvirenkaiden pito-ominaisuuksista olisi jouduttu juurikaan tinkimään. Suomi on selvästi ollut tällä alalla koko maailman kehityksen kärjessä. Jotta aleneva kurssi saataisiin jatkumaan, on kulumisen tekijöitä syytä tarkastella aika ajoin. Seuraavassa tarkastellaan joitain nastakulutukseen vaikuttavia ajoneuvoteknisiä tekijöitä vv. 1990-2003 aikajänteellä (ks. Liitteen 1 taulukko).

Nykyiset määräykset ovat yli kymmenen vuotta täyttäneet tehtävänsä eikä teiden kuluminen ole noussut suureksi ongelmaksi, vaikka liikenne on 1990-luvun alun notkahduksen jälkeen kasvanut tasaisesti (valta- ja kantateillä 13 vuoden aikana 30 %) ja nastojen käyttö on alentunut vain hieman. Suurimpana syynä siihen, että kuluminen on pysynyt pienenä voidaan pitää kevytnastoihin siirtymistä 1990-luvun aikana. Liikenteen odotetaan jatkavan kasvuaan ja nastarenkaiden käyttö on taas parina viime vuonna lisääntynyt.

Oleellisia muutoksia nastarengaskulumisen kannalta on edellisten lisäksi muitakin. Henkilöautojen turvallisuusvaatimukset ovat kasvattaneet autojen omapainoa selvästi viime vuosina. Kolmenkymmenen eniten rekisteröidyn henkilöautomallin keskimassa on vuodesta 1990 vuoteen 2003 noussut 18 % (omapaino 1078 -> 1271 kg). Painon nousu lienee tätäkin suurempi, sillä laskelmassa ei ole huomioitu farmarimallien suosion kasvun aiheuttamaa painon lisäystä. Lisääntynyt paino tarkoittaa myös lisää tehoa ja on sinälläänkin ilmeisesti omiaan lisäämään nastarenkaiden tiekulutusta. Rengaspainesuosituksinkin ovat kasvaneet em. muutoksien seurauksena (12 %).

Toinen selvä muutos ajoneuvoteknologiassa on henkilöauton renkaiden profiilisuhteen aleneminen 16 % (ks. Liite 1 kaavio). Renkaiden leveys on kasvanut 15 %. Renkaat ovat halkaisijaltaankin suurentuneet (n. 5 %), mutta vannekoot ovat kasvaneet vielä selvemmin, n. 12 %. Suuri osa keskiluokankin autoista myydään nykyään jo 16 tuuman renkailla, jolloin myös nastamäärä saa olla 130 nastaa/rengas. 13" vanteet ovat vähentyneet niin, että nastamäärä renkasta kohden on tästä aineistosta laskien noussut 97:stä 113:een eli 16 %. Nastoja renkaan vierintäkehän metriä kohti oli siten v. 1990 54 kpl ja v. 2003 60 kpl (nousu 12 %). Nastaiskujen voidaan em. seikoista laskea lisääntyneen 13 vuoden aikana valta- ja kantatiestöllä peräti 32 %.

Nastaiskujen määrän lisääntymisen ohella renkaan ja tien kosketuspinta on oleellisesti muuttunut (ks. liitteen kuvat). 80-sarjan renkaiden kosketuspinta oli selvästi pitkänomainen ja soikea, nastoja tiekontaktissa lähes kymmenen. 55-sarjan renkaassa kosketusala on lyhyt ja leveä, suorakaiteen muotoinen, nastoja on tietä koskettamassa yhdellä kertaa jopa vähemmän, vaikka kokonaisuus on suurempi. Nastakosketus on siis muuttunut nopeammaksi ja lyhyemmäksi, mutta nastaisku saattaa silti olla pienempi. Näiden seikkojen vaikutusta tiekulumaan ei tunneta.

Nykyisten nastarenkaiden tiekulutuksen ajonopeusriippuvuus on päällysteen kulumismallien kannalta oleellinen tekijä. Tätä ei ole tutkittu kuin kerran, v. 1986, jolloin se tehtiin 2,3 g teräsnastalla 80-sarjan renkaassa. Matalaprofiilisen, kevytnastarenkkaan nopeusriippuvuus tulisi selvittää.

Teiden nastarengaskuluminen on pysynyt aisoissa, koska nastat ovat keventyneet saman aikaisesti edellä kuvattujen kulutusta lisäävien muutosten kanssa. Nastojen keveneminen on kuitenkin nyt tapahtunut eikä lisää kevennystä ole odotettavissa. Edellä kuvatut kulumista lisäävät tekijät sen sijaan jatkavat kasvuaan.

11 TUTKIMUSEHDOTUKSET

11.1 Ajoneuvon painon vaikutus tiekulumiseen

Lisääntyneen auton omamassan painon vaikutus tiekulumaan selvitetään yliajokokeella kahdella eri autolla 80 km/h nopeudella. Koe tehdään ajamalla autot tyhjänä ja täyteen lastattuna pitäen muut muuttujat vakioina.

11.2 Rengaspaineen vaikutus tiekulumiseen

Kohonneiden rengaspaineiden vaikutus tiekulumaan selvitetään yliajokokeella 100 km/h nopeudella. Koe tehdään ajamalla autolla nykyaikaisin renkain ja nastoin kahdella tai mieluummin kolmella eri rengaspaineella (esim. 180/230/280 kPa) pitäen muut muuttujat vakioina.

11.3 Renkaan leveyden ja profiilisuhteen vaikutus tiekulumiseen

Renkaan leveyden ja profiilisuhteen muutosten vaikutus tiekulumaan selvitetään yliajokokeella yhdellä autolla 100 km/h nopeudella. Koe tehdään ajamalla nykyaikaisin renkain ja nastoin kolmella tai mieluummin neljällä eri rengasprofiililla (80/65/55/45) pitäen muut muuttujat vakioina.

11.4 Ajonopeuden vaikutus tiekulumiseen kevytnastoin

Ajonopeuden vaikutus tiekulumaan selvitetään yliajokokeella yhdellä autolla nykyaikaisin renkain ja nastoin. Kokeessa ajetaan nopeuksilla 40/60/80/100/120 km/h pitäen muut muuttujat vakioina.

Useita edellä mainittuja yhdistämällä voidaan toisen osion tuloksia käyttää toisen osion vertailussa.

11.5 Jatkotutkimusehdotusten tavoite

Näillä kokeilla voidaan selvittää se, onko lähivuosina odotettavissa nastarenkaiden aiheuttamaa tiekulutuksen lisääntymistä. Jos näin on, voidaan tähän uhkaan reagoida ajoissa suunnitteleamalla esim. tiukempia nastarengasmääräyksiä jo ennen kuin ongelma pahenee. Yhteis pohjoismaisten nastarengasmääräysten muutosten läpivieminen kestää useita vuosia.

Nastakulumisen tekijöiden vertailu 1990 -> 2003

Tekijä	Yksikkö	1990	2003	muutos	muutos-%
Autojen omamassa, ka ¹⁾	kg	1078	1276	198	18 %
Rengaspainesuositus, ka ²⁾	kPa	193	215	23	12 %
Renkaan leveys, ka ¹⁾	mm	168	193	25	15 %
Profiilisuhde, ka ¹⁾		74.3	62.2	-12.2	-16 %
Vannekoko, ka ¹⁾	"	13.4	15.0	1.6	12 %
Nastamäärä/rengas, ka	kpl	96.7	113.3	16.7	17 %
Vierintäkehä, ka ³⁾	mm	1803	1889	86	5 %
Nastoja/rengas-m, ka	kpl	54	60	6.4	12 %
Liikennesuorite, Vt+Kt ⁴⁾	milj.ajon.km	15818	20509	4691	30 %
Nastojen käyttö ⁵⁾	%	97	88	-9	-9 %
Nastallinen suorite, Vt+Kt ⁶⁾	milj.ajon.km	5109	6010	901	18 %
Nastaiskuja Vt+Kt:lle	mrd.kpl	1095	1443	348	32 %

1) 30 myydyintä mallia, Lähteet: Autoalan tiedotuskeskus, AKE (Ajoneuvohallintokeskus), TM (Tekniikan Maailma)

2) 30 myydyintä mallia, Lähteet: TM (Tekniikan Maailma), STRO (Scandinavian Tyre and Rim Organization), Normal Load, Front Tyre

3) Lähde: STRO

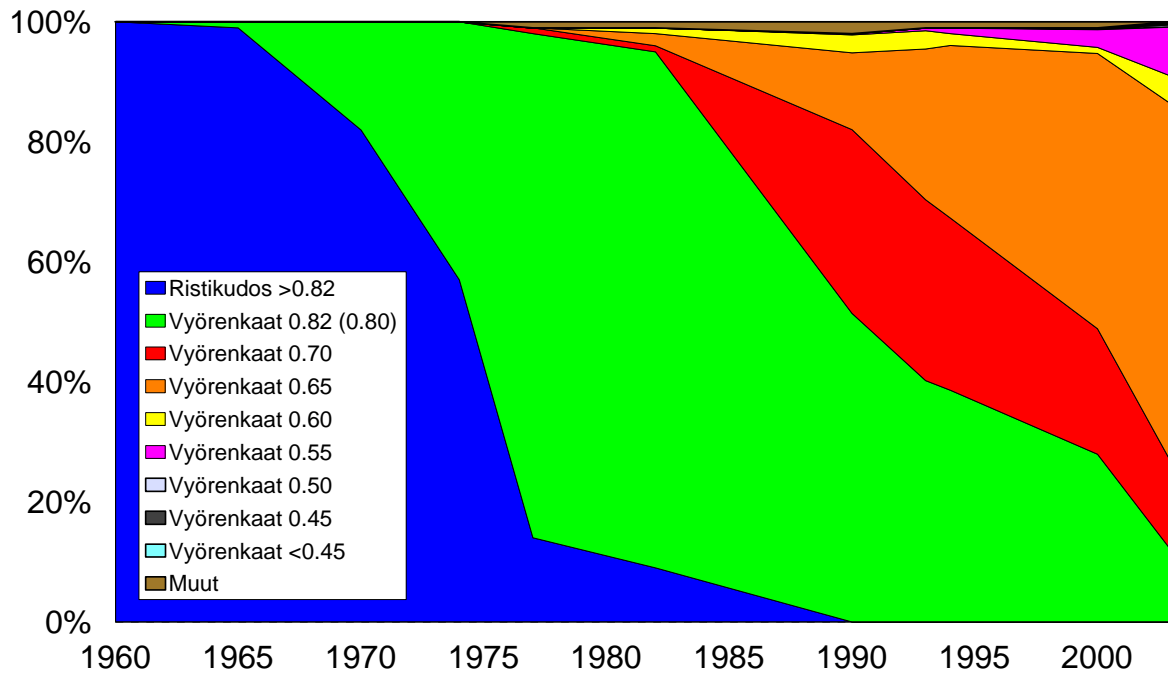
4) Lähde: Tiehallinto, (valta- ja kantatiet, 2003 suorite ekstrapoloitu vv. 1994-2002 datasta)

5) eri lähteitä, mm. VTT/RTE Malmivuo & Mäkinen, Talvirengastutkimus 2000 – 2001, Tiehallinnon selvityksiä 34/2001

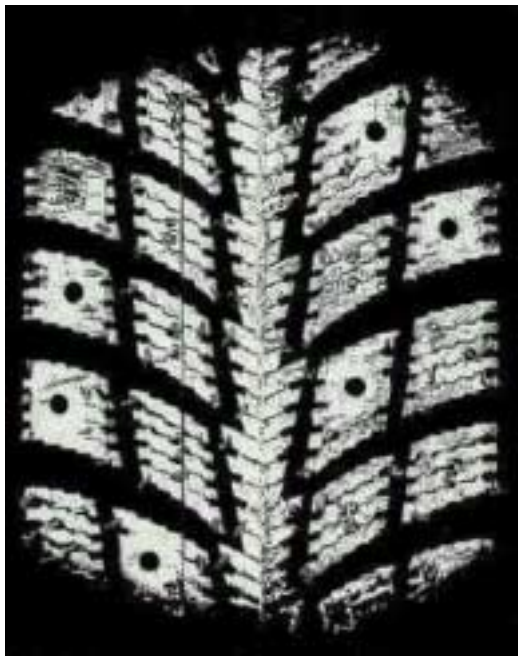
6) oletus: nastoilla ajetaan 1/3 suoritteesta

Talvirenkaat, profiilisuhte

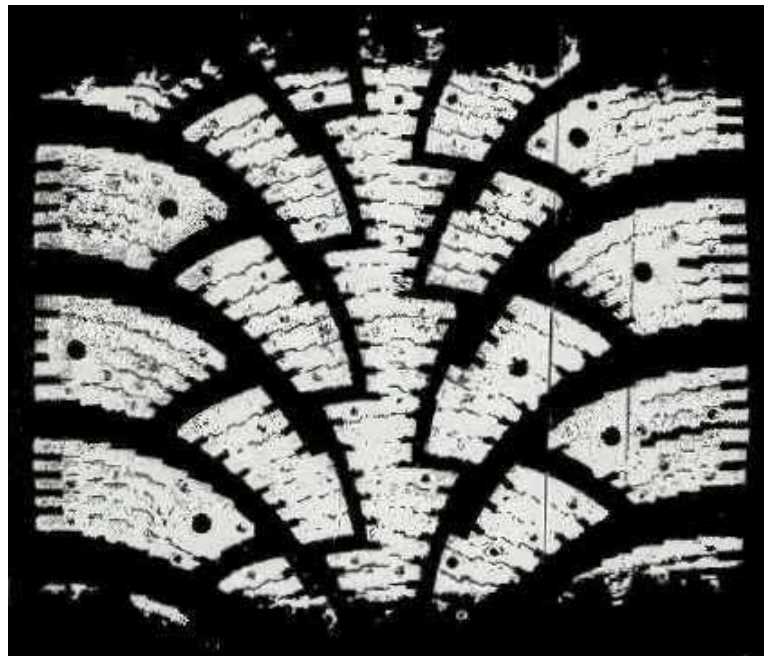
Osuudet myynnistä



vtt/rte/tmu 24.11.03



Nokian Hakkapeliitta 2
155/80R13 79 Q, 343 DaN, 260 kPa



Nokian Hakkapeliitta 4
215/55R16 94 T, 526 DaN, 330 kPa

kuvat: Nokian Renkaat Oyj