



**Tielaitos**

**Veli-Pekka Kallberg**

Talvi ja tieliikenne -projekti

# **Teiden suolauksen vähentämiskokeilu Kuopion tiepiirissä**

Vaikutukset talvella 1992 - 1993



**Tielaitoksen  
selvityksiä**

**86/1993**

Helsinki 1993

**Liikenteen  
palvelukeskus**

Tielaitoksen selvityksiä  
86/1993

**Veli-Pekka Kallberg**

Talvi ja tieliikenne -projekti

**Teiden suolauksen vähentämiskokeilu  
Kuopion tiepiirissä**

Vaikutukset talvella 1992 - 1993

**Tielaitos**  
Liikenteen palvelukeskus

Helsinki 1993

ISSN 0788-3722  
ISBN 951-47-8768-4  
TIEL 3200210  
Painatuskeskus Oy  
Helsinki 1994

Julkaisun kustannus ja myynti:  
Tielaitos, hallinnon palvelukeskus,  
painotuotepalvelut  
Telefax (90) 1487 2652

**Tielaitos**

Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puh. vaihde (90) 148 721

**Asiasanat:** talvihoito, suolaus, onnettomuudet

## TIIVISTELMÄ

Kuopion tiepiirissä aloitettiin syksyllä 1992 kaksi talvea kestävä teiden suolauksen vähentämiskokeilu. Kokeilun vaikutuksista tehdään monipuolinen seuranta tutkimus. Käsillä oleva raportti on yhteenveto ensimmäisen kokeilutalven tuloksista. Kokeilun piiriin kuuluvat kaikki piirin paatiet, yhteispituudeltaan noin 375 km. Vertailuteinä ovat Keski-Suomen tiepiirin vastaavantasoiset tiet.

Teiden suolaus (poislukien hiekan seassa levitetty suola) Kuopiossa väheni kokeilutalvena edelliseen talveen verrattuna noin 90 %. Hiekoituksen määrä kolminkertaistui. Koska hiekoitushiekan seassa käytetään pieniä määriä suolaa tarttuvuutta parantamassa, käytetyn suolan kokonaismäärä tiekilometriä kohden pieneni vähemmän kuin varsinaisen suolauksen määrä eli noin 80 %.

Kokeiluteiden kitkataso alitti tielaitoksen pääteille yleisesti asettaman kitkatason 0,3 kaksi kertaa niin usein (32 %) kuin vertailuteillä (16 %). Alle 0,2:n kitkataso oli alle 3 %:a ajasta, eikä kokeilu- ja vertailuteiden välillä ollut eroa.

Talvihoidon kustannukset muuttuivat kokeilun takia -5-+27 % kunnossapitoluokasta ja laskentatavasta riippuen.

Poliisin tietoon tulleiden onnettomuuksien kokonaismäärä oli 15 % pienempi kuin edellisenä talvena, mutta onnettomuuksissa vammautuneiden ja kuolleiden määrä oli 31 % suurempi. Kun otetaan huomioon samanaikainen onnettomuuksien yleiskehitys, voidaan päätellä onnettomuuksien lisääntyneen Kuopion kokeiluteillä 5-10 % ja onnettomuuksissa kuolleiden ja vammautuneiden yhteenlasketun lukumäärän kasvaneen 24 %. Mainitut vaikutukset ovat pienistä onnettomuusmääristä johtuen suhteellisen epävarmoja. Liikennevahinkojen tutkijalautakuntien mukaan kokeilulla ei ollut vaikutusta yhteenkään kuolemaan johtaneeseen onnettomuuteen.

Kansalaisille tehdyn postikyselyn mukaan Kuopion läänin asukkaista 74 % suhtautui kokeiluun positiivisesti ensimmäisen kokeilutalven kokemusten perusteella.

Veli-Pekka Kallberg, **Reduced de-icing on rural roads in Finland — Effects in winter 1992—1993**. Helsinki 1993. Finnish National Road Administration, Tielaitoksen selvityksiä 86/1993. ISBN 051-47-8768-4, ISSN 0788-3722, TIEL 320 0210. 43 p. + app. 4 p.

**Keywords:** winter maintenance, de-icing, salting, accidents

## **ABSTRACT**

A two-year experiment concerning reduced salting on main roads has been going on in the road district of Kuopio, Finland since the autumn of 1992. The total length of roads where salt use was reduced is about 375 km.

In the first winter salting (excluding salt mixed in sand) on these roads was reduced by about 90 %. Sanding of roads increased by a factor of three from the previous winter. Small amounts of salt were used mixed in sand. The total amount of salt (including salt mixed in sand) was reduced by about 80 % from the previous winter.

On the experimental roads, friction levels below 0.3 were twice as common (for 32 % of vehicle kilometres) as on control roads in the neighbouring road district (16 %). Less than 3 % of traffic, however, had to cope with friction levels below 0.2. The change in the cost of winter maintenance per road kilometre was between -5 % and +27 %, depending on road type and method of calculation.

The total number of police-reported accidents in the first winter was 15 % lower but the number of casualties 31 % higher than in the previous winter. After adjusting the numbers for the general trends, the effect on the number of accidents was a 5-10 % increase and the effect on the number of casualties was an increase of 24 %. These estimates are not accurate, because the accident numbers were rather small.

According to a mail survey, 74 % of the population were pleased with the experiment.

## ALKUSANAT

Kuopion tiepiirin suolauksen vähentämiskokeilu on osa tielaitoksen Talvi ja tieliikenne -tutkimusohjelmaa. Kokeilun käytännön toteutuksesta vastaa Kuopion tiepiiri. Keski-Suomen tiepiiri toimii kokeilun vertailualueena ja kokoaa vaikutusten selvittämiseksi tarpeellisia vertailutietoja. Tielaitos vastaa kokeilun vaikutusten seurantatutkimusten kustannuksista. Kokeilun vaikutuksia koskevissa tutkimuksissa ovat mukana mm. Kuopion ja Oulun yliopistot ja tielaitoksen Tampereen kehitysyksikkö. Yhteenvedon kokeilun vaikutuksista laatii Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) Tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratorio (TGL).

Käsillä oleva raportti on yhteenveto kaksivuotisen suolauksen vähentämiskokeilun ensimmäisen talven tuloksista. Tutkimuksen tilaajan yhteyshenkilönä on ollut Talvi ja tieliikenne -tutkimusohjelman projektipäällikkö Anne Leppänen tielaitoksen liikenteen palvelukeskuksesta. Kuopion tiepiirissä yhdyshenkilönä on ollut ins. Eeva-Liisa Ryyänen. Kuopion tiepiirissä seurantatutkimusten eri vaiheisiin ovat merkittävästi osallistuneet mm. eteläisen tienpitoalueen päällikkö Matti Tuiremo, liikenneturvallisuusinsinööri Veikko Taivainen, rkm Juhani Toppinen ja ylitiemestari Aarne Siitari. Keski-Suomen tiepiirissä yhdyshenkilönä on toiminut rkm Pirkko Kanerva. Tiemestaripiirit molemmissa tiepiireissä ovat tehneet suuren työn keräämällä suuren osan tutkimuksissa tarvittavista tienpidon perustiedoista. Tässä raportissa on referoitu seurantatutkimuksen eri osa-alueiden raportteja, joiden tekijöinä ovat Heikki Lappalainen (TIEL/Tky), Kimmo Saastamoinen (Oulun Yo), Pauli Niemelä & knit sekä E-L. Hautala, & L.Kärenlampi (Kuopion Yo).

VTT:n Tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratoriossa tutkimuksesta on vastannut Veli-Pekka Kallberg, joka on myös laatinut tutkimusraportin.

Helsingissä marraskuussa 1993

Liikenteen palvelukeskus

Talvi ja tieliikenne -projekti

Anne Leppänen

Projektipäällikkö

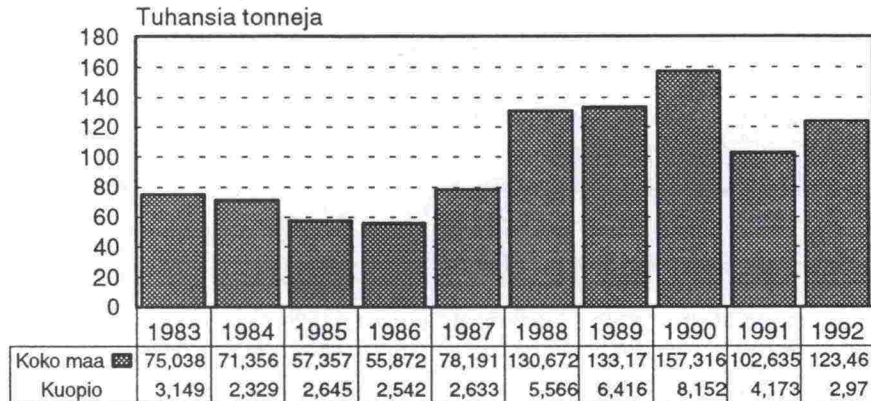
**SISÄLTÖ**

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKUSANAT	5
SISÄLTÖ	6
1 JOHDANTO	7
2 KOKEILUN JÄRJESTELYT	9
3 VAIKUTUKSET	13
3.1 Suolan ja hiekan käyttö	13
3.2 Talvihoidon työkerrat	15
3.2.1 Työkerrat poikkileikkaus seurannan perusteella	15
3.2.2 Työkerrat litteraseurannan perusteella	16
3.3 Talvihoidon kustannukset	19
3.3.1 Kustannukset poikkileikkaus seurannan perusteella	19
3.3.2 Kustannukset litteraseurannan perusteella	21
3.3.3 Yhteenveto kustannuslaskelmista	24
3.4 Keliolosuhteet	26
3.5 Ajotavat	28
3.6 Onnettomuudet	30
3.7 Päälysteiden kuluminen	35
3.8 Ympäristö	36
3.9 Kansalaisten mielipiteet	36
4 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT	39
LÄHDELUETTELO	43

LIITE 1	Onnettomuudet talviaikana vuosina 1987—1993 tiepiireittäin
LIITE 2	Onnettomuuksien ja henkilövahinkojen lukumäärät koe- ja vertailuteillä talvella 1992—1993 sekä viitenä edellisenä talvena kuukausittain

## 1 JOHDANTO

Tielaitos pyrkii pitämään päätiet paljaina ympäri vuoden maan pohjoisimpia osia lukuun ottamatta. Käytännössä lumen ja jään poistaminen tien pinnasta yleensä edellyttää tiesuolan käyttöä. Tiesuolan (natriumkloridi, NaCl) laaja käyttö Suomessa alkoi 1960-luvulla ja saavutti huippunsa 1980- ja 1990-lukujen taitteessa (kuva 1).



Kuva 1. Tiesuolan käyttö tielaitoksen ylläpitämällä teillä.

Suolaus ei ole saanut autoilijoiden varauksetonta kannatusta. Osa autoilijoista vastustaa suolan käyttöä siitä seuraavan tien loskaantumisen takia: Suolakura likaa autot sekä ympäristön ja tekee ajamisesta epämiellyttävää. Suolauksen vastustajat ajaisivat mieluummin kuivilla ja puhtailla teillä, vaikka ne olisivat ajoittain liukkaikakin. Nastarenkaiden käyttö lienee yksi tärkeä syy, miksi autoilijat katsovat pärjäävänsä liukkaillakin keleillä. Suolan käyttöä ovat kannattaneet erityisesti raskaiden autojen kuljettajat, joilla harvemmin on käytössään nastarenkaita ja joilla ei yleensä ole mahdollisuutta sovittaa ajoaikoja tai -reittejä keliolosuhteiden mukaan.

Tiesuolan käytön vähentämistä on viime vuosina vaadittu suolan ympäristöä ja pohjavesiä likaavan vaikutuksen takia. Tunnetaan yksittäisiä tapauksia, joissa tiesuola on saastuttanut kaivoveden juomakelvottomaksi. Laajamittaisia ympäristötuhoja tiesuolan ei tiedetä aiheuttaneen. Tutkimukset tiesuolan vaikutuksista pohjavesiin ovat käynnissä. Pohjavesissä suolapitoisuuden nousu voi olla hidasta ja vaikeasti havaittavaa ja vahinkojen korjaaminen voi kestää vuosikymmeniä.

Suolan käyttöä liukkauden torjunnassa on viime vuosina voitu vähentää erityisesti kehittyneiden suolausmenetelmien ansiosta. Liuossuolan käytöllä tielle levitettäviä suolamääriä voidaan oleellisesti pienentää. Liuossuolaus onkin yleistynyt sitä mukaa kun tiepiirit ovat saaneet hankittua siihen tarvittavaa kalustoa. Myös liukkaudentorjunnan entistä paremmalla ajoituksella ja oikeilla ennakkoinneilla on suolan käyttöä voitu vähentää.

Tiesuolalle ei kuitenkaan ole erityisen hyviä vaihtoehtoja, jos tavoitteena on pitää pääteiden kitkataso talvellakin korkeana. Mekaanisin toimenpitein, auralamalla ja höyläämällä, ei ohuita jääkerroksia voi tieltä poistaa. Hiekoitus lisää



kitkaa, mutta vaikutus on lyhytaikainen, koska vilkasliikenteisimmillä teillä liikenteen aiheuttamat ilmapölyt lennättävät hiekan pian pois ajoradalta. Kemialliset vaihtoehdot ovat moninkertaisesti suolaa kalliimpia, eivätkä ne välttämättä ole ympäristövaikutuksiltaan tiesuolaa parempia.

Suolaamattomuutta on Suomessa aiemmin kokeiltu pääteillä osuuksilla Helsinki—Pori (vt 2) ja Turku—Lahti (vt 10 ja vt 12) talvella 1970—1971. Kokeilu-teillä suolaa ei käytetty edes hiekan seassa. Kokeilutalvi oli poikkeuksellisen leuto, mikä haittasi vaikutusten arviointia. Liukkaudentorjuntakustannukset pyrittiin pitämään samalla tasolla kuin aiempina talvina, jolloin liukkaudentorjunta oli hoidettu suolalla. Kokeilutiet olivat tavallista useammin liukkaita. Ajonopeudet liukkailla keleillä olivat keskimäärin 12 km/h alhaisempia kuin pitävillä keleillä, joilla keskinopeus oli 99 km/h. Kaikkien onnettomuuksien tai henkilövahinko-onnettomuuksien kokonaismäärään kokeilu ei vaikuttanut, liikenneonnettomuuksissa kuolleiden määrä näytti kokeiluosuuksilla jopa vähentyneen (Tie- ja vesirakennushallitus 1974).

Seuraava suolaamattomuuskokeilu järjestettiin osuuksilla Auranasema—Tampere (kt 41), Palojärvi—Pori (vt 2) ja Jyväskylä—Lahti (vt 4) talvella 1977—1978. Se jouduttiin keskeyttämään tammikuun 17. päivänä yleisen mielipiteen, erityisesti raskaan liikenteen voimakkaan vastustuksen takia. Suolaamattoman tien liukkaudentorjuntakustannukset arvioitiin 40 % suuremmiksi kuin suolaa käyttämällä. Syynä kohonneisiin kustannuksiin oli etenkin hiekan huono pysyvyys ajoradalla. Kokeilun loppupäätelmissä pelkkä hiekoitus tai suolahiekoitus todettiin sopimattomiksi liukkaudentorjuntamenetelmiksi vilkasliikenteisillä teillä (Tie- ja vesirakennushallitus 1978).

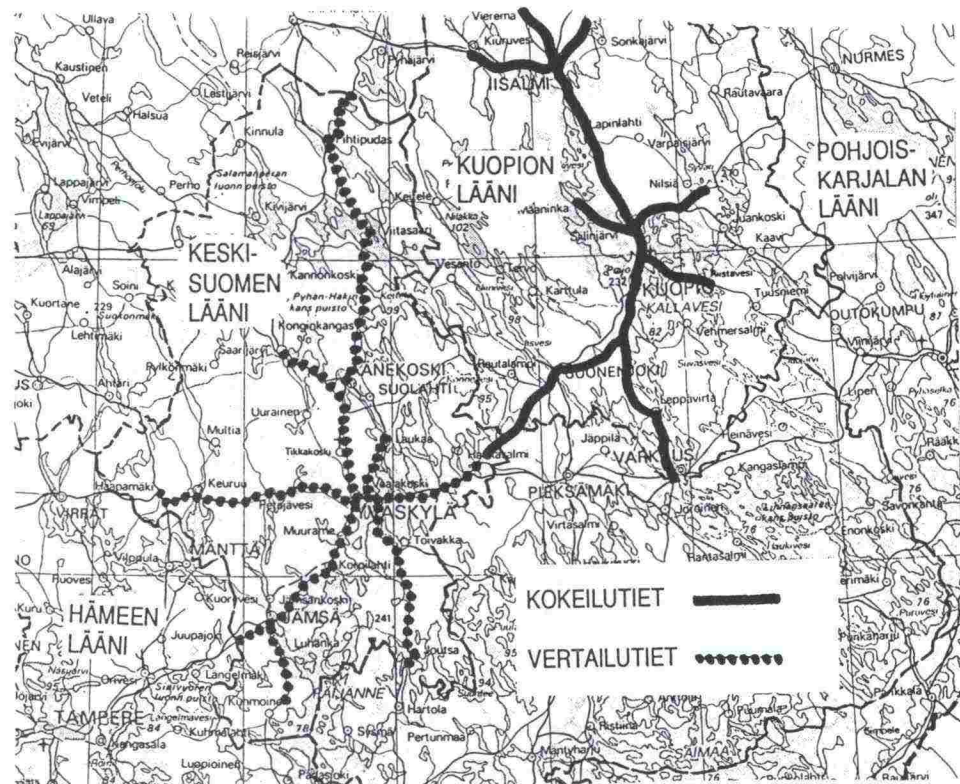
Kuopion tiepiirissä päätettiin kokeilla suolan käytön radikaalia vähentämistä talvikausina 1992—1993 ja 1993—1994. Suolan käyttö sellaisenaan (rakeisena tai liuoksena) rajoitettiin vain mustaan jään aikaan syksyllä ja keväällä sekä poikkeuksellisen liukkailla keleillä muulloin. Hiekoitushiekan seassa suolaa kuitenkin käytetään tarttuvuuden parantamiseksi. Suolan käytön vähentämispäätökseen vaikutti ennen kaikkea piirin halu palvella tienkäyttäjiä, jotka ovat voimakkaasti vastustaneet suolan käyttöä. Kuopion tiepiiri soveltuu kokeilu-alueeksi hyvin sen puolesta, että se on nykyisen suolausalueen pohjoisreunalla; Kainuun, Oulun ja Lapin tiepiireissä kaikkia pääteitä ei pyritäkään pitämään talvella suolan avulla paljaina. Kokeilu liittyy tielaitoksen valtakunnalliseen Talvi ja tieliikenne -projektiin.

Kokeilussa on painotettu tiedottamista ja yhteistyötä eri osapuolten välillä sekä kokeilun vaikutusten selvittämistä monipuolisilla seurantatutkimuksilla. Tiepiiri varautui kokeiluun parantamalla valmiuksiaan suolattomaan liukkaudentorjuntaan. Tiepiiri ennakoi, että suolan käytöstä luopuminen saattaa lisätä talvikunnossapidon kustannuksia. Tienkäyttäjille kokeilusta tulevien hyötyjen ja päällysteiden kulumisen vähenemisestä tulevien säästöjen arvioitiin kuitenkin olevan talvikunnossapidon lisäkustannuksia suuremmat.

Kokeilussa Kuopion tiepiirin vertailupiirinä on Keski-Suomen tiepiiri, jossa kokeilun ajan jatketaan suolan käyttöä liukkaudentorjuntaan entiseen tapaan.

## 2 KOKEILUN JÄRJESTELYT

Kuopion tiepiirin kokeiluun kuuluvat tiet ja Keski-Suomen piirin vertailutiet, joilla suolausta jatkettiin normaaliin tapaan, näkyvät kuvasta 2. Kokeiluteiden yhteispituus talvella 1992—1993 oli 376 km ja vertailuteiden pituus 473 km.



Kuva 2. Kokeilu- ja vertailutiet.

Kaikilla Kuopion piirin kokeiluteillä moottoriteitä lukuun ottamatta oli kokeilutalvena voimassa 80 km/h talvinopeusrajoitus. Aiempina talvina osalla näistä teistä oli rajoitus 100 km/h. Kuopion piirin moottoriteillä rajoitus oli 100 km/h. Keski-Suomen vertailuteillä rajoitukset pysyivät ennallaan ja kokeilutalvenakin osalla yksiajorataisista teistä oli nopeusrajoitus 100 km/h.

Kunnossapitoluokan I teillä, joihin kokeilutiet lukeutuvat, talvihoidossa pyritään liukkauden, lumisuuden ja tasaisuuden osalta yleensä kuntoarvoon 4 (taulukko 1). Kokeiluteillä tavoitetasoa alennettiin liukkauden osalta kuntoarvoon 3 eli kitka-arvon 0,3 sijasta sallittiin kitka-arvo 0,25. Myös tasaisuusvaatimusta pienennettiin kuntoarvoluokkaan 3 eli sallittiin 20 mm:n epätasaisuudet aiemman 10 mm:n sijasta.

Suolaa sellaisenaan käytettiin kokeiluteillä vain syksyllä ja keväällä ns. mustan jään aikana. Poikkeuksena olivat kunnossapitoluokkien I s ja I sk tiet, joilla liukkaudentorjunta voitiin muulloinkin pakottavissa tapauksissa hoitaa suolalla. Hiekoitushiekan seassa suolaa käytettiin säännöllisesti vähäisessä määrin (noin 10—20 kg/m<sup>3</sup>) tarttuvuutta parantamaan.

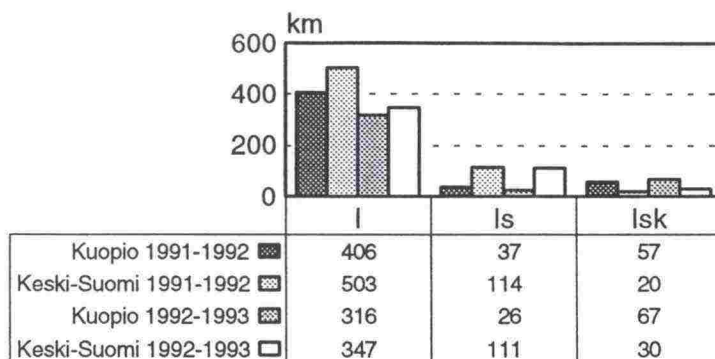
Taulukko 1. Teiden talvihoidon kuntoluokitus.

Kuntoarvo Muuttuja	1	2	3	4	5
<b>I LIUKKAUS</b>					
- kitka-arvo - tien pinnan kuvaus	0,00—0,15 pääkallokeli tai muuten erittäin liu- kas	0,15—0,25 kuiva jää- tai lumipolanne	0,25—0,30 karkea jää- tai lumipolanne pakkassäällä	0,30—0,45 paljas ja märkä tai ajourien välissä polanteet	0,45—1,00 paljas ja kuiva
<b>II LUMISUUS</b>					
- pakkaslumi - suojalumi - sohjo - kinostuneisuus	> 50 mm > 40 mm > 30 mm paikoitellen kulku- vaikeuksia, auto voi juuttua kinok- seen kiinni	≤ 50 mm ≤ 40 mm ≤ 30 mm kielekkeitä ulot- tuu tien yli tai ajor. reunalla lunta kohtalai- sesti - ajonop. pai- koin hiljennet- tävä	≤ 30 mm ≤ 25 mm ≤ 20 mm kielekkeet ulot- tuvat siellä tääl- lä yli ajokaist.; ajonopeutta voidaan joutua hiljentämään	≤ 20 mm ≤ 15 mm ≤ 10 mm kielekkeet ulot- tuvat siellä täällä 1,5 m:n etäis. reunaviivasta tai pääll. reunasta; nopeutta ei yleens- sä tarvitse hiljen- tää	— — — —
<b>III TASAISUUS</b>					
- urat - muu epä- tasaisuus	> 30 MM polanne hyvin epät.; Mahdollisesti kynnysmäisiä kuoppia, ajonopeut- ta hiljennettävä ja epätas. kohtia varottava	≤ 30 mm pol. runsaasti syöpymiä tai häiritsevää kuoppais.; ajo- nopeutta pai- koin hiljennettä- vä	≤ 20 mm polanne tasai- nen, mahd. epätasaisuudet eivät juuri häirit- se ajoa	≤ 10 mm polannekaistalei- den paksuus liik. käyttämällä tie- osalla ≤ 10 mm	— —

Talvihoidon toimenpideajalla tarkoitetaan sitä aikaa, jonka kuluessa tie on saatava tavoitekuuntoon sen jälkeen, kun se on pudonnut alle tavoitekuennon. Toimenpideajoja koskevat vaatimukset säilyivät ennallaan ja ne olivat lumen ja sohjon poiston osalta 3 tuntia (I s ja I sk luokkien teillä 2,5 tuntia), liukkauden torjunnan osalta 2 tuntia ja tasauksen osalta 1 vuorokausi.

Kokeilu- ja vertailuteiden jakautuminen kunnossapitoluokkiin on esitetty kuvassa 3. Teiden pituudet eri kunnossapitoluokissa vaihtelevat talvesta toiseen, koska osalla teistä kunnossapitoluokka on vaihtunut. Erityisesti kunnossapitoluokkaan I kuuluvia teitä on talven 1991—1992 jälkeen siirretty kunnossapitoluokkaan II. Kunnossapitoluokan I osuus oli noin 80 %, paitsi vertailuteillä talvella 1992—1993, jolloin niiden osuus oli noin 70 %.

Kokeiluun tarvittiin vertailuteitä, joilla luonnonolosuhteet olisivat mahdollisimman lähellä koeteitä. Keski-Suomen tiepiirin valintaan vertailupiiriksi vaikuttivat piirien maantieteellinen läheisyys ja siitä oletettavasti seuraava sääolojen samankaltaisuus sekä piirin valmius jatkaa suolaukseen perustuvaa talvihoitoa kaksivuotisen kokeilun ajan.



Kuva 3. Kuopion koe- ja Keski-Suomen vertailuteiden jakautuminen kunnossapitoluokkiin. Kunnossapitoluokkaan Isk kuuluvien teiden (kaksiajorataiset tiet) pituus on otettu huomioon kaksinkertaisena.

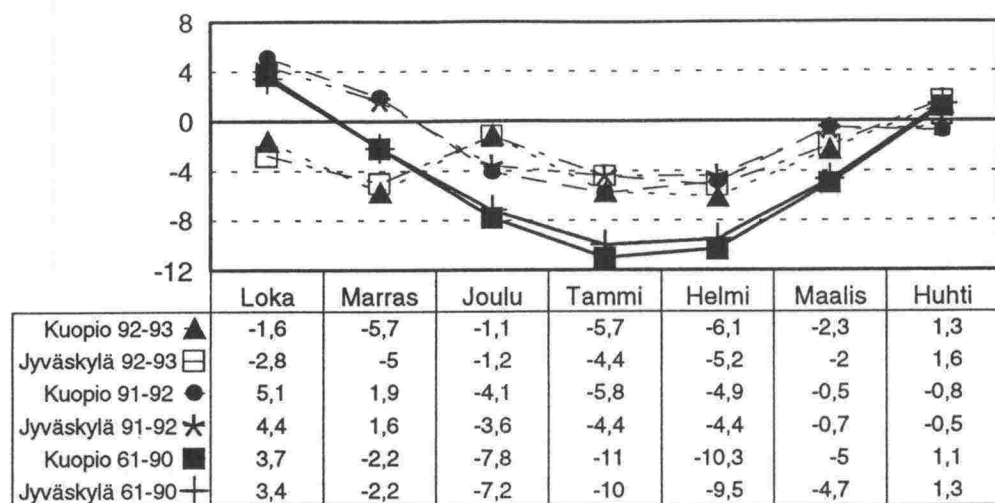
Kuukausien keskilämpötilat talvina 1991—1992 ja 1992—1993 olivat molemmissa piireissä hyvin samankaltaiset (kuva 4). Lumisadepäiviä oli talvella 1991—1992 Kuopiossa jonkin verran enemmän (74) kuin Jyväskylässä (58), talvella 1992—1993 lumisadepäiviä oli Kuopiossa 102 ja Jyväskylässä 104 (kuva 5). Sademäärä lokakuusta huhtikuuhun 1991—1992 oli Kuopiossa 385 mm ja Jyväskylässä 324 mm, talvella 1992—1993 sademäärä oli Kuopiossa 303 mm ja Jyväskylässä 283 mm.

Kokeilun suunnittelussa ja toteutuksessa Kuopion tiepiiri on saanut tukea erilaisilta sidosryhmiltä, joista mainittakoon tiedotusvälineet, ammattiautoilijat, poliisi, Liikenneturva ja Keski-Suomen tiepiiri. Ilman laajaa kansalaisten ja erilaisten eturyhmien tukea kokeilun toteutus aiotulla tavalla ei olisi ollut mahdollista.

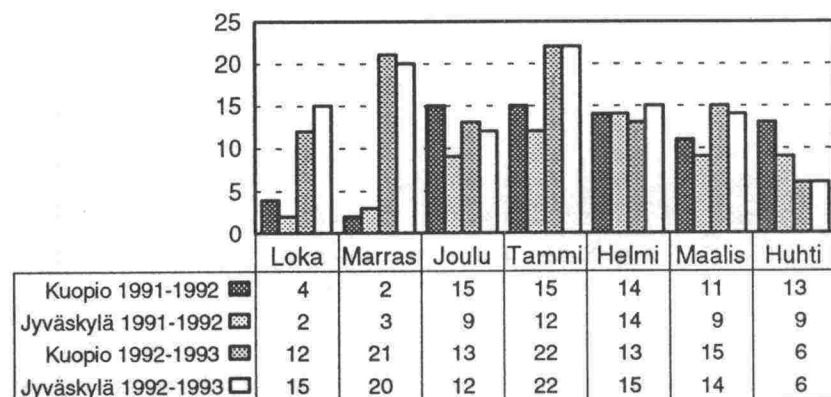
Kokeilun vaikutuksia tutkitaan monipuolisesti. Tutkimusten aiheita ja tekijöitä ovat:

- Talvihoitotoimenpiteet ja -kustannukset (tielaitos/ Tampereen kehitysryhmä)
- Talvikelien yleisyys (tielaitos/ Tampereen kehitysryhmä)
- Ajonopeudet ja aikavälit (Oulun yliopisto)
- Liikenneturvallisuus (VTT/ Tie-, geo - ja liikennetekniikan laboratorio)
- Väestön mielipiteet (Kuopion yliopisto)
- Ympäristövaikutukset (Kuopion yliopisto)

VTT:n tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratorio tekee kokeilun kokonaisvaikutuksista yhteenvedon, johon kootaan eri osatutkimusten tulokset. Käsillä olevassa raportissa esitetään yhteenveto ensimmäisestä kokeilutalvesta 1992—1993. Kokeilun loppuraportti ilmestyy syksyllä 1994.



Kuva 4. Vuosien 1961—1990 sekä talvien 1991—92 ja 1992—93 (kokeilutalvi) kuukausittaiset keskilämpötilat Kuopion ja Jyväskylän lentoasemilla.



Päivittäinen sademäärä > 0,1 mm

Kuva 5. Lumisadepäivien lukumäärät Kuopion ja Jyväskylän lentoasemilla talvina 1991—92 ja 1992—93.

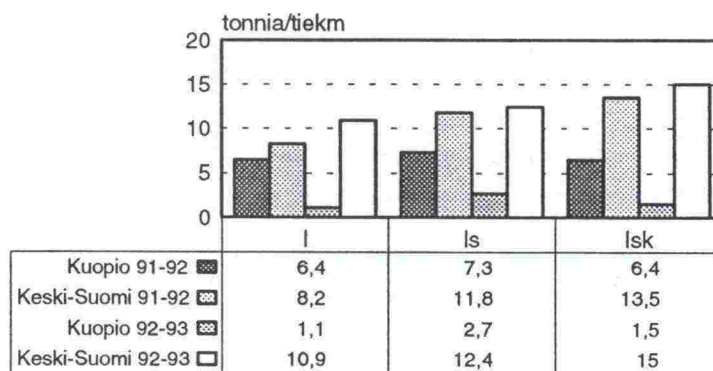
### 3 VAIKUTUKSET

#### 3.1 Suolan ja hiekan käyttö

Kokeiluteillä suolaa rakeisena tai liuksena käytettiin ohjeiden mukaan lähinnä vain syksyn ja kevään mustan jään aikana. Kunnossapitoluokissa Isk ja Is 5-tien vilkkaimmilla osuuksilla Vehmasmäestä Siilinjärvelle ja Iisalmen läheisyydessä suolaa voitiin käyttää myös muulloin, kun keliolosuhteet olivat poikkeuksellisen huonot. Muuten suolaa käytettiin vain vähäisiä määriä hiekoitushiekan seassa parantamassa sen tarttuvuutta.

Suolaa käytettiin jo kokeilua edeltäneenä talvena 1991—1992 Keski-Suomen vertailuteillä kunnossapitoluokasta riippuen 30—110 % enemmän kuin Kuopion koeteillä. Kokeilutalvena 1992—1993 suolan kokonaiskäyttö oli Kuopiossa kunnossapitoluokkien I ja Isk teillä noin 80 % pienempi kuin edellisenä talvena. Kunnossapitoluokan Is teillä vähennystä oli noin 60 %. Keski-Suomen vertailuteillä kunnossapitoluokissa Is ja Isk talvella 1992—1993 suolaa käytettiin 5—11 % enemmän kuin edellisenä talvena. Kunnossapitoluokan I teillä lisäystä oli 32 % (kuva 6).

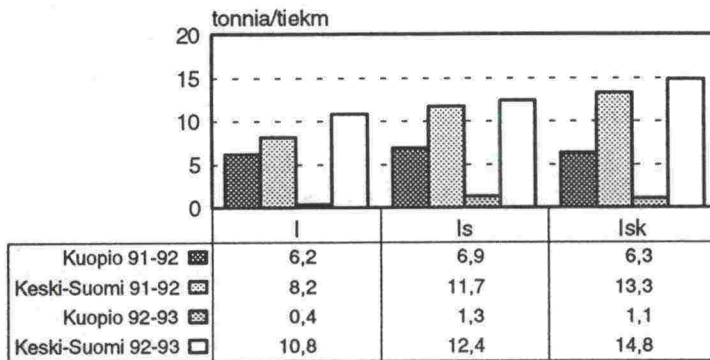
Suolan käytön kokeilusta aiheutunut vähenemä voidaan laskea vertaamalla kokeiluteiden talven 1992—1992 lukuja odotettuun suolamäärään joka saadaan olettamalla, että kokeiluteiden suolan käyttö olisi talvesta 1991—1992 muuttunut suhteellisesti yhtä paljon kuin vertailuteiden suolamäärä talvesta 1991—1992 talveen 1992—1993. Näin laskien suolan kokonaiskäyttö väheni eniten (87 %) kunnossapitoluokan I teillä. Kunnossapitoluokan Is teillä vähenemä oli 64 % ja kunnossapitoluokan Isk teillä 79 %. Oli odotettavissa, että vähenemä on suurin kunnossapitoluokan I teillä, joilla suolausta ohjeidenkin mukaan vähennettiin eniten. Muita pienempi vähenemä kunnossapitoluokan Is teillä johtuu paljolti siitä, että niitä hiekoitettiin muita enemmän. Kunnossapitoluokan Is suolasta yli puolet levitettiin hiekan seassa.



Kuva 6. Suolan käyttö Kuopion ja Keski-Suomen tiepiireissä talvikausina 1991—92 ja 1992—93. Luvut sisältävät sekä rakeisena tai liuksena sellaisenaan käytetyn suolan että hiekan seassa käytetyn suolan. Hiekoitushiekan seassa levitetyn suolan määräksi on oletettu 10 kg/tn.

Kuopion tiepiirin kunnossapitoluokkien II—IV teillä, joita kokeilu ei koskenut, talvella 1992—93 käytettiin suolaa 28 % vähemmän kuin edellisenä talvena. Keski-Suomen piirissä suolan käyttö kunnossapitoluokkien II—IV teillä väheni 23 % edelliseen talveen verrattuna. Näillä teillä suolaa käytetään lähes poikkeuksetta vain hiekan seassa parantamaan hiekan tarttuvuutta. Suolan käytön väheneminen kunnossapitoluokkien II—IV teillä voi johtua edellistä talvea helpommista olosuhteista tai kehittyneistä suolankäytön menetelmistä.

Rakeisen ja liuossuolan käytön kokeilusta johtunut muutos voidaan vertailuteiden avulla laskea samaan tapaan kuin kokonaissuolamäärän muutos edellä. Näin laskien rakeisen ja liuossuolan käyttö väheni kunnossapitoluokan I kokeiluteillä 90—95 % ja kunnossapitoluokkien Is ja lsk koeteillä noin 80 %. Keski-Suomessa käytettiin jo kokeilua edeltäneenä talvena 1991—1992 rakeista ja liuossuolaa kunnossapitoluokasta riippuen 30—110 % enemmän kuin Kuopiossa (kuva 7).

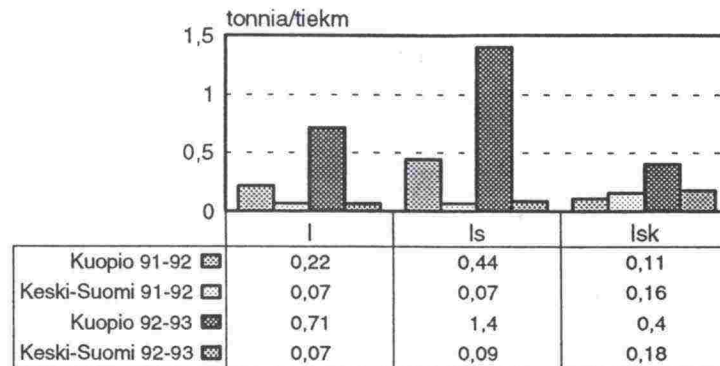


Kuva 7. Rakeisen ja liuossuolan käyttö Kuopion ja Keski-Suomen tiepiireissä talvikausina 1991—92 ja 1992—93.

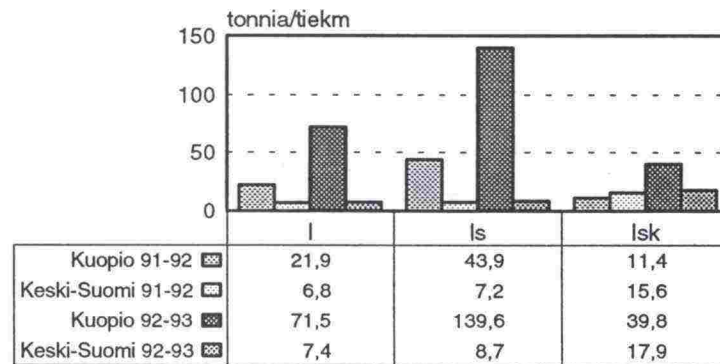
Hiekan seassa levitetyn suolan osuus kokonaissuolamäärästä oli kokeilua edeltäneenä talvena Kuopion koeteillä kunnossapitoluokasta riippuen 2—6 % ja Keski-Suomen vertailuteillä 0,6—1,2 %. Kokeilutalvena vastaavat osuudet olivat koeteillä kasvaneet 27—64 %:iin, mutta pysyivät vertailuteillä entisellään. Kokeiluteillä hiekan seassa levitetyn suolan määrä oli talvella 1992—1993 edelliseen talveen verrattuna kunnossapitoluokasta riippuen 3,2—3,6-kertainen (kuva 8).

Hiekan seassa levitetyn suolan määräksi on oletettu 10 kg/tn, mikä vastaa hiekoituksessa tyypillistä 15—20 kg:a suolaa hiekkakuutiometriä kohden. Jos todelliset määrät poikkeavat merkittävästi tästä, se vaikuttaa vastaavasti arvioihin kokeilun vaikutuksesta suolan käyttöön.

Kuopion kokeiluteitä hiekoitettiin kunnossapitoluokan lsk teitä lukuun ottamatta jo kokeilua edeltäneenä talvena selvästi enemmän kuin vertailuteitä. Kunnossapitoluokassa Is hiekoitusmäärä oli koeteillä kuusi kertaa niin suuri kuin vertailuteillä. Koeteillä hiekoitusta oli kokeilutalvena 1992—1993 kunnossapitoluokasta riippuen 3,2—3,5 kertaa niin paljon kuin edellisenä talvena. Kokeilutalvena kunnossapitoluokan Is teitä hiekoitettiin noin kaksi kertaa niin paljon kuin luokan I teitä, joita puolestaan hiekoitettiin noin kaksi kertaa niin paljon kuin luokan lsk teitä (kuva 9).



Kuva 8. Suolan käyttö hiekan seassa Kuopion ja Keski-Suomen tiepiireissä talvikausina 1991-1992 ja 1992-1993. Hiekoitushiekan seassa levitetyn suolan määräksi on oletettu 10 kg/tn.



Kuva 9. Hiekoitushiekan käyttö Kuopion ja Keski-Suomen tiepiireissä talvikausina 1991—1992 ja 1992—1993.

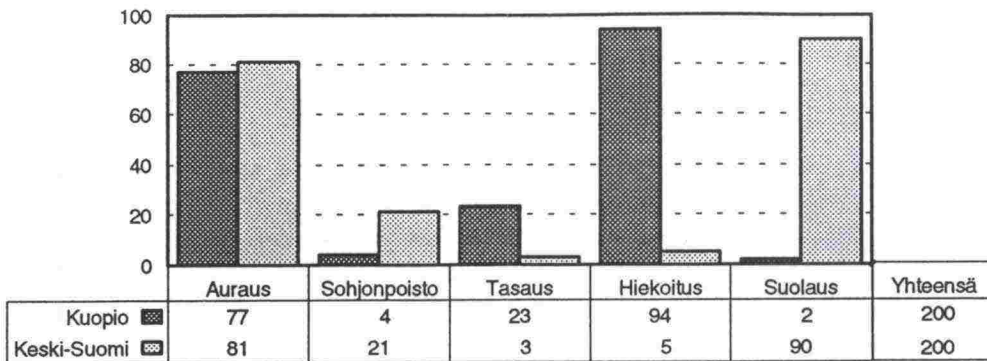
## 3.2 Talvihoidon työkerrat

### 3.2.1 Työkerrat poikkileikkauseurannan perusteella

Tielaitoksen tuotannon palvelukeskus on selvittänyt suolaamattomuuskokeilun vaikutusta kunnossapidon työmääriin ja kustannuksiin (Lappalainen 1993). Työmääriä seurattiin sekä Kuopion että Keski-Suomen tiepiireissä kuudessa kohteessa kunnossapitoluokan I teillä marras—maaliskuussa. Kuopiossa käytökelpoisia tietoja kuitenkin saatiin vain neljästä kohteesta. Kunnossapitoluokan 2 teillä, jotka eivät kuuluneet suolaamattomuuskokeilun piiriin, tehtiin havaintoja viidessä kohteessa kummassakin piirissä.

Toimenpidekertojen kokonaismäärässä ei ollut eroja koe- ja vertailuteiden välillä. Suolauskertoja oli Kuopion tiepiirin kokeiluteillä luonnollisesti vähemmän kuin Keski-Suomen vertailuteillä, mutta hiekoitusta vastaavasti enemmän. Sohjonpoistoa oli koeteillä vähennetyn suolauksen seurauksena vähemmän kuin vertailuteillä. Vastaavasti polanteen tasausta oli enemmän. Aurauksen määrässä koe- ja vertailuteiden välillä ei ollut eroa (kuva 10).





Kuva 10. Toimenpiteiden keskimääräiset lukumäärät Kuopion koeteillä ja Keski-Suomen vertailuteillä poikkileikkauslaskennan perusteella (marras—maaliskuu).

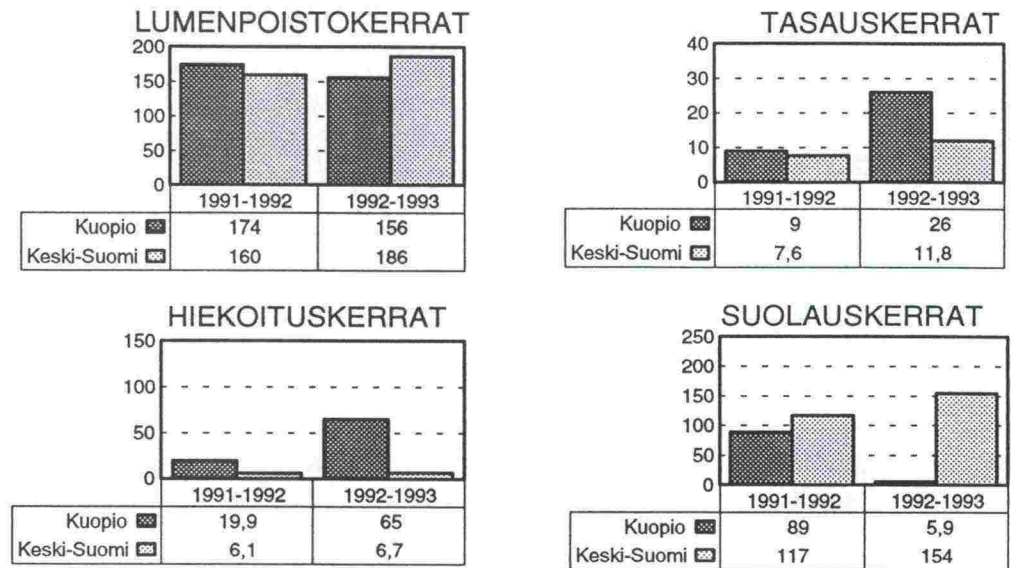
### 3.2.2 Työkerrat litteraseurannan perusteella

Tiepiirit käyttävät ns. litteraseurantaa erilaisten töiden määrien ja niistä aiheutuvien kustannusten seurannassa. Kaikista töistä, kuten esimerkiksi aurauksesta ja suolauksesta kirjataan työsuorite (esimerkiksi aurauskilometrien määrä tai levitetyn suolan määrä) sekä työstä aiheutunut kustannus. Litteraseurannan perusteella lasketut talvikunnossapidon suoritteet kunnossapitoluokittain on esitetty kuvissa 11—13.

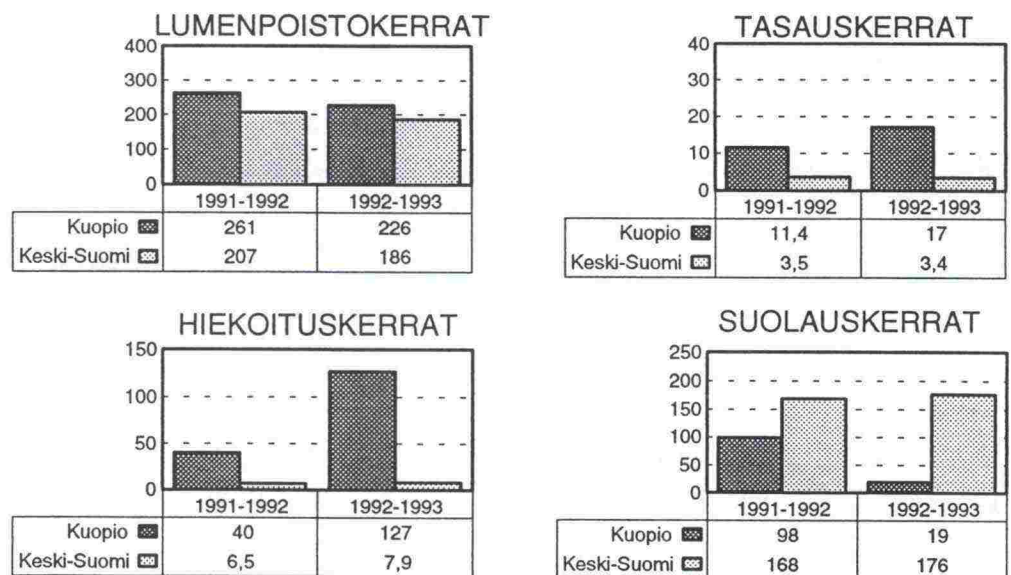
*Kunnossapitoluokassa I* kokeilutalvena lumenpoistoa oli kokeiluteillä jonkin verran vähemmän ja vertailuteillä vähän enemmän kuin edellisenä talvena. Erot olivat kuitenkin pieniä. Tienpinnan tasausta oli kokeilutalvena kokeiluteillä lähes 3 kertaa ja vertailuteillä 1,5 kertaa niin paljon kuin edellisenä talvena. Kokeilun voidaan arvioida kasvattaneen tasaustöiden määrän kaksinkertaiseksi. Hiekoituskertojen määrä kolminkertaistui. Suolauskertojen määrä aleni yli 90 %, vaikka se vertailuteillä samanaikaisesti kasvoi noin 30 %. Työkertojen kokonaismäärä pieneni kokeiluteillä noin 10 %, vaikka se vertailuteillä kasvoi noin 20 % talvesta 1991—1992 talveen 1992—1993. Kokeilutalvena työkertojen keskimääräinen lukumäärä vertailuteillä (359) oli 42 % suurempi kuin kokeiluteillä (253) (kuva 11). Tässä litteraseurannantulos poikkeaa merkittävästi poikkileikkausseurannasta, jonka mukaan työkertojen kokonaismäärässä ei ollut eroa. Poikkeama on samaa suuruusluokkaa, vaikka työmäärät litteraseurannassa laskettaisiin marras—maaliskuulle, kuten poikkileikkausseurannassa.

*Kunnossapitoluokassa Is* kokeilulla ei näyttänyt olleen vaikutusta lumenpoiston määrään, joka oli kokeilutalvena molemmissa piireissä jonkin verran pienempi kuin edellisenä talvena. Tienpinnan tasauksetöiden määrä oli kokeiluteillä lisääntynyt edellisestä talvesta noin 60 %, vaikka se vertailuteillä pysyi entisellään. Hiekoituskertojen määrä kokeiluteillä kolminkertaistui edelliseen talveen verrattuna, vertailuteillä hiekoitus lisääntyi noin 20 %. Suolaus väheni kokeiluteillä noin 80 %, mutta pysyi vertailuteillä ennallaan. Työkertojen kokonais-

määrä oli 376—410, eikä koe- ja vertailuteiden tai talvien välillä tässä suhteessa ollut merkittäviä eroja (kuva 12).

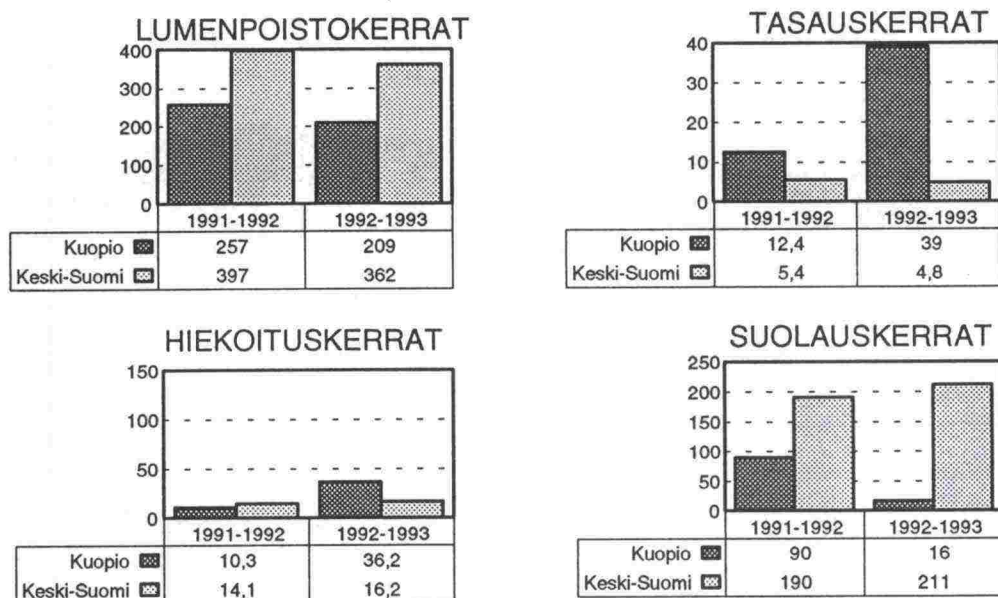


Kuva 11. Talvikunnossapidon työkerrat kunnossapitoluokan I teillä litteraseurannan perusteella loka—huhtikuussa. Lumenpoiston ja tasauksen työkerraksi on laskettu kaksi ajokertaa, hiekoituksen ja suolauksen työkerraksi yksi ajokerta. Hiekoituksen ja suolauksen työkerrat on laskettu tonnimääristä olettaen, että kertäkäsittelyssä hiekkaa kuluu 1,1 tn/tiekm ja suolaa 70 kg/tiekm.



Kuva 12. Talvikunnossapidon työkerrat kunnossapitoluokan Is teillä litteraseurannan perusteella loka—huhtikuussa. Lumenpoiston ja tasauksen työkerraksi on laskettu kaksi ajokertaa, hiekoituksen ja suolauksen työkerraksi yksi ajokerta. Hiekoituksen ja suolauksen työkerrat on laskettu tonnimääristä olettaen, että kertäkäsittelyssä hiekkaa kuluu 1,1 tn/tiekm ja suolaa 70 kg/tiekm.

Kunnossapitoluokassa Isk (kaksiajorataisilla teillä) lumenpoisto väheni ensimmäisenä kokeilutalvena molemmissa piireissä edelliseen talveen verrattuna. Tienpintaa tasattiin kokeiluteillä yli kolme kertaa niin usein kuin edellisenä talvena, vertailuteillä tasauksen määrä pysyi likimain ennallaan. Hiekoitus kasvoi kokeiluteillä noin 3,5-kertaiseksi edelliseen talveen verrattuna. Suolauskerroja oli kokeiluteillä noin 80 % vähemmän kuin edellisenä talvena. Työkertojen kokonaismäärä pieneni kokeiluteillä edelliseen talveen verrattuna noin 20 % (369:stä 300:aan), mutta pysyi vertailuteillä likimain ennallaan (606, 594). Työkertoja oli vertailuteillä kokeilutalvena noin kaksi kertaa niin paljon kuin koeteillä (kuva 13).



Kuva 13. Talvikunnossapidon työkerrat kunnossapitoluokan Isk (kaksiajorataisilla) teillä litteraseurannan perusteella loka—huhtikuussa. Lumenpoiston ja tasauksen työkerraksi on laskettu kaksi ajokertaa, hiekoituksen ja suolauksen työkerraksi yksi ajokerta. Hiekoituksen ja suolauksen työkerrat on laskettu tonnimäärästä olettaen, että kertakäsittelyssä hiekkaa kuluu 1,1 tn/tiekm ja suolaa 70 kg/tiekm. Teiden pituus on työkertoja laskettaessa otettu huomioon kaksinkertaisena, eli kumpikin ajorata on tavallaan otettu mukaan ikäänkuin itsenäisenä tienä.

Työmäärien poikkileikkauseurannan ja litteraseurannan perusteella suolauksen vähentämiskokeilulla on ollut seuraavia vaikutuksia talvikunnossapidon suoritteisiin:

- Aurauksen kokonaismäärään kokeilun vaikutus on ollut vähäinen. Sohjonpoistoa, jota kaikesta aurauksesta on poikkileikkauseurannan mukaan vertailuteillä ollut noin 20 %, kokeilu on vähentänyt selvästi (jopa 80 %). Tämä vastaa sohjonpoistokertojen vähenemistä noin 20:llä talvea kohden.
- Tien pinnan tasaukset kokeilu on lisännyt kunnossapitoluokan Isk teillä noin 250 %. Kunnossapitoluokkien Is ja I teillä vastaava lisäys oli 50—100 %. Luvut vastaavat sohjonpoistokertojen lisääntymistä 10—30:llä talvessa kunnossapitoluokasta riippuen.

- Hiekoitusmäärät ovat kokeiluteillä kolminkertaistuneet. Hiekoituskerroiksi muutettuina lisäys on 20—80 talvea kohden. Lisäys oli absoluuttisesti suurin kunnossapitoluokan Is teillä, joita jo ennen kokeilua hiekoitettiin yli kaksi kertaa niin usein kuin muita teitä.
- Rakeisena ja liuksena (ei hiekan seassa) käytetyn suolan määrä on vähentynyt kunnossapitoluokkien Isk ja Is teillä 80—85 %, kunnossapitoluokan I teillä 90—95 %. Suolauskertoina ilmaistuna vähenemä oli noin 80 talvea kohden.
- Työkertojen kokonaismäärät pysyi likimain ennallaan kunnossapitoluokan Is teillä, väheni noin 20 % kunnossapitoluokan Isk teillä ja väheni noin 40 % kunnossapitoluokan I teillä. Kokeilutalvena työkertoja oli kunnossapitoluokan I teillä noin 250, kunnossapitoluokan Is teillä noin 400 ja kunnossapitoluokan Isk teillä noin 300 (ajorataa kohden, eli noin 600 tiekilometriä kohden).

Litteraseurantaan perustuvien työkertojen arvioinnissa on käytetty seuraavia oletuksia:

- Työkerralla tarkoitetaan tien koko poikkileikkauksen käsittelyä. Aurauksen ja tasauksen osalta yksi työkerta edellyttää, että kumpikin ajosuunta auruutaan tai tasataan erikseen. Hiekoituksen ja suolauksen osalta on oletettu, että koko poikkileikkaus tulee käsiteltyä yhdellä kertaa.
- Hiekoituksen työkerrat on laskettu jakamalla litteraseurannassa ilmoitettu tonnimäärä tiestön pituudella, jolloin tuloksena on tiekilometrille talven aikana levitetty hiekkamäärä tonneina. Tämä on muutettu työkerroiksi olettamalla, että yhdellä hiekoituskerralla levitettävä hiekkamäärä on 1,1 tn/km, mikä oli tyypillinen määrä Kuopion piirissä kokeilutalvena. Käytännössä työkerrat on saatu jakamalla tiekilometrille levitetty hiekkamäärä (tn/tiekm) 1,1:llä.
- Suolauksen työkerrat on saatu litteraseurannan tonnimääristä vastaavalla tavalla kuin hiekoituskerrat. Suolaa on oletettu käytettävän yhtä suolauskertaa kohden 70 kg/tiekm, mikä vastaa niukahkoa suolausta ja Kuopion piirin käytäntöä kokeilutalvena.

Työkerralla levitettäviä hiekka- ja suolamääriä koskeviin oletuksiin mahdollisesti sisältyvät virheet voivat merkittävästi vääristää tuloksia. Jos esimerkiksi kerralla levitettävä suolamäärä kokeiluteillä oli todellisuudessa vaikkapa 50 kg/tiekm 70 kg/tiekm:n sijasta, suolauksen työkertojen määrä on laskelmissa tullut aliarvioiduksi noin 30 %.

### 3.3 Talvihoidon kustannukset

#### 3.3.1 Kustannukset poikkileikkauseurannan perusteella

TIEL:n Tampereen kehitysyksikkö (Tky) on laskenut kunnossapidon kustannukset poikkileikkauseurannasta saatujen toimenpidekertojen perusteella (kuva 9). Toimenpidekerralla tarkoitetaan, että tie on poikkileikkauksen kohdalla käsitelty (esim. aurattu tai höylätty) molempiin suuntiin. Työkertojen hintoina on käytetty seuraavia, tiemestaripiirien ilmoittamiin lukuihin perustuvia keskimääräisiä arvoja (Lappalainen 1993):

– auras	kuorma-autolla	23 mk/kerta/tiekilometri
– auras	tiehöylällä	50 mk/kerta/tiekilometri
– sohjonpoisto	kuorma-autolla	23 mk/kerta/tiekilometri
– sohjonpoisto	tiehöylällä	50 mk/kerta/tiekilometri
– tasaus	tiehöylällä	80 mk/kerta/tiekilometri
– tasaus	kuorma-autolla	35 mk/kerta/tiekilometri
– hiekoitus		60 mk/kerta/tiekilometri
– suolaus		50 mk/kerta/tiekilometri

Vastaavat kustannukset voidaan laskea myös tiepiirien litteraseurannan perusteella tietyin oletuksin (auraus ja tasaus vaativat molempien kaistojen käsittelyn erikseen, hiekoitus ja suolaus hoituvat yhdellä käsittelyllä, yhtä hiekoituskertaa vastaava hiekkamäärä on 1,1 tonnia/tiekm ja suolamäärä 70 kg/tiekm). Litteraseurannan perusteella lasketut toimenpiteiden hinnat talvella 1992—1993 olivat seuraavat:

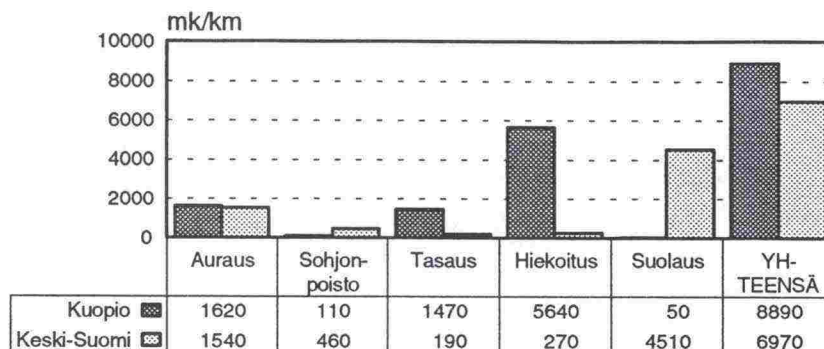
Toimenpide	Kuopio	Keski-Suomi
Lumenpoisto	23 mk/kerta/tiekm	20 mk/kerta/tiekm
Tasaus	54 mk/kerta/tiekm	57 mk/kerta/tiekm
Hiekoitus	74 mk/kerta/tiekm	90 mk/kerta/tiekm
Suolaus	94 mk/kerta/tiekm	34 mk/kerta/tiekm

Aurauksen ja tasauksen kustannukset ovat molemmissa piireissä hyvin samansuuruiset ja samanlaiset kuin Tky:n käyttämät arvot. Hiekoituskustannukset ovat olleet jonkin verran korkeammat kuin Tky:n käyttämät arvot. Kuopiossa ne ovat olleet jonkin verran halvemmat kuin Keski-Suomessa. Hiekoituksen lisääntyminen on ilmeisesti osaltaan pienentänyt yksikkökustannuksia. Suolauskustannukset Kuopiossa ovat olleet Keski-Suomeen verrattuna lähes kolminkertaiset. Suolauksen määrän vähentäminen on saattanut jonkin verran lisätä yksikkökustannuksia. Ero on kuitenkin niin suuri, että siihen ilmeisesti vaikuttaa muitakin tekijöitä. Yksi mahdollinen selitys on, että kerralla levitetty suolamäärä (tn/tiekm) on Kuopiossa ollut kertaluokkaa pienempi kuin Keski-Suomessa. Jos näin on, työkerran litteraseurantaan perustuvat kustannukset Kuopiossa (mk/kerta/tiekm) ovat tulleet yliarvioituiksi suhteessa Keski-Suomen kustannuksiin, koska laskelmissa on oletettu kerralla levitetty suolamäärät molemmissa piireissä yhtä suuriksi.

Vertailu litteraseurannan kustannuksiin osoittaa, että Tky:n käyttämät yksikkökustannukset lumenpoiston ja tasauksen osalta ovat hyvin lähellä litteraseurannan mukaisia, toteutuneita kustannuksia. Tky:n käyttämä hiekoituksen yksikköhinta on pikemminkin ali- kuin yliarvioitu. Suolauksen yksikköhinta näyttää enemmän yli- kuin aliarvioidulta. Kun kokeilu vähentää suolausta ja lisää hiekoitusta, Tky:n käyttämällä yksikköhinnoilla kokeilun kustannusvaihteluksista saadaan ennemminkin liian positiivinen kuin negatiivinen kuva.

Edellä esitettyjen toimenpidekertojen lukumäärän ja yksikköhintojen mukaiset talvikunnossapidon kustannukset talvella 1992—1993 olivat poikkileikkaus-seurannan perusteella Kuopiossa 8 900 mk/km (vaihteluväli eri poikkileikkauksissa oli 7 200—10 700 mk/km) ja Keski-Suomessa 7 000 mk/km (5 900—8 100 mk/km). Ero johtuu ensinnäkin siitä, että liukkaudentorjunnan kertakustannus on hiekkää käyttämällä 20 % kalliimpaa kuin suolaa käyttämällä ja

toiseksi siitä, että suolaamattomilla osuuksilla on tehty paljon tasausta tiehöylällä, mikä on muihin kunnossapitotoimiin verrattuna kallista (kuva 14).



Kuva 14. Kunnossapitokustannukset tiekilometriä kohden poikkileikkausseurannan perusteella talvella 1992–1993 (marraskuu–maaliskuu) (Lappalainen 1993).

Poikkileikkausseurantaan perustuvassa kustannuslaskennassa on otettu huomioon seuraavia seikkoja:

- Kun on samanaikaisesti tehty kahta työtä, esimerkiksi aurattu ja suolattu, on käytetty kalliimman työn kertahintaa.
- Tasaus on pääasiassa tehty tiehöylällä, auraus ja sohjonpoisto kuormautolla.
- Hiekoituksen hinta perustuu työyksikön päiväsuoritteeseen ja kustannuksiin, jolloin tulee otettua huomioon se, että risteykset ja mäet hiekoitetaan useammin kuin muut osuudet.
- Töiden todelliset yksikköhinnat vaihtelevat, sillä kalusto on konepankki-veloitushinnaltaan erilaista ja tyypiltään vaihtelevaa. Myös työntekijöiden palkoissa on eroja. Käyttämällä edellä mainittuja tyypillisiä Kuopion ja Keski-Suomen tiepiirien yksikköhintoja kaikille töille, vertailusta on puhdistettu kaluston ja palkkojen erojen vaikutusta.

Talvikunnossapito suolaamattomuuskokeilun teillä oli työmäärien poikkileikkausseurantaan perustuvan laskennan mukaan keskimäärin 27 % kalliimpaa kuin vertailuteillä. Poikkileikkausseurannassa ei ollut mukana kunnossapitoluokkien Is ja Isk teitä. Koska valtaosa kokeiluteistä kuului kunnossapitoluokkaan I, myös koko kokeilutiestön talvihoitoa koskeva kokonaisvaikutus on samaa suuruusluokkaa.

### 3.3.2 Kustannukset litteraseurannan perusteella

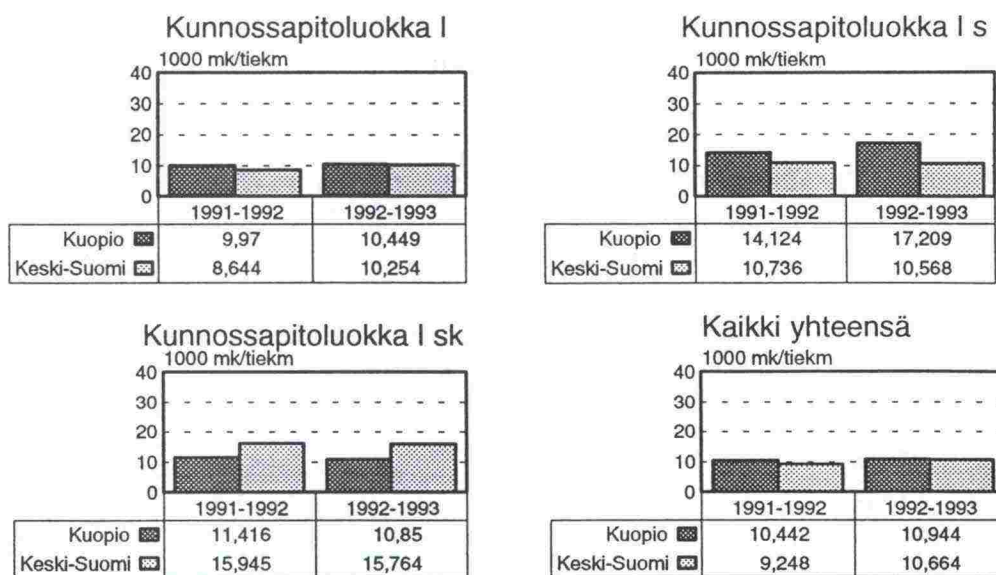
Litteraseurannan mukaiset lumenpoiston, tasauksen, hiekoituksen ja suolauksen yhteenlasketut kustannukset olivat kokeilutalvena kunnossapitoluokan I kokeiluteillä 5 % suuremmat kuin edellisenä talvena. Kunnossapitoluokan Is kokeiluteillä vastaava muutos oli kustannusten kasvu 22 %:lla. Kunnossapitoluokassa Isk kustannukset pienenevät 5 %. Vertailuteillä kustannukset kasvoivat kunnossapitoluokassa I 19 %, mutta pysyivät kunnossapitoluokissa Is ja Isk likimain ennallaan (kuva 15).

Kuvassa 15 on esitetty myös kaikkia teitä yhteensä koskeva kustannusvaikutus. Se on saatu painottamalla eri kunnossapitoluokkien teiden kustannuksia niiden tiepituudella. Kokeiluteillä talvihoidon kustannukset tiekilometriä kohden olivat kokeilutalvena noin 500 mk (5 %) suuremmat kuin edellisenä talvena. Vertailuteillä kustannukset kuitenkin lisääntyivät vielä enemmän. Keskimääräisiin kustannuksiin perustuva vertailukaan ei välttämättä anna täysin oikeaa kuvaa kokeilun vaikutuksista, koska eri kunnossapitoluokkiin kuuluvien teiden pituudet ja osuudet olivat kokeilutalvena erilaiset kuin edellisenä talvena sekä kokeilu- että vertailuteillä (kuva 3, s. 10). On myös kyseenalaista, ovatko vertailuteiden kustannusten muutokset erityisesti kunnossapitoluokassa I (19 %:n kasvu) seurausta pelkästään talvien erilaisuudesta. Muutosten erilaisuus eri kunnossapitoluokissa viittaa kunnossapitostrategian muutokseen. Sen vuoksi vertailuteiden käytöstä pelkästään olosuhdemuutosten kuvaajana on tässä yhteydessä luovuttu.

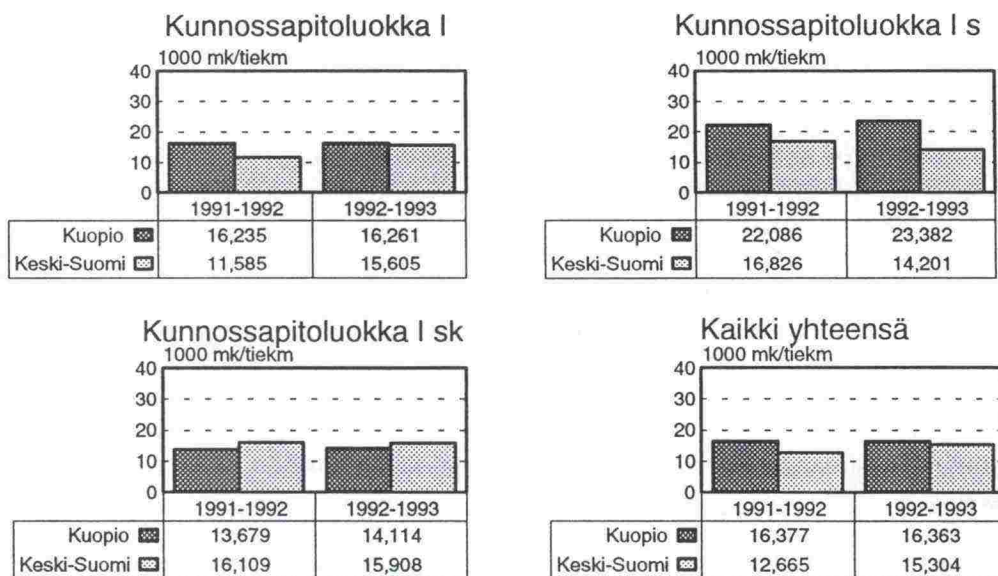
Talvihoitoon kuuluu lumenpoiston, tasauksen, hiekoituksen ja suolauksen lisäksi muitakin toimenpiteitä, kuten aurausviitoitus sääntarkkailu ym. Jos kustannusvaikutukset lasketaan talvihoidon kokonaiskustannusten perusteella (littera 9100) tulokset poikkeavat jossain määrin kuvassa 15 esitetyistä. Kokeiluteiden kustannukset pysyivät kunnossapitoluokassa I kokeilutalvena samalla tasolla kuin edellisenäkin talvena. Kunnossapitoluokassa Is ja lsk kustannukset lisääntyivät 5 % ja 3 %. Vertailuteillä muutokset olivat huomattavasti suurempia: kunnossapitoluokassa I kustannukset kasvoivat kolmanneksella, kunnossapitoluokan Is teillä ne pienenevät 16 % ja luokan lsk teillä pysyivät likimain ennallaan (kuva 16).

Koska kokeiluteiden yhteispituudesta valtaosa oli kunnossapitoluokassa I (kuva 3, s. 10), jolle kohdistui myös valtaosa kustannuksista (5,14 Mmk, 83 %), näitä teitä koskevat kustannusvaikutukset ratkaisevat suurelta osin, mikä on koko kokeilutiestä koskeva vaikutus yhteensä. Vertailuteiden talvien 1991—1992 ja 1992—1993 välisten kustannustason muutosten erilaisuus eri kunnossapitoluokissa viittaa kunnossapitostrategian muutokseen vertailuteillä. Siksi vertailuteiden kustannuksia ei tässä ole käytetty olosuhdemuutosten kuvaajana eli ennustamaan yhdessä koeteiden edellisen talven kustannusten perusteella, mitkä kustannukset kokeiluteillä kokeilutalvena olisivat olleet, jos kokeilua ei olisi toteutettu.

Kuvista 15 ja 16 näkyvät myös piirien talvihoidon kustannusten erot, jotka voivat johtua paitsi työmäärien eroista myös kustannustason eroista. Kokeiluteiden talvihoito oli kunnossapitoluokan Is teillä Kuopiossa selvästi kalliimpaa kuin Keski-Suomessa. Kunnossapitoluokassa lsk tilanne oli päinvastoin. Kunnossapitoluokassa I kiinnittää huomiota vertailuteiden talvien 1991—1992 ja 1992—1993 välinen kustannusten kasvu, josta suurin osa johtui muista kuin auraus-, tasaus-, hiekoitus- tai suolaukuskustannuksista.



Kuva 15. Lumenpoiston, tasauksen, hiekoituksen ja suolauksen yhteenlasketut kustannukset kunnossapitoluokittain litteraseurannan perusteella (loka—huhtikuu). Kunnossapitoluokan Isk (kaksiajorataiset tiet) pituus on laskelmissa otettu mukaan kaksinkertaisena.



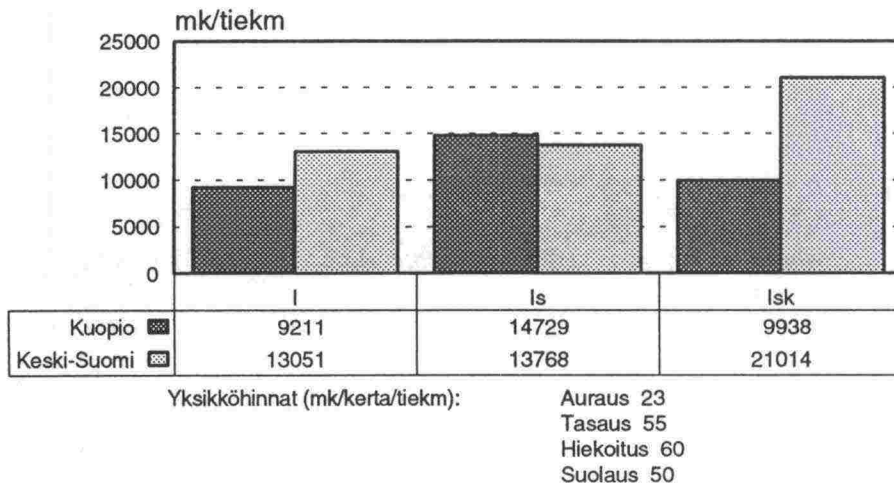
Kuva 16. Talvikunnossapidon kokonaiskustannukset (littera 9100) kunnossapitoluokittain litteraseurannan perusteella (loka—huhtikuu). Kunnossapitoluokan Isk (kaksiajorataiset tiet) pituus on laskelmissa otettu mukaan kaksinkertaisena.

Kustannukset voidaan laskea myös perustamalla työmäärien laskenta litterointiin, mutta käyttämällä kiinteitä yksikköhintoja. Silloin piirien kustannustasojen erot eivät hämää itse kokeilun vaikutusta. Tällaisen vertailun tulos talvelta 1992—1993 on esitetty kuvassa 17. Tiekilometriä kohden lasketut talvihoidon kustannukset olivat Kuopiossa kunnossapitoluokassa I 30 % pienemmät kuin Keski-Suomessa. Kunnossapitoluokassa Isk kustannukset Kuopiossa olivat



alle puolet Keski-Suomen vastaavista kustannuksista. Kunnossapitoluokassa Is Kuopion kustannukset olivat 7 % suuremmat kuin Keski-Suomen.

Kuvan 17 kustannusvertailun taustalla ovat litteraseurannan perusteella lasketut työkerrat. Niiden laskennassa on oletettu, että hiekoituksessa kerralla levitettävä hiekkamäärä on 1,1 tn/tiekm ja suolauksessa levitettävä suolamäärä vastaavasti 70 kg/tiekm. Jos nämä luvut ovat virheellisiä ja varsinkin, jos ne todellisuudessa poikkeavat toisistaan kokeilu- ja vertailuteillä, niihin perustuva kustannusvertailu antaa helposti pahoin vääristyneen kuvan suolaamattomuuskokeilun vaikutuksista.



Kuva 17. Talvihoidon kokonaiskustannukset auruksen, tasauksen, hiekoituksen ja suolauksen osalta litteraseurantaan perustuvien suoritteiden ja kuvan yksikköhintojen perusteella loka—huhtikuussa 1992—1993. Suoritteiden laskennassa on oletettu, että suolaa levitetään yhtä suolauskertaa kohti 70 kg/tiekm ja hiekkaa 1,1 tn/tiekm.

### 3.3.3 Yhteenvedo kustannuslaskelmista

Suolauksen vähentämiskokeilun kustannusvaikutukset oli alunperin tarkoitus laskea kokeilutalven ja edellisen talven kustannustietojen perusteella käyttämällä Keski-Suomen piiriä vertailupiirinä, jonka avulla tuloksista puhdistettaisiin talvien erilaisuuden vaikutus. Keski-Suomessa työmäärien ja kustannusten erot kokeilutalven ja edellisen talven välillä olivat kuitenkin hyvin erilaiset eri kunnossapitoluokissa. Tämä viittaa siihen, että myös Keski-Suomessa talvihoidon politiikka oli kokeilutalvena erilainen kuin edellisenä talvena. Sen vuoksi vertailupiirin tietoja ei voitu käyttää peräkkäisten talvien erilaisuudesta johtuvien kustannuserojen puhdistamiseksi Kuopion piirin kahden peräkkäisen talven vertailusta. Suolaamattomuuden vähentämiskokeilun vaikutusten selvittämiseksi jää silloin kolme mahdollisuutta:

- 1) Verrataan koeteiden kahden peräkkäisen talven kustannuksia. Silloin virhettä aiheutuu peräkkäisten talvien välisistä eroista johtuvista työmäärien eroista.

- 2) Verrataan kokeiluteiden kokeilutalven litteraseurannan kustannuksia vertailuteiden vastaaviin lukuihin samana talvena. Silloin virhettä aiheuttavat maantieteellisistä seikoista johtuvat erot talven olosuhteissa. Koska piirien talvihoidon politiikat poikkesivat toisistaan jo kokeilua edeltäneinä talvina, vertailu ei kuvasta Kuopion talvihoidon muutoksen vaikutusta kokeilutalven ja sitä edeltäneen talven välillä, vaan eroa piirien talvihoitopolitiikassa kokeilutalvena.
- 3) Kuten kohta 2, mutta laskenta perustetaan poikkileikkausseurannan työmääriin ja kiinteisiin yksikköhintoihin. Laskenta voidaan kohdistaa vain kunnossapitoluokan I teihin, koska kunnossapitoluokkien Is ja Isk teillä ei tehty poikkileikkausseurantaa.

Kustannukset voidaan lisäksi laskea vain poikkileikkausseurannan kohteena olleista töistä (auraus, tasaus, hiekoitus ja suolaus) tai kaikista talvihoidon töistä, joihin lukeutuvat em. lisäksi mm. aurausviitoitus ja sääntarkkailu. Kunnossapitoluokassa I em. laskutavat antavat kokeilulle seuraavat tiekilometriä kohden lasketut kustannusvaikutukset:

	Auraus, tasaus, hiekoitus ja suolaus Poikkileikkausseuranta	Litteraseuranta	Koko talvihoito Litteraseuranta
1)	-	+5 %	±0 %
2)	-	+2 %	+4 %
3)	+ 27 %	-	-

Kunnossapitoluokassa Is vastaavat tiekilometriä kohden lasketut kustannusvaikutukset ovat:

	Auraus, tasaus, hiekoitus ja suolaus Litteraseuranta	Koko talvihoito Litteraseuranta
1)	+22 %	+6 %
2)	+63 %	+65 %

Kunnossapitoluokassa Isk tiekilometriä kohden lasketut kustannusvaikutukset em. laskutavoilla ovat:

	Auraus, tasaus, hiekoitus ja suolaus Litteraseuranta	Koko talvihoito Litteraseuranta
1)	-5 %	+3 %
2)	-31 %	-11 %

Eri menetelmillä lasketuissa vaikutuksissa on paljon vaihtelua. Kokeilu- ja vertailuteiden kokeilutalven kustannusten vertailussa laskettu vaikutus (laskutapa 2) sisältää myös lähtötilanteessa edellisenä talvena olleet erot. Jos kokeiluteiden talvihoidon kustannus silloin oli korkeampi kuin vertailutalven, kokeilun vaikutus talvihoidon kustannuksiin tulee yliarvioiduksi (kustannusten lisäys saadaan todellista suuremmaksi). Näin oli asianlaita kunnossapitoluokissa I ja Is. Kunnossapitoluokassa Isk tilanne oli päinvastainen ja kokeilun kustannusvaikutus tuli laskutavalla 2 aliarvioiduksi.

Laskutapa 1 jättää huomioimatta peräkkäisten talvien erilaisuuden vaikutuksen. Kohdassa 2 (s. 11) esitettyjen tietojen perusteella, talvien välillä oli eroja: Kokeilutalvena loka- ja marraskuu olivat Kuopiossa kylmempiä kuin edellisenä talvena ja lumisadepäiviä oli enemmän. Kaiken kaikkiaan kokeilutalvi näytti sääolosuhteiden perusteella edellyttävän jonkin verran enemmän talvihoitoa kuin edellinen talvi. Tämän takia kokeilun vaikutukset talvihoidon kustannuksiin ovat laskutapaa yksi käyttäen saattaneet tulla yliarvioituiksi. Virhe lienee kuitenkin laskutapaa 1 käyttäen pienempi kuin laskutapaa 2 käyttäen.

Jos edellä esitetyn perusteella jätetään huomiotta laskutapaa 2 käyttäen lasketut vaikutukset, suolauksen vähentämiskokeilun vaikutukset talvihoidon tiekilometriä kohden laskettuihin kustannuksiin ensimmäisenä kokeilutalvena olivat:

— kunnossapitoluokassa I	0... + 27 %
— kunnossapitoluokassa Is	+ 6... + 22 %
— kunnossapitoluokassa Isk	- 5... + 3 %

Koska kunnossapitoluokan I osuus kokeiluteiden kokonaispituudesta oli yli 80 %, niitä koskeva kustannusvaikutus on ratkaiseva laskettaessa kokeilun vaikutusta piirin talvihoidon kokonaiskustannuksiin koko kokeilutieverkolla.

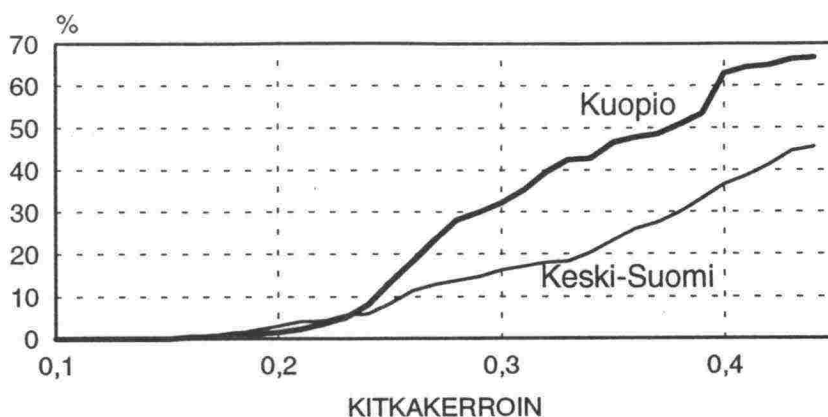
Kunnossapitoluokassa I poikkileikkaus- ja litteraseurantoihin perustuvat laskutavat antoivat varsin erilaiset tulokset. Syitä tähän voivat olla puutteet poikkileikkausten edustavuudessa ja työkertojen kirjaamisessa, piirien väliset erot kustannustasossa sekä epätarkkuudet töiden ja kustannusten kirjaamisessa litteroille.

### 3.4 Keliolosuhteet

Tielaitoksen tuotannon palvelukeskus on selvittänyt koe- ja vertailuteiden keliolosuhteita talvella 1992—1993 (Lappalainen 1993). Tiepiirien henkilökunta on määrittänyt keliolosuhteet ja mitannut kitkan (Digislope-mittarilla) kummasakin piirissä samoissa poikkileikkauksissa, joissa seurattiin talvikunnossapidon määrää. Keliä seurattiin piirin normaalien laadunseurannan yhteydessä kahdesti viikossa. Laadunseurantaa tehtiin ennalta määrätyn ohjelman mukaisesti kaikkiaan neljällä vakioreitillä, joiden varrella tuotannon palvelukeskuksen mittauspoikkileikkaukset sijaitsivat. Mittauksia tehtiin kahdesti viikossa klo 6—17.

Erittäin liukkaita kelejä (kitkakerroin alle 0,20) oli molemmissa piireissä alle 3 %. Kuopion piirin tavoitetasoksi asettaman 0,25 kitkakertoimen alituksia oli Kuopiossa 13 % ja Keski-Suomessa 8 %. Keski-Suomen tavoitetason 0,30 kitkakertoimen alituksia oli Kuopiossa 32 % ja Keski-Suomessa 16 % (kuva 18).

Kuopion piirin kitkahavainnoista noin kolmannes oli välillä 0,24—0,33. Keski-Suomessa vastaavaa kasautumaa ei ole havaittavissa. Ilmeisesti hiekkaan perustuvalla liukkaudentorjunnalla onnistutaan nostamaan kitka tälle tasolle. Suolalla tienpinta saadaan usein paljaaksi ja kitka nousee huomattavasti suuremmaksi.



Kuva 18. Kumulaatiiviset kitkatason alitusprosentit Kuopion ja Keski-Suomen piireissä talvella 1992—1993 (marras—maaliskuu).

Tasaisuuden osalta Keski-Suomessa edellytettiin, ettei tiellä ole yli 10 mm:n paksuisia polanteita. Tämä vaatimus täytettiin Keski-Suomessa 99 %:ssa ja Kuopiossa 90 %:ssa mittauksista. Kuopion piirissä em. tasaisuusvaatimuksesta kuitenkin tingittiin jo etukäteen, koska oli tiedossa, että suolaamattomille teille muodostuu tavallista enemmän polannetta. Kuopiossa tasaisuusvaatimuksena oli, että "polanne on tasainen eivätkä mahdolliset epätasaisuudet juuri häiritse ajoa". Tämä vaatimus täyttyi kaikissa mittauksista.

Edellä esitetyt keliseurannan tulokset koskevat päiväaikaa ja niissä lauontain ja sunnuntain painotus on vain puolet arkipäivien painotuksesta. Ne voivat antaa kelien ajallisesta jakaumasta jonkin verran todellisuutta paremman kuvan, jos kelit esimerkiksi yöllä ovat liukkaampia kuin päivällä. Koska valtaosa liikennesuoritteesta ajetaan päivällä, ne ilmeisesti kuvaavat liikenteen kokemia keliolosuhteita kohtalaisen hyvin. Piirien eroista ne ilmeisesti antavat hyvän kuvan, koska ei ole syytä olettaa, että kunnossapidon ajoituksessa on piirien välillä merkittäviä eroja. Tulosten tarkkuutta arvioitaessa on otettava huomioon se, että ne perustuvat vain kuuteen poikkileikkaukseen kummassakin piirissä. Edustavuus tuskin on täydellinen, mutta edustavuuden puutteista mahdollisesti aiheutuvat virheet tuskin ovat niin suuria, etteivätkö esitetyt piirien väliset erot olisi pääpiirteittäin oikeansuuntaisia.

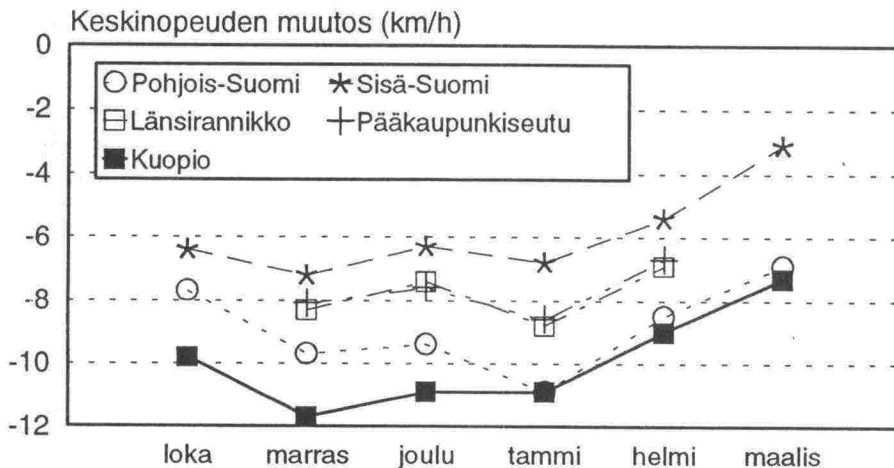
Kaiken kaikkiaan tiedot olivat Kuopion piirissä jonkin verran liukkaampia ja epätasaisempia kuin Keski-Suomessa. Kaikkein liukkaimpien kelien (kitkakerron < 0,20) esiintymisessä ei kuitenkaan ollut merkittäviä eroja. Kuopion piirissä on varsin hyvin onnistuttu täyttämään asetetut tavoitteet, joista tosin oli tingitty sekä kitkan että tasaisuuden osalta verrattuna Keski-Suomen piiriin tai aikaisempiin talviin.

### 3.5 Ajotavat

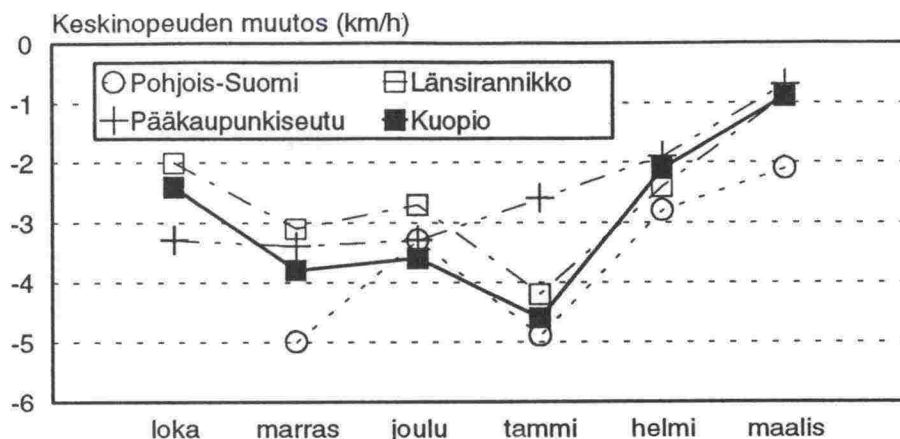
Suolaamattomuuskokeilun vaikutusta ajotapoihin tarkastellaan liikenteen automaattisten mittausasemien (LAM-asemien) mittaamien ajonopeuksien ja aikavälien perusteella. Kuopion piirin LAM-asemat olivat valtatie 5:llä Leppävirralla ja Siilinjärvellä sekä valtatie 9:llä Suonenjoella. Vertailussa käytetyt Sisä-Suomen pisteet olivat valtatie 4:llä Pyhäjärvellä, Kärämäellä, Jyväskylän mlk:ssa ja Äänekoskella, valtatie 6:lla Joensuussa sekä valtatie 5:llä Joroisissa. Vertailun perustasona ovat toukokuun 1993 nopeudet ja aikavälit. Kokeilun vaikutusta selvitetään vertaamalla niitä talven 1992—1993 vastaaviin mittaustuloksiin. Sään ja kelin vaikutusta ajotapoihin on tutkittu tiesääasemien tietojen perusteella. Aineistosta on otettu analyysiin vain sellaiset ajankohdat, joiden keliolosuhteet on voitu luotettavasti määrittää. Tielaitoksen henkilökunta on tehnyt kelitietoja täydentäviä kitkamittauksia Digislope-laitteilla. Aineistoa ja menetelmiä on tarkemmin kuvattu Oulun yliopiston raportissa, johon seuraavassa esitettävät tulokset perustuvat (Saastamoinen 1993).

Talvikauden nopeudet talvinopeusrajoituksen 80 km/h alaisilla teillä (joilla kesäisin on 100 km/h rajoitus) alenivat toukokuun nopeuksiin verrattuna - Kuopion koeteillä 3—5 km/h enemmän kuin vastaavilla teillä muualla Sisä-Suomessa (kuva 19). Pysyvän 80 km/h rajoituksen alaisilla teillä vastaavaa nopeuden alenemista ei ollut havaittavissa (kuva 20).

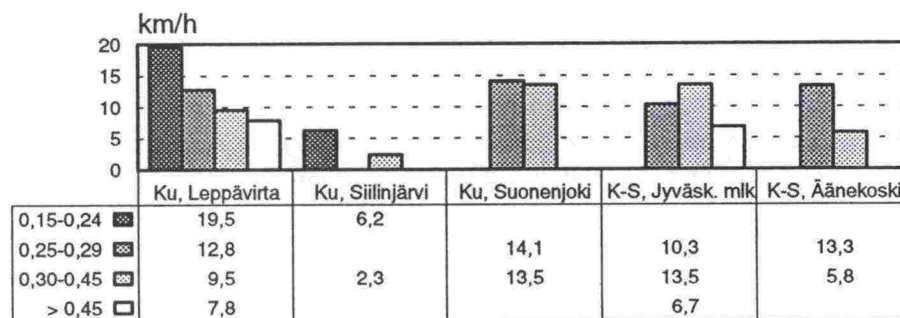
Keli vaikutti nopeuksiin koko maassa tyypillisesti siten, että nopeudet alenivat noin 10 km/h, kun kitkataso pieneni alle 0,3—0,4:n. Kitkan väheneminen tästä edelleen ei enää alentanut nopeuksia lisää. Poikkeuksena oli Kuopion piirin Leppävirran mittauspiste, jossa nopeudet alenivat jatkuvasti kitkan pienentyessä siten, että kitkatasolla 0,15—0,24 nopeudet olivat noin 20 km/h pienempiä kuin kesäajan nopeudet (ko. kohdassa oli talvirajoitus 80 km/h) (kuva 21).



Kuva 19. Keskinopeuden muutos talvinopeusrajoituksen 80 km/h alaisilla teillä verrattuna toukokuun 1993 nopeuksiin (Saastamoinen 1993).



Kuva 20. Keskinopeuden muutos pysyvän 80 km/h nopeusrajoituksen alaisilla teillä verrattuna toukokuun 1993 nopeuksiin (Saastamoinen 1993).

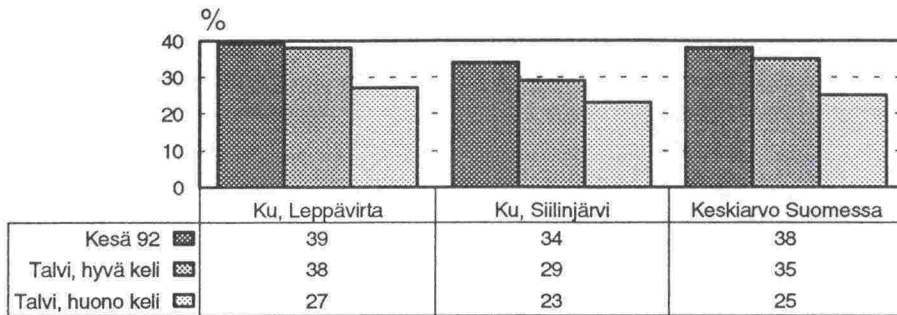


Kaikista pisteistä ei ole havaintoja kaikilta keleiltä

Kuva 21. Kitkan vaikutus ajonopeuksiin Kuopion (Ku) ja Keski-Suomen (K-S) mittauspisteissä: Nopeuden aleneminen kesänopeuksiin verrattuna (Saastamoinen 1993).

Suolaamattomuuskokeilulla ei näyttänyt olleen vaikutusta alle 1,5 s ajoneuvovälien osuuteen. Leppävirran ja Siilinjärven mittauspisteissä alle 1,5 s aikavälillä edellä ajavaan (takapuskurista etupuskuriin) ajoi kesällä 1993 34–39 % kaikista jonossa ajavista (jonossa ajavina pidettiin kaikkia, joiden aikaväli edellä ajavaan oli alle 5 s). Talvella 1992–1993 vastaava osuus hyvissä keliolosuhteissa oli 1–5 prosenttiyksikköä pienempi ja liukkaalla kelillä 11–12 prosenttiyksikköä pienempi. Vaikka liukas keli vähensi lyhyitä aikavälejä, vaikutus oli Kuopion kokeiluteillä samankaltainen kuin muualla Suomessa vastaavilla teillä (kuva 22). Kokeilulla ei myöskään havaittu olleen vaikutusta lyhyempien alle 1 s aikavälien osuuteen, joka oli sekä Kuopiossa että muualla maassa hieman alle 10 % jonossa ajaneista. Alle 0,5 s aikavälien osuus oli luokkaa 0,5 % jonossa ajaneista, eikä se Kuopiossa oleellisesti poikennut muun maan vastaavasta osuudesta.

Liikkuvan poliisin havaintojen mukaan kokeilu vaikutti ajotapoihin myönteisesti. Sää ja keli otettiin entistä paremmin huomioon, suuret ylinopeudet vähenivät, jonoissa maltettiin ajaa entistä paremmin ja ajoneuvojen väliset etäisyydet pitenevät.



Kuva 22. Alle 1,5 s aikavälien osuus jonossa ajavista eri keleillä Kuopion koeteiden mittauspisteissä ja koko maan keskiarvot (Saastamoinen 1993).

### 3.6 Onnettomuudet

Kokeilun vaikutus onnettomuuksiin lasketaan vertaamalla kokeiluteiden kokeilutalven todellista onnettomuusmäärää laskennalliseen, odotettuun onnettomuusmäärään. Odotettu onnettomuusmäärä kertoo, kuinka monta onnettomuutta kokeiluteillä olisi tapahtunut, jos 1) kokeilua ei olisi toteutettu ja 2) onnettomuusmäärän yleinen kehitys olisi ollut kokeiluteillä samanlainen kuin vertailuteillä.

Vertailuteiden tarkoituksena on edustaa yleistä onnettomuuskehitystä, jossa otetaan huomioon mm. liikennemäärien ja onnettomuusriskin yleiset, valtakunnallisen tason muutokset. Liitteessä 1 on esitetty onnettomuuksien ja niiden uhrien lukumäärän kehitys kuuden viimeisen talven aikana pääteillä tiepiireittäin. Tarkastelu on rajattu pääteihin, koska myös kokeilutiet olivat sellaisia. Talvella 1992—1993 Kuopion piirin kokeiluteiden onnettomuudet kattoivat noin kaksi kolmasosaa pääteiden kaikista onnettomuuksista. Liitteen 1 perusteella voidaan tehdä seuraavia kokeilutalvea 1992—1993 koskevia päätelmiä:

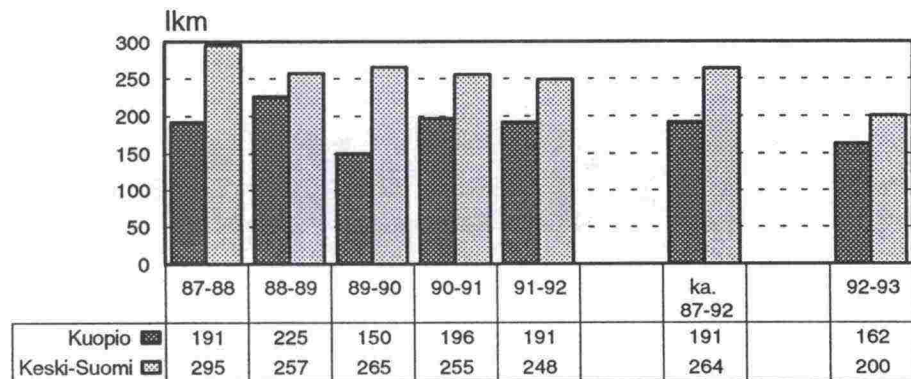
- Kaikkien onnettomuuksien lukumäärä oli Kuopion piirissä 5. % pienempi kuin viiden edellisen talven keskiarvo. Keski-Suomessa ja koko maassa vastaava vähenemä oli 22 %.
- Henkilövahinko-onnettomuuksien lukumäärä oli Kuopion piirissä 6 % pienempi kuin viiden edellisen talven keskiarvo. Keski-Suomessa vastaava pieneneminen oli 32 % ja koko maassa 17 %.
- Onnettomuuksissa loukkaantuneiden ja kuolleiden lukumäärä oli Kuopion piirissä 9 % suurempi kuin viiden edellisen talven keskiarvo. Keski-Suomessa uhrien lukumäärä pieneni 33 % ja koko maassa 16 %.

Talven 1992—1993 onnettomuuskehitys pääteillä on Kuopiossa ollut huonompi kuin koko maassa keskimäärin ja Keski-Suomessa vastaavasti parempi. Keski-Suomen teiden käyttäminen vertailuteinä Kuopion kokeilun vaikutuksia laskettaessa johtaa silloin siihen, että tulokseksi saatava vaikutus sisältää suolauksen vähentämiskokelilun vaikutusten lisäksi myös Keski-Suomen turvallisuuden parantumiseen johtaneiden toimenpiteiden vaikutuksen. Myös sattumalla voi olla merkittävä osuus laskelmissa. Esimerkiksi hen-

kilövahinko-onnettomuuksien aleneminen Keski-Suomessa 69:stä talvella 1991—1992 53:een talvella 1992—1993 (23 %:n vähenemä) voi noin 5 %:n todennäköisyydellä johtua kokonaan sattumasta. Sattuman vaikutus tuloksiin pienenee, kun onnettomuusmäärät kasvavat.

Edellä esitetyn perusteella päätettiin Kuopion kokeilun turvallisuusvaikutukset laskea käyttäen kahta eri vertailuaineistona: Keski-Suomen vertailuteitä ja kaikkia Kuopion piirin ulkopuolella olevia valta- ja kantateitä. Kaikkien onnettomuuksien, henkilövahinko-onnettomuuksien, henkilövahinkojen sekä kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien lukumäärät kokeilutalvena sekä viitenä edellisenä talvena kuukausittain kokeilu- ja vertailuteillä on esitetty liitteessä 2. Se koskee talven 1992—1993 tilanteen mukaisia kokeilu- ja vertailuteitä.

Poliisin raportoimien onnettomuuksien kokonaismäärä talvella 1992—1993 oli kokeiluteillä 15 % pienempi kuin edellisenä talvena tai viitenä edellisenä talvena keskimäärin. Vertailuteillä onnettomuusmäärä väheni 20—25 % (kuva 23).



Loka-huhtikuu

Ka. 87-92 tarkoittaa 5 talven keskiarvoa

Kuva 23. Kaikkien poliisin raportoimien talvikauden onnettomuuksien lukumäärät Kuopion koe- ja Keski-Suomen vertailuteillä.

Suolauksen vähentämisen vaikutukseksi kaikkiin poliisin raportoimiin onnettomuuksiin voidaan Keski-Suomen teitä vertailuteinä käyttäen kuvan 23 lukujen perusteella laskea (suluissa likimääräinen 95 %:n varmuusväli)

$$\frac{162 - (200/264) \times 191}{(200/264) \times 191} = +12\% \quad (-5 \dots +32\%)$$

Vastaavalla tavalla laskien saadaan vaikutukseksi koko muun maan pääteitä vertailuteinä käyttäen kuvan 23 ja liitteen 1 lukujen perusteella:

$$\frac{162 - (3023/3909) \times 191}{(3023/3909) \times 191} = +10\% \quad (-7 \dots +30\%)$$

Kokeilun laskettu vaikutus kaikkien onnettomuuksien lukumäärään ei juuri riippunut vertailuaineistosta. Nolla sisältyy vaikutusten 95 %:n varmuusväleihin, eivätkä vaikutukset siten ole tilastollisesti merkitseviä. Onnettomuuksien määräksi muutettuna 10—12 %:n kasvu vastaa noin 15—20 onnettomuutta.

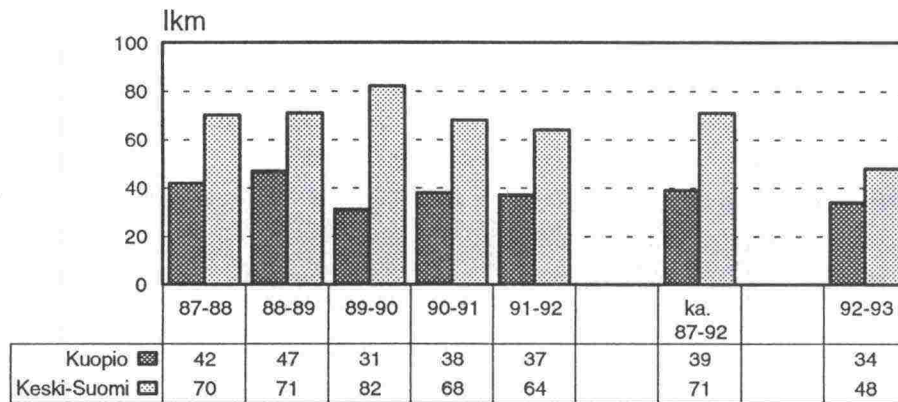


Henkilövahinko-onnettomuuksien lukumäärä kokeiluteillä talvella 1992—1993 oli 13 % pienempi kuin viiden edellisen talven keskiarvo. Vertailuteillä vastaava onnettomuuksien väheneminen oli 32 % (kuva 24). Suolauksen vähentämisen vaikutukseksi henkilövahinkoon johtaneisiin onnettomuuksiin saadaan Keski-Suomen teitä vertailuteinä käyttäen kuvan 24 lukujen perusteella:

$$\frac{34 - (48/71) \times 39}{(48/71) \times 39} = +29\% \quad (-12 \dots +83 \%)$$

Vastaavalla tavalla laskien saadaan vaikutukseksi henkilövahinko-onnettomuuksiin koko muun maan pääteitä vertailuteinä käyttäen kuvan 24 ja liitteen 1 lukujen perusteella:

$$\frac{34 - (856/1032) \times 39}{(856/1032) \times 39} = +5\% \quad (-28 \dots +49\%)$$



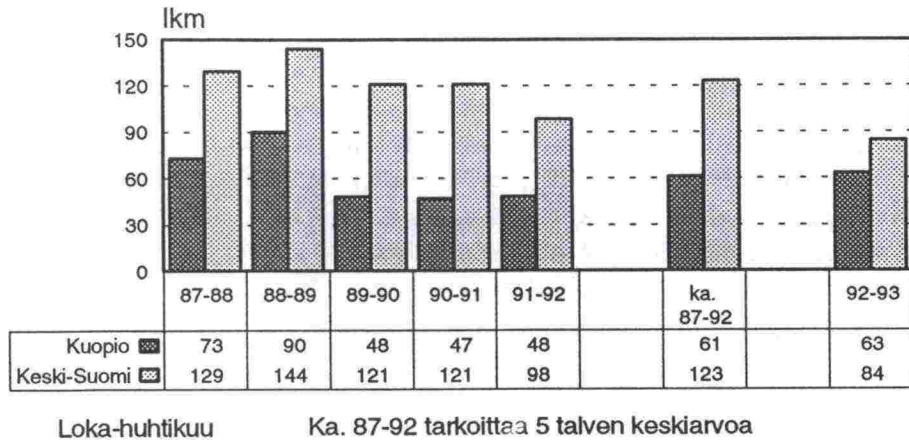
Loka-huhtikuu

Ka. 87-92 tarkoittaa 5 talven keskiarvoa

*Kuva 24. Henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien lukumäärät Kuopion koe ja Keski-Suomen vertailuteillä.*

Laskettu vaikutus on Keski-Suomea vertailuaineistona käyttäen selvästi suurempi kuin koko muun maan pääteitä käyttäen. Kummassakin tapauksessa nolla sisältyy 95 %:n varmuusväliin, eivätkä vaikutukset siten ole tilastollisesti merkitseviä. Laskettu 5 %:n vaikutus vastaa paria ja 29 %:n vaikutus noin kahdeksaa henkilövahinko-onnettomuutta.

Onnettomuuksissa loukkaantuneiden ja kuolleiden yhteenlaskettu lukumäärä oli koeteillä talvella 1992—1993 likimain sama kuin viiden edellisen talven keskiarvo, mutta 31 % suurempi kuin edellisenä talvena. Vertailuteillä henkilövahinkojen lukumäärä väheni viiden edellisen vuoden keskiarvoon verrattuna 32 % ja edelliseen vuoteen verrattuna 14 % (kuva 25).



Kuva 25. Onnettomuuksissa kuolleiden ja vammautuneiden yhteenlasketut lukumäärät Kuopion koe- ja Keski-Suomen vertailuteillä.

Kokeilun vaikutus henkilövahinkojen määrään Keski-Suomen teitä vertailuteinä käyttäen voidaan laskea kuvan 25 luvuista edellä esitettyyn tapaan:

$$\frac{63 - (84/123) \times 61}{(84/123) \times 61} = +50\% \quad (\text{likimain } +10 \dots +100\%)$$

Vastaavalla tavalla laskien saadaan vaikutukseksi onnettomuuksissa kuolleiden ja loukkaantuneiden määrään koko muun maan pääteitä vertailuteinä käyttäen kuvan 25 ja liitteen 1 lukujen perusteella:

$$\frac{63 - (1358/1632) \times 61}{(1358/1632) \times 61} = +24\% \quad (\text{likimain } -10 \dots +70\%)$$

Vaikutus on jälleen suurempi käytettäessä vertailuteinä Keski-Suomen teitä kuin muun suomen teitä. Edellisessä tapauksessa vaikutus on myös tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,05$ ). Laskettu 50 %:n vaikutus vastaa noin kahtakymmentä henkilövahinkoa ja 24 %:n vaikutus noin tusinaa henkilövahinkoa.

Kokeilua edeltävinä viitenä talvena koeteillä tapahtui yhteensä 31 kuolemaan johtanutta liikenneonnettomuutta ja vertailuteillä 25. Kokeilutalvena koeteillä tapahtui 7 kuolemaan johtanutta onnettomuutta, vertailuteillä ei yhtään. Vertailuteillä talvi oli poikkeuksellisen hyvä. Liikennevahinkojen tutkijalautakuntien mukaan suolauksen vähentämiskokeilulla ei ollut vaikutusta yhdessäkään Kuopion piiriin kuolemaan johtaneessa onnettomuudessa.

Suolauksen vähentämiskokeilun vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen saadaan hyvin erilainen kuva riippuen siitä, mitä käytetään vertailuaineistona. Koko muun maan käyttöä vertailuaineistona puoltaa aineiston suurempi määrä ja siitä johtuva satunnaisvaihtelun vaikutuksen pieneneminen. Keski-Suomen teiden käyttöä vertailuteinä puoltaa tiestön ja sääolosuhteiden samankaltaisuus Kuopion piiriin nähden. Tämä ei kuitenkaan välttämättä ole kovin suuri etu, kun otetaan huomioon, että tarkastelut koskevat pääteitä, jotka ovat suhteellisen samankaltaisia kautta maan. Lisäksi suolan käyttö Keski-Suomen kunnossapitoluokan I teillä näytti kokeilutalvena lisääntyneen, minkä takia

Keski-Suomen onnettomuuslukujen kehitys talvien välillä ei välttämättä kuvaa pelkästään liikenteen määrän, sääolosuhteiden ja muita yleisiä vaihteluita, niin kuin alunperin oli tarkoitus.

Edellä esitetyn perusteella Kuopion suolauksen vähentämisen vaikutuksesta saadaan parempi kuva käyttämällä vertailuaineistona muun maan pääteitä kuin Keski-Suomen teitä. Koska Keski-Suomessa teitä suolataan koko maatakin ajatellen suhteellisen runsaasti ja suolausta vielä lisättiin talvella 1992—1993, voidaan ajatella, että Keski-Suomea vertailuaineistona käyttäen lasketut luvut kuvaavat vaikutusta siirryttäessä runsaasta suolauksesta erittäin niukkaan suolaukseen, ja muun maan pääteitä vertailuaineistona käyttäen lasketut luvut kuvaavat vaikutusta siirryttäessä tavanomaisesta suolauksesta erittäin niukkaan suolaukseen.

Ensimmäisen kokeilutalven perusteella näyttää siltä, että suolauksen vähentäminen on lisännyt onnettomuuksia kokeiluteillä 5—10 %. Henkilövahinkojen määrä näyttää kasvaneen 24 %, mikä merkitsee onnettomuuksien vakavuusasteen kasvua. Mikäli suolauksen lähtötaso olisi Kuopiossa kokeilua edeltäneenä talvena ollut samaa suuruusluokkaa kuin se oli Keski-Suomessa kokeilutalvena, turvallisuusvaikutukset olisivat ilmeisesti olleet vielä huonommat. Esitetyt luvut ovat kuitenkin epävarmoja, vaikutuksen 95 %:n varmuusalue on pienimmilläänkin yli 30 %-yksikön levyinen. Turvallisuusvaikutuksiin saadaan tarkennusta, kun käytettävissä ovat toisenkin kokeilutalven onnettomuustiedot.

Se, että uhrien lukumäärä henkilövahinko-onnettomuutta kohden näyttää kasvaneen, voisi johtua onnettomuuksien tyyppijakauman muuttumisesta siten, että tyyppillisesti useampia uhreja vaativien onnettomuuksien, kuten kohtamisonnettomuuksien, osuus on kasvanut. Henkilövahinko-onnettomuuksien tyyppijakaumaa koskevan tarkastelun perusteella kokeilu näyttäisi lisänneen erityisesti kääntymis- ja risteämisonnettomuuksia, yksittäisonnettomuuksien tai ohitus- ja kohtamisonnettomuuksien osuuteen kokeilulla ei näyttänyt olleen vaikutusta. Tarkastelut kuitenkin perustuvat pienehköihin lukumääriin ja tarkemmat johtopäätökset voidaan tehdä vasta toisen kokeilutalven jälkeen.

Ensimmäisen kokeilutalven onnettomuuksien perusteella näytti siltä, että onnettomuudet olisivat lisääntyneet etenkin kunnossapitoluokan I teillä, joilla suolausta vähennettiin eniten, ei niinkään kunnossapitoluokkien Is ja Isk teillä. Tämäkin havainto kaipaa varmistusta lisäaineistosta, jota saadaan toiselta kokeilutalvelta.

### 3.7 Päälysteiden kuluminen

Kuopion tiepiirin normaalin päälysteiden kunnan seurannan yhteydessä on todettu päälysteiden urautumisen lisääntyneen joillakin yksittäisillä koetie-osuuksilla. Kokonaisuutena päälysteiden kulumisessa ei kuitenkaan ole todettu merkittävää eroa aikaisempiin vuosiin verrattuna. Tarkempaa tietoa suolaamattomuuden vaikutuksesta päälysteiden kulumiseen saadaan talvella 1993—1994, jolloin päälysteiden urautumista seurataan mittauksin kahdella kesän 1993 aikana rakennetulla koetieosuudella.

Periaatteessa suolaamattomuuden voidaan ajatella vaikuttavan päälysteiden kulumiseen ja urautumiseen kahdella tavalla:

- Päälysteiden kuluminen vähenee, koska suolaamattomuuden ansiosta tiet pysyvät aiempaa kuivempina. Nastarenkaat nimittäin kuluttavat märkää päälystettä 3—8 kertaa enemmän kuin kuivaa.
- Päälysteiden urautuminen kasvaa, koska suolaamattomilla teillä usein vain ajourat ovat paljaina ja liikenne kulkee aiempaa enemmän samoja ajolinjoja.

Päälysteiden uusimistarve määräytyy vilkasliikenteisillä teillä tavallisesti urien syvyyden perusteella. Keskeisiä kysymyksiä suolaamattomuuskokeilun vaikutusten osalta ovat

- Miten paljon ajolinjojen keskittyminen suolaamattomuuden vaikutuksesta lisääntyy?
- Paljonko märän kelin osuus liikennesuoritteesta suolaamattomuuden vaikutuksesta alenee?

Asiaa voidaan tarkastella esimerkin valossa:

Olkoon märän kelin osuus talviajan suoritteesta ennen kokeilua 20 % ja sen aikana 10 %. Oletetaan vielä, että uraa (tai alkuvaiheessa tulevaa uraa) pitkin ajavien osuus kasvaa kokeilun vaikutuksesta 70 %:sta 85 %:iin. Kulumisnopeus märällä päälysteellä oletetaan viisi kertaa niin suureksi kuin kuivalla.

Kuluminen de ennen kokeilua urien kohdalla on tällöin

$$de = 0,2 \times 5 \times vkul \times KVL \times 0,7 + 0,8 \times vkul \times KVL \times 0,7 = 1,26 \times vkul \times KVL$$

missä vkul on kulumisnopeus kuivalla päälysteellä ja KVL on talven keskimääräinen vuorokausiliikenne. Kokeilun aikana kuluminen dj olisi

$$dj = 0,1 \times 5 \times vkul \times KVL \times 0,85 + 0,9 \times vkul \times KVL \times 0,85 = 1,19 \times vkul \times KVL$$

Eli esimerkin oletuksilla urien kasvunopeus vähenisi  $(1,26 - 1,19) / 1,26 = 5,5 \%$ .

Käytännössä sekä suolaamattomuuden vaikutus sekä märän kelin osuuteen että ajolinjoihin riippuu sääolosuhteista ja voi vaihdella talvesta toiseen sekä samanakin ajankohtana tienkohdasta toiseen.

### 3.8 Ympäristö

Kuopion yliopisto on tutkinut suolauksen vaikutusta tienvarren mäntyihin ja maaperään Kuopion ja Keski-Suomen piirin rajan läheisyydessä valtatiellä 9 (Hautala, E-L. & Kärenlampi, L. 1993).

Kuopion puoleisella koeosuudella suolaa (NaCl) käytettiin talvella 1992—1993 0,7 t/km ja Keski-Suomen puolella 13,9 t/km.

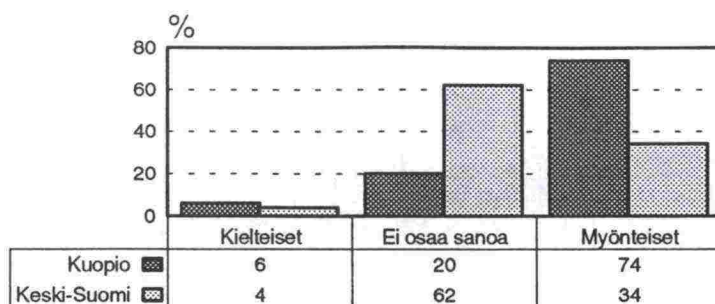
Lähellä tietä (noin 10 m:n etäisyydellä) olevissa männyn neulasissa havaittiin kevättalvella natrium ja klooripitoisuuksien kasvaneen. Kasvu oli suolaamattomuuskokeilun alueella noin 100 % ja Keski-Suomen vertailuteiden varressa 200—500 % verrattuna edellisen syksyn pitoisuuksiin. Pitoisuudet toisen vuosikerran neulasissa olivat koko ajan selvästi suuremmat kuin ensimmäisen vuosikerran neulasissa. Pitoisuudet olivat kesäkuussa 1993 alentuneet, mutta ne olivat vielä selvästi edellisen syksyn tasoa korkeammalla.

Kauempana tiestä (yli 20 m:n päässä) ei todettu natrium- tai klooripitoisuuksien merkittävää nousua. Myöskään 10—30 m:n etäisyydeltä tiestä otetuissa maanäytteissä ei todettu natrium- tai klooripitoisuuksissa merkittäviä eroja koe- ja vertailuteiden välillä. Ulkoisen tarkastelun perusteella neulasten ruskistumista ja kellastumista havaittiin vain noin 2,5 m:n korkeuteen asti. Nämä tulokset viittaavat siihen, että ympäristöön kertyvä suola on peräisin tieltä roiskeina ja sumuna tulevasta suolasta.

### 3.9 Kansalaisten mielipiteet

Suolaamattomuuskokeiluun liittyvä postikysely lähetettiin ensimmäisen kerran syksyllä 1992 väestörekisteristä poimituille Kuopion ja Keski-Suomen läänien asukkaille, 1000:lle 18—65-vuotiaalle henkilölle kummassakin läänissä. Kyselyyn vastasi 1528 henkilöä, joille lähetettiin uusi kysely samasta aiheesta keväällä 1993. Vastauksia saatiin 1177, joista 53 % Kuopion ja 47 % Keski-Suomen lääneistä. Vastausprosentteja voidaan pitää varsin hyvinä kyselyn laatu ja laajuus huomioon ottaen. Kummassakin kyselyssä käytettiin samoja lomakkeita. Kyselystä on laadittu Kuopion yliopiston raportti (Niemi ym. 1993). Seuraavassa esitellään lyhyesti joitakin keskeisimpiä tuloksia.

Kansalaisten kokemukset suolauksen vähentämiskokeilusta olivat Kuopion läänissä ensimmäisen kokeilutalven jälkeen keväällä 1993 kolmella neljäsosalla myönteiset. Kielteisiksi kokemuksensa luokitteli vain 6 % vastanneista. Ero vertailupiirinä olleeseen Keski-Suomeen näkyi lähinnä siinä, että luokassa 'en osaa sanoa' oli vähemmän vastauksia ja tyytyväisten osuus oli Kuopiossa Keski-Suomeen verrattuna yli kaksinkertainen (kuva 26).



Kevät 1993

*Kuva 26. Kansalaisten kokemukset suolauksen vähentämiskokeilusta ensimmäisen kokeilutalven jälkeen keväällä 1993.*

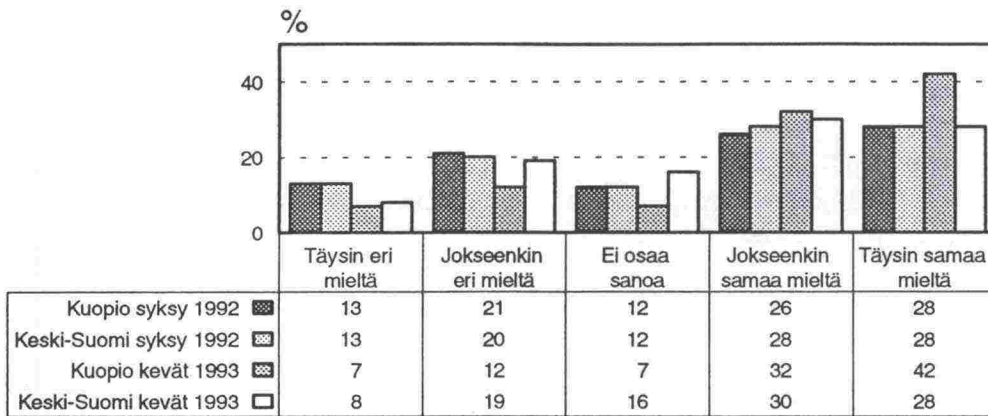
Niiden osuus, jotka eivät kannattaneet suolausta millään perusteella, oli Kuopiossa keväällä 1993 suurempi (42 %) kuin ennen kokeilua (28 %) (kuva 27). Keväällä 1993 kuopiolaisista 30 % uskoi suolauksen lisäävän ajoturvallisuutta, kun vastaava osuus ennen kokeilua oli 43 %.

Kuopion läänin raskaan liikenteen edustajista 62 % piti keväällä 1993 kokemuksiaan suolauskokeilusta myönteisinä. Kaikista (Kuopion ja Keski-Suomen läänien) raskaan liikenteen kuljettajista 45 % piti suolausta tarpeellisenä ja 45 % tarpeettomana, 10 % oli asiasta epävarma. Kaiken kaikkiaan raskaan liikenteen edustajien suhtautuminen oli positiivisempi kuin aiempien suolaamattomuuskokeilujen perusteella olisi voinut odottaa.

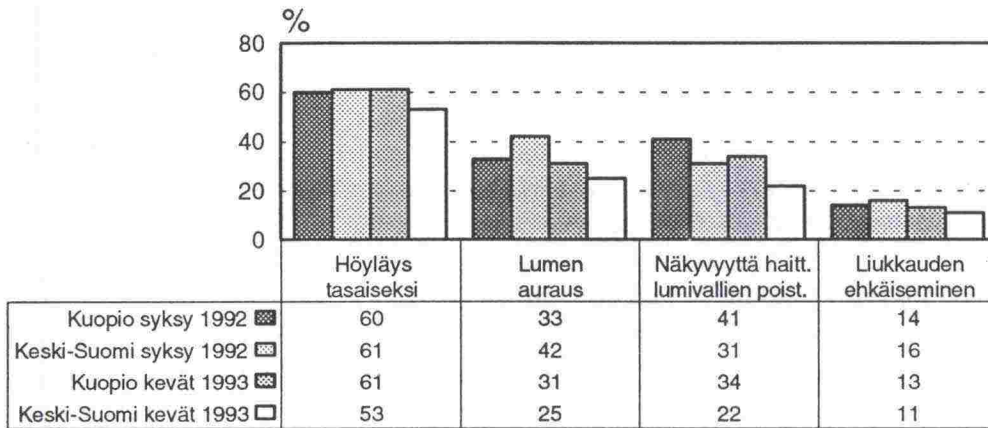
Suolan käytön vastustamisen perusteina mainittiin Kuopiossa keväällä 1993 useimmin ympäristöhaitat (82 %:ssa vastauksista), auton ruostuminen (76 %) ja likaantuminen (64 %) sekä suolasohjossa ajamisen epämiellyttävyyttä (66 %). Suolauksen vastustamisperusteet olivat samankaltaiset myös Keski-Suomen läänissä.

Päätteiden kunnon arvioi keväällä 1993 hyväksi 71 % kuopiolaisista, kun osuus edellisenä syksynä oli 75 %. Keski-Suomessa teiden kuntoa hyvänä pitäneiden osuus laski syksyn 1992 65 %:sta 55 %:iin keväällä 1993.

Talvikunnossapidossa todettiin useimmin puutteita tien tasaisuudessa, lumivallien poistamisessa ja lumen aurauksessa. Liukkauden ehkäisemisessä puutteita näki 11–16 % vastaajista piiristä ja kyselyajankohdasta riippuen, eikä osuus kasvanut kokeilun takia (kuva 27).



Kuva 27. Kansalaisten mielipiteet väitteestä 'Talvella ei tarvitse suolata tiestöä.'



Kuva 28. Kansalaisten useimmin mainitsemat talvikunnossapidon puutteet (prosentteina vastaajista).

## 4 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Kuopion tiepiirissä aloitettiin syksyllä 1992 kaksi talvea kestävä teiden suolauksen vähentämiskokeilu. Kokeilun vaikutuksista tehdään monipuolinen seurantatutkimus. Käsillä oleva raportti on yhteenveto ensimmäisen kokeilutalven tuloksista.

Kokeilun piiriin kuuluvat kaikki piirin kunnossapitoluokkiin I, Is ja Isk kuuluvat tiet eli piirin korkealuokkaisimmat ja vilkasliikenteisimmät tiet. Kokeiluteiden yhteispituus oli 375 km, josta 33 km oli kaksiajorataisia kunnossapitoluokan Isk teitä ja 26 km kunnossapitoluokan Is teitä, joilla talvihoidon taso pidetään jonkin verran tavallisia kunnossapitoluokan I teitä korkeampana. Vertailuteinä ovat Keski-Suomen tiepiirin vastaavantasoiset tiet. Vertailuteiden yhteispituus oli kokeilutalvena 473 km, josta 347 km kuului kunnossapitoluokkaan I, 111 km kunnossapitoluokkaan Is ja 15 km oli kaksiajorataisia kunnossapitoluokan Isk teitä. Kokeilua edeltävänä talvena vastaavien teiden pituudet olivat jonkin verran erilaisia, koska teiden kunnossapitoluokituksessa on tapahtunut muutoksia.

Kuopion kokeilu- ja Keski-Suomen vertailupiirin sääolot olivat kuukausittaisten keskilämpötilojen suhteen hyvin samanlaiset sekä kokeilutalvena 1992—1993 että edellisenä talvena. Myös lumisadepäivien lukumäärät olivat likimain yhtä suuret (102 ja 104) talvella 1992—1993, mutta edellisenä talvena lumisadepäiviä (sademäärä > 0,1 mm) oli Kuopiossa enemmän (74) kuin Jyväskylässä (58).

### Talvihoidon työmäärät

Teiden suolaus (poislukien hiekan seassa levitetty suola) Kuopiossa väheni kokeilutalvena edelliseen talveen verrattuna noin 90 %. Kunnossapitoluokan I teillä suolaus väheni 90—95 %, kunnossapitoluokkien Is ja Isk teillä noin 80 %. Vertailuteillä suolattiin jo kokeilua edeltäneenä talvena kunnossapitoluokasta riippuen 30—110 % enemmän kuin kokeiluteillä. Vertailuteillä suolaus kokeilutalvena lisääntyi edelliseen talveen verrattuna kunnossapitoluokassa I noin 30 %, kunnossapitoluokissa Is ja Isk 6—11 %.

Hiekoituksen määrä kokeiluteillä kolminkertaistui. Jo kokeilua edeltäneenä talvena kunnossapitoluokan I teitä hiekoitettiin Kuopiossa 3 kertaa enemmän kuin Keski-Suomessa ja kunnossapitoluokan Is teitä 6 kertaa enemmän. Koska hiekoitushiekan seassa käytetään pieniä määriä suolaa tarttuvuutta parantamassa, käytetyn suolan kokonaisuusmäärä tiekilometriä kohden pieneni kokeilun ansiosta vähemmän kuin varsinaisen suolauksen määrä eli noin 80 %. Vähennystä oli kunnossapitoluokkien I ja Isk teillä noin 80 % ja kunnossapitoluokassa Is noin 60 %.

Talvihoidon työmääriin kokeilun vaikutus on aurauksen osalta ollut suhteellisen vähäinen. Sohjonpoiston työkertoja, joiden osuus kaikesta aurauksesta on noin 20 %, kokeilu on vähentänyt jopa 80 %, mikä vastaa enimmillään noin 20 sohjonpoistokertaa talvessa. Tienpinnan tasauksen työkertojen lukumäärä on kunnossapitoluokasta riippuen kasvanut 10—30:llä. Hiekoituskerrat ovat noin



kolminkertaistuneet, mikä vastaa työkertojen kasvua 20—80:llä talvea kohden siten, että lisäystä oli selvästi eniten kunnossapitoluokassa Is. Suolauskerrat vähenivät noin 80:llä talvea kohden kaikissa kunnossapitoluokissa. Kaiken kaikkiaan talvihoidon työkertojen kokonaismäärä pysyi likimain ennallaan kunnossapitoluokan Is teillä, väheni noin 20 % kunnossapitoluokan Isk teillä ja noin 40 % kunnossapitoluokan I teillä.

### Talvihoidon kustannukset

Suolauksen vähentämiskokeilu aiheutti talvihoidon tiekilometriä kohden lasketuihin kustannuksiin kokeiluteillä seuraavat laskutavasta ja kunnossapitoluokasta riippuvat muutokset:

Kp-luokka	Aurus, tasaus, hiekoitus & suolaus		Koko talvihoito
	Poikkileikkausseuranta	Litteraseuranta	Litteraseuranta
I	+27 %	+5 %	±0 %
Is	—	+22 %	+6 %
Isk	—	—5 %	+3 %

Kunnossapitoluokassa I kustannukset on laskettu sekä poikkileikkaus- että litteraseurantojen perusteella. Edellinen perustuu työkertojen lukumääriin kokeilu- ja vertailuteillä kokeilutalvena sekä kiinteisiin, molempia piirejä edustamaan valittuihin yksikköhintoihin. Litteraseurantaan perustuvat kustannukset laskettiin vertaamalla kilometrikohtaisia talvihoidon kustannuksia koko kokeilutalvelta edellisen talven vastaaviin kustannuksiin. Litteraseurannan perusteella kustannusvaikutus on laskettu sekä auraukselle, tasaukselle, hiekoitukselle ja suolaukselle että kaikille talvihoidon kustannuksille erikseen.

Kunnossapitoluokassa I poikkileikkausseurantaan perustuvat kustannukset poikkesivat merkittävästi litteraseurantaan perustuvista. Syitä tähän voivat olla puutteet poikkileikkausten edustavuudessa ja työkertojen kirjaamisessa, piirien väliset erot kustannustasossa sekä epätarkkuudet töiden ja kustannusten kirjaamisessa litteroille.

Koska kunnossapitoluokan I osuus kokeiluteiden kokonaispituudesta oli yli 80 %, niitä koskeva kustannusvaikutus on ratkaiseva laskettaessa kokeilun vaikutusta piirin talvihoidon kokonaiskustannuksiin koko kokeilutieverkolla.

### Keliolosuhteet ja ajotavat

Kokeiluteiden kitkataso alitti 0,3 kaksi kertaa niin usein (32 %) kuin vertailuteillä (16 %). Alle 0,2:n kitkataso oli alle 3 %:a ajasta, eikä kokeilu- ja vertailuteiden välillä ollut eroa.

Yli 10 mm:n paksuisia polanteita todettiin poikkileikkausseurannassa kunnossapitoluokan I kokeiluteillä 10 %:ssa havainnoista, vertailuteillä 1 %:ssa. Kokeilutiet olivat tällä perusteella jonkin verran epätasaisempia kuin vertailutiet. Kokeiluteiden polanteet pyrittiin kuitenkin pitämään sellaisessa kunnossa, etteivät niiden epätasaisuudet häiritse ajoa. Poikkileikkausseurannan perusteella tässä myös onnistuttiin.

Talvikauden nopeudet talvinopeusrajoituksen 80 km/h alaisilla teillä (joilla kesäisin on 100 km/h rajoitus) alenivat toukokuun nopeuksiin verrattuna Kuopion koeteillä 3—5 km/h enemmän kuin vastaavilla teillä muualla Sisä-Suomessa. Pysyvän 80 km/h rajoituksen alaisilla teillä vastaavaa nopeuden alenemista ei ollut havaittavissa.

Suolauksen vähentämiskokeilulla ei näyttänyt olleen havaittavaa vaikutusta ajoneuvojen aikaväleihin. Poliisin havaintojen mukaan suolauksen vähentäminen näytti muuttaneen ajotapoja parempaan suuntaan.

### **Onnettomuudet**

Poliisin tietoon tulleiden onnettomuuksien kokonaismäärä oli 15 % pienempi kuin viiden edellisen talven keskiarvo tai edellisen talven onnettomuusmäärä. Onnettomuuksissa vammautuneiden ja kuolleiden määrä oli kokeiluteillä 31 % suurempi kuin edellisenä talvena ja 3 % suurempi kuin viiden edellisen talven keskiarvo.

Kun otetaan huomioon samanaikainen yleinen onnettomuuksien kehitys, saadaan kokeilun vaikutukseksi onnettomuuksien määrän kasvu 5—10 % ja onnettomuuksissa kuolleiden ja vammautuneiden kokonaismäärän kasvu 24 %. Esitetyt luvut ovat kuitenkin epävarmoja, vaikutuksen 95 %:n varmuusalue on pienimmilläänkin yli 30 %-yksikön levyinen. Turvallisuusvaikutuksiin saadaan tarkennusta, kun käytettävissä ovat toisenkin kokeilutalven onnettomuustiedot.

Henkilövahinkojen määrän kasvu onnettomuuksien määrän kasvua enemmän merkitsee onnettomuuksien vakavuusasteen kasvua. Se voisi johtua onnettomuuksien tyyppijakauman muuttumisesta siten, että tyyppillisesti useampia uhreja vaativien onnettomuuksien, kuten kohtaamisonnettomuuksien, osuus on kasvanut. Henkilövahinko-onnettomuuksien tyyppijakaumaa koskevan tarkastelun perusteella kokeilu näyttäisi lisänneen erityisesti kääntymis- ja risteämisonnettomuuksia, yksittäisonnettomuuksien tai ohitus- ja kohtaamisonnettomuuksien osuuteen kokeilulla ei näyttänyt olleen vaikutusta. Tarkastelut kuitenkin perustuvat pienehköihin lukumääriin ja luotettavimmat johtopäätökset voidaan tehdä vasta toisen kokeilutalven jälkeen.

Ensimmäisen kokeilutalven onnettomuuksien perusteella näytti siltä, että onnettomuudet olisivat lisääntyneet etenkin kunnossapitoluokan I teillä, joilla suolausta vähennettiin eniten, ei niinkään kunnossapitoluokkien Is ja Isk teillä. Tämäkin havainto kaipaa varmistusta lisäaineistosta, jota saadaan toiselta kokeilutalvelta.

Liikennevahinkojen tutkijalautakuntien mukaan kokeilulla ei ollut vaikutusta yhteenkään kuolemaan johtaneeseen onnettomuuteen.

### **Muut vaikutukset**

Vähennetyn suolauksen tieosuuksilla tienvarren mäntyjen neulasten natrium- ja klooripitoisuudet kasvoivat kevättalvella syksyn pitoisuuksiin verrattuna vähemmän (100 %) kuin vertailuteiden varrella (200—500 %). Pitoisuuksien nousu rajoittui 20 m:n etäisyydelle tien reunasta ja enintään 2,5 m:n korkeuteen asti. Tulokset viittaavat siihen, että tiesuola leviää ympäristöön roiskeina ja sumuna.

Kuopion tiepiirin normaalin päällysteiden kunnan seurannan yhteydessä on todettu päällysteiden urautumisen lisääntyneen joillakin yksittäisillä koetie-osuuksilla. Kokonaisuutena päällysteiden kulumisessa ei kuitenkaan ole todettu merkittävää eroa aikaisempiin vuosiin verrattuna.

Kansalaisille tehdyn postikyselyn mukaan Kuopion läänin asukkaista 74 % suhtautui kokeiluun positiivisesti ensimmäisen kokeilutalven kokemusten perusteella. Kuopion läänissä vastaajista alle 15 % katsoi, että teiden talvihoidon suurimmat puutteet koskivat liukkauden torjuntaa, kun esimerkiksi höyläyksessä näki puutteita noin 60 % vastaajista ja auruksessa noin 30 %.

## LÄHDELUETTELO

Hautala, E-L. & Kärenlampi, L. 1993. Tiesuolan käytön vähentäminen ja vaikutukset tienvarren mäntyyn (*Pinus sylvestris*), väliraportti. Kuopion yliopisto, Ekologisen ympäristöhygienian laitos. 15 s.

Lappalainen, H. 1993. Talvihoidon poikkileikkauseuranta. Työmäärät ja laatu 1992/93. Tampere. Tielaitos, tuotannon palvelukeskus. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 27/1993. 14 s. + liitt. 20 s.

Niemelä, P. ym. 1993. Liikenneturvallisuus ja suolan käytön vähentäminen — väliraportti väestön asenteista Kuopion läänin kokeiluun talvikaudella 1992-1993. Tielaitos, liikenteen palvelukeskus. Tielaitoksen selvityksiä 67/1993. 37 s. + liitt. 16 s.

Saastamoinen, K. 1993. Kelin vaikutus ajokäyttäytymiseen ja liikennevirran ominaisuuksiin. Tielaitos, liikenteen palvelukeskus, Tielaitoksen selvityksiä /1993. (tekeillä)

Tie- ja vesirakennushallitus. 1974. Suolaamaton tie -kokeilu, loppuraportti. Helsinki. 53 s. + liitt. 15 s. TVH 2.373.

Tie- ja vesirakennushallitus. 1978. Eri liukkaudentorjuntatapojen vaikutuksesta tien keliolosuhteisiin ja kunnossapitokustannuksiin, väliraportti. Helsinki. 16 s. TVH 741990.

## KAIKKI ONNETTOMUUDET

Valta- ja kantatiet (tienumero &lt; 100). Talviaika tarkoittaa 1.10.-30.4.

	TALVI							
	87-88	88-89	89-90	90-91	91-92	yht. 87-92	ka. 87-92	92-93
PIIRI								
Uusimaa	784	654	719	576	391	3124	625	256
Turku	625	614	521	563	459	2782	556	402
Häme	692	644	617	600	593	3146	629	632
Kyme	329	319	328	278	244	1498	300	215
Mikkeli	244	297	257	217	241	1256	251	219
P-Karjala	193	187	156	147	163	846	169	129
Kuopio	254	289	198	264	250	1255	251	239
Keski-Suomi	323	296	313	289	272	1493	299	234
Vaasa	358	307	359	307	286	1617	323	336
K-Pohjanmaa	122	186	143	124	94	669	134	69
Oulu	301	367	312	322	293	1595	319	244
Kainuu	67	103	105	77	69	421	84	73
Lappi	222	245	203	197	232	1099	220	214
Yhteensä	4514	4508	4231	3961	3587	20801	4160	3262
Ilman Kuopiota	4260	4219	4033	3697	3337	19546	3909	3023

## HENKILÖVAHINKO-ONNETTOMUUDET

Valta- ja kantatiet (tienumero &lt; 100). Talviaika tarkoittaa 1.10.-30.4.

	TALVI							
	87-88	88-89	89-90	90-91	91-92	yht. 87-92	ka. 87-92	92-93
PIIRI								
Uusimaa	201	182	152	137	154	826	165	161
Turku	163	198	160	191	149	861	172	116
Häme	131	141	144	151	123	690	138	153
Kyme	82	80	87	75	57	381	76	54
Mikkeli	49	68	51	54	44	266	53	55
P-Karjala	45	64	47	43	38	237	47	35
Kuopio	51	58	44	56	47	256	51	48
Keski-Suomi	75	77	91	77	69	389	78	53
Vaasa	98	90	111	75	63	437	87	66
K-Pohjanmaa	37	70	51	38	23	219	44	25
Oulu	70	89	76	73	73	381	76	48
Kainuu	17	36	14	19	11	97	19	10
Lappi	73	79	82	70	73	377	75	80
Yhteensä	1092	1232	1110	1059	924	5417	1083	904
Ilman Kuopiota	1041	1174	1066	1003	877	5161	1032	856

HENKILÖVAHINKOJEN LUKUMÄÄRÄT (kuolleet ja loukkaantuneet)  
Valta- ja kantatiet (tiennumero < 100). Talviaika tarkoittaa 1.10.-30.4.

	TALVI							
	87-88	88-89	89-90	90-91	91-92	yht. 87-92	ka. 87-92	92-93
PIIRI								
Uusimaa	291	286	260	215	227	1279	256	259
Turku	291	324	248	291	231	1385	277	178
Häme	217	250	214	243	197	1121	224	231
Kyme	130	134	129	115	88	596	119	89
Mikkeli	107	108	82	84	84	465	93	82
P-Karjala	67	91	66	70	67	361	72	60
Kuopio	88	102	73	75	60	398	80	87
Keski-Suomi	137	148	130	139	113	667	133	89
Vaasa	159	134	152	100	92	637	127	109
K-Pohjanmaa	45	108	65	54	36	308	62	27
Oulu	96	135	112	120	117	580	116	78
Kainuu	27	53	20	27	18	145	29	14
Lappi	110	133	146	107	120	616	123	142
Yhteensä	1765	2006	1697	1640	1450	8558	1712	1445
Ilman Kuopiota	1677	1904	1624	1565	1390	8160	1632	1358

Onnettomuuksien ja henkilövahinkojen lukumäärät koe- ja vertailuteillä talvella 1992—1993 sekä viitenä edellisenä talvena kuukausittain

### KAIKKIEN ONNETTOMUUKSIEN LUKUMÄÄRÄT

Kuopio

		Loka	Marras	Joulu	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Yht.
Ennen	87-88	27	22	35	32	22	28	25	191
	88-89	32	34	53	32	19	33	22	225
	89-90	20	22	26	25	15	15	27	150
	90-91	30	37	30	33	22	17	27	196
	91-92	20	26	31	30	35	17	32	191
	Yht.	129	141	175	152	113	110	133	953
Jälkeen	92-93	27	30	35	24	16	13	17	162

K-Suomi

		Loka	Marras	Joulu	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Yht.
Ennen	87-88	32	51	52	44	37	46	33	295
	88-89	41	41	63	43	26	26	17	257
	89-90	29	38	41	47	38	37	35	265
	90-91	39	49	48	38	32	26	23	255
	91-92	33	34	56	38	31	37	19	248
	Yht.	174	213	260	210	164	172	127	1320
Jälkeen	92-93	34	48	34	36	23	9	16	200

### HENKILÖVAHINKO-ONNETTOMUUKSIEN LUKUMÄÄRÄT

Kuopio

		Loka	Marras	Joulu	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Yht.
Ennen	87-88	5	2	10	7	4	7	7	42
	88-89	3	8	9	8	6	8	5	47
	89-90	6	4	3	4	4	5	5	31
	90-91	5	9	6	3	4	1	10	38
	91-92	4	6	5	7	6	2	7	37
	Yht.	23	29	33	29	24	23	34	195
Jälkeen	92-93	5	4	7	5	7	3	3	34

K-Suomi

		Loka	Marras	Joulu	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Yht.
Ennen	87-88	12	12	18	6	5	10	7	70
	88-89	10	13	13	13	7	9	6	71
	89-90	8	10	11	14	11	14	14	82
	90-91	10	14	10	6	12	7	9	68
	91-92	11	8	19	8	9	6	3	64
	Yht.	51	57	71	47	44	46	39	355
Jälkeen	92-93	8	8	9	9	8	2	4	48





## TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 61/1993 Ylistaron keskustateiden suunnittelu asukkaiden näkökulmasta. TIEL 3200186
- 62/1993 Teknologian siirto; Yhteystiedot lähialueyhteistyössä. TIEL 3200187
- 63/1993 Nastallisten ja nastattomien talvirenkaiden pitotutkimus. TIEL 3200188
- 64/1993 Pellon kuivatus tien kohdalla. TIEL 3200189
- 65/1993 Tiesuolan pohjavesivaikutukset - kulkeutumismekanismien moni-ilmiömallinnus. TIEL 3200190
- 66/1993 Kokemuksia Japanin nastattomasta talviliikenteestä. TIEL 3200191
- 67/1993 Liikenneturvallisuus ja suolan käytön vähentäminen; Väliraportti väestön asenteista Kuopion läänin kokeiluun talvikaudella 1992-1993. TIEL 3200192
- 68/1993 Kuitukankaat tienrakennuksessa; Uudistetun VTT-GEO luokituksen mukaiset laatuvaatimukset. TIEL 3200193
- 69/1993 HLFM-maankäyttömalli, esiselvitys. TIEL 3200194
- 70/1993 Kalsiumkloridin käyttö tierakenteessa; Kirjallisuusselvitys ja laboratorioskokeet. TIEL 3200195
- 71/1993 Nonwoven Geotextiles in Road Constructions. TIEL 3200193E
- 72/1993 Yleisten teiden tilaselvitys; Meluntorjunta tiepiireissä. TIEL 3200196
- 73/1993 Valaistus taajamissa; Kuuden kohteen inventointi ja analysointi johtopäätöksineen. TIEL 3200197
- 74/1993 Dynaaminen rasitusindeksi (DRI). TIEL 3200198
- 75/1993 Pientieverkon kunnossapidon kehittäminen. TIEL 3200199
- 76/1993 Rakennettujen ja perusparannettujen teiden tasaisuus. TIEL 3200200
- 77/1993 Moreenin jalostaminen. TIEL 3200201
- 78/1993 Etelä-Suomen emulsiokoetiet 1993. TIEL 3200202
- 79/1993 Emulsiopäällystekokeilut 1992-1993. TIEL 3200203
- 80/1993 Kelin vaikutus ajokäyttäytymiseen ja liikennevirran ominaisuuksiin. TIEL 3200204
- 81/1993 Vt 12 Veittostensuon syvästabilointi; tutkimusraportti. TIEL 3200205
- 82/1993 Emulsiopäällysteiden suunnittelu ja rakentaminen. TIEL 3200206
- 83/1993 Tutkimus pölyntorjunnasta murskaamoilla. TIEL 3200207
- 84/1993 Kuusamon keskustan liikennejärjestelut ja ympäristö; Yleissuunnittelu asukkaiden näkökulmasta. TIEL 3200208
- 85/1993 Kuusamon keskustan liikennejärjestelyt ja ympäristö; Yleissuunnittelun osallistumismenettely. TIEL 3200209