



**Tielaitos**

Hanna Kalenoja, Jorma Mäntynen

Talvi ja tieliikenne -projekti

# **Talvikunnossapidon laadun logistiset vaikutukset**

**Tielaitoksen  
selvityksiä**

**37/1993**

Helsinki 1993

**Liikenteen  
palvelukeskus**



**Tielaitos  
Kirjasto**

Tielaitoksen selvityksiä  
37/1993

Hanna Kalenoja, Jorma Mäntynen

Talvi ja tieliikenne -projekti

**Talvikunnossapidon laadun  
logistiset vaikutukset**

**Tielaitos**  
Liikenteen palvelukeskus

Helsinki 1993

ISSN 0788-3722  
ISBN 951-47-7666-6  
TIEL 3200162  
Painatuskeskus Oy  
Helsinki 1993

Julkaisua myy:  
Tielaitos, hallinnon palvelukeskus,  
painotuotemyynti  
Telefax (90) 1487 2652

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

## Alkusanat

Talvikunnossapidon laatu vaikuttaa liikenneturvallisuuden ja tien liikennöitävyyden lisäksi kuljetusaikoihin. Talvikunnossapitostrategisten muutosten logistisia vaikutuksia ei ole aikaisemmin laajasti tutkittu. Tässä esiselvityksessä on tarkasteltu talvikunnossapidon laadun logististen vaikutusten suuruusluokkaa. Esiselvitys on osa tielaitoksen Talvi ja tieliikenne -tutkimusprojektia ja se on tehty Tampereen teknillisen korkeakoulun tie- ja liikennetekniikan laitoksella.

Esiselvityksen ovat laatineet dipl.ins. Hanna Kalenoja ja liikenne- ja kuljetustekniikan apulaisprofessori Jorma Mäntynen. Tutkimusprojektin etenemistä on valvonut tielaitoksessa työryhmä, johon ovat kuuluneet projektipäällikkö Anne Leppänen, dipl.ins. Olli Penttinen, tieinsinööri Matti Pietilä ja tutkija Sinikka Parkko. Kuopion tiepiiristä tutkimukseen on osallistunut ins. Eeva-Liisa Ryyänen.

Kuopion ja Keski-Suomen tiepiirin raskaan liikenteen nopeusaineiston talvikaudelta 1992/93 on käyttöömmme toimittanut dipl.ins. Kimmo Saastamoinen Oulun yliopiston tie- ja liikennetekniikan laboratoriosta, jossa nopeustietoja on kerätty suolan käytön vähentämiskokeiluun liittyvään liikenteen nopeus- ja sujuvuustutkimukseen. Talvikauden 1991/92 nopeustiedot on saatu tielaitoksen tutkimuskeskuksesta. Nopeusaineiston työstämiseen on osallistunut myös tekn.yo Jarmo Joutsensaari Tampereen teknillisestä korkeakoulusta. Piirtäjä Sari Merontausta on osallistunut esiselvityksen kuva-aineiston tuottamiseen.

Helsingissä 26.5.1993

Anne Leppänen  
projektipäällikkö

## Tiivistelmä

Tie- ja liikenneolosuhteiden on tutkimuksissa havaittu vaikuttavan liikenneturvallisuuteen ja ajokustannuksiin. Tieverkon ja sen ominaisuuksien vaikutuksesta kuljetusaikoihin ja logistiikkakustannuksiin sen sijaan ei ole tarkkaa tietoa. Kuljetusaikoihin vaikuttavat liikenteen ja tieverkon ominaisuudet, talvikunnossapitotoimenpiteet sekä sää- ja keliolosuhteet. Talvikunnossapidon laadun logististen vaikutusten arvioinnissa ongelmallisinta on erottaa eri tekijöiden vaikutukset toisistaan.

Tieverkon yhdistävyyden ja kunnon on todettu vain harvoin asettavan rajoituksia yritysten logistiikan kehittämiseksi. Logistiikan tärkeimmät päämäärät liittyvät yrityksissä useimmiten logistiikkakustannusten alentamiseen sekä tuottavuuden ja katteen parantamiseen. Myös kuljetusominaisuuksien laadun parantaminen on tärkeä logistiikan osa-alue. Kuljetusnopeuden ja -täsmällisyyden lisäämisellä on tuotannon tehostumisen lisäksi vaikutusta varastoon sitoutuneen pääoman alenemiseen. Käytännössä tien kuntoon kohdistettujen investointien on todettu vaikuttavan varastointimääriin vain vähän. Talviketeleistä aiheutuvat myöhästymiset muodostavat vain osan toimitusten kokonaismyöhästymisriskistä.

Suoritetun kuljetusominaisuuskyselyn mukaan kuljetustäsmällisyyden arvostus eri alan yrityksissä vaihtelee huomattavasti. Kuljetustäsmällisyyden suhteen herkimpiä aloja ovat elintarvike- ja rakennusteollisuus. Noin puolet yrityksistä arvioi yli kolmen tunnin myöhästymisajan aiheuttavan huomattavia seurauksia tuotannossa. Myöhästymisten määrää ja toistuvuutta pidettiin tärkeämpänä tekijänä kuin yksittäisen toimituksen myöhästymispituutta.

Kuopion tiepiirin suolan käytön vähentämiskokeilun seurauksena ajonopeudet tiepiirin pääteillä ovat jonkin verran laskeneet edellisen vuoden nopeuksiin ja Keski-Suomen tiepiirin nopeusarvoihin verrattuna. Erityisesti alhaisten nopeuksien määrä on kasvanut. Vaikeissa keliolosuhteissa raskaan liikenteen  $v_5$ -nopeustaso eli nopeustaso, jonka 5 % ajoneuvoista alittaa, on alentunut 6 - 10 % edelliseen talveen verrattuna. Keski- ja mediaaninopeuksien muutokset sen sijaan ovat olleet pieniä.

Suolan käytön ja nastarenkaiden määrän vähenemisen vaikutuksia kuljetusaikoihin tutkittiin neljän kuljetusreititarkastelun avulla. Laskentatulokset osoittavat, että suolan käytön vähentäminen pidentäisi matka-aikojia 1 - 5 % ja nastojen määrän väheneminen 2 %. Toimenpiteiden yhteisvaikutusta ei voi arvioida summaamalla yksittäisten toimenpiteiden vaikutuksia. Suolan käytön vähentämisen on vuositasolla arvioitu lisäävän kuljetuskustannuksia 0,05 - 0,5 %. Nastarenkaiden käytön väheneminen lisäisi vuosittaisia kuljetuskustannuksia 0,1 - 0,3 %. Koko valtakunnan tasolla suolan käytön vähentämisestä aiheutuisi keskimäärin 10 - 120 milj.mk:n ja nastojen käytön vähenemisestä 25 - 75 milj.mk:n kuljetuskustannusten kasvu. Vaikutus logistiikkakustannuksiin olisi tarkastelun mukaan 0,05 - 0,2 %. Talvikunnossapitostrategian muutokset vaikuttavat kuljetusajan pituuden lisäksi kuljetusnopeuksien hajontaan. Tiesuolauksen vähentäminen lisää nopeuksien hajontaa kasvattaen talviketeleistä johtuvaa myöhästymisriskiä 5 - 10 % ja kokonaismyöhästymisriskiä arviolta 0,5 - 1 %. Matka-aikojen pitenemisellä on merkitystä käytännössä vasta logistiikan tason kehittyessä siten, ettei logistisessa ketjussa ole pieniä myöhästymisiä peittävää joustovaraa.

## Abstract

Road conditions and properties of traffic have a strong influence on traffic safety, operating and time costs. The effects of transport network on transport time are not profoundly identified. Transport time is affected by conditions of road network and traffic, road maintenance, weather and road conditions. The most difficult task in determining the logistics effects of winter road maintenance is to separate one factor from another.

Transport infrastructure has only seldom been considered as a limiting factor in the development of the logistics system. In industry the most important targets in logistics development are usually to decrease the logistics costs and to increase the overall profitability. Improving the qualities of transport properties such as transport time, speed and costs have also been considered as one of the most important objectives in logistics development. The increase of transport speed and reliability affects on productivity and decreases the capital costs of warehousing. In practice, the transport infrastructure investments have been found to have only a minor influence on inventory level. Only a relatively small part of the risk of delay is caused by road winter conditions.

According to the transport quality inquiry executed in this study the importance of transport reliability varies in different lines of industry. The most vulnerable areas regarding transport reliability are food and building industry. Approximately one half of the enterprises estimated, that over three hours' delay will have severe impacts on production. The frequency of delays has been considered as a more important factor than the length of the delay.

In Kuopio district an experiment with unsalted roads has been carried out during the winter 1992/93. The average speed of heavy vehicles was somewhat lower compared to the previous winter or the Central Finland district. Especially the amount of very low speeds has increased. In difficult road and weather conditions  $v_5$ -values, which show the speed that 5 % of the traffic flow falls below, have been 6 - 10 % lower than previous year or in Central Finland district. The reduction in average speed or median speed was very small.

The effects of road winter maintenance on transport time were studied with four transport route case studies. The changes in transport time were calculated when the amount of salt is decreased or when the use of studded tires decreases. The results indicate that using less salt in road de-icing increases the average transport time by 1 - 5 %. Unstudded tires increases the transport time by 2 %. Using less salt in de-icing increases the annual transport costs by 0,05 - 0,5 % and using unstudded tires by 0,1 - 0,3 %. Using less salt would at the national level increase transport costs annually by 10 - 120 million marks and using more unstudded winter tires by 25 - 75 million marks. The effect on logistics costs would be 0,05 - 0,2 %. In addition to the transport time, road winter maintenance has influence on the standard deviation of transport speeds. Using less salt increases the standard deviation of the transport speed, which reflects on the risk of delay. The risk of delay caused by winter conditions will increase by 5 - 10 % and total risk of delay by 0,5 - 1 %, when less salt is used in winter. The increased transport time would have significance only when the logistics activities have developed to the level, where small delays wouldn't be covered by elasticity in the logistics chain.

## Sisältö

1	JOHDANTO	9
2	TALVIKELIEN ESIINTYMINEN JA TALVIKUNNOSSAPITO	10
2.1	Talvikelien esiintyminen	10
2.2	Talvikunnossapito ja liikennöitävyys	11
2.2.1	Normaali kunnossapitostrategia	11
2.2.2	Kitkatalvirenkaiden käytön yleistyminen	14
2.2.3	Tiesuolauksen vähentäminen	15
2.2.4	Yhdistelmästrategiat	17
2.2.5	Kelitiedotus ja sääinformaatiopalvelut	17
3	LOGISTIIKKA JA KULJETUKSET	18
3.1	Kuljetukset logistiikan osana	18
3.2	Kuljetusominaisuudet	20
3.2.1	Kuljetusnopeus	20
3.2.2	Kuljetuskustannukset	21
3.2.3	Kuljetustäsmällisyys ja -varmuus	22
3.3	Turvallisuus	23
3.4	Varastointi- ja terminaalitoiminnot	24
3.5	Logistiikan kehityksen vaikutus talvikunnossapidon laatuvaatimukseen	25
4	TIEVERKON VAIKUTUKSIA KULJETUSOMINAISUUKSIIN	26
4.1	Tieverkon yhdistävyys ja kunto	26
4.2	Liikenteen määrä, koostumus ja palvelutaso	27
4.3	Sää- ja keliolosuhteet	27
4.4	Talvikunnossapitotoimenpiteiden merkitys	29
4.4.1	Matkanopeus ja -aika	29
4.4.2	Energiankulutus	31
4.4.3	Liikenneturvallisuus ja kuljetusvauriot	32



---

5	KULJETUSOMINAISUUSKYSELYN TULOKSIA	34
<hr/>		
5.1	Kyselyn tavoitteet ja suoritus	34
5.2	Yrityskysely	34
5.2.1	Kuljetusominaisuuksien merkitys	34
5.2.2	Kuljetusten myöhästyminen ja myöhästymisen syyt	36
5.2.3	Talvikunnossapidon vaikutus kuljetusaikoihin	39
5.3	Kuljetusliike- ja terminaalikysely	40
5.3.1	Kuljetusajan ja -täsmällisyyden arvostus eri kuljetuksissa	40
5.3.2	Kuljetusten myöhästyminen eri vuodenaikoina	41
5.3.3	Talvikunnossapidon ja tien kunnan vaikutus kuljetuksiin	42
6	TIESUOLAUKSEN LOGISTISIA VAIKUTUKSIA	43
<hr/>		
6.1	Kuopion tiepiirin suolaamattomuuskokeilu	43
6.1.1	Raskaan liikenteen nopeustarkastelu	43
6.1.2	Raskaan liikenteen onnettomuuskehitys	50
6.1.3	Kuljetusterminalikyselyt	51
6.2	Ruotsissa tehdyt suolan vähentämiskokeilut	52
6.3	Saksassa tehdyt taajaman suolaamattomuuskokeilut	55
6.4	Esimerkkitarkasteluja talvikunnossapidon laadun vaikutuksesta	56
6.4.1	Laskentamenettely	56
6.4.2	Maitotuotteiden kuljetukset	57
6.4.3	Lihatutealan kuljetukset	59
6.4.4	Sanomalehtikuljetukset	61
6.4.5	Metallituoteteollisuuden JOT-kuljetukset	62
6.5	Tiesuolauksen vaikutukset kuljetuskustannuksiin	65
7	PÄÄTELMÄ	66
<hr/>		
8	KIRJALLISUUSLUETTELO	69
<hr/>		
9	LIITTEET	73
<hr/>		

## 1 JOHDANTO

Talvikunnossapidon liikenneturvallisuus- ja nopeusvaikutuksia tutkittaessa ei matka-aikojen pitenemisestä aiheutuvia logistisia vaikutuksia tavallisesti ole otettu huomioon. Tieverkon vaikutuksia logistiikkaan on tutkittu melko vähän. Tässä esitutkimuksessa tavoitteena on ollut selvittää talvikunnossapidon laadun logististen vaikutusten suuruutta. Ensisijaisena tarkastelualueena on ollut päätieverkko, jolle suurin osa kuljetussuoritteesta sijoittuu. Talvikunnossapitotoimenpiteistä pääpaino on ollut tiesuolauksessa, jonka vähentämismahdollisuuksia on viime aikoina tutkittu monista eri syistä.

Tutkimus koostuu kirjallisuusosasta, kuljetusominaisuuskyselystä ja esimerkkitarkasteluista. Kirjallisuusosassa on selvitetty tieverkon ja sen kunnossapidon logistisia vaikutuksia käsitteleviä tutkimuksia Suomessa ja ulkomailla. Tieverkon logistisia vaikutuksia koskevia tutkimuksia on tehty melko vähän. Talvikunnossapidon laadun merkitystä logistisessa ketjussa on näissä tutkimuksissa käsitelty eräänä tieverkon ominaisuutena. Viitteitä talvikunnossapidon vaikutuksia koskevista tutkimuksista etsittiin IRRD-, TRANSDOC-, TRIS-, Compendex- ja BODIL-tietokannoista. Kirjallisuushaussa käytettiin osittain apuna VTT:ssä tehtyä Liikenneverkon logistiset vaikutukset -esiselvitykseen liittyvää kirjallisuushakua.

Talvikunnossapidon laadun vaikutuksia kuljetusaikoihin on tutkittu Kuopion tiepiiristä kerättyjen tietojen, Ruotsissa tehtyjen MINSALT-tutkimusten ja saksalaisten taajaman suolaamattomuuskokeilujen perusteella. Kuopion ja Keski-Suomen tiepiirin raskaan liikenteen nopeustiedot on saatu Oulun yliopiston tie- ja liikennelaboratoriosta ja tielaitoksen tutkimuskeskuksesta. Raskaan liikenteen onnettomuustiedot on saatu Kuopion ja Keski-Suomen tiepiireistä.

Kyselytutkimuksessa tavoitteena oli selvittää kuljetustäsmällisyyden arvostusta sekä kuljetusten myöhästymisten määrää ja syitä myöhästymisiin. Kuljetusominaisuuskyselyyn vastasi 54 yritystä eri puolilta Suomea. Tiesuolauksen määrän vähentämisen ja kitkatalvirenkaiden yleistymisen vaikutuksia matka-aikojen pitenemiseen ja kuljetuskustannusten lisääntymiseen tarkasteltiin kuljetusketjutarkastelujen avulla. Esimerkkitarkastelussa ajonopeuden alenemista arvioitiin Kuopion tiepiirin nopeustutkimuksen, kyselytutkimuksen ja kirjallisuudesta saatujen nopeudenmuutostulosten avulla.

## 2 TALVIKELIEN ESIINTYMINEN JA TALVIKUNNOSSAPITO

### 2.1 Talvikelien esiintyminen

Talviaikoina ajo-olosuhteet muuttuvat usein nopeasti ja vaikuttavat osaltaan myös kuljetusaikoihin. Vaikka sää- ja keliolosuhteiltaan vakavia viivytyksiä aiheuttavia ongelmia esiintyykin harvoin, on niiden yhteenlaskettu kokonaisvaikutus huomattava. Sääolosuhteet vaihtelevat alueellisesti ja eri aikoina, ja niiden aiheuttamiin keliolosuhteiden muutoksiin ei ole juurikaan mahdollista ennalta varautua.

Talvikelillä tarkoitetaan yleensä keliolosuhteita, joissa tien pinta on kokonaan tai osittain irtolumen, pakkautuneen lumen, sohjon tai jään peitossa. Suomessa talvikelien esiintymistä ei ole laajasti tutkittu. Kelitilanteiden esiintymisen on todettu riippuvan ensisijaisesti kunnossapitoluokasta ja väylän maantieteellisestä sijainnista. Liikenteellinen talvikausi kestää Suomessa tavallisesti lokakuusta huhtikuuhun eli 7 kk. /12/

Talvikelien esiintyminen ja sääolosuhteet vaihtelevat huomattavasti eri puolilla Suomea ja eri vuosina. Taulukossa 2.1 on esitetty arvio pakkaspäivien ja lumisateisten päivien keskimääräisestä esiintymisestä eri puolilla Suomea.

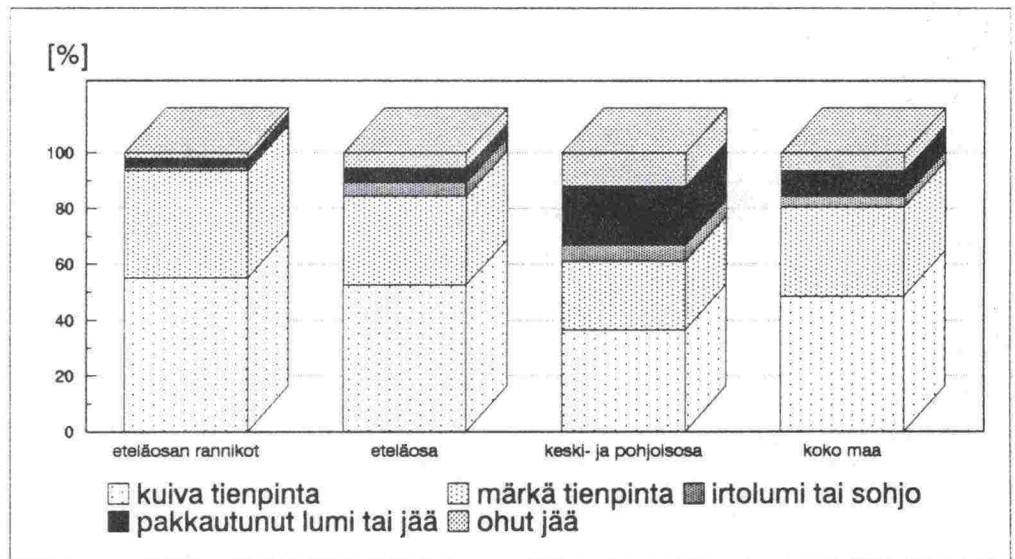
*Taulukko 2.1 Talvisten sääolosuhteiden keskimääräinen vaihtelu Suomessa. /32/*

maantieteellinen alue	pakkaspäiviä (keskilämpötila < 0°C)		lumisatepäiviä (sadanta > 0,1 mm lunta)	
	lukumäärä	osuus talvi- kaudesta [%]	lukumäärä	osuus talvi- kaudesta [%]
lounaisrannikko	100 - 120	50 - 60	40 - 90	20 - 40
Keski- ja Itä-Suomi	140 - 160	65 - 80	60 - 110	30 - 50
Pohjois-Suomi	180 - 200	85 - 95	100 - 160	50 - 75

Ruotsissa liikennesuorituksen on arvioitu jakautuvan eri keleille kuvan 2.1 mukaisesti lokakuun ja huhtikuun välisenä aikana. Talven 1991/92 tutkimuksessa kesäkelien määrän osuus Ruotsissa on kasvanut hieman aikaisempiin talviin verrattuna. Suomen olosuhteet ovat melko lähellä Keski- ja Pohjois-Ruotsin keliolosuhteita. /27,39/

Arviot liikennesuorituksen jakautumisesta eri kelitilanteille vaihtelevat huomattavasti. Päätieverkolla lumisen ja jäisen kelin osuus on alhaisempi

kuin tieverkolla keskimäärin. Vuoden kokonaisliikennesuoritteesta noin puolet kertyy lokakuun ja huhtikuun välisenä talvikautena. Liukkaan kelin osuuden on päätieverkolla arvioitu olevan 20 - 30 % ja alemmalla tieverkolla 40 - 60 % koko talven liikennesuoritteesta. Tämän arvion mukaan 10 - 25 % vuoden kokonaisliikennesuoritteesta ajettaisiin talvikelleillä. Arvio on päätieverkon osalta todennäköisesti suurempi kuin liukkaan kelin todellinen osuus, sillä kunnossapitoluokaltaan korkeatasoisella päätieverkolla märän ja lumettoman tiepinnan osuus talviaikana on huomattavasti suurempi kuin keskimääräiset arvot osoittavat. Jään sulamiseen ja lumettomuuteen vaikuttaa talvikunossapitotoimenpiteiden lisäksi myös liikennemäärä. /27,32/



Kuva 2.1 Liikennesuoritteiden jakautuminen eri kelitilanteille lokakuun ja huhtikuun välisenä aikana keskimääräisenä talvena Ruotsissa. /27,39/

## 2.2 Talvikunossapito ja liikennöitävyys

### 2.2.1 Normaali kunnossapitostrategia

Tien talvihoidolla pyritään tehokkaasti ja taloudellisesti varmistamaan tiestön liikenneolosuhteiden säilyminen kohtalaisina vaikeissakin sääolosuhteissa. Yleisimmät tien talvikunossapitoon liittyvät hoitotoimenpiteet ovat lumenpoisto, liukkaudentorjunta, sohjonpoisto ja polanteiden höyläys.

Tien kunnossapitokustannusten osuus valtion tieliikenteeseen käyttämistä varoista oli 38 % vuonna 1991. Kunnossapitoon lasketaan tien hoito ja kunnostus sekä rakenteen parantaminen. Tien hoitoon kuuluvat osatekijät on esitetty taulukossa 2.2. Liukkaudentorjunnan osuus tienhoidon kustannuksista on vuosina 1986-90 ollut keskimäärin 13 %. Liukkauden-

torjuntaan on käytetty keskimäärin 107 Mmk/v, joka on alle 2 % tieliikenteen kokonaismenoista. Talvihoidon hinnaksi laskettiin vuonna 1991 keskimäärin 6455 mk/tiekm. /43/

Taulukko 2.2 Tien hoidon osatekijät ja niiden kustannukset vuosina 1986-1990 [Mmk]. /43/

Toimenpide	1986	1987	1988	1989	1990	keskiarvo 1986-90
sorakulutuskerroksen hoito	116	99	92	92	83	97
kevytpäällysteen paikkaus	34	33	31	30	27	31
kestopäällysteen paikkaus	22	19	19	23	20	21
lumityöt	171	177	230	180	196	191
liukkauden torjunta	71	79	116	122	146	107
liikenteen ohjaus	100	105	109	104	116	107
viheralue työt	35	35	30	30	33	33
muut hoitotyöt	88	106	92	99	115	100
lautat ja erikoiskohteet	121	117	132	132	130	120

Taulukko 2.5 Teiden talvihoidon kuntoluokitus. /35/

Kuntoarvo Muuttuja	1	2	3	4	5
<b>I LIUKKAUS</b> - kitka-arvo - tien pinnan kuvaus	0,00 - 0,15 pääkallokeli tai muuten erittäin liukas	0,15 - 0,25 kuiva jää- tai lumipolanne	0,25 - 0,30 karkea jää- tai lumipolan- ne pakkas- säällä	0,30 - 0,45 paljas ja mär- kä tai ajouri- en välissä polanteet	0,45 - 1,00 paljas ja kuiva
<b>II LUMISUUS</b> - pakkaslumi - suojalumi - sohjo - kinostuneisuus	> 50 mm > 40 mm > 30 mm paikoitellen kulkuvaikeuk- sia, auto voi juuttua kinok- seen kiinni	≤ 50 mm ≤ 40 mm ≤ 30 mm kielekkeitä ulottuu tien yli tai ajor. reu- nalla lunta kohtalaisesti - ajonop. pai- koin hiljennet- tävä	≤ 30 mm ≤ 25 mm ≤ 20 mm kielekkeet ulottuvat siellä täällä yli ajokaist.; ajonopeutta voidaan jou- tua hiljentä- mään	≤ 20 mm ≤ 15 mm ≤ 10 mm kielekkeet ulottuvat siellä täällä 1,5 m:n etäis. reunaviivasta tai pääll. reunasta; no- peutta ei yleensä tarvit- se hiljentää	- - - -
<b>III TASAISUUS</b> - urat - muu epätasaisuus	> 30 mm polanne hyvin epät.; mah- dollisesti kynnysmäisiä kuoppia, ajonopeutta hiljennettävä ja epätas. kohtia varot- tava	≤ 30 mm pol. runsaasti syöpymiä tai häiritsevää kuoppais.; ajonopeutta paikoin hiljen- nettävä	≤ 20 mm polanne ta- sainen, mahd. epä- tasaisuudet eivät juuri häiritse ajoa	≤ 10 mm polannekais- taleiden pak- kaus liik. käyttämällä tieosalla ≤ 10 mm	- -

Tien kuntoa arvioitaessa käytetään muuttujina tienpinnan liukkaita (kitka-arvo), lumisuutta ja tasaisuutta. Talvihoidon kuntoluokitus on esitetty taulukossa 2.5. Yleiset tiet jaetaan liikenteellisen merkityksensä mukaan kunnossapitoluokkiin taulukon 2.3 mukaisesti. Tien kunnossapitoluokan mukaisen tavoitekunnan alittuessa tie saatetaan vaadittuun kuntoon taulukon 2.4 mukaisessa toimenpideajassa. /35/

*Taulukko 2.3 Kunnossapitoluokat ja niiden kuntotavoitteet. /35/*

kunnossapitoluokka	kuvaus	tavoitekunto	liukkaus (kitka-arvo)
I sk	kaksiajorataiset tiet	4	> 0,30
I s	yksiajorataiset tiet	4	> 0,30
I	KVL > 6000	4	> 0,30
II	KVL 1500 - 6000	4	> 0,30
II	KVL 200 - 1500	3	> 0,25
III	KVL < 200	2	> 0,15
IV	kevyen liikenteen väylät	3	> 0,25

*Taulukko 2.4 Talvikunnossapidon toimenpideaika eri kunnossapitoluokissa. Toimenpideaika ilmoittaa, kuinka nopeasti tavoitekunto on saavutettava sääolosuhteiden muuttuessa. /35/*

Kp-luokka	liukkaudentorjunta	lumenpoisto	sohjonpoisto	höyläys
Isk, Is	2 h	2,5 h	2,0 h	1 vrk
I	2 h	3,0 h	2,5 h	1 vrk
II	4 h	4,0 h	4,0 h	3 vrk
III	6 h	6,0 h	6,0 h	5 vrk
IV	4 h	4,0 h	4,0 h	2 vrk

Kunnossapitoluokissa I sk ja I s kuntotavoitteet ovat voimassa kaikkina vuorokaudenaikoina. Luokassa I laatutavoite alenee yöllä erittäin hiljaisen liikenteen aikaan arvosta 4 arvoon 3. Muissa luokissa tavoitteet ovat voimassa pääsääntöisesti arkipäivisin klo 6.00 - 22.00 välisenä aikana. PäätiEVERKOLLA, jota pitkin tavaraliikenne enimmäkseen kulkee, toimenpideajat ovat myös alhaisten liikennemäärien aikaan suhteellisen lyhyitä. /35/

Liukkaudentorjuntamenetelmät voidaan toimintatapansa perusteella jakaa kemialliseen ja mekaaniseen liukkaudentorjuntaan. Yleisimmin käytetyt liukkaudentorjuntakemikaalit ovat natriumkloridi NaCl ja kalsiumkloridi CaCl<sub>2</sub>. Tiesuola levitetään tielle kuivana, kostutettuna tai liuoksena. Suolaa korvaavista kemikaaleista tunnetuin on CMA eli kalsiummagnesium-asetatti. Kemiallisen liukkaudentorjunnan piiriin kuuluvat I-kunnossapitoluokan tiet. /35/

Mekaanisia liukkaudentorjuntamenetelmiä ovat hiekoitus ja suolahiekoitus. Hiekoitushiekkaa käytetään I-kunnossapitoluokkaisilla teillä pakkasliukkauden torjumiseen ja liikenteellisen tarpeen mukaan linja-autopysäkeillä ja levikkeillä. Tiet hiekoitetaan tavallisimmin pistehiekoituksena mäki-, mutka- ja liittymäkohdissa. Hiekkaan sekoitetaan usein suolaa paakkuuntumisen estämiseksi ja tiehen tarttuvuuden parantamiseksi. /35/

Lumi poistetaan teiltä kuorma-autolla tai tiehöylällä. Raskaan liikenteen kannalta erityisesti auraus on erittäin merkittävänä pidetty kuljetusaikoihin vaikuttava tekijä.

### 2.2.2 Kitkatalvirenkaiden käytön yleistyminen

Kitkatalvirenkaissa ajoneuvon pyörän ja tienpinnan välinen kitka voidaan jakaa adheesiokitkaan ja hystereesikitkaan. Adheesiokitkan osuus jäisellä tien pinnalla on melko pieni, sillä jääpinta sulaa renkaan alta jarrutustilanteessa. Hystereesikitka johtuu kahden erimuotoisen pinnan muodonmuutosta vastustavista voimista. Hystereesikitkan hallintaa vaikeuttaa tien pinnan epätasaisuudesta johtuva kitkavoiman vaihtelevuus. Nastoilla voidaan lisätä molempien kitkalajien suuruutta. /3/

Suomessa lähes 95 %:ssa henkilöautoista on talvisin nastarenkaat. Kuorma-autoista vain murto-osa käyttää nastoitettuja renkaita. Myös Norjassa sekä Keski- ja Pohjois-Ruotsissa henkilöautojen nastarenkaiden osuus on hallitseva. Tanskassa nastarenkaiden osuus talvirenkaista on vain 4 - 5 %. Nastojen käyttö on vähentynyt Euroopassa viime vuosina ja siirtymistä kitkatalvirenkaisiin on suunniteltu myös Pohjoismaissa. /32/

Nastojen käytön merkittävimpanä hyötynä pidetään liikenneturvallisuuden paranemista. Toisaalta nastarenkaat aiheuttavat merkittävää tien pinnan kulumista. Taulukossa 2.6 on esitetty joitakin nastarenkaiden hyöty- ja haittavaikutuksia kitkatalvirenkaisiin nähden. Nastarenkaiden haittavaikutuksia voidaan vähentää pienentämällä nastojen painoa ja pistovoimaa, vähentämällä niiden määrää renkaassa ja lyhentämällä niiden vuosittaista käyttöaika. Nastarenkaiden käytön yhteenlaskettujen kansantaloudellisten vaikutusten on Suomessa ja Ruotsissa arvioitu olevan edullinen. Laskelmat ovat karkeita arvioita, joihin liittyy paljon epävarmuustekijöitä. Ruotsalaisessa tutkimuksessa on arvioitu nastarenkaiden käytöstä luopumisen yhteiskunnallisiksi kustannuksiksi -100 - +400 milj. SEK/v. Kustannusten kasvu johtuu laskelmassa lähes yksinomaan onnettomuuskustannusten lisääntymisestä. Tielaitoksen Talvi ja tieliikenne -tutkimusprojektissa pyritään selvittämään renkaiden vaikutusta liikenneturvallisuuteen käyttämällä mm. yksilömalleja, joissa on sovellettu elinajan analyysin tarkastelumenetelmää. /19,32/

Nastarenkaiden käytön väheneminen ei aiheuta suoranaisia muutoksia raskaalle liikenteelle, sillä niissä nastarenkaita käytetään pääsääntöisesti vain erityistapauksissa, kuten esimerkiksi öiseen aikaan tapahtuvissa sanomalehtikuljetuksissa. Nastarenkaiden käytöstä aiheutuu kuitenkin välillisiä vaikutuksia myös raskaalle liikenteelle. Nastarenkaiden nopeuttama päällysteen ja tien lumipeitteen nopea urautuminen haittaa kuorma-autoliikennettä lisäämällä kuljetusvaurioiden riskiä ja tieltä tai ajolinjalta suistumisia. Kitkatalvirenkaiden yleistyminen vaikuttaisi välillisesti kuljetusaikoihin, sillä henkilöautojen keskimääräinen ajonopeus alenee nastojen poistuessa. Nastattomuuden on arvioitu alentavan henkilöautojen keskimääräistä matkanopeutta 2 - 5 %. Lisäksi kitkatalvirenkaat tasoittavat lumista ja jäistä tienpintaa, jolloin kitka-arvo pienenee ja liikennevirran keskimääräinen ajonopeus vastaavasti alenee. /32/

*Taulukko 2.6 Nastarenkaiden hyötyjä ja haittoja kitkatalvirenkaisiin nähden. /32,36/*

hyötyvaikutuksia	haittavaikutuksia
<ul style="list-style-type: none"> <li>* paremmat kitkaominaisuudet jäisellä tienpinnalla</li> <li>* lisäävät tienpinnan kitkaominaisuuksia estämällä jäisen ja lumisen tienpinnan kulumista sileäksi</li> <li>* liikenneturvallisuuden lisääntyminen</li> <li>* vähentävät tiesuolauksen tarvetta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* nopeuttavat tien pinnan epätasaista kulumista</li> <li>* nopeuttavat lumisen/jäisen tienpinnan urautumista</li> <li>* irrottavat tien pinnasta haitallista pölyä</li> <li>* kuluttavat tiemerkintöjä</li> <li>* nostavat rengasmelutasoa</li> <li>* kasvattavat ajonopeutta turvallisuudentunteen lisääntyessä</li> <li>* pitkä pysähtymismatka märällä tienpinnalla</li> </ul>

### 2.2.3 Tiesuolauksen vähentäminen

Tiesuolaa on käytetty liukkaudentorjunnassa jo 1960-luvulta lähtien. Yleisillä teillä käytetään Suomessa talven sääolosuhteista riippuen eri vuosina 80 000 - 160 000 tonnia natriumkloridia liukkaudentorjuntaan. Moottoriteillä suolaa käytetään keskimäärin 30 t/km, vilkkaimmilla pääteillä 15 t/km ja muilla pääteillä 8 t/km. Suolaa käytetään eniten Etelä-Suomessa ja rannikkoalueilla, joissa lämpötila on talvisin useimmiten lähellä natriumkloridin käyttölämpötilaa 0 - -5 °C. /20/

Suolan käytöstä aiheutuu kumulatiivisia haittavaikutuksia, joista merkittävien on kloridi-ionien kulkeutumisesta johtuva maaperän, pohjaveden ja



vesistöjen suolapitoisuuden kasvu. Suolaantumisriski on suurin harjualueilla ja tärkeillä pohjavesialueilla. Muita merkittäviä haittavaikutuksia ovat ajoneuvojen ja tierakenteiden korroosion lisääntyminen. Talvisuolauksen haittavaikutuksia on vähennetty pienentämällä käytettävää suolamäärää mm. suolaustekniikkaa kehittämällä ja ottamalla käyttöön suolaa korvaavia aineita. Tiesuolan leviämistä maaperään ja pohjaveteen on uusissa tiehankkeissa estetty suojausmenetelmillä, joiden avulla suolapitoiset valumavedet johdetaan turvallisiin purkupaikkoihin.

Tiesuolauksella on todettu olevan selkeä vaikutus ajonopeuksiin. Toisaalta suolan käyttö rajoittuu ainoastaan lähellä 0 °C lämpötilaa oleville keleille, jolloin sen vaikutus koko talven ajo-olosuhteita tarkasteltaessa on suhteellisen pieni. Suolauksella ja liukkaudentorjunnalla yleensäkin on merkittävä vaikutus ajonopeuksiin. Ruotsalaisessa taajaman suolaamattomuuskokeilussa on vertailtu suolauksen ja hiekoituksen vaikutuksia ajonopeuteen ja ajoneuvojen aikaväleihin. Tutkimuksessa ei havaittu merkittäviä eroja eri liukkaudentorjuntatapojen ajonopeusvaikutuksissa. Ajonopeudet nousivat kummankin toimenpiteen toteuttamisen seurauksena lähes saman verran. Tosin hiekoitus on toimenpiteenä kalliimpi ja hankalampi toteuttaa. /29/

Tiesuolauksen vähentämisen kansantaloudellisia kustannusvaikutuksia ei ole arvioitu tarkasti. Onnettomuus- ja aikakustannuksien on laskelmissa yleensä oletettu lisääntyvän. Kustannuksia aiheutuisi myös korvaavien kunnossapitotoimenpiteiden järjestämisestä. Säästöjä syntyisi lähinnä ajoneuvojen ja siltojen korroosion vähenemisestä, ajoneuvojen pesukustannusten pienemisestä ja ympäristövaikutusten vähenemisestä. Ruotsissa tiesuolauksesta luopumisen kustannusten on arvioitu vaihtelevan 1400 milj. SEK:n säästöistä noin 10 milj. SEK:n lisäkustannuksiin. Arvioissa ei ole otettu huomioon aikakustannusten kasvun logistisia vaikutuksia. /32/

Suolan käyttöä on viime vuosina vähennetty ja suolan käytön lopettamista on kokeiltu mm. Ruotsissa, jossa päätieverkolla on tehty ns. MINSALT-kokeiluja. Monissa Etelä-Ruotsin kaupungeissa suolan käytöstä on luovuttu kokonaan. Suolan vähentämiskokeilujen tuloksia on esitelty osassa 6. Tienkäyttäjät ovat suhtautuneet tiesuolan käyttöön kaksijakoisesti. Raskaan liikenteen on tutkimuksissa todettu pitävän suolan käyttöä tärkeänä. Pääsääntöisesti henkilöautoilijoiden mielestä suolan käyttöä voitaisiin vähentää ja siitä voitaisiin luopua jopa kokonaan. Tienkäyttäjille suunnatuissa mielipidetiedusteluissa tosin korostuu se seikka, että vastaajat eivät välttämättä tunne tiesuolan käytön kaikkia hyöty- ja haittavaikutuksia.

## 2.2.4 Yhdistelmästrategiat

Tulevaisuuden talvikunnossapitostrategia muodostuu todennäköisesti eri vaihtoehtojen kombinaatiosta ja vaihtelee Suomessa alueellisesti. Kitkatalvirenkaiden kehittyminen on tehnyt nastojen käytön vähenemisen ajankohtaiseksi erityisesti Etelä-Suomessa, jossa leutoina talvina niiden tarve on ollut melko vähäinen. Suolan käytön vähentämistä ovat edistäneet pääasiassa ympäristönäkökohdat. Suolauksesta tai nastojen käytöstä tuskin luovuttaneen kokonaan, mutta niiden määrä saattaa olennaisesti vähentyä lähivuosina. Strategiasuunnitteluun vaikuttavat ensisijaisesti alueelliset erot.

## 2.2.5 Kelitiedotus ja sääinformaatiopalvelut

Tienkäyttäjien sopeutumista vallitseviin liikenneoloihin voidaan helpottaa sää- ja keliolosuhteista jaettavalla informaatiolla. Kuljetusten kannalta informaatiolla on merkitystä lähinnä niissä yrityksissä, joissa kuljetusaikataulujen suunnittelussa on otettu huomioon keliolosuhteet eli jätetty aikatauluihin ns. kelivaraa.

Nykyisin sää- ja keliolosuhteista tiedotetaan pääasiassa paikallisradioiden, teksti-TV:n ja lehtien välityksellä. Keli-informaatiota on myös saatavissa puhelimitse ja huoltoasemien sääpalvelupisteistä. Toistaiseksi keli-informaatio tavoittaa vain murto-osan tienkäyttäjistä. Tietotekniikan ja tiedonsiirtokanavien kehittyessä reaaliaikaista kelitietoa voidaan jakaa ajoneuvoihin ajon aikana tai ennen matkalle lähtöä.

### 3 LOGISTIIKKA JA KULJETUKSET

#### 3.1 Kuljetukset logistiikan osana

Logistiikka-käsitettä ei ole yksiselitteisesti määritelty, vaan se sisältää eri yhteyksissä erilaisia kokonaisuuksia. Logistiikalla tarkoitetaan yleisimmin yrityksen toiminta-aluetta, johon kuuluvat kuljetukset, materiaalin muut käsittelyvaiheet, varastointi ja materiaalivirtaa ohjaava informaatiovirta. Lisäksi logistiikkaan kuuluvat materiaalivirtaan liittyvien taloudellisten tekijöiden ja toimintariskien hallinta. /17/

Logistiikka tarkastelee koko materiaalivirtaa ja sen kaikkia eri vaiheita raaka-aineen toimittajalta asiakkaalle. Samalla logistiikka on ensisijaisesti strateginen ajattelutapa. Yrityksen logistiikkajärjestelmä voidaan yleensä jakaa hankinta-, tuotanto- ja jakelulogistiikkaan. /25,31/

Logistiikkakustannusten suurimmat osa-alueet ovat kuljetus-, varasto- ja hallintokustannukset sekä varastoon sitoutuneen pääoman kustannukset. Suomessa logististen kustannusten on arvioitu olevan keskimäärin 11 % yritysten liikevaihdosta. Koko kansantaloudessa logistiikkakustannusten on arvioitu olevan lähes 80 mrd.mk, joka vastaa noin 18 % osuutta kansantaloudesta. /25,8/

Logistiikkakustannusten suuruus vaihtelee eri aloilla ja kokoisissa yrityksissä huomattavasti. Teollisuudessa logistiikkakustannusten arvioidaan olevan keskimäärin 15 % liikevaihdosta, kaupan alalla 7 % ja rakentamisessa 11 %. Suomessa logistiikkakustannukset ovat suhteellisen korkeat muihin Euroopan maihin verrattuna. Keski-Euroopassa logistiikkakustannusten osuuden arvioidaan vaihtelevan välillä 5 - 7 %. Suurimmat erot ovat kuljetus- ja hallintokustannuksissa. Logistiikkakustannusten korkeus Suomessa ei niinkään johdu logististen järjestelmien kehittymättömyydestä kuin elinkeino- ja yhdyskuntarakenteesta, joihin liittyvät pitkät kuljetusmatkat ja suhteellisen korkea varastointiaste. /25/

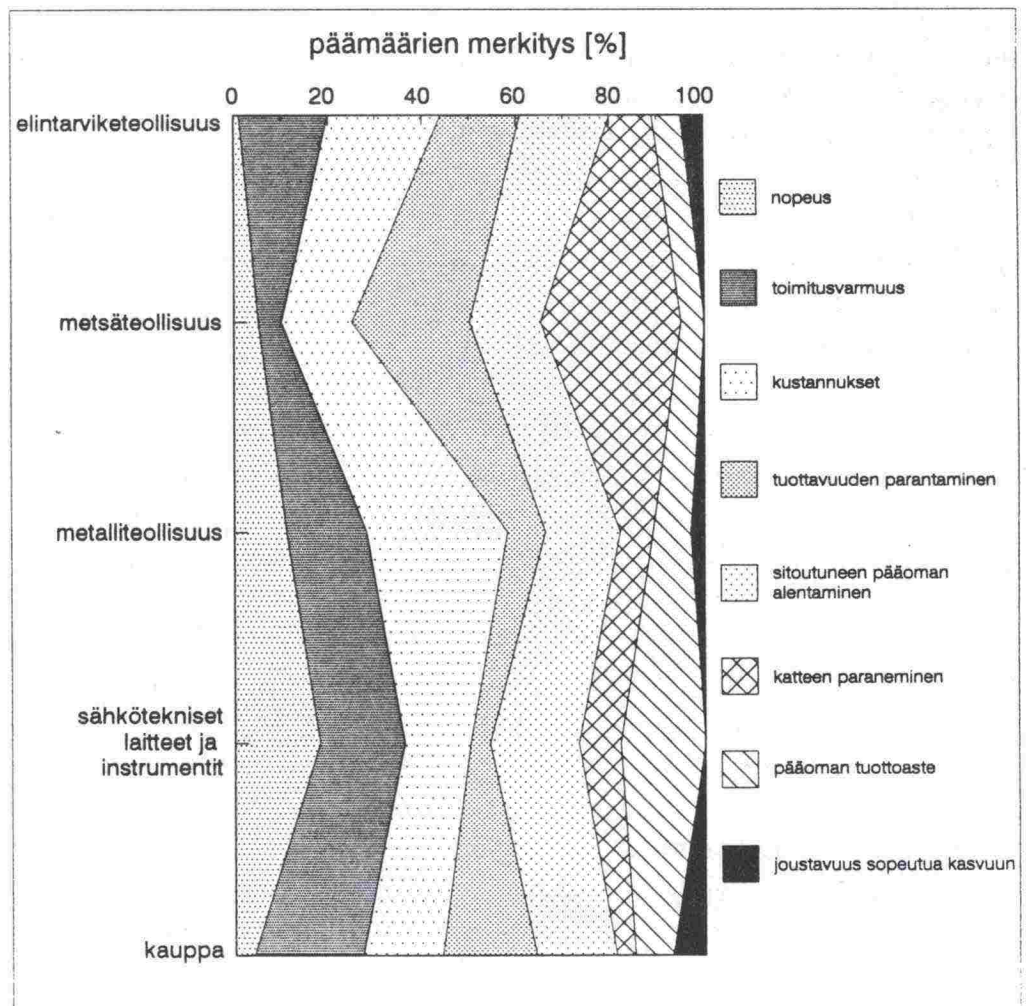
Suurin yksittäinen logistiikan osa-alue on kuljetukset, jonka osuus logistiikan kokonaiskustannuksista Suomessa on noin kolmannes. Varastotoimintojen ja varastoon sidotun pääoman korkokustannusten osuus on yhteensä noin kolmannes. /8/

Liikenneministeriön ja eräiden suomalaisten yritysten käynnistämässä Suomen logistista tasoa selvittävässä tutkimuksessa on tutkittu teollisuuden, kaupan ja rakennusalan yritysten logistisia järjestelmiä. Tutkimuksen mukaan kuljetuskustannukset muodostavat suurimman osan logistiikkakustannuksista elintarvike-, tekstiili-, kemian sekä puutavara- ja puutuote-

teollisuudessa. Ruotsissa kuljetuskustannusten osuuden tuotteen kokonaiskustannuksista on todettu olevan suurin kiviaines-, elintarvike- ja paperiteollisuudessa. /25,24/

Suomessa logistiikan kehittämisen tärkeimpinä päämäärinä pidetään logistiikkakustannusten ja logistiseen ketjuun sitoutuneen pääoman alentamista sekä toimitusvarmuuden ja tuottavuuden parantamista. Tutkituista yrityksistä noin kolmannes suunnittelee logistiikkastrategiaa perusteellisesti. Eniten strategista suunnittelua tehdään kaupan alalla ja liikevaihdoiltaan suurissa yrityksissä. Suomalaisten yritysten logistiikan suunnittelussa eniten vaikuttavia tekijöitä ovat hankintalähteiden ja varastojen määrä ja sijainti sekä organisaation vastualueet. Sähkötekniisten laitteiden ja instrumenttien valmistuksessa on otettu huomioon eniten logistiikan kehittämiseen liittyviä tekijöitä. /25/

Tärkeimmät logistiikan päämäärät eri aloilla ovat yleensä logistiikkakustannusten alentaminen ja toimitusvarmuuden lisääminen. Kuvassa 3.1 on esitetty tärkeimpiä logistiikan päämääriä eräissä suomalaisissa yrityksissä.



Kuva 3.1 Logistiikan päämäärät eräissä suomalaisissa yrityksissä. /25/

## 3.2 Kuljetusominaisuudet

### 3.2.1 Kuljetusnopeus

Kuljetusten nopeudella on vain harvoin suuri merkitys yrityksen kuljetustoiminnoille. Kuljetusaika on yleensä vain murto-osa tuotteen toimitusajasta. Nykyisiin matka-aikoihin on yrityksissä sopeuduttu ja tuotanto- ja kuljetusaikataulut on laadittu niiden mukaisesti. Kuljetusnopeutta tärkeämpänä pidetään usein kuljetusvarmuutta ja -täsmällisyyttä. Matkanopeuden kasvulla ja sillä saavutettavalla matka-ajan lyhenemisellä on kuitenkin välitön vaikutus aikaan sidottuihin työvoimakustannuksiin ja kuljetusten aikana kuljetusvälineisiin sitoutuneen tavaran pääomakustannuksiin. Kuljetuksille lasketaan liikennetaloudellisissa laskelmissa aikakustannukset, jotka koskevat ajoneuvoa ja kuljettajan työaikaa. Kuljetettavalle tavaralle sen sijaan ei lasketa ajan arvoa. /22,37,26/

Kuljetuksilta vaadittavaan nopeuteen vaikuttavat ratkaisevasti kuljetettavan tavaran ominaisuudet, joista tärkeimpiä ovat tavaran arvo, ajankohtaisuus ja jatkokäsittelytoimenpiteet. Kalliilla ja ajankohtaisilla tavaroilla kuljetusnopeus on tärkeä pääoma- ja korkokustannuksia pienentävä tekijä. Kuljetusnopeus on tärkeä ominaisuus tavaroille, jotka ovat herkästi pilaantuvia tai jotka on muista syistä saatava jatkokäsittelyyn tai myyntiin nopeasti. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi elintarvikkeet ja sanomalehdet. Nopeus ei tavallisesti ole merkittävä kuljetusominaisuus, sillä tuotteen koko elinkaaresta kuljetusajat muodostavat vain murto-osan. Tuotannossa tavaran varastointi-, käsittely- ja valmistusprosessit ovat yleensä moninkertaisia kuljetusaikoihin verrattuna. /23,11/

Matkanopeuden kasvaminen pienentää yleensä matka-aikojen vaihtelua, jolloin aikatauluun sidottujen kuljetusten suunnittelutoleransseja voidaan pienentää. Tällöin kuljetus- ja käsittelytehtäviin varatun kaluston määrää voidaan vähentää. Kuljetusten nopeutuminen vaikuttaa osaltaan varastointitarpeen pienenemiseen ja tuotannon kehittämiseen. Tämä mahdollistaa tuotannon erikoistumisen ja varastoon sitoutuneen pääoman määrän vähenemisen. Vuonna 1992 tehdyssä logistiikan tason tutkimuksessa kolmannes yrityksistä oli sitä mieltä, että toimitusaikojen lyhentäminen on tärkeä logistiikan kehittämisen päämäärä. /25,16/

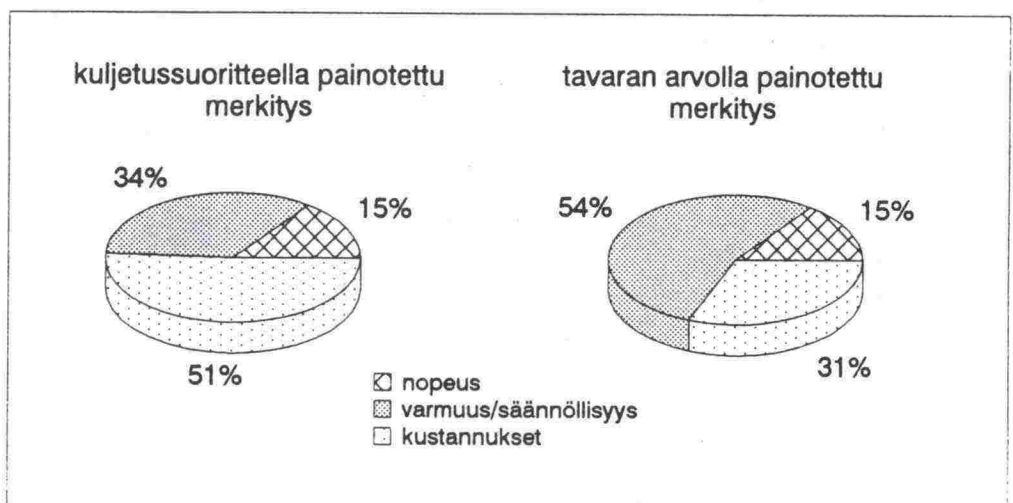
Kuljetusnopeutta ja toimitusaikojen lyhentämistä arvostetaan eniten rakennusteollisuudessa, kemian teollisuudessa, polttoaineteollisuudessa sekä sähköteknisten laitteiden valmistuksessa. Vähiten tärkeää se on metsäteollisuuden yrityksille. Toimitusajan lyheneminen on tärkeintä niissä yrityksissä, joissa kuljetettavan tavaran arvo on korkea, sillä tällöin myös tavaran siirroissa kertyvät pääomakustannukset ovat suurimmat. Kuljetus-

nopeuden keskimääräinen merkitys kuljetusten valinnassa on esitetty kuvassa 3.2. /25,16,37/

Kuljetusnopeudella on suurin merkitys jakelukuljetuksissa, joissa kuljetettavan tavaran jalostusaste on korkea. Jakelulogistiikassa kuljetusmuotojen muuttaminen kuljetusten nopeuttamiseksi on ollut melko yleinen toimenpide erityisesti vientiä harjoittavissa yrityksissä. Raaka-ainetoimituksissa tai tuotannon sisäisissä kuljetuksissa nopeudella ei tavallisesti ole yhtä suurta merkitystä. Vastaavasti pitkillä kuljetusmatkoilla ja toistuvissa kuljetuksissa, kuten tavaralinjaliikenteessä, nopeus on merkittävä kuljetusten valintaperuste. Lyhyillä kuljetusetäisyyksillä toimitusajan oletetaan olevan lyhyt, eikä nopeus tavallisesti ehdi muodostua merkittäväksi kuljetusominaisuudeksi. Kuljetusnopeus on merkittävä tekijä myös kertaluonteisissa tilauskuljetuksissa, joissa esimerkiksi tuotannon jatkuminen riippuu tietyn toimituksen saapumisesta. Oman erityisalueensa muodostavat pika- ja kuriirikuljetukset, joissa kuljetusnopeus on olennainen osa kuljetusliikkeen tarjoamaa palvelua. /25/

### 3.2.2 Kuljetuskustannukset

Kuljetuskustannusten alentaminen on usein yrityksen logistiikan kehittämisen tärkeimpiä päämääriä. Kuljetuskustannusten merkitys korostuu, jos tarkastellaan kuljetussuoritetta. Kuvassa 3.2 on esitetty tiekuljetusten ominaisuuksien merkitys kuljetussuoritteella ja tavaran arvolla painotettuna vuonna 1985. Yli puolelle kuljetussuoritteesta hinta on ollut tärkein kuljetusominaisuus. Jos sen sijaan tarkastellaan kuljetusten arvoa, on hinta kolmannekselle kuljetettavan tavaran arvosta tärkein tekijä. /37/



Kuva 3.2 Tiekuljetusten ominaisuuksien merkitys Suomessa vuonna 1985. /37/

Tärkeimpänä kuljetuksiin liittyvänä ominaisuutena kustannuksia pidetään maa-ainesten ja metsäteollisuustuotteiden kuljetuksessa. Kustannusten alentaminen on tärkeä logistiikan päämäärä erityisesti metalli- ja elintarviketeollisuudessa. /37,25/

Kustannusten osuus korostuu raaka-ainetoimituksissa, joissa tavaran hinta ja jalostusaste ovat alhaiset. Kuljetuskustannuksilla on eniten merkitystä pitkillä ja usein toistuvilla kuljetusmatkoilla. Kertaluonteisissa erikoiskuljetuksissa kustannukset eivät ole yleensä tärkeä kuljetusten valintakriteeri.

### 3.2.3 Kuljetustäsmällisyys ja -varmuus

Kuljetustäsmällisyys ja toimitusten luotettavuus on eräs tärkeimmistä logistiikan kehittämiseen liittyvistä tekijöistä. Kuljetusnopeus ja kuljetusvarmuus ovat edellytyksiä niin tuotannon kehittämiselle kuin varastojen pienentämiselle. Kuljetusnopeutta tärkeämpi ominaisuus on usein kuljetusaikojen hajonta, jonka avulla myöhästymisriskiä voidaan arvioida. Viimeaikaiset tuotanto- ja varastointistrategiset muutokset ovat lisänneet kuljetustäsmällisyyden merkitystä. Käytännössä kuljetusajan lyhenemisen ja toimitusvarmuuden lisääntymisen on havaittu vaikuttavan varastointiin vain vähän, sillä vain pienen osan varmuusvarastoista arvioidaan johtuvan kuljetusten epävarmuudesta. Varmuusvarastojen tärkeimmän tehtävän on ruotsalaisessa tutkimuksessa todettu olevan kysynnän vaihteluihin varautuminen. /23,16/

Kuljetusten varmuuden ja säännöllisyyden merkitys kuljetusten valinnassa on esitetty kuvassa 3.2. Kuljetusvarmuuden merkitys korostuu, kun painotetaan kuljetettavan tavaran arvoa. Kuljetustäsmällisyys ja -varmuus ovat tärkeimpiä kuljetusten ominaisuuksia juuri niiden tuotteiden osalta, joiden jalostusaste tai arvo ovat korkeita. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi elintarvikkeet sekä korkealle jalostetut metalli- ja elektroniikkateollisuuden tuotteet. Toimitusvarmuuden merkitys korostuu tilaustuotannossa, jossa raaka-aineilta, alihankintatuotteilta ja valmiilta tuotteilta edellytetään yleensä oikea-aikaista toimitusta. Toimitusvarmuuden lisäämisen on suomalaisessa kyselytutkimuksessa todettu olevan vähiten tärkeätä metsäteollisuudelle, jonka yrityksistä noin 15 % piti toimitusvarmuutta tärkeänä tavoitteena. Toimitusvarmuus on erityisen tärkeää vähittäiskaupalle, jonka yrityksistä 60 % pitää sitä tärkeimpänä logistiikan kehittämisen päämääränä. /25,37/

Kuljetustäsmällisyyttä arvostetaan eniten jakelukuljetuksissa, joissa valmis tuote siirtyy asiakkaalle. Asiakkaana voi olla tukkuliike, vähittäiskauppa tai kuluttaja, jolloin asiakas ei tavallisesti voi varautua tuotteen loppumiseen riittävällä puskurivarastolla. Täsmällisyyden suhteen vaativimpia ovat

luonteeltaan sellaiset tuotteet, joita ei voi varastoida pitkään säilyvyytensä tai ajankohtaisuutensa vuoksi. Tyypillisimpiä esimerkkejä ovat elintarvikkeet, sesonkituotteet tai mallistoltaan usein uudistuvat tuotteet.

Kuljetustäsmällisyyttä edellytetään eniten usein toistuvilta lyhyiltä kuljetuksilta. Yritysten tuotanto tai kauppojen tavaratoimitukset on usein järjestetty siten, että tavaralajit saapuvat määräpaikkaan tietyssä keskinäisessä järjestyksessä. Tällöin tuotanto voi jatkua keskeytyksettä ja ruuhkat saapuvien tavaratoimitusten osalta voidaan välttää. /40/

Tavaralinjaliikenteessä kuljetusvarmuus ja toimitusten täsmällisyys on tärkeä tekijä. Linjaliikenteessä kuorma voi koostua useista eri kuljetuksista ja linja monista terminaaleista, jolloin tavaratoimitusten kumulatiiviset pienet epätarkkuudet saattavat aiheuttaa merkittäviä myöhästymisiä.

### 3.3 Turvallisuus

Onnettomuusriskiä ja sen aiheuttamaa kuljetusten myöhästymistä ei tavallisesti oteta huomioon tehtäessä kuljetuskustannusarvioita. Tieinvestointeihin liittyvissä liikennetaloudellisissa laskelmissa onnettomuuskustannukset lasketaan onnettomuusasteen ja onnettomuuden keskimääräisten kustannusten avulla. Eryyisen riskialttiissa kuljetuksissa on onnettomuusriski otettu huomioon. Vaarallisten aineiden kuljetuksissa kuljetusreitti on usein suunniteltu siten, että onnettomuusriski ja onnettomuudesta aiheutuvien seurauksien riski on pienempi kuin muilla kuljetuksilla.

Onnettomuuksia sattuu liikenteessä suhteellisen harvoin. Tieliikenteessä tapahtuvat onnettomuudet aikaansaavat usein myöhästymisiä, jotka johtuvat onnettomuustilanteen lisäksi liikenteen pysähtymisestä tai hidastumisesta onnettomuuspaikalla. Kuorma-autojen ja jakeluliikenteessä olevien pakettiautojen onnettomuusriski on pääteillä suhteellisen pieni. Onnettomuusaste heijastaa väylän liikennemäärää, liikenteellistä tasoa, kuntoa sekä sää- ja keliolosuhteita. Raskaan liikenteen osuus tieliikenteen kokonaisliikennesuoritteesta vuonna 1991 oli noin 6,5 %. Henkilövahinkoon johtaneita liikenneonnettomuuksia sattui noin 10 200 vuonna 1990. Kuorma-autot olivat osallisena yhteensä noin 750:ssä henkilövahinkoon johtaneessa onnettomuudessa, mikä vastaa noin 7 % kaikista henkilövahinkoon johtaneista onnettomuuksista. Kuorma-autoliikenteen onnettomuusaste oli vuonna 1990 keskimäärin 0,26 onn./milj.autokm. Myös henkilöautojen onnettomuusaste vuonna 1990 oli keskimäärin 0,26 onn./milj.autokm. Pakettiautojen onnettomuusaste on viime vuosina ollut suurempi kuin henkilö- ja kuorma-autojen. Pakettiautot olivat vuonna 1990 osallisena yhteensä noin 980:ssä henkilövahinkoon johtaneessa onnettomuudessa, ja niiden onnettomuusaste oli keskimäärin 0,34 onn./milj.autokm. Päätiever-



kolla onnettomuusaste on huomattavasti alempi kuin alemmalla tieverkolla. /21,38,24/

Kuljetusvaurioiden merkitys on suurin kalliilla ja jalostusasteeltaan korkeilla tavaroilla. Kuljetusten aikana syntyvien vaurioiden määrä on suhteellisen pieni, sillä suurin osa vaurioista syntyy tavarankäsittelyn yhteydessä terminaaleissa ja tavarankäsitelystä ja purkupaikoilla. Eniten kuljetusvaurioita syntyy keväisin, jolloin tien kunto on tavallisesti huonoin. Talvisin kuljetusvaurioita aiheuttaa liukkauden, lumisen tienpinnan ja polanteiden aiheuttamista ojaanajoista ja ajoneuvon heittelemisestä. /18/

Tavarankäsiteltyjen vaurioituminen kuljetuksen ja siirtojen aikana pyritään tavallisesti estämään pakkausteknisillä keinoilla, kuljetusmuodon ja -tavan valinnalla, siirtokoneiston valinnalla ja varoituslipukkeilla. Kuljetusvaurioiden syntyyn vaikuttavat monet seikat, jotka riippuvat kuljetettavasta tavaralajista. Hyväkuntoinen tie vähentää kuljetusvaurioiden ja pakkaustarpeen määrää. Toisaalta kuljetettava tavara on aina pakattava kuljetusreitillä huonokuntoisimman osuuden vaatimalla tavalla, joten liikenneverkon hyväkuntoisten osuuksien merkitys pakkauskustannuksiin ei ole ratkaiseva. /24/

Erityisiä vaatimuksia kuljetuskalustolle vaativat esimerkiksi kylmäsäilytystä vaativat tuotteet, suurikokoiset tavarat ja tuotteet, joiden pakkaus tai sidonta on vaikeaa ja kallista. Pakkauskustannusten osuus logistiikkakustannuksista on keskimäärin 10 - 15 %. Eri tuotteilla kustannukset vaihtelevat huomattavasti. Erikoiskuljetuksista aiheutuu yrityksille talvisin ylimääräisiä kuorman sidonta- ja pakkauskustannuksia. /25,41/

### 3.4 Varastointi- ja terminaalitoiminnot

Varastoilla voidaan tasoittaa raaka-aineiden ja välituotteiden saannin, kuljetusten sekä kysynnän vaihteluita ja taata tuotannon tai yrityksen muun toiminnan jatkuvuus poikkeusolosuhteissa. Yrityksen kuljetusvaatimukset riippuvat suuresti hallitsevasta varastointistrategiasta. Varastointikustannusten suuruuden on Suomessa arvioitu olevan keskimäärin 3 % yritysten liikevaihdosta. Kustannukset vaihtelevat aloittain ja tuotantotavasta ja -paikasta johtuen. Varastointikustannusten osuus on kuljetuskustannuksia merkittävämpi mm. sähkötekniikan tuotteiden, metallituotteiden, koneiden ja laitteiden tuotannon sekä kaupan logistiikkakustannuksissa. /25/

Toimitusvarmuuden ja kuljetusten luotettavuuden paraneminen on erityisen tärkeää JOT-tuotannossa, jossa varmuusvarastoinnin osuus on erittäin pieni. JOT-tuotannossa lähetys- ja vastaanotto toiminta on tehostunut ja kuljetettavan tavarankäsitelystä ja varastointiaika on lyhentynyt. /1/

Terminaalitoimintojen kannalta toimitusvarmuus ja -luotettavuus ovat tärkeimpiä kuljetusominaisuuksia. Terminaalin toiminta vaikuttaa osaltaan kuljetusten sujuvuuteen ja kuljetuskustannuksiin.

### 3.5 Logistiikan kehityksen vaikutus talvikunnossapidon laatuvaatimuksiin

JOT-toimintaperiaatteen eli juuri oikeaan tarpeeseen -ajattelun yleistymisen on arvioitu lisäävän kuljetusaikaan ja -täsmällisyyteen liittyviä vaatimuksia tuotannossa. JOT-toimintatapaan kuuluvat pienet, säännölliset ja tiheet kuljetukset suoraan tuotantolinjoille parhaassa tapauksessa ilman minkäänlaista välivarastointia. JOT-tuotannossa kuljetuksissa tapahtuvat häiriöt heijastuvat välittömästi tuotantoon tai tavarankäsittelyyn. Tieverkon ominaisuuksien ja liikenneolosuhteiden on Japanissa havaittu vaikuttavan selvästi JOT-tuotannon toimintaan. JOT-tuotannossa kuljetuskustannusten osuus logistiikkakustannuksista kasvaa, vaikka logistiikkakustannusten pienenevät. /34,30/

Kansainvälisten kuljetusten lisääntyminen vaikuttaa osaltaan kuljetusajan ja -täsmällisyyden arvostuksen kohoamiseen. Myöhästymisriskin merkitys korostuu, kun kuljetuksen laatu on ratkaiseva kilpailutekijä. Kansainvälistyminen tuo muutoksia myös mm. logistiikkiin vastuukysymyksiin, jolloin tienpitäjä saattaa joutua osaltaan vastaamaan myöhästymisistä ja kuljetusvaurioista. Tien kunnan taloudellinen merkitys on tällöin jouduttava arvioimaan uudelleen. /1/

Logistiikan tehokkuuden lisääntyminen asettaa vaatimuksia myös kuljetusten tehokkuudelle ja ajankäytölle, sillä kuljetuskustannusten osuus logistiikkakustannuksista on suhteellisen suuri. Logistiikan tehokkuutta on Euroopassa lisätty esimerkiksi ostamalla logistiikkapalveluja ulkopuolisilta logistiikkatoimintoihin keskittyneiltä yrityksiltä. Muita logistiikan tehokkuutta lisääviä tekijöitä ovat paperittoman tiedonsiirron yleistyminen, jakelukanavien tehostuminen, laatujärjestelmän kehittyminen ja varastointistrategian muutokset. /34,42/

Varastointistrategian muutokset muuttavat kuljetustoimintoja merkittävästi. JOT-tuotannon ja materiaali kierron optimoinnin seurauksena varastojen määrää on voitu vähentää huomattavasti. JOT-ajatteluun perustuu myös Lean-tuotanto, jossa varastointi on tuotannon kaikissa vaiheissa optimoitu mahdollisimman pieneksi. Lean-tuotannossa lyhyet ja täsmälliset toimitukset ovat avainasemassa. Logistiikan kehittyminen vaikuttaa erityisesti kuljetustäsmällisyyden ja nopeusvaatimusten sekä kuljetusten laatuvaatimusten lisääntymiseen, jotka osittain kohdistuvat myös talvikunnossapidon laatuun.

## 4 TIEVERKON VAIKUTUKSIA KULJETUSOMINAISUUKSIIN

### 4.1 Tieverkon yhdistävyys ja kunto

Kuljetusominaisuuksilla tarkoitetaan tässä yhteydessä kuljetusten laatuun vaikuttavia tekijöitä, kuten kuljetusnopeutta, -kustannuksia sekä kuljetusten varmuutta ja säännöllisyyttä.

VTT:n liikenneverkon logistisia vaikutuksia selvittävän tutkimuksen mukaan liikenneverkko ei tällä hetkellä ole yritysten keskeisin logistinen ongelma. Useissa eri maissa tehtyjen selvitysten mukaan varastojen määrää tai kokoa ei mainittavasti voi vähentää kuljetusaikoja lyhentämällä. Liikenneverkolla ei havaittu myöskään olevan niin merkittäviä logistisia vaikutuksia, että liikenneinvestointien kannattavuuslaskelmien laskentaperusteita olisi syytä huomattavasti muuttaa. Logistiikan kehittämisen suurimpana esteenä ovat yritysten näkökulmasta toiminnalliset ja organisatoriset rajoitteet sekä riittämättömät informaatiojärjestelmät. Puutteellista infrastruktuuria, kuten esimerkiksi tieverkon riittämättömyyttä, on pidetty logistiikan kehittämisen esteenä vain poikkeustapauksissa. /25,22/

Tieverkon laatu vaikuttaa ajokustannusten lisäksi välillisesti kuljetusten laatuun ja varastointitarpeeseen. Liikenneverkolla olevat puutteet voivat olla luonteeltaan jatkuvia, säännöllisiä tai tilapäisiä. Jatkuvia esteitä ovat mm. painorajoitettut sillat tai puuttuvat yhteydet. Säännöllinen este voi olla esimerkiksi aamuruuhka tai keväinen kelirikko. Tilapäisiä esteitä ovat tietöistä, sääolosuhteista tai onnettomuudesta aiheutuvat liikenneväylän tukkeutumiset. /22,30/

Iso-Britanniassa teollisuuden edustajat ja liikenteen harjoittajat ovat luokitelleet liikenneverkolla olevat puutteet kolmeen eri ryhmään. Ensimmäisen ryhmän muodostavat todelliset puuttuvat yhteydet eri paikkakuntien väliltä. Toisen ryhmän muodostavat tieverkon pullonkaulat, kuten eräät vilkkaasti liikennöityjen moottoriteiden tunneli- ja siltaosuudet. Kolmas ryhmä on liikenneväylien parantamis- ja uudelleenrakennustöiden aiheuttama kapasiteetin aleneminen pääväylillä, joissa kiertotien mahdollisuutta ei ole. Lisäksi palvelujen puuttumisen uusilta pääteiltä on havaittu aiheuttavan hankaluuksia reittien valinnassa. Päätieverkon tasoa olisi teollisuuden ja liikenteen harjoittajien näkemyksen mukaan nostettava siten, että ammattimaista liikennettä koskevat rajoituksista, kuten ajoneuvojen painoa ja korkeutta koskevista rajoituksista, voitaisiin luopua. /40/

Tieverkon riittämättömyyden on Iso-Britanniassa nähty aiheutuvan teollisuuden ja tieinvestointien suunnittelun erilaisesta aikavälistä. Teollisuuden

investoinneissa suunnitteluajajaksona on yleensä 5 - 10 vuotta, kun tieinvestoinneissa aikavälinä on tavallisesti 15 - 20 vuotta. /40/

Reitin valintaan vaikuttavista tekijöistä tärkeimpiä ovat reitin pituus, ajoaika ja tien kunto. Ruotsalaisessa tutkimuksessa 75 % kuljetusliikkeistä, 80 % teollisuusyrityksistä ja 70 % kaupan yrityksistä ilmoitti valitsevansa mieluummin hyväkuntoisen ja korkeatasoisen pidemmän reitin kuin lyhyen ja huonokuntoisen reitin. /11/

Tieverkon kattavuutta tai puuttuvia yhteyksiä ei Suomessa nähdä logistiikkaan merkittävästi vaikuttavina tekijöinä. Tieverkon kunnolla arvioidaan olevan suhteellisen suuri vaikutus kuljetusaikoihin ja liikenteen sujuvuuteen. Suurimpina tien kuntoon liittyvinä ongelmina on pidetty teiden liukkautta talvella sekä teiden kuoppaisuutta ja urautuneisuutta. Kuljetusliikkeiden näkökulmasta jakeluliikenteen lastauspaikat taajamissa muodostavat erään ongelmakohdan. /22/

#### 4.2 Liikenteen määrä, koostumus ja palvelutaso

Liikenneolosuhteet vaikuttavat ajonopeuteen ja liikenneturvallisuuteen. Liikennemäärän kasvaessa ajonopeus yleensä laskee, palvelutaso alenee ja ajoneuvojen väliset aikavälit lyhenevät. Ruuhkautuneilla tieosilla matkanopeudet alenevat, mistä aiheutuu aikakustannusten kasvua sekä myöhästymisiä. Yllättävä toimituskatkos, joka voi johtua esimerkiksi liikenne-ruuhkasta, äkillisestä lumisateesta tai lauttaliikenteen seisahtumisesta, voi pysäyttää tuotannon ja aiheuttaa huomattavia kustannuksia. /42/

Suomessa teiden ruuhkautuminen ei ole ollut merkittävä matka-aikoihin vaikuttava tekijä taajamia ja eräitä vilkkaimmin liikennöityjä osuuksia lukuunottamatta. Kuljetusten kannalta haitallisimpia ovat äkilliset häiriötilat, joiden aiheuttamiin myöhästymisiin ei ole tavarantoimipaikassa varauduttu. Yllättäviä ruuhkia aiheutuu vaikeissa sääolosuhteissa, onnettomuustilanteissa ja liikenteen satunnaisvaihtelujen seurauksena.

Suuret liikennemäärät ja niistä aiheutuvat ruuhkat vaikeuttavat eniten lyhytmatkaista jakeluliikennettä taajamissa. Matka-ajan lisääntymisen lisäksi nopeuden alenemisella on energiankulutusta lisäävä vaikutus, mikä osaltaan lisää kuljetuskustannuksia.

#### 4.3 Sää- ja keliolosuhteet

Keliolosuhteiden on todettu vaikuttavan kulkumuotojakaumaan ja tehtävien matkojen määrään. Kuljetusmuodon valintaan tai kuljetustapahtuman suorittamiseen sää- ja keliolosuhteilla sen sijaan on melko vähäinen vaiku-

tus. Hankalissa keliolosuhteissa ajoneuvojen nopeuksien on havaittu alenevan ja aikavälien pitenevän, jolloin liikenneväylän kapasiteetti laskee huomattavasti. Näissä olosuhteissa tienkäyttäjät valitsevat erityisesti taajama-alueilla vaihtoehtoisia reittejä, mikäli sellaisia on tarjolla. Toisin kuin taajamissa liikenne päätieverkolla hakeutuu epäsuotuisissa keliolosuhteissa alemmalta tieverkolta aikaisemmin pääväylille. /29/

Poikkeuksellisen hankalat keliolosuhteet aiheuttavat tavallisesti myöhästymisiä ja jopa tuotannon pysähtymisiä. Toisaalta erittäin hankalia keliolosuhteita esiintyy suhteellisen harvoin ja niiden kokonaisvaikutus on suhteellisen pieni. Normaalin yritystoiminnan katsotaan pystyvän kattamaan ne riskit, jotka aiheutuvat harvoin tapahtuvista ennalta arvaamattomista myöhästymisistä. Myöskään JOT-tuotannossa harvoin sattuvat myöhästymiset eivät aiheuta vakavia seurauksia. /24/

Suomessa keliolosuhteet ovat huomattavasti talvisemmat ja vastaavasti valmiudet selviytyä talvisemmista olosuhteista paremmat kuin Keski-Euroopassa, jossa talven äkillinen ja lyhytaikainen kylmeneminen aiheuttaa yleensä tieverkon ruuhkautumista, kuorma-autokaluston jäätymistä ja liikenteen täydellistä pysähtymistä. Iso-Britanniassa tutkittiin vuoden 1987 tammikuussa sattuneen äkillisen lumisen ja jäisen kelin vaikutuksia kuljetuksiin. Yli puolet haastatelluista kuljetusyrityksistä ilmoitti ajoissa toimitettujen tavaratoimitusten määrään olevan alle viidenneksen kokonaiskuljetuksista. Noin puolet yrityksistä arvioi kuljetustoimintojen häiriytyneen äkillisen talvikelin vaikutuksesta huomattavasti. Päätieverkolla ongelmat eivät muodostuneet yhtä suuriksi kuin huonosti auratuilla alemmalla tieverkolla, taajamissa ja piha-alueilla. /40/

Talviolosuhteiden vaikutus tiekuljetuksissa vaikuttaa ensisijaisesti kuljetusliikkeen toimintaan ja vasta toissijaisesti teollisuuden toimintaan. Ruotsalaisessa tutkimuksessa yli puolet kuljetusliikkeistä arvioi talviolosuhteiden vaikuttavan toimintaansa alueen päätiellä. Teollisuusyrityksistä sen sijaan 20 % arvioi talviolosuhteiden vaikuttaneen yrityksen kuljetustoimintoihin. Kevään kelirikon aiheuttama tien kunnan heikkeneminen koetaan haitalliseksi kuljetusliikkeiden, teollisuuden ja kaupan näkökulmasta. Teollisuudessa ja kaupan alalla tiestön kevätolosuhteita pidetään jopa merkittävämpänä kuljetustoimintaan vaikuttavana tekijänä kuin talviolosuhteita. /11/

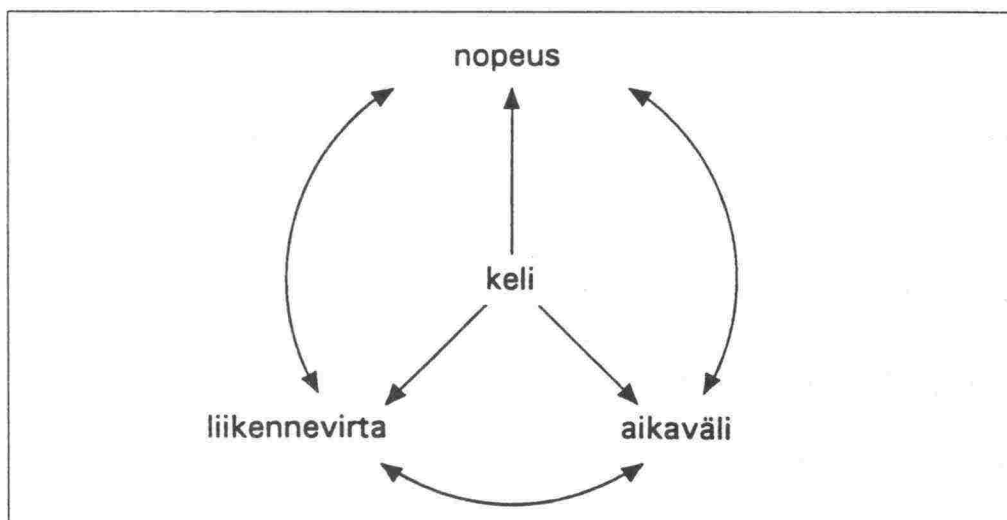
Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan lumisateen ja liukkauden aiheuttamasta matkan hidastumisesta kärsii ensisijaisesti pitkämatkainen kuorma-autoliikenne. Alle kahden tunnin mittaisia pysähtymisiä arvioitiin talvella 1983/84 aiheutuneen kaksi kertaa miljoonaa ajoneuvokilometriä kohti. Suomessa tämä tarkoittaisi keskimäärin 900 yksittäistä talvikeleistä johtuvaa pysähdystä talvikautta kohden. /11/

## 4.4 Talvikunnossapitotoimenpiteiden merkitys

### 4.4.1 Matkanopeus ja -aika

Vuodenajan on todettu vaikuttavan keskimääräiseen ajonopeuteen. Keliolosuhteista riippumatta keskinopeuden on talvella havaittu olevan noin 3 km/h alhaisempi kuin muina vuodenaikoina. Keskinopeuden on myös havaittu riippuvan selvästi keliolosuhteista. Jäisellä tienpinnalla keskinopeus on päätteillä 5 - 10 % ja lumisateessa jopa 20 % alempi kuin kuivalla tienpinnalla. /29,18/

Liikennevirran, ajonopeuden ja ajoneuvojen välisen aikavälin on todettu riippuvan toisistaan kuvan 4.1 mukaisesti.

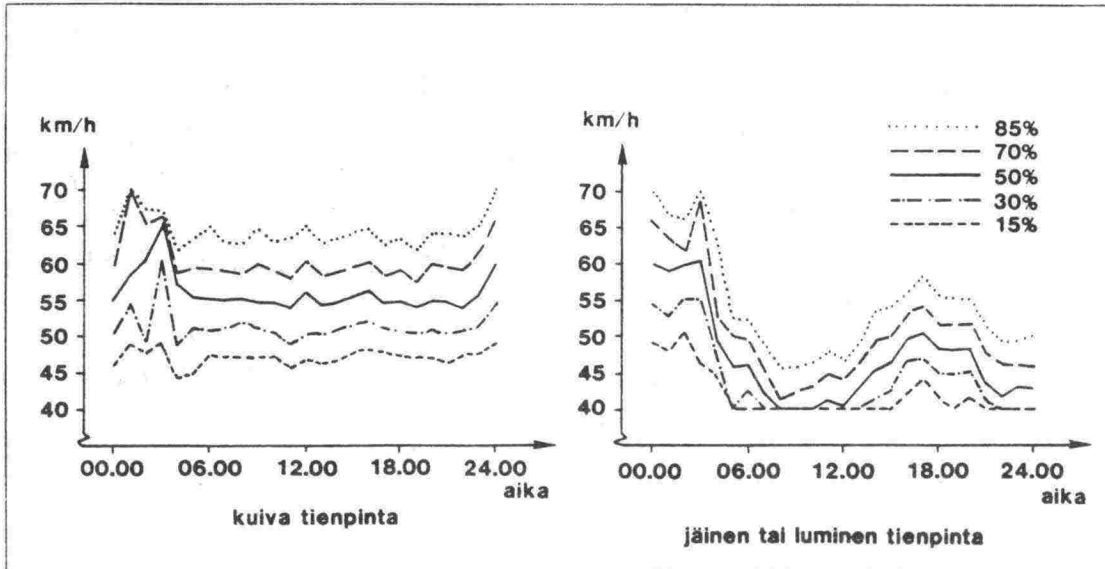


Kuva 4.1 Liikennevirran, nopeuden, ajoneuvojen välisen aikavälin ja kelin yhteys. /29/

Henkilöautojen matka-aikojen on yhteispohjoismaisessa tutkimuksessa todettu talvikeleillä pitenevän merkittävästi. Vuosina 1985-86 tehdyissä tutkimuksissa lähes 60 % henkilöautoilijoista ilmoitti matka-aikojensa pidentyvän talvikeleillä. Talviolosuhteiden todettiin vaikuttavan myös kulkumuotojakaumaan. /7/

Liikennevirran nopeuden on tutkimuksissa todettu alenevan huomattavasti liukkaissa keliolosuhteissa. Nopeuden aleneminen on suurinta vilkkaan liikenteen aikana, sen sijaan hiljaisen liikenteen aikana nopeuksissa ei ole mainittavia eroja. Myös nopeuksien hajonta kasvaa keliolosuhteiden huonontuessa. Liikennemäärän pienentymistä sen sijaan on havaittavissa vasta erittäin huonoissa keliolosuhteissa. Kuvassa 4.2 on esitetty kadulla mitattu keskinopeus Göteborgissa kuivalla tienpinnalla sekä lumisella tai

jäisellä tienpinnalla. Keskinopeuksien aleneminen on selkeintä ruuhka-aikoina. /29/



Kuva 4.2 Ajonopeudet kadulla kuivalla tienpinnalla ja talvikelillä Göteborgissa. Kuvaajat osoittavat, kuinka suuri osuus ajoneuvoista on alittanut kuvaajan osoittaman ajonopeuden. /29/

Myös pääteillä ajonopeuden on todettu alenevan talvikeleillä jonkin verran. Tiesuolauksen on todettu vaikuttavan erityisesti raskaan liikenteen ajonopeuksiin, joiden on arvioitu kasvavan 5 - 10 % suolauksen vaikutuksesta. Norjassa raskaan liikenteen keskinopeuden on tiesuolauksen vaikutuksesta arvioitu kasvavan mäkisillä osuuksilla jopa 10 - 20 %. /41/

Eri liukkaudentorjuntamenetelmien nopeusvaikutuksista ei ole olemassa yksiselitteistä tutkimustietoa. Taajamaolosuhteissa suolauksen ja hiekkoituksen on havaittu vaikuttavan nopeuksiin likimain yhtä tehokkaasti. Pääteillä hiekkoituksen nopeusvaikutuksen sen sijaan on todettu olevan hieman pienempi ja melko lyhytaikainen. Tiesuuksilla, joissa suolaus on vaihdettu hiekkoitukseen, on havaittu hieman enemmän liikenteen pysähtymisiä ja ruuhkautumista hankalissa keliolosuhteissa. /29,41,18/

Teiden liukkautta talvella ja varsinkin yöllä ennen suolauksen aloittamista pidetään eräänä liikenneverkon pahimpana ongelmana raskaan liikenteen kannalta. /22/

Taajaman nopeustutkimuksissa on ajoneuvojen välisten erittäin lyhyiden aikavälien määrän havaittu liukkaalla kelillä vähenevän kuivan tienpinnan tuloksiin verrattuna. Sen sijaan keskimääräinen aikaväli ei lyhene merkittävästi keliolosuhteiden huonontuessa. Aikavälin pituus vaikuttaa ensisijaisesti onnettomuusriskiin. /29/

Saksalaisessa tutkimuksessa aikakustannusten on jäisellä suolaamattomalla tiellä todettu olevan 1,7-kertaiset kuivaan tienpintaan verrattuna. Suolatun tien aikakustannukset ovat tutkimuksen mukaan 1,3 kertaa niin korkeat kuin kuivalla tienpinnalla. /4/

#### 4.4.2 Energiankulutus

Jäisellä tai pakkautuneella lumella peittyneellä tienpinnalla polttoaineenkulutuksen ei ole havaittu poikkeavan määrän tai kuivan tienpinnan kulutuksesta. Polttoaineen kulutuksessa tai renkaiden kulumisessa ei myöskään ole havaittu eroja suolatun tai suolaamattoman tien pinnan välillä. Talvikeleisiä irtolumella tai sohjolla peittyneen tienpinnan on tutkimuksissa todettu vaikuttavan ajoneuvojen polttoaineenkulutukseen eniten. Ruotsalaisessa tutkimuksessa henkilö- ja kuorma-autojen polttoaineenkulutuksen on lumipeitteisellä tienpinnalla arvioitu kasvavan taulukon 4.1 mukaisesti kuivaan tienpintaan verrattuna. /41,9/

*Taulukko 4.1 Polttoaineenkulutuksen muutos kuivaan tienpintaan verrattuna. /9/*

lumipeitteen paksuus	henkilöauto nopeus 90 km/h	kuorma-auto, KATP nopeus 70 km/h
1 cm	+ 9 %	+ 7 %
3 cm	+ 21 %	+ 21 %

Tienpinnan lumi- tai vesipinnalla on polttoaineenkulutuservioissa havaittu olevan huomattavasti suurempi merkitys kuin tien pinnan pienillä epätasaisuuksilla tai tuulen voimakkuuden lisääntymisellä. Tienkäyttäjät sen sijaan pitävät tien pinnan epätasaisuutta ja urautumista suurempana haittana kuin lumipeitteisyyttä. Ruotsalaisessa maksuhalukkuustutkimuksessa havaittiin, että huomattavaa maksuhalukkuutta alkaa esiintyä vasta lumipeitteen ollessa suhteellisen paksu (8-10 cm). /9,33/

Suomessa polttoaineenkulutuksen on arvioitu huonosti auratulla tiellä olevan noin 10 % korkeampi kuin kesäkeleillä. Pelkillä talvikunnossapitoimenpiteillä polttoaineenkulutusta ei kuitenkaan voida olennaisesti pienentää, sillä polttoaineenkulutus on alhaisissa lämpötiloissa korkeampi kuin kesäkelillä. Energiankulutuksen kasvun lisäksi talvella kuljetuksille aiheutuu lisäkustannuksia mm. jarrujärjestelmien jäätymisestä, polttoaineen ja voiteluöljyjen juoksevuuden pienentymisestä ja moottorin lämmityksestä. /2,18/



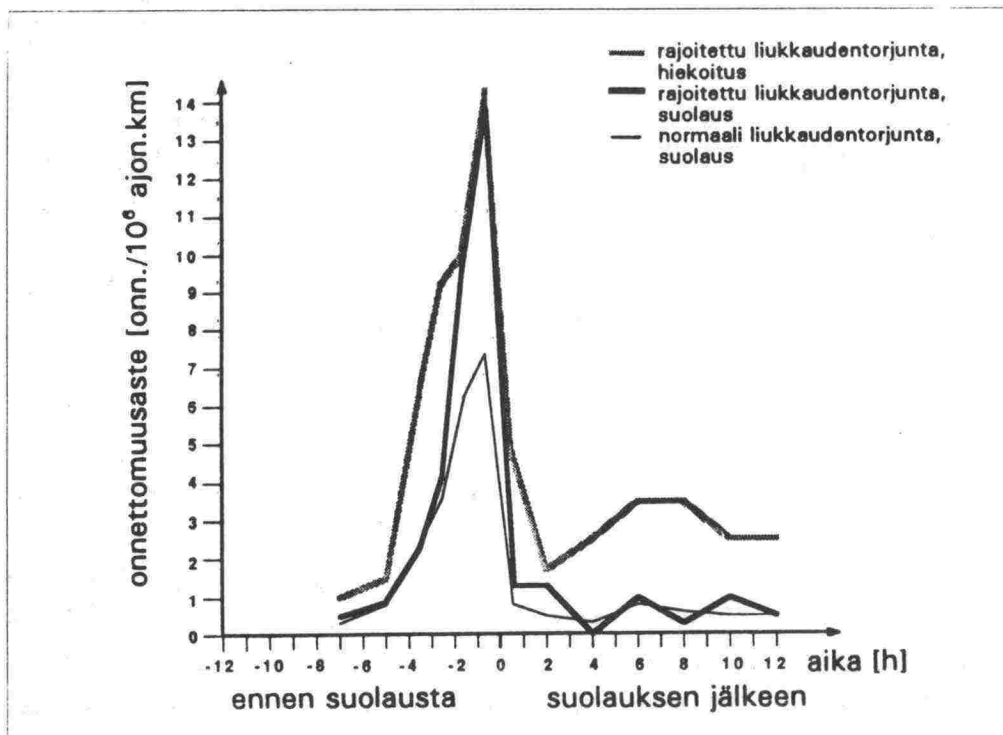
#### 4.4.3 Liikenneturvallisuus ja kuljetusvauriot

Liikenneonnettomuuksien tilastoinnissa talviolosuhteiden indikaattoreina käytetään tien pinnan lumisuutta, sohjoisuutta tai jäisyyttä. Taulukossa 4.2 on esitetty talviolosuhteiden esiintymistiheys henkilövahinko-onnettomuuksissa. Suomessa lähes neljännes henkilövahinkoon johtavista onnettomuuksista tapahtuu talviolosuhteissa. Talvikeliä tilastointitavoissa on eroja, joten eri keliä edustavuus tilastoissa ei ole täysin luotettava. /38/

Taulukko 4.2 Talviolosuhteiden esiintyminen henkilövahinkoon johtaneissa tieliikenneonnettomuuksissa vuonna 1990.

tien pinta	HEVA-onnettomuuksien määrä	osuus kaikista HEVA-onnettomuuksista
luminen	297	3 %
sohjoinen	412	4 %
jäinen	1648	16 %
yhteensä	2357	23 %

OECD-maissa 10 - 15 % taajaman ulkopuolisista liikenneonnettomuuksista sattuu talvikieleillä systemaattisesta talvikunnossapidon ohjelmoinnista huolimatta. Onnettomuusasteen on Saksassa tehdyn tutkimuksen mukaan todettu jäisellä kelillä riippuvan tiesuolauksesta kuvan 4.3 mukaisesti. /4/



Kuva 4.3 Onnettomuusaste ennen suolan levitystä ja suolauksen jälkeen. /10/

Ruotsalaisessa onnettomuusriskitutkimuksessa on vertailtu suolatun ns. A-tieverkon ja alemman hiekoitettavan tieverkon onnettomuusriskiä. Taulukossa 4.3 on esitetty onnettomuusriskin suuruus A-tieverkolla ja muulla tieverkolla, kun eläinonnettomuuksia ei oteta huomioon. A-tieverkolla pääasiallinen liukkaudentorjuntakeino on suolaus. Muulla tieverkolla käytetään ensisijaisesti mekaanista liukkaudentorjuntaa. Suolattavan tieverkon onnettomuusriski on tutkimuksen mukaan talvikeleillä suurempi kuin alemman tieverkon. Ero ei kuitenkaan johdu niinkään talvikunnossapitostrategiasta, vaan liikennemäärien erilaisuudesta. Tutkimuksen mukaan onnettomuusriski talvikeleillä on etelässä huomattavasti suurempi kuin pohjoisessa. /27/

*Taulukko 4.3 Onnettomuusriski [onn./milj.ajon.km] talvella suolattavalla A-tieverkolla ja hiekoitettavalla muulla tieverkolla. /27/*

tienpinta	A-tieverkko	muu tieverkko
kuiva tienpinta	0,3	0,3
märkä tienpinta	0,4	0,3
irtonainen lumi/loska	3	1,5
luminen tai jäinen pinta	2	0,5
musta jää	2,5	1
kaikki tienpintaolosuhteet yhteensä	0,6	0,5

Suomessa onnettomuusriskin on todettu olevan jäisellä kelillä 10 - 20 -kertainen kuivaan tienpintaan verrattuna. Onnettomuusriski eriasteisella tieverkolla vaihtelee samansuuntaisesti kuin ruotsalaisessa tutkimuksessa.

Onnettomuusriskin ei ole tutkimuksissa todettu merkittävästi vaikuttavan reitin valintaan. Sen sijaan kuljetusvaurioiden syntymisen ehkäiseminen on tärkeä reitin valintaan liittyvä tekijä. Vaurioitumisen välttämiseen soveltuvat osittain samat keinot kuin ajokustannusten vähentämiseen ja nopeuden lisäämiseen, sillä kuljetusvaurioita syntyy vähiten korkealuokkaisilla pääteillä, jotka useimmiten takaavat nopeimman ja edullisimman reitin. Kuljetusvaurioiden määrään ei juurikaan voida vaikuttaa tieverkkoa kehittämällä. /22,11/

Suurin osa kuljetusvaurioista tapahtuu kuormaus- ja purkutoimintojen yhteydessä. Tien heikosta kunnosta aiheutuvien vaurioitumiskorvausten määräksi on arvioitu 10 - 20 % tieliikenteen kokonaiskorvausmäärästä. Pakkauskustannusten osuus kasvaa kuljetusvaurioriskin lisääntyessä. Tärkeä tekijä on myös tieverkon yhdenmukainen kunto, sillä kuljetusvaurioriski on varauduttava koko kuljetusreitillä, vaikka vain yksi tieosuus olisi huonokuntoinen. /22,24/

## 5 KULJETUSOMINAISUUSKYSELYN TULOKSIA

### 5.1 Kyselyn tavoitteet ja suoritus

Kuljetusominaisuuskyselyllä kerättiin tietoa eri alojen yritysten ja kuljetusliikkeiden kuljetustäsmällisyyden arvostuksesta. Lisäksi tiedusteltiin talvikunnossapidon ja keliolosuhteiden merkitystä kuljetustoiminnoissa. Kysely jakaantui kahteen sarjaan, joista ensimmäinen suunnattiin yritysten kuljetuspäälliköille tai kuljetus- ja materiaalitoiminnoista vastaaville henkilöille. Toinen kyselysarja oli suunnattu kuljetusliikkeille ja -terminaaleihin. Yrityksille suunnattu kyselysarja on esitetty liitteessä 1 ja kuljetusliikkeille ja -terminaaleihin suunnattu kyselysarja liitteessä 2. Kyselyn tuloksia tarkennettiin muutamilla henkilöhaastatteluilla.

Kyselyjä lähetettiin yhteensä 72 kappaletta, joista 56 lähetettiin yrityksiin ja 16 kuljetusliikkeisiin tai -terminaaleihin. Yrityskyselyistä palautettiin 42 kappaletta ja kuljetusliike/terminaali -kyselyistä 12 kappaletta. Vastausprosentti molemmissa kyselyissä oli 75 %. Taulukossa 5.1 on esitetty palautettujen lomakkeiden aloittainen jakauma.

*Taulukko 5.1 Palautettujen lomakkeiden määrä ja aloittainen jakauma.*

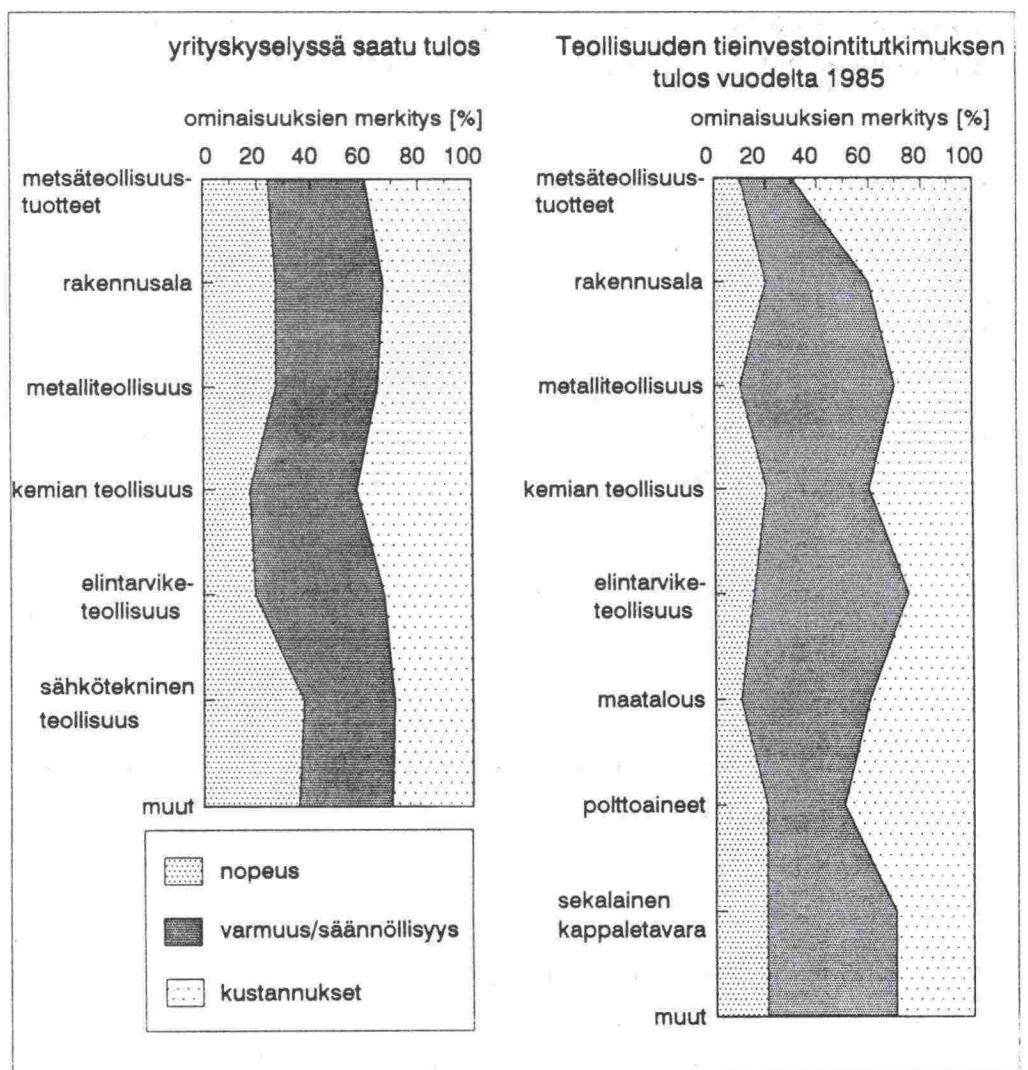
	palautetut lomakkeet [kpl]
YRITYSKYSELY	42
metsä- ja puutuoteteollisuus	5
elintarviketeollisuus ja maatalous	15
kemian teollisuus	5
metalliteollisuus	8
sähkötekniset laitteet ja instrumentit	4
rakennusteollisuus	3
muut alat	2
KULJETUSLIIKE- JA TERMINAALIKYSELY	12
kuljetusliikkeet	7
terminaalit	5

### 5.2 Yrityskysely

#### 5.2.1 Kuljetusominaisuuksien merkitys

Yritysten näkökulmasta tärkein kuljetusominaisuus on kuljetusten varmuus ja säännöllisyys. Kuljetusvarmuudelle annettu painoarvo on 41 %, kustannuksille 35 % ja kuljetusnopeudelle 24 %. Kuljetusominaisuuksien arvostus vaihtelee huomattavasti eri aloilla. Eniten kuljetusvarmuutta arvostetaan elintarvike-, rakennus- ja kemian teollisuudessa. Kuljetuskustannukset

ovat yrityskyselyn mukaan tärkeä tekijä kemian teollisuudessa sekä metsä- ja metalliteollisuudessa. Kuljetusnopeutta arvostetaan eniten sähkötekni- sessä teollisuudessa ja metalliteollisuudessa. Kuvassa 5.1 on esitetty eri ominaisuuksien arvostus aloittain. Kuvasta selviää myös Teollisuuden tieinvestointitutkimuksessa vuonna 1985 saatu tulos vastaavien kulje- tusominaisuuksien arvostuksesta eri aloilla. Kuljetusnopeuden arvostus on suurempi ja kuljetusvarmuuden merkitys pienempi kuin aikaisemmassa tutkimuksessa. Kuljetuskustannusten osalta tulokset ovat lähes samankal- taiset metsäteollisuustuotteita lukuunottamatta. Eroihin vaikuttaa lähinnä tässä tutkimuksessa tehdyn kyselyn pieni aloittainen otanta.

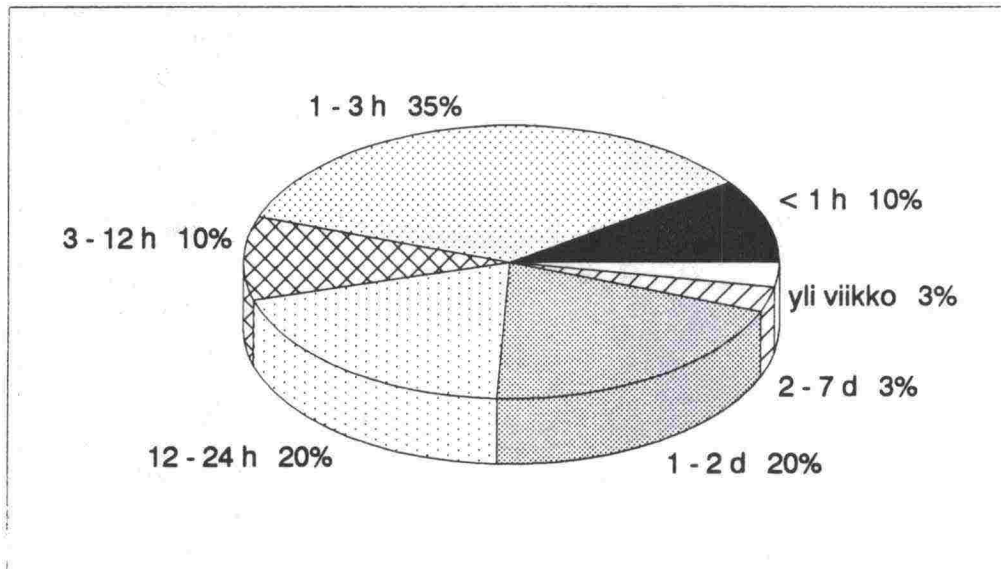


Kuva 5.1 Kuljetusominaisuuksien arvostus eri aloilla yrityskyselyn mukaan ja Teollisuuden tieinvestointitutkimuksen mukaan (vuonna 1985).

Kuljetusnopeuden, -varmuuden ja -kustannusten lisäksi tärkeinä kulje- tusominaisuuksina pidettiin kuljetuksen aikaista säilytyslämpötilaa ja kuljetuskaluston sopivuutta kuljetettavalle tavaralle ja reitille.

### 5.2.2 Kuljetusten myöhästyminen ja myöhästymisen syyt

Kuljetustäsmällisyyttä on yrityksissä pidetty lähes poikkeuksetta tärkeänä kuljetuksiin liittyvänä ominaisuutena. Myöhästymisen merkitys ei kaikilla aloilla tai kaikissa tavaratoimituksissa ole yhtä suuri. Yksiselitteistä toimituksille sallittavaa myöhästymisen pituutta ei ole mahdollista määrittää, sillä se riippuu ensisijaisesti tavarantoimituksen ja tuotannon ominaisuuksista. Yrityskyselyssä tiedusteltiin keskimääräistä arviota toimitusten aikatauluranssista. Lähes puolet yrityksistä arvioi alle kolmen tunnin myöhästymisestä aiheutuvan huomattavia seurauksia tuotannossa tai tavarantoimituksen jatkokäsittelyssä. Toisaalta noin neljännes yrityksistä sietää jopa yli vuorokauden mittaisia toimituskatkoja. Kuvassa 5.2 on esitetty huomattavia seurauksia aiheuttavat myöhästymisaajat kaikkien alojen osalta.

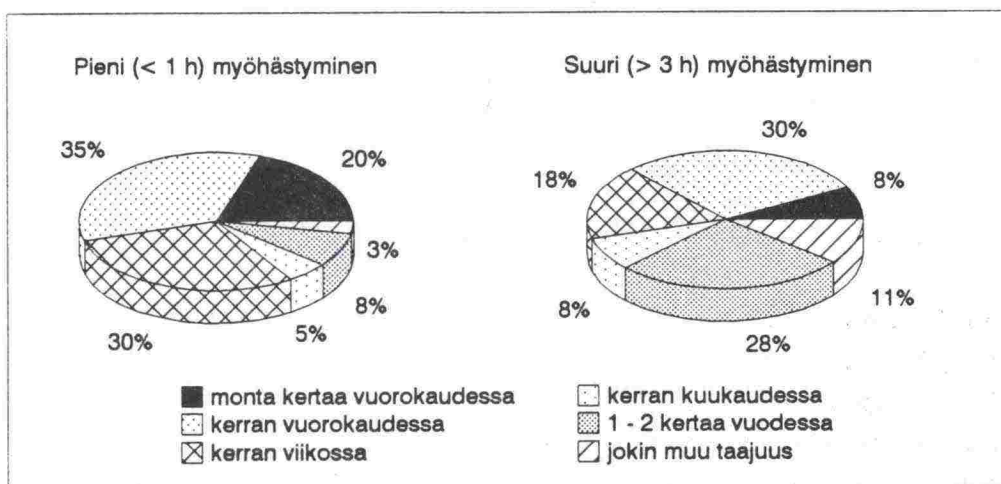


*Kuva 5.2 Huomattavia seurauksia tuotannossa tai tavarantoimituksen jatkokäsittelyssä aiheuttavan myöhästymisen pituus kyselytutkimuksen mukaan.*

Pitkiä yli vuorokauden pituisia myöhästymisiä sallitaan pääasiassa metsäteollisuudessa, kemian teollisuudessa ja metalliteollisuudessa. Rakennusteollisuudessa jo alle tunnin myöhästymisen on haitallinen. Yli kolmen tunnin myöhästymisen arvioitiin aiheuttavan haittoja sähköteknisessä teollisuudessa, elintarviketeollisuudessa ja jakelukuljetuksissa.

Myöhästymisen pituutta tärkeämpi tekijä on usein myöhästymisen toistuvuus, joka kuvaa paremmin myöhästymisriskin suuruutta. Pitkilläkään myöhästymisillä ei ole merkittäviä haittavaikutuksia, jos niitä sattuu vain poikkeustapauksissa. Noin puolet yrityksistä arvioi lyhyitä alle tunnin myöhästymisiä voivan tapahtua keskimäärin kerran vuorokaudessa.

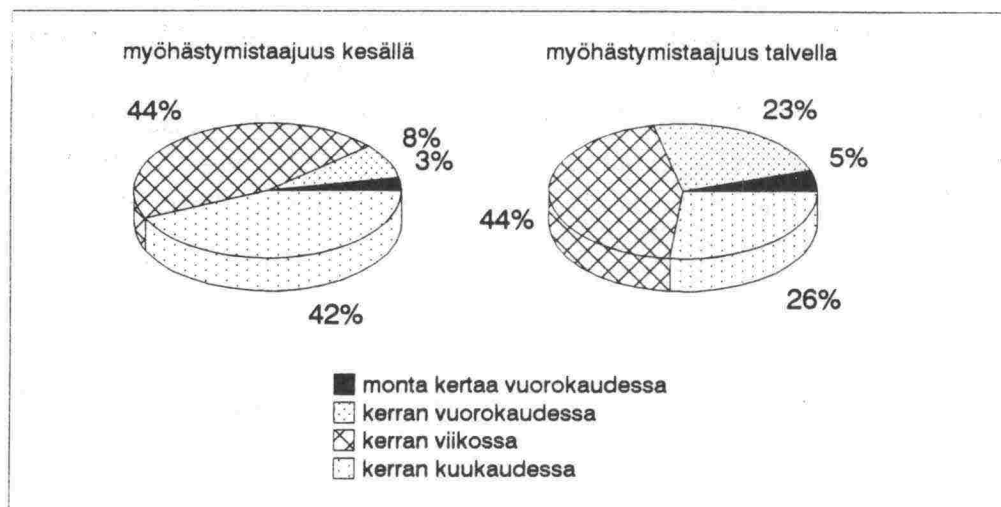
Kolmannes yrityksistä sallisi pieniä myöhästymisiä tapahtuvan korkeintaan kerran viikossa. Myös pidempiä yli kolmen tunnin myöhästymisiä sallittaisiin noin 40 %:ssa yrityksistä kerran vuorokaudessa. Lähes puolet yrityksistä oli kuitenkin sitä mieltä, että pitkiä myöhästymisiä saisi tapahtua kerran kuukaudessa, muutaman kerran vuodessa tai vielä harvemmin. Kuvassa 5.3 on esitetty eripituisten myöhästymisten sallittu toistuvuus kyselyyn osallistuneissa yrityksissä.



Kuva 5.3 Lyhyiden alle tunnin ja pitkien yli kolmen tunnin myöhästymisten sallittu toistuvuus kyselyyn osallistuneissa yrityksissä.

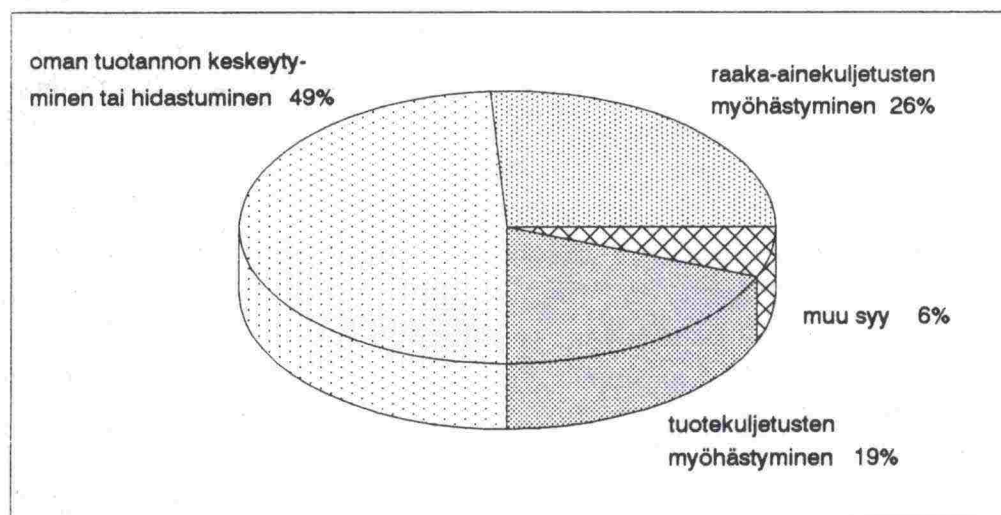
Myöhästymisten toistuvuudessa on suuria aloittaisia eroja. Rakennusteollisuudessa pieniäkin myöhästymisiä saisi tapahtua korkeintaan kerran kuukaudessa. Elintarviketeollisuudessa pienet myöhästymiset voisivat toistua viikottain, mutta suuria myöhästymisiä sallittaisiin vain muutaman kerran vuodessa. Kuljetusten myöhästymisille asetetaan vähiten vaatimuksia metalliteollisuudessa, jossa pieniä myöhästymisiä voisi tapahtua päivittäin ja suuria korkeintaan kerran viikossa.

Yritysten kuljetustoiminnassa tapahtuu kyselyn mukaan nykyisin suhteellisen vähän myöhästymisiä. Kesäaikana kuljetukset myöhästyvät keskimäärin kerran kuukaudessa. Talvisin myöhästymisiä arvioidaan tapahtuvan kerran viikossa. Kuvassa 5.4 on esitetty arvio myöhästymisten määrästä yritysten kuljetuksissa eri vuodenaikoina. Päivittäisten myöhästymisten määrä on talvisin lähes 2,5-kertainen kesäaikaan verrattuna. Kesällä suhteellisesti useimmin myöhästymisiä tapahtuu metalliteollisuudessa, jossa kuljetukset myöhästyvät keskimäärin kerran viikossa. Talvisin kuljetukset myöhästyvät kyselyn mukaan eniten rakennus- ja metsäteollisuudessa, joissa kuljetusten arvioidaan myöhästyvän useita kertoja viikossa.



Kuva 5.4 Myöhästymisten toistuvuus eri vuodenaikoina.

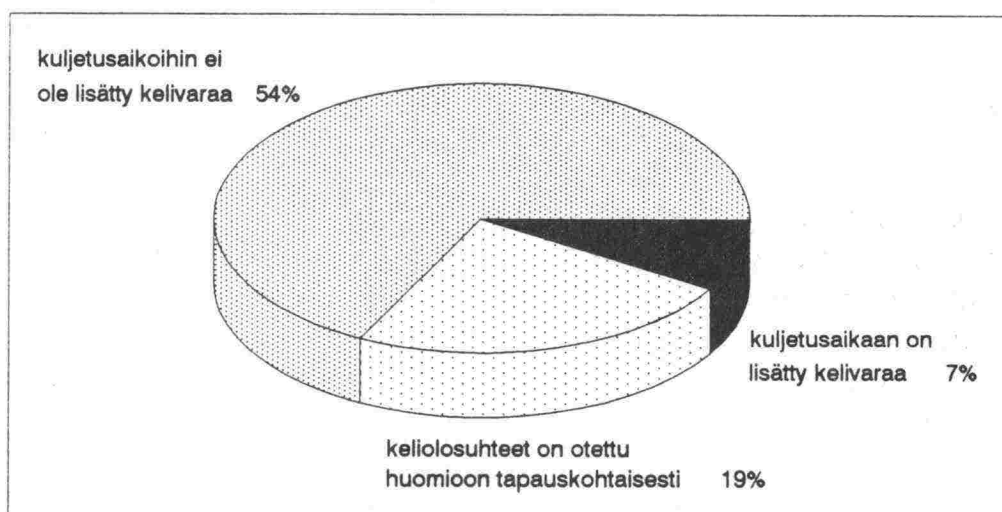
Merkittävimpana syynä kuljetustoiminnassa tapahtuneisiin myöhästymisiin oli yritysten mielestä oman tuotannon hidastuminen tai keskeytyminen. Lähes puolet yrityksistä piti tuotannollisia syitä merkittävimpana myöhästymistä aiheuttavana tekijänä. Kuljetukset oli toiseksi suurin tuotteen toimituksen viivästyttäjä tekijä. Kuvassa 5.5 on esitetty tuotteen myöhästymiseen johtaneita syitä kyselyyn osallistuneissa yrityksissä. Metsäteollisuudessa kuljetuksista aiheutuvia myöhästymisiä arvioitiin olevan vähiten. Kemian teollisuudessa ja elintarviketeollisuudessa kuljetusaikojen pitenemistä pidettiin merkittävämpänä syynä myöhästymisille kuin tuotannollisia tekijöitä.



Kuva 5.5 Merkittävimmät syyt yritysten toimittaman tuotteen myöhästymiseen.

### 5.2.3 Talvikunnossapidon vaikutus kuljetusaikoihin

Kuljetusaikataulujen laadinnassa ei yleensä ole otettu huomioon talvikelien aiheuttamaa mahdollista matka-aikojen pitenemistä. Yli puolet kyselyyn osallistuneista yrityksistä ei ole lisännyt kuljetusaikoihin talvikeleistä johtuvaa matka-ajan pitenemistä huomioon ottavaa kelivaraa. Joka viides yritys varautuu talvikeleihin kuljetuskohtaisesti ilman varsinaista ennakkosuunnittelua. Osa yrityksistä on ottanut huomioon matka-ajan pitenemisen lisäämällä kuljetusajan pituutta huonoilla keleillä. Joissakin yrityksissä kysynnän ilmoitettiin talvella olevan pienempi kuin muina vuodenaikoina, jolloin myös kuljetusmäärät ovat normaalia pienempiä. Kuvassa 5.6 on esitetty keliolosuhteisiin varautuminen kyselyyn osallistuneissa yrityksissä. Eniten keliolosuhteisiin on varauduttu rakennus-, metsä- ja kemian teollisuuden yrityksissä.



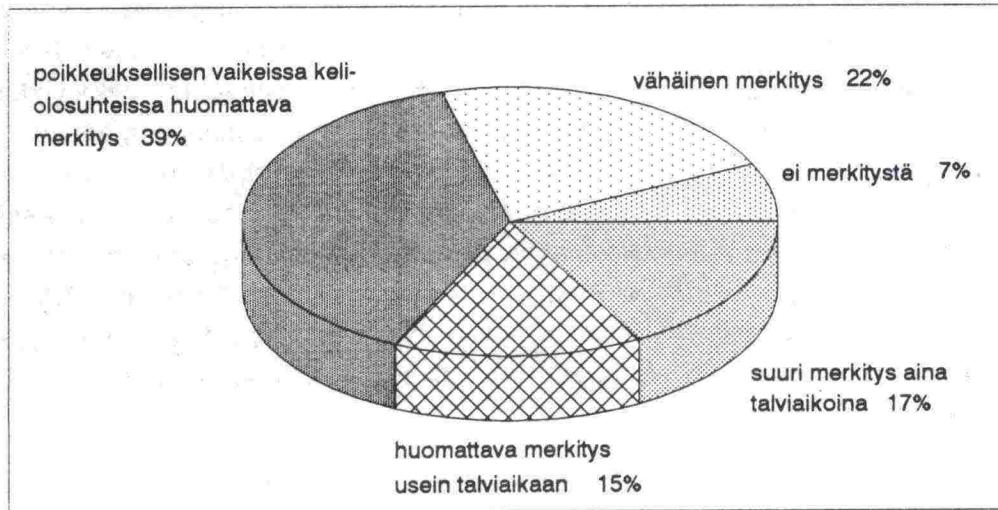
Kuva 5.6 Talvikeleihin varautuminen kyselyyn osallistuneissa yrityksissä.

Tiestön kunnolla tai talvikunnossapitotoimenpiteillä ei yritysten näkemyksen mukaan ole kovinkaan merkittävää vaikutusta kuljetustäsmällisyyteen tai kuljetusaikoihin. Kuvassa 5.7 on esitetty tiestön talviaikaisen kunnan merkitys kuljetuksille kyselyyn osallistuneissa yrityksissä. Kolmannes vastanneista yrityksistä oli sitä mieltä, että tien kunnolla on vähäinen merkitys tai ei lainkaan merkitystä kuljetustäsmällisyyteen. 40 % piti tien kunnan merkitystä huomattavana vain poikkeuksellisen vaikeissa keliolosuhteissa. Noin kolmanneksen mielestä tien talvikunnan merkitys on huomattava kaikilla talvikeleillä.

Rakennus- ja elintarviketeollisuudessa tiestön kunnolla arvioitiin olevan huomattava vaikutus kuljetustoimintaan. Sähköteknisessä ja kemian



teollisuudessa tiestön kunnan merkitys arvioitiin vähäiseksi tai vain poikkeuksellisesti huomattavaksi.



*Kuva 5.7 Kyselyyn osallistuneiden yritysten näkemys tiestön kunnan merkityksestä kuljetustäsmällisyyteen ja -aikoihin talvikeleillä.*

Teollisuudessa ollaan kyselytutkimuksen mukaan suhteellisen tyytyväisiä nykyiseen päätieverkkoon ja sen kunnossapitoon. Talvikunnossapidon laadun parantamista toivottiin lähinnä taajamissa ja alemmalla tieverkolla. Varsinkin auraukseen ja hiekoituksen tehostamiseen liittyviä toivomuksia esitettiin runsaasti. Tiesuolan käyttöön suhtauduttiin eri yrityksissä eri tavoin. Osassa vastauksista suolan käyttöä pidetään tärkeänä ja osassa sen käyttöä oltaisiin valmiita vähentämään huomattavasti. Kuopion piirin alueella on joillakin yrityksillä talvikaudella 1992/93 ilmennyt suolauksen vähentämisestä johtuvia myöhästymisiä. Yrityksissä toivotaan nopeaa talvikunnossapitotoimenpiteiden käynnistymistä poikkeuksellisissa keliolosuhteissa. Talvikunnossapidolla arvioidaan myös olevan vaikutusta kuljetusvaurioiden syntymiseen erityisesti elintarvikekuljetuksissa. Kaiken kaikkiaan talvikeleistä johtuvaa myöhästymisriskiä pidetään yrityksissä melko vähäisenä ja sen arvioidaan muodostavan vain pienen osan kuljetusten myöhästymisen kokonaisriskistä.

### 5.3 Kuljetusliike- ja terminaalikysely

#### 5.3.1 Kuljetusajan ja -täsmällisyyden arvostus eri kuljetuksissa

Kuljetusliikkeiden ja -terminaalien näkemyksen mukaan myöhästymiselle herkimpiä tavaralajeja ovat elintarvikkeet, sekalainen kappaletavara ja kaupan kuljetukset. Taulukossa 5.2 on esitetty kuljetustäsmällisyyden suhteen herkimmät tavaralajit. Tulokset ovat samansuuntaisia kuin yritys-

kyselyssä saadut tulokset kuljetusajan suhteen herkimmistä teollisuudenaloista.

*Taulukko 5.2 Kuljetustäsmällisyyden suhteen herkimmät tavaralajit kyselyyn osallistuneiden kuljetusliikkeiden ja -terminaalien näkemyksen mukaan. Keskimääräinen sijaluku ilmoittaa yritysten tavaralajeille antamien sijalukujen (1 - 5) keskiarvon.*

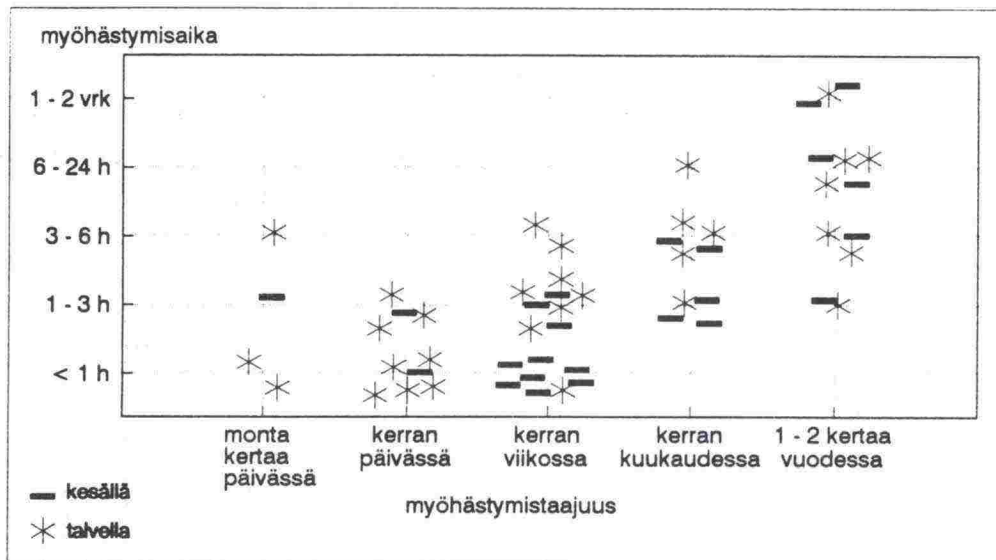
tavaralaji	keskimääräinen sijaluku
elintarvikkeet	1,4
kaupan kuljetukset	2,5
maataloustuotteet	2,5
sekalainen kappaletavara	2,6
rakennusaineet ja -tuotteet	3,7
metalliteollisuustuotteet	4,0
kemian teollisuuden tuotteet	4,0
jätteet	4,0
metsäteollisuuden tuotteet	4,5

Sijaluku kuvaa eri tuotteiden kuljetustäsmällisyyttä. Sijaluku 1 kuvaa kuljetusliikkeen näkökulmasta kuljetusten myöhästymiselle herkintä tuotetta, sijaluku 2 toiseksi herkintä jne.

### 5.3.2 Kuljetusten myöhästyminen eri vuodenaikoina

Kuljetusten arvioitiin kesäaikana myöhästyvän suhteellisen harvoin. Talvisin pieniä myöhästymisiä sattuu hieman useammin kuin kesäaikoina. Kuvassa 5.8 on esitetty kuljetusliikkeiden ja -terminaalien arvio myöhästymisten yleisyydestä eri vuodenaikoina. Kuvassa esitetyt myöhästymistaajuudet ovat yksittäisten kuljetusliikkeiden ja -terminaalien havaintoja myöhästymisten yleisyydestä. Kuvassa on esitetty kaikki myöhästymiset erottelematta myöhästymisten syitä. Talvisin myöhästymistaajuus on selvästi suurempi kuin kesäaikana. Erityisesti päivittäin tapahtuvien myöhästymisten määrän on talvisin arvioitu olevan huomattavasti suurempi kuin kesäaikoina. Pitkiä yli kolmen tunnin myöhästymisiä esiintyy enimmäkseen talvisaikaan.

Keliolosuhteita pidetään merkittävimpana syynä kuljetusten myöhästymiselle kuljetusliikkeissä ja -terminaaleissa. Myös tuotannossa tapahtuvat myöhästymiset ovat usein syynä myöhästymisiin. Tien rakenteellisen kunnan tai liikenneolosuhteiden sen sijaan ei ole arvioitu olevan yhtä yleinen myöhästymisiä selittävä tekijä.



Kuva 5.8 Kuljetusten myöhästymisen yleisyys eri vuodenaikoina.

### 5.3.3 Talvikunnossapidon ja tien kunnan vaikutus kuljetuksiin

Pääteiden kunnolla talvisin on kuljetusliikkeiden näkökulmasta huomattava merkitys kuljetusaikoihin. Kyselyn mukaan paikallisteiden kunnolla on pääteitä huomattavampi vaikutus kuljetusten täsmällisyyteen. Tämä johtunee pääasiassa siitä, että päätieverkon kuntoon ja kunnossapitoon ollaan melko tyytyväisiä.

Tiesuolaus vaikuttaa kuljetusliikkeiden näkemyksen mukaan kuljetusaikoihin huomattavasti poikkeuksellisen vaikeissa keliolosuhteissa. Kolmannes vastanneista yrityksistä piti suolauksen vaikutusta huomattavana tai suurena aina talvikeleillä.

Huonon kelin takia kuljetusaikoihin ei lisätä kelivaraa. Suurimmassa osassa vastanneista kuljetusliikkeistä ja terminaaleista keliolosuhteet otetaan huomioon tapauskohtaisesti.

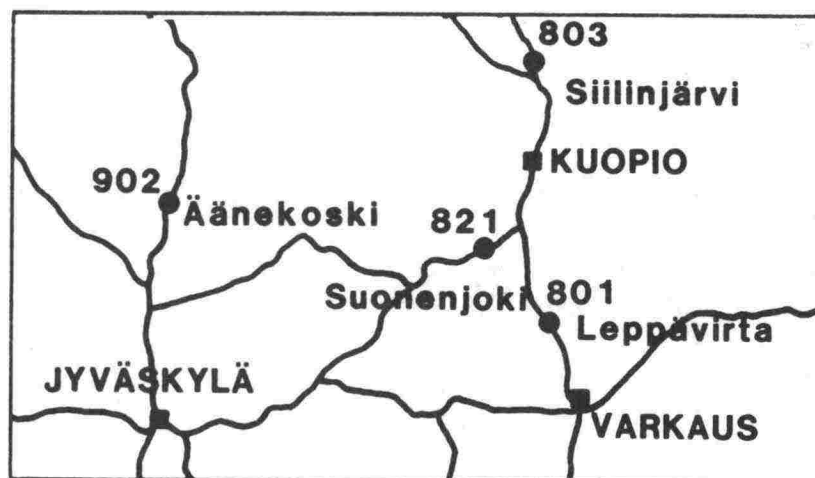
## 6 TIESUOLAUKSEN LOGISTISIA VAIKUTUKSIA

### 6.1 Kuopion piirin suolaamattomuuskokeilu

#### 6.1.1 Raskaan liikenteen nopeustarkastelu

Kuopion piirin alueella on talvella 1992/93 kokeiltu tiesuolauksen vähentämistä. Kokeilualueella sijaitsevilta tielaitoksen automaattisen mittausjärjestelmän (LAM) mittausasemilta on kerätty liikennemäärä-, nopeus- ja liikenteen koostumustietoa. Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu raskaan liikenteen nopeuskehitystä kolmessa Kuopion piirin ja yhdessä Keski-Suomen piirin LAM-pisteessä talvina 1991/92 ja 1992/93. Kuopion piirin nopeuskehitystä on verrattu Keski-Suomen piirissä tapahtuneeseen kehitykseen ja vertailutalveen 1991/92.

Tarkasteltavina on kuvassa 6.1 esitettyjen LAM-pisteiden raskaan liikenteen tuntikeskinopeudet. Taulukossa 6.1 on esitetty tien ominaisuudet mittauspisteiden kohdalla. Äänekosken ja Suonenjoen mittauspisteiden kohdalla tiellä on loiva alamäki. Siilinjärven ja Leppävirran mittauspisteet sijaitsevat suoralla ja tasaisella tieosalla. Mittauspisteiden kohdalla talvinopeusrajoitus on 80 km/h.



Kuva 6.1 Nopeustutkimuksen LAM-pisteiden sijainti.

Nopeustarkastelussa vertailtiin raskaan liikenteen nopeuksia talvina 1991/92 ja 1992/93. Lisäksi vertailtiin keskimääräisiä nopeuksia ja nopeuksia poikkeuksellisen vaikeissa keliolosuhteissa, jolloin liuos- tai raesuolaa jouduttiin käyttämään myös Kuopion piirin alueella.

Taulukko 6.1 Tien ominaisuudet mittauspisteiden kohdalla.

mittauspiste	tie	KVL [ajon./d]	tien poikkileikkauksen leveys [m]
Kuopion piiri			
801 Leppävirta	VT 5	5500	8,5
803 Siilinjärvi	VT 5	7400	9,5
821 Suonenjoki	VT 9	3400	8,0
Keski-Suomen piiri			
902 Äänekoski	VT 4	4200	10,0

Nopeustarkastelussa on tutkittu nopeuksien summafrekvenssiä, joka osoittaa nopeuksien jakauman. Esimerkiksi 85-prosentin nopeudella eli  $v_{85}$ -nopeudella tarkoitetaan nopeutta, jonka 85 % ajoneuvoista alittaa. Mittaustulosten mukaan talven  $v_{85}$ -,  $v_{50}$ -,  $v_{15}$ - ja  $v_5$ -nopeudet ovat eri pisteissä taulukon 6.2 mukaiset. Talven 1991/92 osalta mittaustulokset sisältävät loka-, marras-, joului-, ja maaliskuun tuntikeskinopeudet. Talven 1992/93 osalta käytettävissä on ollut lokakuun ja helmikuun väliset nopeustiedot. Eri vuosien vertailuaineisto eroaa siis toisistaan tammi-, helmi- ja maaliskuun osalta.

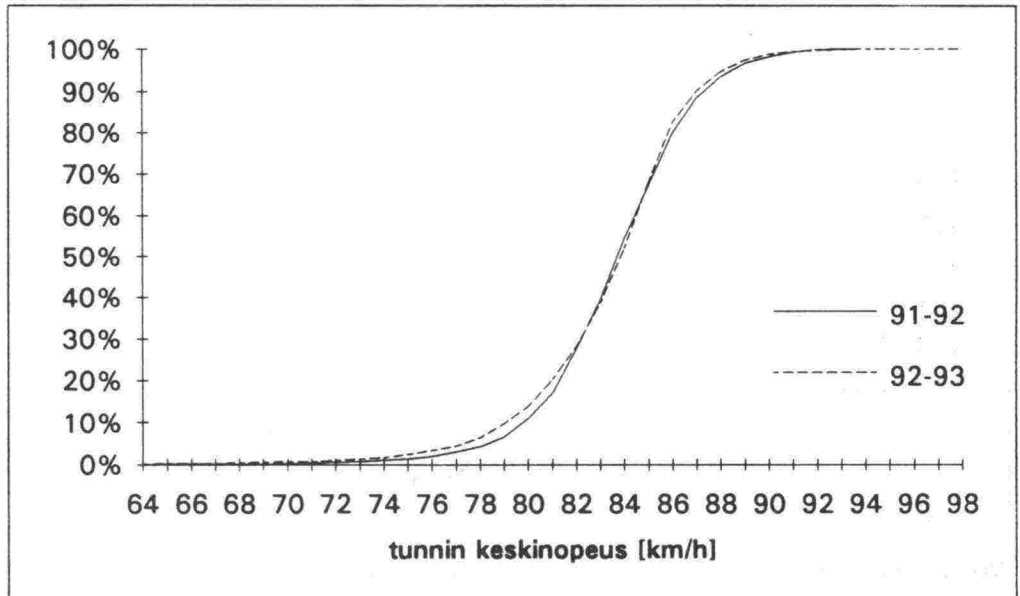
Taulukko 6.2 Raskaan liikenteen tuntikeskinopeuksien summafrekvenssin  $v_{85}$ -,  $v_{50}$ -,  $v_{15}$ - ja  $v_5$ -arvot eri pisteissä talvina 1991/92 ja 1992/93.

mittauspiste	$v_5$ [km/h]			$v_{15}$ [km/h]			$v_{50}$ [km/h]			$v_{85}$ [km/h]		
	91/ 92	92/ 93	muu- tos [%]	91/ 92	92/ 93	muu- tos [%]	91/ 92	92/ 93	muu- tos [%]	91/ 92	92/ 93	muu- tos [%]
Kuopion piiri												
Leppävirta	78,4	77,2	-1,5	80,7	80,2	-0,6	83,7	83,8	+0,1	86,6	86,3	-0,3
Siilinjärvi	76,3	74,0	-3,0	78,2	76,8	-1,8	80,9	80,9	0	84,5	85,0	+0,6
Suonenjoki	81,0	78,7	-2,8	83,0	81,7	-1,6	85,8	84,8	-1,2	88,4	87,4	-1,1
Keski-Suomen piiri												
Äänekoski	74,0	75,6	+2,2	76,7	78,0	+1,7	80,4	81,1	+0,9	83,6	83,5	-0,1

Siilinjärveä lukuunottamatta Kuopion piirin keskinopeudet ovat talvikaudella 1992/93 olleet korkeampia kuin Äänekoskella. Vertailu edelliseen vuoteen osoittaa, että nopeuskehitys Keski-Suomen ja Kuopion piirissä on ollut erisuuntainen. Raskaan liikenteen nopeustarkastelujen mukaan tuntikeskinopeudet ovat Keski-Suomen piirissä kasvaneet. Huomattavin muutos on tapahtunut alhaisten nopeuksien kohdalla. Kuopion piirissä sen sijaan tuntikeskinopeudet ovat jonkin verran alentuneet. Mediaaninopeuden ( $v_{50}$ ) muutokset ovat pieniä, mutta alhaisten nopeuksien määrä on kasvanut suhteellisen paljon. Kehitys Kuopion piirissä poikkeaa selvästi Äänekosken

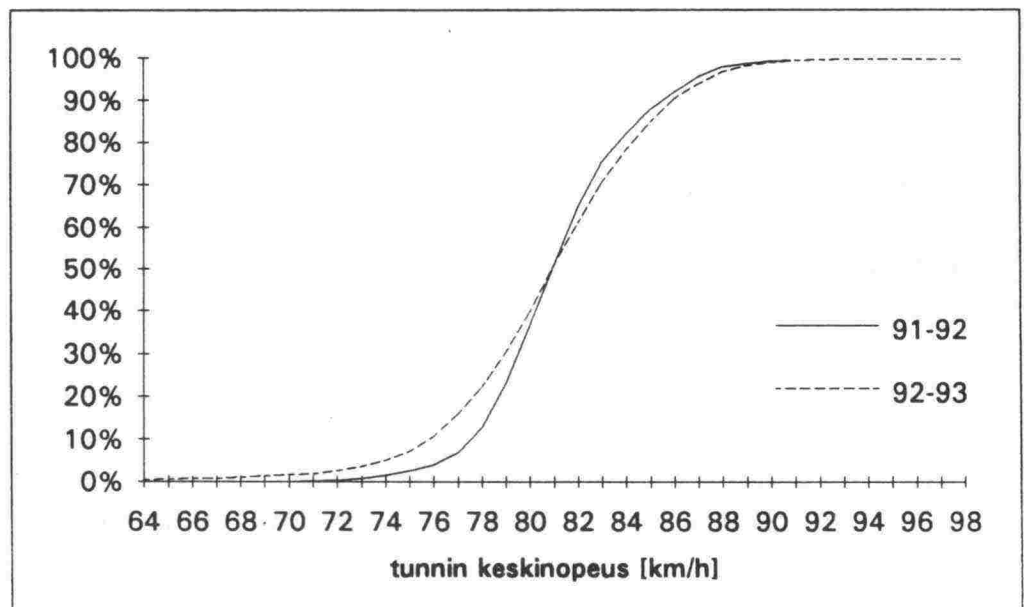
tuloksista. Kuvissa 6.2 - 6.5 on esitetty tuntikeskinopeuksien jakauma mittauspisteissä talvina 1991/92 ja 1992/93.

Leppävirralla raskaan liikenteen nopeuksien ero perättäisinä talvina on ollut suhteellisesti pienin. Alhaisia nopeuksia on kuitenkin kokeilutalvena 1992/93 ollut selvästi enemmän kuin edellisenä talvena.



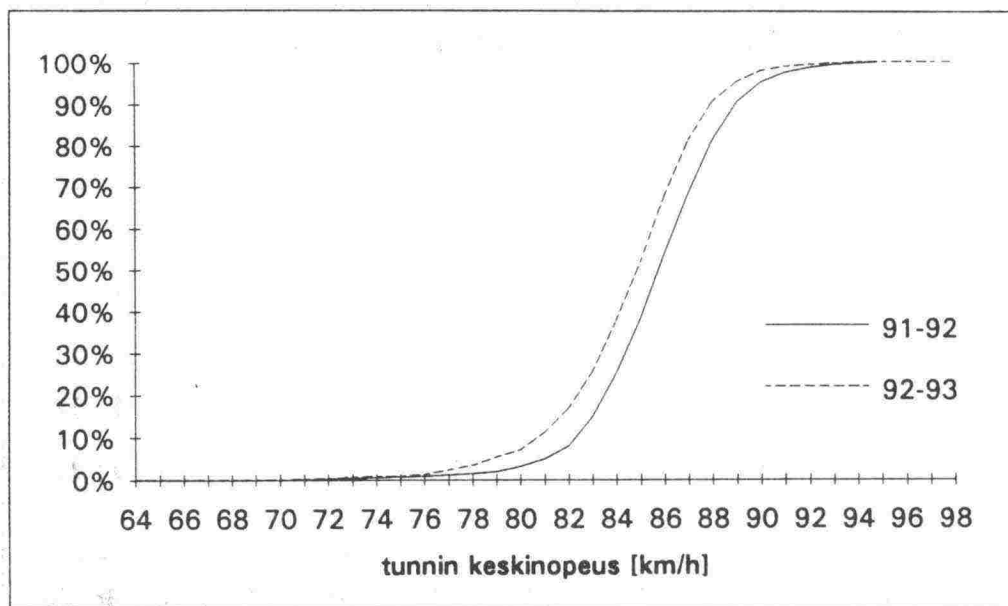
Kuva 6.2 Nopeuskehitys Leppävirran LAM-pisteessä Kuopion tiepiirissä.

Siilinjärvellä on kokeilutalvena esiintynyt eniten alhaisia nopeuksia edelliseen talveen verrattuna.  $v_{85}$ -nopeus sen sijaan on kasvanut edellisen talven arvoihin verrattuna.



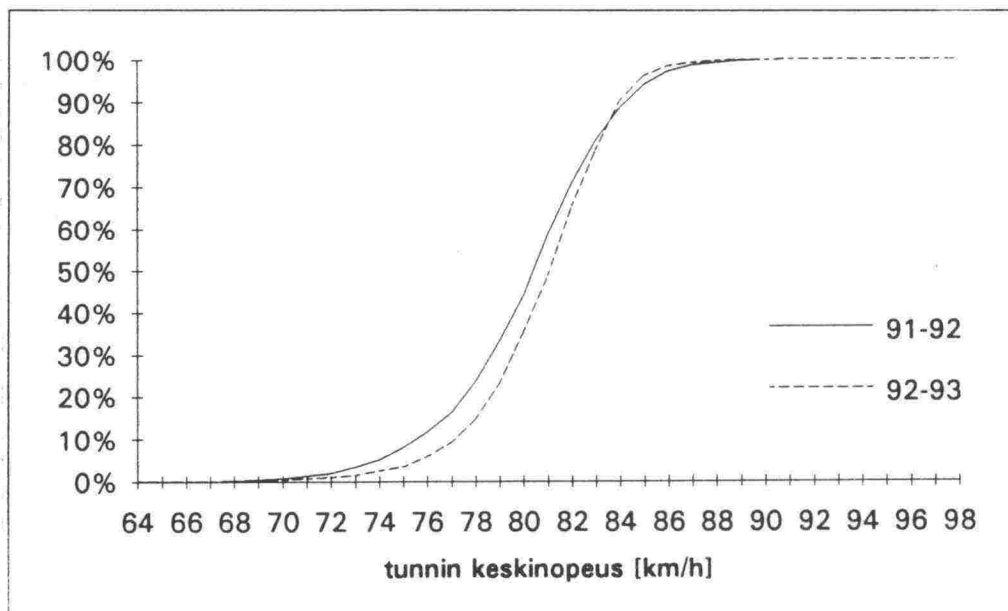
Kuva 6.3 Nopeuskehitys Siilinjärven LAM-pisteessä Kuopion tiepiirissä.

Suonenjoella raskaan liikenteen nopeudet ovat laskeneet tasaisesti kaikissa nopeusluokissa kokeilutalvena. Suonenjoella erittäin alhaisten nopeuksien määrä on kasvanut suhteellisesti eniten. Suonenjoen mittauspisteessä liikennemäärä on vain noin puolet Siilinjärven liikennemäärästä.



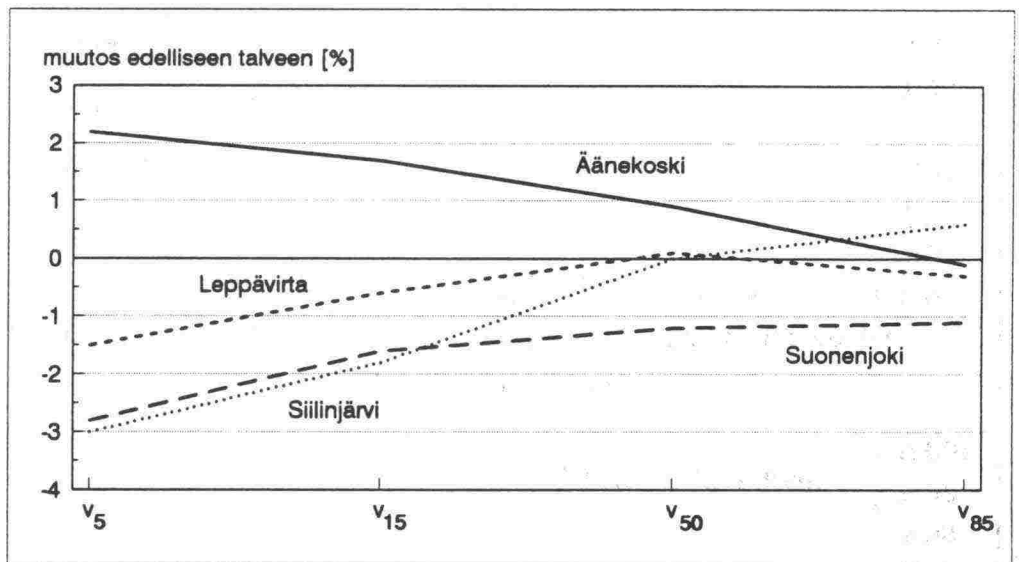
Kuva 6.4 Nopeuskehitys Suonenjoen LAM-pisteessä Kuopion tiepiirissä.

Äänekosken mittauspisteen nopeuskehitys on tässä tutkimuksessa edustanut normaalia nopeuskehitystä, joka kuvaa nopeuksien muutosta talvikunnoesapitostrategian säilyessä muuttumattomana. Äänekoskella tuntikeskinopeudet ovat kasvaneet jonkin verran. Erityisesti mediaaninopeutta pienemmät nopeudet ovat suhteellisesti kasvaneet.



Kuva 6.5 Nopeuskehitys Äänekosken LAM-pisteessä Keski-Suomen tiepiirissä.

Erot raskaan liikenteen tuntikeskinopeuksissa ovat melko pieniä ja niihin vaikuttavat tien kunnossapidon lisäksi mm. liikennemäärä, tien leveys, liittymätiheys ja pituuskaltevuus. Nopeuksien absoluuttista muuttumista ei näiden neljän pisteen perusteella voi yksiselitteisesti määrittää. Tulokset kertovat kuitenkin nopeusmuutosten suunnan ja suuruusluokan. Kuvassa 6.6 on esitetty  $v_5$  -  $v_{85}$  -nopeuksien keskimääräinen muutos eri mittauspisteissä. Tulosten mukaan nopeustaso, jonka 5 % raskaan liikenteen ajoneuvoista alittaa, on alentunut Kuopion piirin LAM-pisteissä 1,5 - 3 %.



Kuva 6.6 Nopeuksien muutos tarkastelluissa LAM-pisteissä talveen 1991/92 verrattuna.

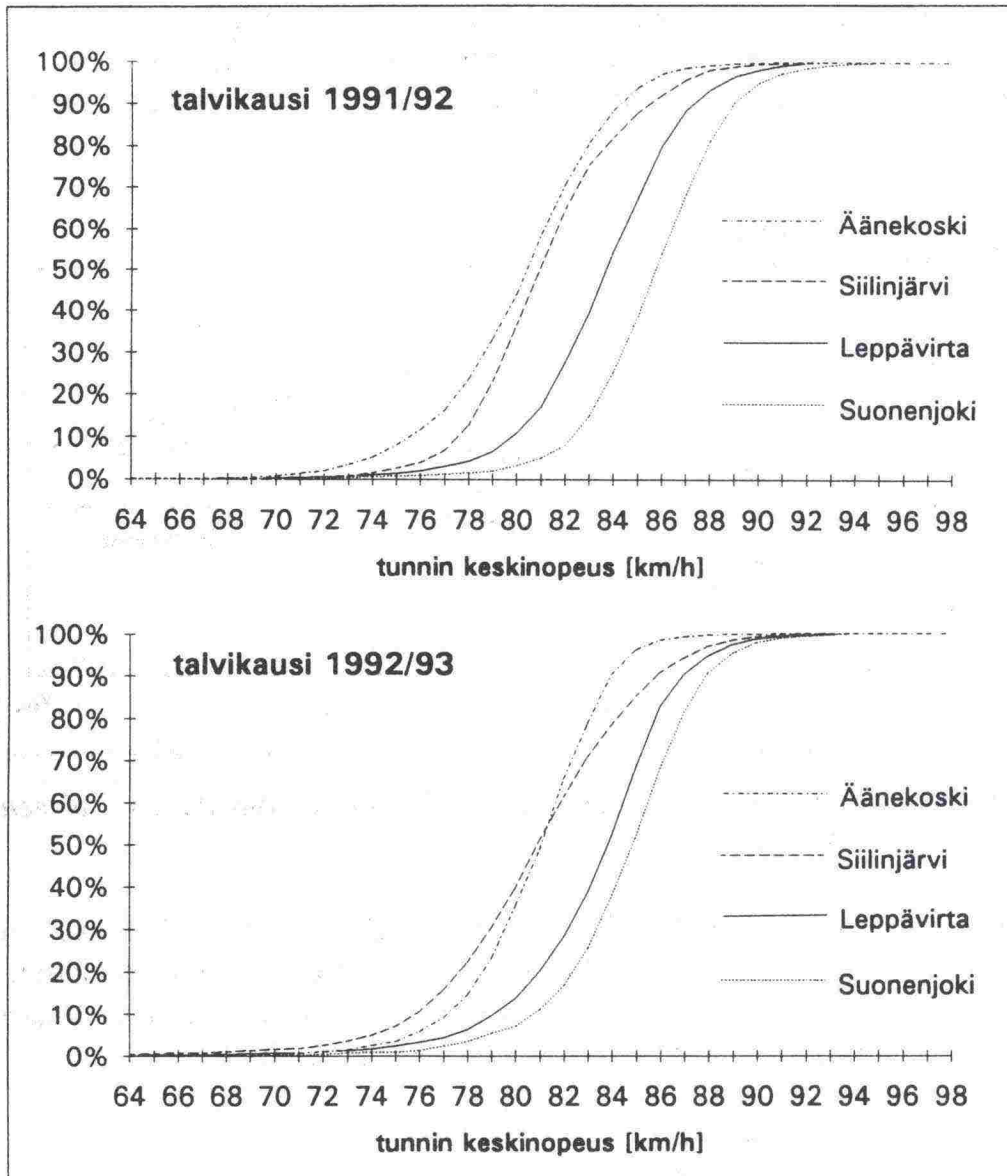
Kaikkien mittauspisteiden tuntikeskinopeuksien summafrekvenssit on koottu kuvaan 6.7. Summafrekvenssin nopeusarvot ovat tarkastelupisteiden liikennemäärällä painotettuna laskeneet Kuopion piirissä edelliseen talveen ja Keski-Suomen piiriin verrattuna seuraavasti:

$v_5$	-4,7 %
$v_{15}$	-3,1 %
$v_{50}$	-1,2 %
$v_{85}$	+0,04 %

Kuopion piirissä on liukkaudentorjunnassa käytetty suolaa myös kokeilutalvena erittäin liukkaissa keliolosuhteissa, joissa suolaus on ollut ainoa tehokas liukkaudentorjuntavaihtoehto. Loka- ja joulukuun välissä on Kuopion tiemestaripiirissä käytetty tiesuolaa 10 päivänä, joista 5 päivänä on käytetty raesuolaa ja 5 päivänä liuossuolaa. Tammi- ja maaliskuun välisenä aikana suolaa on levitetty tieverkolle 14 päivänä, joista 4 päivänä on liukkaudentorjunnassa käytetty raesuolaa ja 10 päivänä suolaliuosta.

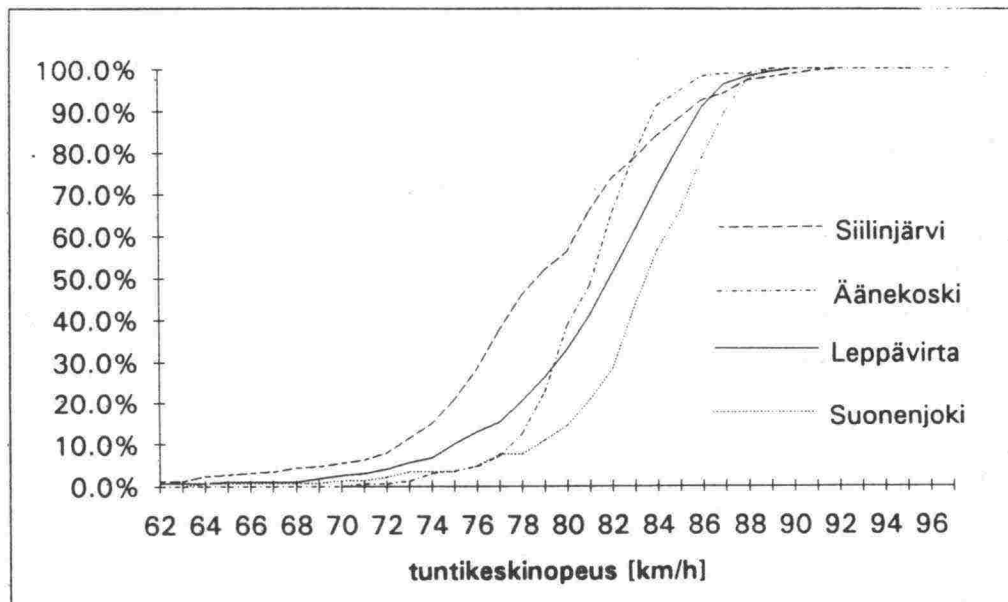


Näiden päivien aikana liukkaudentorjunta on Kuopion piirissä käynnistynyt myöhemmin kuin niillä alueilla, joilla suolaa on käytetty tavalliseen tapaan. Raskaan liikenteen nopeuksia on tarkasteltu erikseen näiden keliolosuhteiden erityisen vaikeiden vuorokausien suhteen.



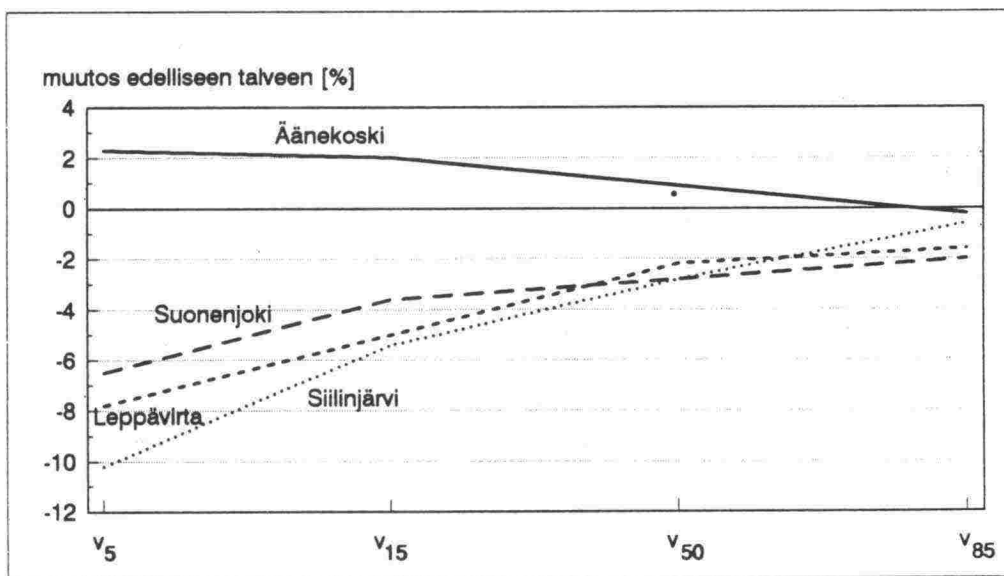
Kuva 6.7 Raskaan liikenteen tuntikeskinopeuksien summafrequenssi tarkastelupisteissä talvina 1991/92 ja 1992/93.

Kuvassa 6.8 on esitetty tuntikeskinopeuksien summafrequenssi vaikeissa keliolosuhteissa. Äänekoski edustaa tässä tulossarjassa pistettä, jossa talvikunnossapitostrategiassa ei ole tapahtunut muutoksia. Alhaisten nopeuksien osuus on Kuopion piirissä ollut selvästi suurempi kuin Äänekoskella. Eniten alhaisia nopeuksia on ollut Siilinjärvellä, jossa liikennemäärä on vertailupisteistä korkein.



Kuva 6.8 Raskaan liikenteen tuntikeskinopeuksien summafrekvenssi erittäin liukkaissa keliolosuhteissa (24 vrk) talvella 1992/93.

Edellisen talven keskimääräisiin nopeuksiin verrattuna huonon kelin nopeustulokset ovat Kuopion piirissä selvästi alemmat. Kuvassa 6.9 on esitetty  $v_5$ - $v_{85}$  -nopeuksien keskimääräinen muutos edellisen talven nopeusarvoihin verrattuna. Tuloksissa korostuu erityisesti alhaisten nopeuksien määrän kasvu. Siilinjärvellä  $v_5$ -nopeus on jopa 10 % alhaisempi kuin edellisen talven keskimääräinen arvo. Mediaaninopeus on Kuopion piirissä ollut suhteellisesti 3 - 4 % alempi kuin Keski-Suomen piirissä.



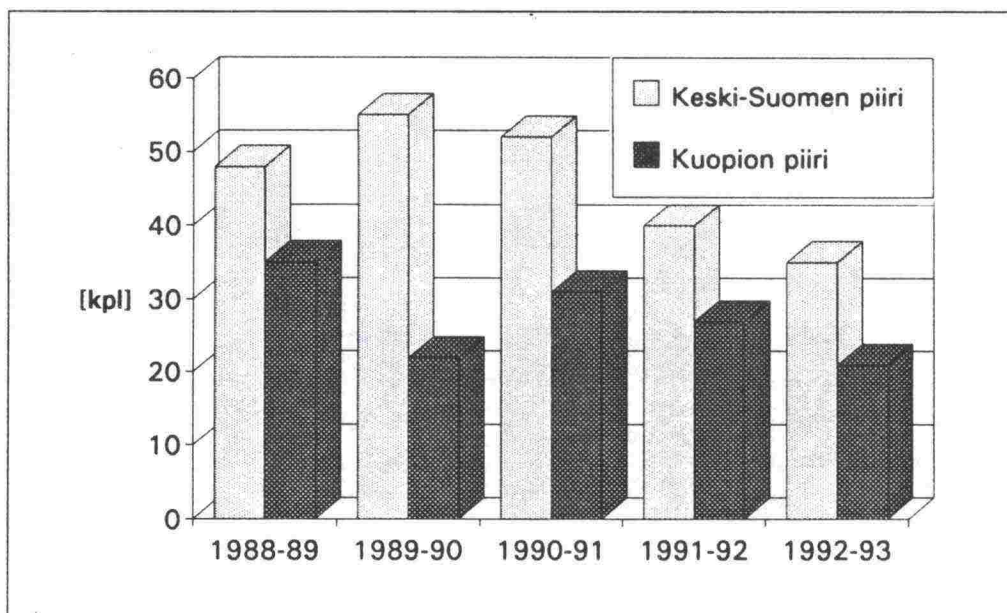
Kuva 6.9 Nopeuksien muutos tarkastelluissa LAM-pisteissä erittäin liukkaissa keliolosuhteissa (24 vrk) talvella 1992/93 edeltäneeseen talvikauteen verrattuna.

Nopeustarkastelu osoittaa, että raskaan liikenteen keskimääräinen ajonopeus on suolan käytön vähentämisen seurauksena alentunut vain vähän. Sen sijaan tulokset osoittavat, että alhaisten nopeuksien lukumäärä on lisääntynyt huomattavasti. Suurin ero on ollut Kuopion ja Keski-Suomen piirin liukkaan kelin nopeusarvoissa, joissa Kuopion piirin tulokset osoittavat huomattavasti alemmiksi verrattaessa nopeuksia edellisen vuoden arvoihin. Erittäin alhaisten nopeuksien määrällä on vaikutusta kuljetusten myöhästymisriskiin, jonka voidaan Kuopion piirin tulosten perusteella arvioida kasvavan 5 - 10 % suolauksen määrän vähentämisen seurauksena.

### 6.1.2 Raskaan liikenteen onnettomuuskehitys

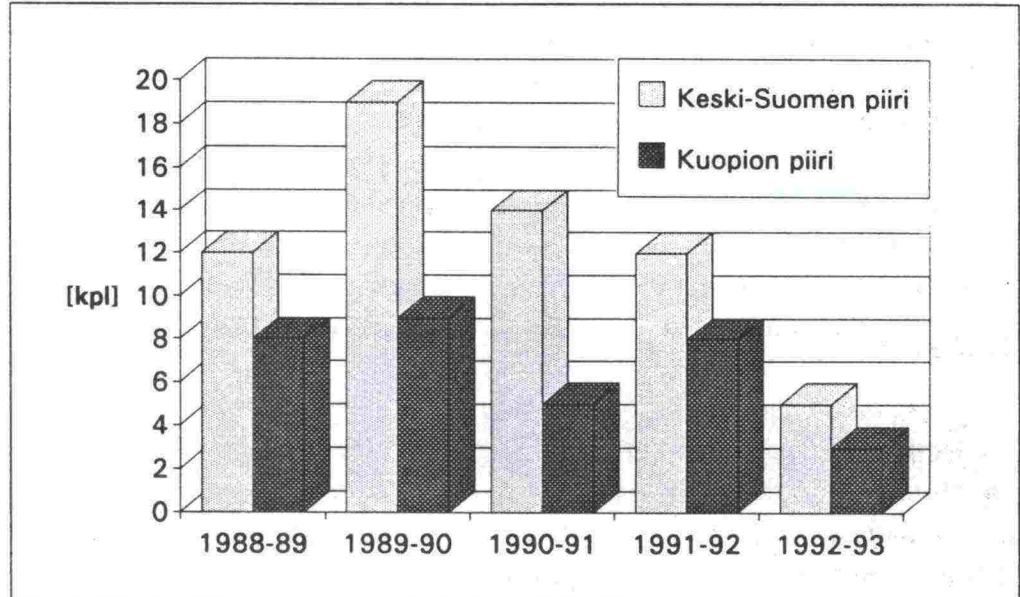
Kuopion piirissä on tapahtunut viime vuosina 20 - 40 onnettomuutta, joissa on ollut osallisena raskaan liikenteen ajoneuvo. Kuopion piirin onnettomuuksien määrän kehitystä on tässä verrattu Keski-Suomen piiriin, jossa raskaan liikenteen onnettomuuksia on vuosittain tapahtunut 30 - 60. Vertailussa on tutkittu raskaan liikenteen onnettomuusmäärää viitenä perättäisenä talvena vuosina 1988 - 1993. Tarkastelu on rajattu talvikautena eli lokakuun ja huhtikuun välisenä aikana tapahtuneisiin onnettomuuksiin, joissa vähintään yksi osallinen on ollut raskaan liikenteen ajoneuvo.

Kuvassa 6.10 on esitetty raskaan liikenteen onnettomuusmäärän kehitys Kuopion ja Keski-Suomen piirissä. Onnettomuusmäärän kehitys on kahtena edellisenä talvena ollut molemmissa piireissä samansuuntainen.



Kuva 6.10 Raskaan liikenteen onnettomuusmäärän kehitys Keski-Suomen ja Kuopion piirissä lokakuun ja maaliskuun välisenä aikana vuosina 1988 - 1993.

Henkilövahinkoon johtaneita raskaan liikenteen onnettomuuksia on Kuopion piirissä talvikausina tapahtunut alle 10 kpl/v ja Keski-Suomen piirissä alle 20 kpl/v. Henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien määrän kehitys on esitetty kuvassa 6.11.



*Kuva 6.11 Raskaan liikenteen henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien määrän kehitys Keski-Suomen ja Kuopion piirissä lokakuun ja maaliskuun välisenä aikana vuosina 1988 - 1993.*

Raskaan liikenteen piirikohtaiset onnettomuusmäärät ovat niin pieniä, ettei onnettomuusmäärien kehityssuuntaa ja kehityksen syytä voi niiden perusteella päätellä. Onnettomuudet ovat suhteellisen harvinaisia ja niiden määrään vaikuttavat monet tekijät. Pienessä otoksessa satunnaisvaihtelujen osuus korostuu, mikä on huomattava erityisesti henkilövahinkoon johtaneiden onnettomuuksien määrää tarkasteltaessa. Onnettomuustulokset osoittavat kuitenkin, että raskaan liikenteen onnettomuuksien määrä ei ole muuttunut merkittävästi tiesuolan käytön vähentymisen seurauksena.

### 6.1.3 Kuljetusterminalikyselyt

Kappaleessa 5 esiteltyjen yritys- ja kuljetusliikekyselyjen lisäksi kuljetustäsmällisyyttä koskevaa tietoa kerättiin suurimpien kuljetusliikkeiden terminaaleista ja Postin jakelukeskuksesta. Tavoitteena oli selvittää suolaamattomuuskokeilun vaikutuksia kuljetusaikoihin Kuopion piirissä.

Myöhästymisten määrässä ja kuljetustäsmällisyydessä ei Kuopion seudun kuljetusliikkeiden terminaaleissa ole viime talvena tapahtunut mainittavia muutoksia edellisiin talviin verrattuna. Tämän arvellaan osin johtuneen talven sääolosuhteiden suosiollisuudesta. Suolauskokeilulla ei ole havaittu

olevan suurta merkitystä myöhästymisten määrään tai pituuteen. Kuluneena talvena merkittäviä myöhästymisiä on sattunut vain muutama. Tosin myöhästymisten määrää ei viime talvena ole erityisesti tarkkailtu.

Kuljetusaikojen ja -aikataulujen suunnittelussa ei jätetä erityistä kelivaraa talviolosuhteissakaan. Kuljetustäsmällisyyttä arvostetaan, mutta kriittisen myöhästymisen pituus riippuu ensisijassa kuljetettavasta tavarasta, tavarankäsitteilytoimenpiteistä ja asiakkaasta. Terminaalien tehokkaan toiminnan kannalta myöhästymisiä ei aikataulujen pitävyyden takia saisi sattua juuri ollenkaan. 30 - 60 minuutin myöhästymisestä on jo haittaa jatkoyhteyksien ja jatkokäsitteilytarpeen kannalta. 2 - 3 tunnin myöhästymisestä on yleensä haittaa aina. Talvisin keliolosuhteista johtuvia myöhästymisiä arvioitiin sattuvan noin 1 - 2 kertaa kuukaudessa.

Suhtautuminen suolan vähentämiskokeiluun on ollut pääsääntöisesti myönteistä. Suolauksen merkitystä pääteillä pidetään suhteellisen vähäisenä. Suolauksen merkityksen ajo-olosuhteita parantavana tekijänä arvioidaan rajoittuvan vain äärimmäisiin sääolosuhteisiin. Eniten keliolosuhteista johtuvia ongelmia aiheutuu taajama-alueilla ja paikallisteillä, joilla talvikunnossapidon laatu on usein varsin huono. Varsinkin aurauksen määrän väheneminen taajamissa on haitannut raskaan liikenteen sujuvuutta. Jakeluliikenteen kannalta taajaman talvikunnossapito on erittäin tärkeää.

Talvikunnossapidon laatua pidetään terminaaleissa tärkeänä kuljetustäsmällisyyden vaikuttavana tekijänä. Suolaamattomuuskokeilusta on tullut pääasiassa positiivista palautetta, vaikkakin suolaamattomuuden arvioidaan hidastaneen kuljetuksia jonkin verran. Erityisesti nopeat lämpötilan vaihtelut ovat aiheuttaneet tilanteita, joissa kuljetusajat ovat pidentyneet. Merkittäviä myöhästymisiä ei kuitenkaan ole sattunut. Suolauksen merkitys on suuri kriittisissä keliolosuhteissa ja mäkisillä tieosuuksilla, normaaleissa hyvissä talviolosuhteissa merkitystä on vähäinen. Tämä näkemys perustuu lähinnä talviolosuhteissa ajamiseen yleensä, eikä niinkään suolaamattomuuskokeiluun.

## 6.2 Ruotsissa tehdyt suolan vähentämiskokeilut

Ruotsissa Östergötalandissa kokeiltiin vuosina 1980-83 päätieverkolla suolatonta liukkaudentorjuntaa alle 50 km:n pituisilla koeosuuksilla. Kokeilussa poliisin tietoon tulleiden onnettomuuksien määrä kasvoi kokeiluteillä lähes 30 %. Raskaan liikenteen ajonopeudet alenivat kokeilun aikana melko vähän, alenema oli enimmillään 20 - 25 %. Kokeilun yhteydessä tutkittiin myös raskaan liikenteen etenemistä mäkisillä tieosuuksilla, joilla suolan käyttöä oli vähennetty. Pysähtelyistä johtuvan matka-ajan kasvun todettiin olevan suhteellisen lyhyt, eikä sillä arvioitu olevan suuria taloudel-

lisiä vaikutuksia. Tarkastelluissa ylämäissä mitattiin 6 - 67 tunnin vuosittaisia viivytyksiä, joista 70 % arvioitiin kohdentuvan raskaalle liikenteelle. /45/

Raskaan liikenteen kuljettajien asenne suolan käytön vähentämiseen oli tutkimuksen mukaan myönteisempi kuin henkilöautoilijoiden. Raskaan liikenteen kuljettajien mukaan suurimpia suolaamattomuudesta aiheutuvia ongelmia jäisellä tiepinnalla ovat jarruttaminen ja ohjaaminen alamäessä sekä etenemisvaikeudet ylämäessä. Mäkisillä ja kaarteisilla teillä suolaa tai sitä korvaavia liukkaudentorjuntamenetelmiä olisi kuljettajien näkemyksen mukaan käytettävä. Ongelmia oli aiheutunut myös ohitustilanteissa, joissa kuorma-auto joutui jarruttamaan ohittavan auton palattua liian nopeasti oikealle kaistalle. Lähes kolmannes raskaan liikenteen kuljettajista ilmoitti käyttävänsä kiertoteitä välttääkseen suolaamattomia osuuksia. 10 % kuljettajista valitsi mieluummin pidemmän kiertotien kuin suolaamattoman kokeilutien. 10 % kuljettajista ilmoitti suolaamattomuuden takia siirtäneensä matkansa alkujankohtaa tai odottaneensa keliolosuhteiden parantumisista. Neljännes haastatelluista kuljettajista oli kokeilun aikana joutunut pysähtelemään keliolosuhteiden takia. /45/

Puolet kuljettajista suhtautui myönteisesti suolaamattomuuskokeilun jatkamiseen. Ehdottoman kielteisesti suhtautui kolmannes kuljettajista. Tutkimuksessa kysyttiin myös raskaan liikenteen kuljettajien näkemystä talvikunnossapitostrategioiden soveltuvuudesta. Suolan käytön suhteen kuljettajien mielipiteet jakautuivat kahteen ryhmään. Suolan käyttöön kielteisesti suhtautuvat pitivät suolaamattomia teitä turvallisempina, koska suolaamattomalla tiellä roiskuvan loskan määrä vähenee ja tienkäyttäjä on tietoisempi tien pinnan liukkaudesta. Suolan käyttöä kannattavien kuljettajien mielestä ajo suolatulla teillä on turvallisempaa kuin suolaamattomilla. Heidän näkemyksensä mukaan tieliikenteeltä kerättävät verot edellyttävät, että tie pidetään ajo-ominaisuuksiltaan parhaassa mahdollisessa kunnossa myös talvella, ja että ajo-olosuhteiden parantaminen on kuljettajilla rinnastettavissa työsuojeluun. /45/

Gotlannissa on kokeiltu suolan käytön vähentämistä vuodesta 1986 lähtien. Gotlannin MINSALT-tutkimuksessa suolan käyttö lopetettiin kokonaan yleisillä teillä (392 km) ja Visbyn katuverkolla. Gotlannissa liikenneonnettomuuksissa loukkaantuneiden kokonaismäärä on vähentynyt kokeilun aikana. Pääteillä onnettomuuksien määrä on hieman lisääntynyt. Sen sijaan aikaisemmin vähän suolatulla B-tiestöllä onnettomuuksien määrä on ennakkotietojen mukaan vähentynyt. Loukkaantuneiden jalankulkijoiden ja polkupyöräilijöiden sekä yksittäisonnettomuuksien määrä on hieman lisääntynyt. /44/

Gotlannissa tienkäyttäjien suhtautuminen suolan vähentämiseen on ollut erittäin myönteinen. Kokeilun yhteydessä on haastateltu myös ammattiautoilijoita, jotka ovat suurimmaksi osaksi olleet kuorma-autojen tilauskeskusten tai yksittäisen kuljetusliikkeen palveluksessa ja linja-autonkuljettajia. Raskaan liikenteen kuljettajat ovat pääsääntöisesti olleet suolan käytön vähentämisen kannalla. Ensimmäisenä kokeilutalvena 1986 suolan käytön lopettamista kannatti 25 % haastatelluista kuljettajista. Seuraavina talvina suolan käytön lopettamista kannattavien osuus oli kasvanut 60 - 65 %:iin kaikista kuljettajista. Alle 10 % kuljettajista piti suolan käyttöä erittäin hyvänä liukkaudentorjuntamenetelmänä. Pääteillä voitaisiin kuljettajien mukaan luopua lähes kokonaan suolan käytöstä. Lähes 70 % kuljettajista oli haastatteluissa sitä mieltä, että suolan käyttö voidaan pääteillä lopettaa kokonaan ja noin 25 %:n mielestä vain hankalat tiekohdat pitäisi suolata. Kuljettajat eivät suhtautuneet myönteisesti nopeusrajoituksen alentamiseen suolaamattomilla pääteillä. Gotlannissa nastarenkaiden käyttö on kokeilun aikana vähentynyt henkilöautoissa ja raskaissa ajoneuvoissa. /44/

Västerbottenin läänissä suolan käytön lopettamista on kokeiltu 50 km:n osuudella valtatiellä E4 Uumajan ja Skellefteån välillä. Kokeiluvuosina olivat talvet 1987/88 ja 1988/89. Raskaan liikenteen osuus liikennevirrasta koeosuudella oli noin 10 %. Raskaan liikenteen nopeudet eivät tutkimuksen mukaan alentuneet koeosuudella. Onnettomuuksien määrä kasvoi koetiellä noin 30 %, jos eläinonnettomuuksia ei oteta huomioon. Raskaan liikenteen kuljettajat suhtautuivat suolan käytön vähentämiseen kielteisesti; suurin osa kuljettajista halusi suolausta jatkettavan pääteillä tai pisteittä. Noin 25 % kuljettajista oli kokeilutalvien jälkeen valmis luopumaan suolauksesta kokonaan. Nopeuden alentamiseen kuljettajat suhtautuivat kielteisesti. Aikaisemmat kokeilut ovat osoittaneet, että suolaus lisää raskaiden ajoneuvojen liikennöintikykyä erityisesti mäkiosuuksilla. /46/

Kopparbergin läänissä alennettiin suolattavan tieverkon pituutta 1450 km:sta 450 km:iin talvella 1987/88. Talvella 1988/89 kokeilua jatkettiin korvaamalla osa alunperin käytetystä suolasta hiekalla, johon on sekoitettu hieman suolaa. Tutkimustulosten mukaan henkilöautojen nopeus laski suolaamattomilla pääteillä jäisellä tai lumisella kelillä. Onnettomuuksien määrä kasvoi kokeilun aikana pääteillä 5 % - 23 % riippuen kontrollitieverkon valinnasta. Kuljettajakyselyssä 40 % kuljettajista suhtautui myönteisesti suolauksen lopettamiseen. Henkilöautonkuljettajista lähes kaksi kolmasosaa kannatti suolauksesta luopumista. Tienkäyttäjät arvioivat ajonopeuksiensa alentuneen merkittävästi kokeiluteillä. Kolmannes raskaan liikenteen kuljettajista ilmoitti lähteneensä kokeilun takia aikaisemmin matkalle. Suolaamattomalla tieverkolla esiintyi myös jonkin verran enemmän liikenteen pysähtelyä ja ajonopeuden epätasaisuutta kuin muulla

tieverkolla. Suolaamattomilla osuuksilla esiintyi tienkäyttäjäkyselyn mukaan huomattavasti enemmän sivuluisuja, ojaan ajoja ja etenemisvaikeuksia ylämäessä kuin suolatuilla teillä. /28/

### 6.3 Saksassa tehdyt taajaman suolaamattomuuskokeilut

Saksassa on pyritty tiesuolan käytön vähentämiseen erityisesti taajama-liikenteessä. Hessenissä käynnistyi vuonna 1981/82 kokeilu, jossa ainoastaan auruksella hoidettavan katuverkon osuutta kasvatettiin ja suolan ja hiekoituksen määrää vähennettiin. Onnettomuusmäärän kasvun takia kokeilu keskeytettiin ja päädyttiin tulokseen, että talvikunnossapitotoimenpiteitä ei voi vähentää väylillä, joilla liikennemäärä on yli 2000 ajon./d. Seuraavina talvina kokeilua jatkettiin valitsemalla kokeilureiteiksi kaupungin ulkopuolella sijaitsevia teitä, joilla liikennemäärä oli alle 2000 ajon./d. Teiden valinnassa pyrittiin välttämään reittejä, joilla on linja-autoliikennettä. Kokeilureittien pituus talvella 1984/85 oli yhteensä 340 km. /5/

Liikennemäärän todettiin vähentyneen liukkaalla kelillä kokeiluteillä, minkä arvellaan johtuvan tienkäyttäjien muuttuneesta reitin tai kulkumuodon valinnasta. Tienkäyttäjien havaittiin valitsevan jopa huomattavasti pidempiä kiertoteitä välttääkseen suolaamattomat tieosuudet. Jäisellä kelillä ajonopeudet alenivat keskimäärin 10 %. Myös Berliinissä tehdyissä suolan vähentämiskokeiluissa nopeuden muutokset olivat samansuuntaisia. Auruksen todettiin nostavan ajonopeuksia selvästi. Liukkaalla kelillä ajonopeuksien olisi oltava huomattavasti alempia, jotta saavutettaisiin sama liikenneturvallisuusaste kuin kuivalla tienpinnalla. Liukkaan kelin onnettomuusasteen on tutkimuksessa arvioitu olevan 1,5 - 2,1 -kertainen kuivan tienpinnan onnettomuusasteeseen verrattuna, jos verrataan tien pinnan kitka-arvoja ja jarrutusmatkan pituuksia. Suolatun tienpinnan onnettomuusasteen on vastaavasti arvioitu olevan 1,1 - 1,3 -kertainen kuivaan tienpintaan verrattuna. /5,13,14,15/

Tutkimuksessa on myös määritetty liukkaan kelin aiheuttama ajokustannusten kasvu. Aikakustannukset kasvavat ajonopeuden alenemisen ja kiertotien aikaansaaman matkan pitenemisen vaikutuksesta. Ajokustannusten kasvuksi on arvioitu 7 - 8 %. Kokonaiskustannuksia kasvattaa lisäksi onnettomuus-kustannusten kasvu. Hessenin alueella suolan käytön vähentämisen arvioitiin vuonna 1985 aiheuttavan 0,79 - 1,25 milj.DEM:n vuosittaiset lisäkustannukset. /5,10/



## 6.4 Esimerkkitarkasteluja talvikunnossapidon laadun vaikutuksesta

### 6.4.1 Laskentamenettely

Laskennallisessa tarkastelussa on tutkittu kitkatalvirenkaiden yleistymisen ja tiesuolan käytön vähenemisen vaikutusta kuljetusaikoihin. Tarkasteltavat kuljetukset on valittu aloilta, joilla kuljetustäsmällisyydellä on suuri merkitys. Talvikunnossapitoimenpiteiden muutokset vaikuttavat kuljetusaikoihin vain vähän, sillä talvikelien osuus kokonaisliikennesuoritteesta on suhteellisen pieni. Tämän vuoksi tarkastelukohteet edustavat kuljetusten myöhästymisille herkimpiä alueita, jotka indikoivat kuljetusajan muutosten vaikutuksia myös muilla aloilla logistiikan tehokkuuden lisääntyessä.

Laskennassa on esimerkinomaisesti tarkasteltu kuljetusajan muutoksia elintarvikkeiden siirtokuljetusten, sanomalehtikuljetusten ja metalliteollisuuden JOT-kuljetusten osalta. Tarkastelu koskee talviajan liikennettä ja suolauksen osalta suolan käyttöpäiviä. Tarkastelu on rajattu päätieverkolle, jolloin taajamien ja alemman tieverkon talvikunnossapidon on oletettu säilyvän muuttumattomana. Nastattomuuden ja suolan käytön vähenemisen yhteisvaikutusta ei ole tutkittu.

Nastattomuuden yleistymisen ja talvisuolauksen on arvioitu vaikuttavan ajonopeuksiin taulukossa 6.3 esitetyllä tavalla. Nastattomuuden yleistymistarkastelussa kitkatalvirenkaiden osuuden on oletettu kasvavan 80 %:iin kaikista henkilöautojen talvirenkaista. Raskaan liikenteen keskinopeuden on tällöin oletettu alenevan 2 km/h henkilöautojen keskimääräisen ajonopeuden alentuessa ja tien pinnan kitkaominaisuuksien huonontuessa. Suolan käytön vähentämisen ja nastattomuuden yleistymisen samanaikaisen toteuttamisen vaikutuksia ei voi arvioida laskemalla yhteen vaikutuksia, sillä molempien toimenpiteiden yhteisvaikutusta ajonopeuteen ei tunneta. /32/

*Taulukko 6.3 Raskaan liikenteen ajonopeus nastattomuuden yleistyessä ja talvisuolauksen määrän vähentyessä eri tieluokilla [km/h].*

tarkastelutilanne	valtatiet	kantatiet	muut maantiet
nykytilanne	85	81	65
nastattomuuden yleistymisen henkilöautoissa	83	79	63
talvisuolauksen määrän väheneminen			
minimivaikutus	84	80	64
maksimivaikutus	81	77	61

Talvisuolauksen vaikutusta ajonopeuteen on arvioitu Kuopion piirin mittaus-  
tulosten ja kirjallisuudesta löytyneiden arvojen avulla. Norjalaisessa tutki-  
muksessa raskaan liikenteen nopeuden on suolauksen vaikutuksesta  
arvioitu lisääntyvän keskimäärin jopa 5 - 10 %. Suolauksen vähentämisen  
päätieverkolla ei kuitenkaan Kuopion piirissä ja MINSALT-kokeiluissa ole  
havaittu alentavan keskimääräistä ajonopeutta näin huomattavasti.  
Huonolla kelillä liukkaus ei ole ainoa ajonopeuksia alentava tekijä, vaan  
nopeus alenee usein myös muiden keliolosuhteiden kuten lumisateen  
vaikutuksesta. Tässä tarkastelussa ajonopeuden on suolauksen vähentämi-  
sen seurauksena oletettu alenevan 1 - 4 km/h keliolosuhteista riippuen.  
/41/

Talvikunnossapitostrategian muutoksiin on kuljetusaikataulujen laadinnassa  
mahdollista varautua ottamalla huomioon ajonopeuden aleneminen.  
Esimerkkitarkasteluissa lähtökohtana on ollut, että kuljetusaikatauluja ei ole  
tiesuolauksen vähentämisen tai nastattomuuden yleistymisen takia muutet-  
tu, jolloin matka-ajan muutos näkyy välittömästi kuljetuksen myöhästymi-  
senä.

#### 6.4.2 Maitotuotteiden kuljetukset

Esimerkkitarkastelussa tutkittiin maitojalosteiden siirtokuljetuksia Sotka-  
mossa sijaitsevasta meijeristä terminaaleihin. Siirtokuljetusreitit ovat  
seuraavat:

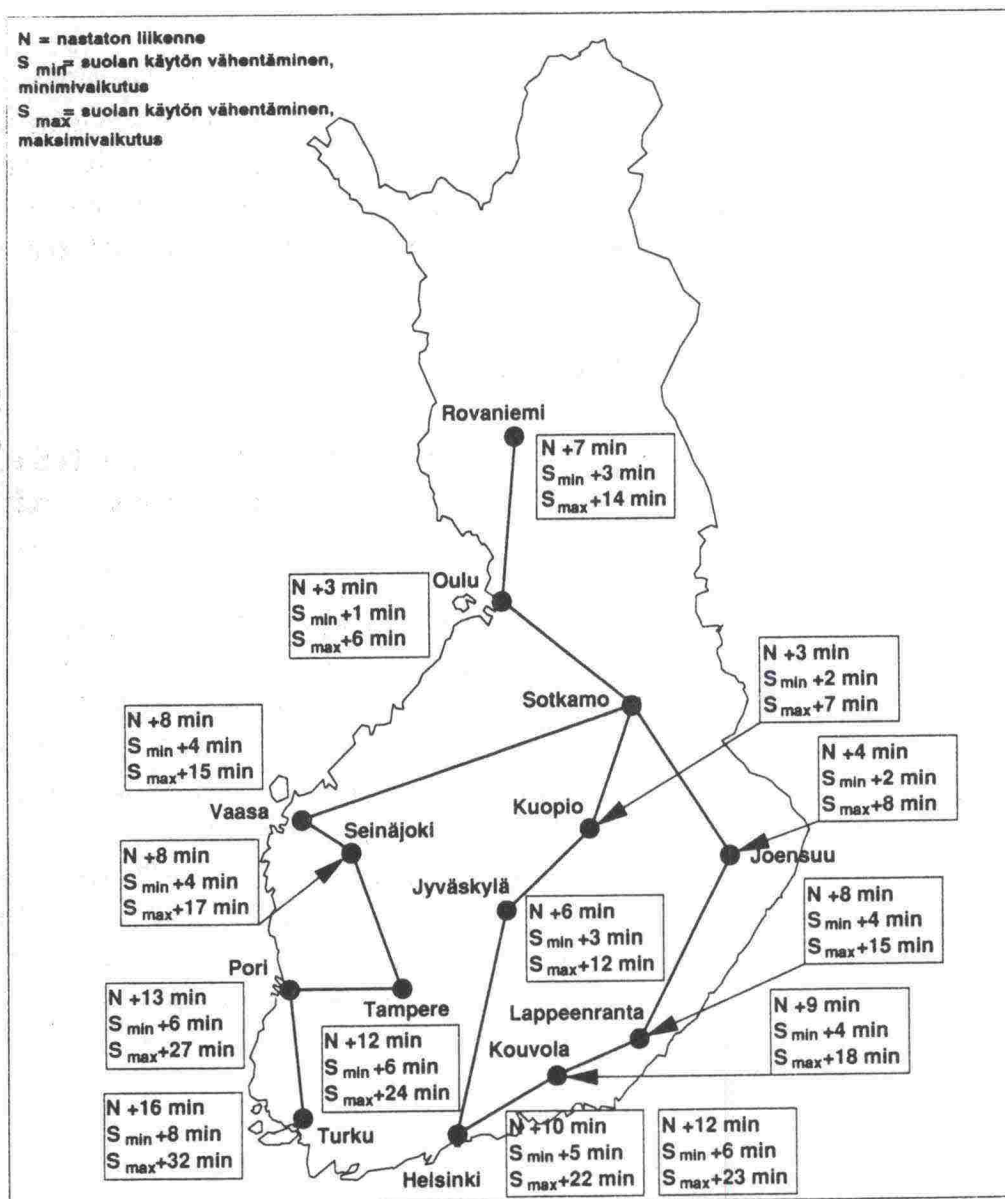
- Sotkamo - Oulu - Rovaniemi
- Sotkamo - (Vaasa) - Seinäjoki - Tampere - (Pori) - Turku
- Sotkamo - Kuopio - Jyväskylä - (Helsinki)
- Sotkamo - Joensuu - Lappeenranta - Kouvola - (Helsinki)

Kuljetettavat tuotteet ovat maitojalosteita, jotka siirtokuljetuksilla kuljete-  
taan tuoretuoteterminaaleihin. Reitit ajetaan terminaaleista tulleiden  
tilausten mukaan. Kuljetusten täsmällisyys ei siirtokuljetuksissa ole yhtä  
merkityksellistä kuin elintarvikejakelussa, sillä siirtokuljetukset ajetaan  
usein öisin, jolloin ne ovat pienistä myöhästymisistä huolimatta termina-  
aleissa ennen päivän jakelun aloittamista. Terminaalit tasaavat kuljetus-  
täsmällisyydessä ilmeneviä puutteita toimien eräänlaisena lyhytaikaisena  
puskurivarastona.

Kuvassa 6.12 on esitetty siirtokuljetusreiteillä tapahtuva matka-ajan  
muutos nastattomuuden yleistyessä ja talvisuolauksen vähentyessä.  
Matka-ajan muutos ei lyhyillä reiteillä ole merkittävää. Pitkillä reiteillä  
matka-aika kasvaa pahimmassa tapauksessa noin 30 minuutilla, jos suo-  
lauksesta luovutaan. Nastattomuuden vaikutus sen sijaan olisi tarkastelun  
mukaan alle 30 minuuttia. Matka-ajat pitenevät suolan käytön vähenemi-

sen seurauksena 1 - 5 % ja nastarenkaiden osuuden vähentyessä 2 - 3 %. Aikatoleranssi terminaalkuljetuksissa on yleensä 1 - 2 h, joten tiesuolauksella tai nastattomuudella ei ole merkittävää vaikutusta tarkasteltavina olevien siirtokuljetusten kuljetustäsmällisyydelle.

Taulukossa 6.4 on esitetty kuljetusajan pitenemisestä aiheutuvia kustannusvaikutuksia. Jäisen ja liukkaan kelin osuuden on oletettu olevan 25 % koko talven ja 12 % koko vuoden liikennesuoritteesta.



Kuva 6.12 Maitotuotteiden kuljetusreiteillä Sotkamosta siirtoterminaleihin tapahtuvat saapumisajan muutokset nastarenkaiden osuuden tai tiesuolauksen määrän vähentyessä.

*Taulukko 6.4 Maitotuotteiden siirtokuljetusajan pitenemisestä aiheutuva kuljetuskustannusten kasvu jäisellä kelillä ja vuositasolla [%].*

	jäisellä kelillä [%/d]	vuosittain [%/a]
Nastaton liikenne	+ 0,8 %	+ 0,1 %
Suolan käytön väheneminen		
minimivaikutus	+ 0,4 %	+ 0,04 %
maksimivaikutus	+ 1,6 %	+ 0,2 %

Tiesuolauksen ja nastojen käytön vähenemisen vaikutus kuljetuskustannuksiin on tässä tapauksessa erittäin pieni. Kustannusten kasvua arvioitaessa ei ole otettu huomioon terminaalissa odotuksesta tai viivästymisestä kertyviä kuluja, sillä viivästymiset ovat pitkilläkin reiteillä alle oletetun toleranssin.

### 6.4.3 Lihatuotealan kuljetukset

Esimerkkinä kuljetustäsmällisyydeltään vaativista elintarvikkeiden tavaralinjakuljetuksista tutkittiin liha-alan kuljetusta pääkaupunkiseudulla sijaitsevalta lähettämöltä Keski- ja Pohjois-Suomessa sijaitseville jakelualueille. Oletettu kuljetusreitti on seuraava:

Helsinki - Jyväskylä - Raahe - Oulu - Kemi - Rovaniemi

Lihan ja lihajalosteiden kuljetuksissa täsmällisyys, kuljetusnopeus ja säilytyslämpötila ovat tavarantoimittajan säilyvyyden ja jatkokäsittelytarpeen vuoksi erittäin tärkeitä ominaisuuksia. Täsmällistä toimitusta vaativat mm. suurkeittiöt. Aikatoleranssiksi on liha- ja lihajalostekuljetuksissa arvioitu 30 - 60 min. Jakelukuljetuksissa täsmällisyysvaatimus on vieläkin suurempi.

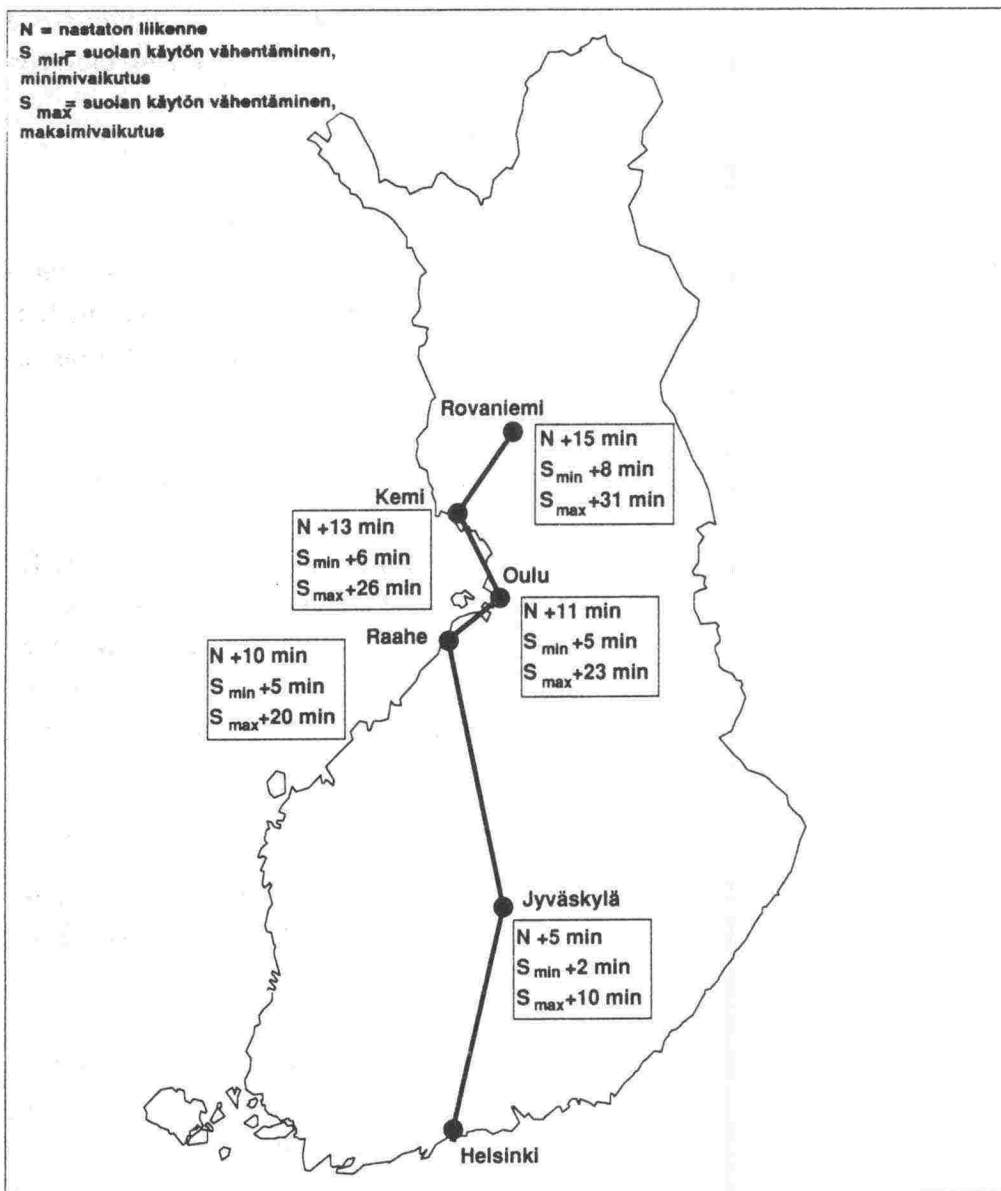
Kuvassa 6.13 on esitetty kuljetusreitti ja matka-ajan piteneminen eri pysähtymispisteissä nastojen käytön ja tiesuolauksen vähentyessä. Matka-aika pitenee tarkastelun mukaan enimmillään noin 30 min (4,7 %), joten tuotteiden kuljetusnopeus tai -täsmällisyys eivät muutu merkittävästi.

Taulukossa 6.5 on tarkasteltu kuljetuskustannuksissa tapahtuvia muutoksia. Kustannusten muutokset ovat vuositasolla erittäin pieniä ja samansuuntaisia kuin maitojalosteiden siirtokuljetuksissa tapahtuva kustannusten muutos. Toleranssin ylittyessä kustannuksia aiheutuu tuotteen tilaajalle toiminnan pysähtymisestä ja tavarakuljetuksen odotusajan pitenemisestä. Laskenta-arvoilla saatava matka-ajan piteneminen ja kuljetusnopeuden aleneminen on kuitenkin pahimmassakin tapauksessa niin vähäistä, että

ongelmia ei aiheudu tuotteiden säilyvyyden tai asiakkaan täsmällisyysvaatimusten suhteen.

*Taulukko 6.5 Lihan ja lihajalosteiden kuljetusajan pitenemisestä aiheutuva kuljetuskustannusten kasvu jäisellä kelillä ja vuositasona [%].*

	jäisellä kelillä [%/d]	vuosittain [%/a]
Nastaton liikenne	+ 0,8 %	+ 0,1 %
Suolan käytön väheneminen		
minimivaikutus	+ 0,5 %	+ 0,05 %
maksimivaikutus	+ 1,6 %	+ 0,2 %



*Kuva 6.13 Lihan ja lihajalosteiden tavaralinjaliikenteessä tapahtuvat saapumisajan muutokset reitillä Helsinki-Rovaniemi nastarenkaiden osuuden tai tiesuolauksen määrän vähentyessä.*

#### 6.4.4 Sanomalehtikuljetukset

Suomessa yli neljä kertaa viikossa ilmestyvien sanomalehtien yhteenlaskettu nettolevikki on lähes 2 800 000. Sanomalehtikuljetukset poikkeavat kuljetusajaltaan, kuljetusmääriltään sekä nopeus- ja täsmällisyysvaatimuksiltaan tavanomaisista kuljetuksista huomattavasti. Kuljetukset tapahtuvat pääsääntöisesti öisin ja sijoittuvat valtakunnallisesti melko tasaisesti. Lehtikuljetuksissa jo 5 - 15 minuutin myöhästymisen aiheuttaa odotusaikojen pitenemistä ja jakelun viivästymistä.

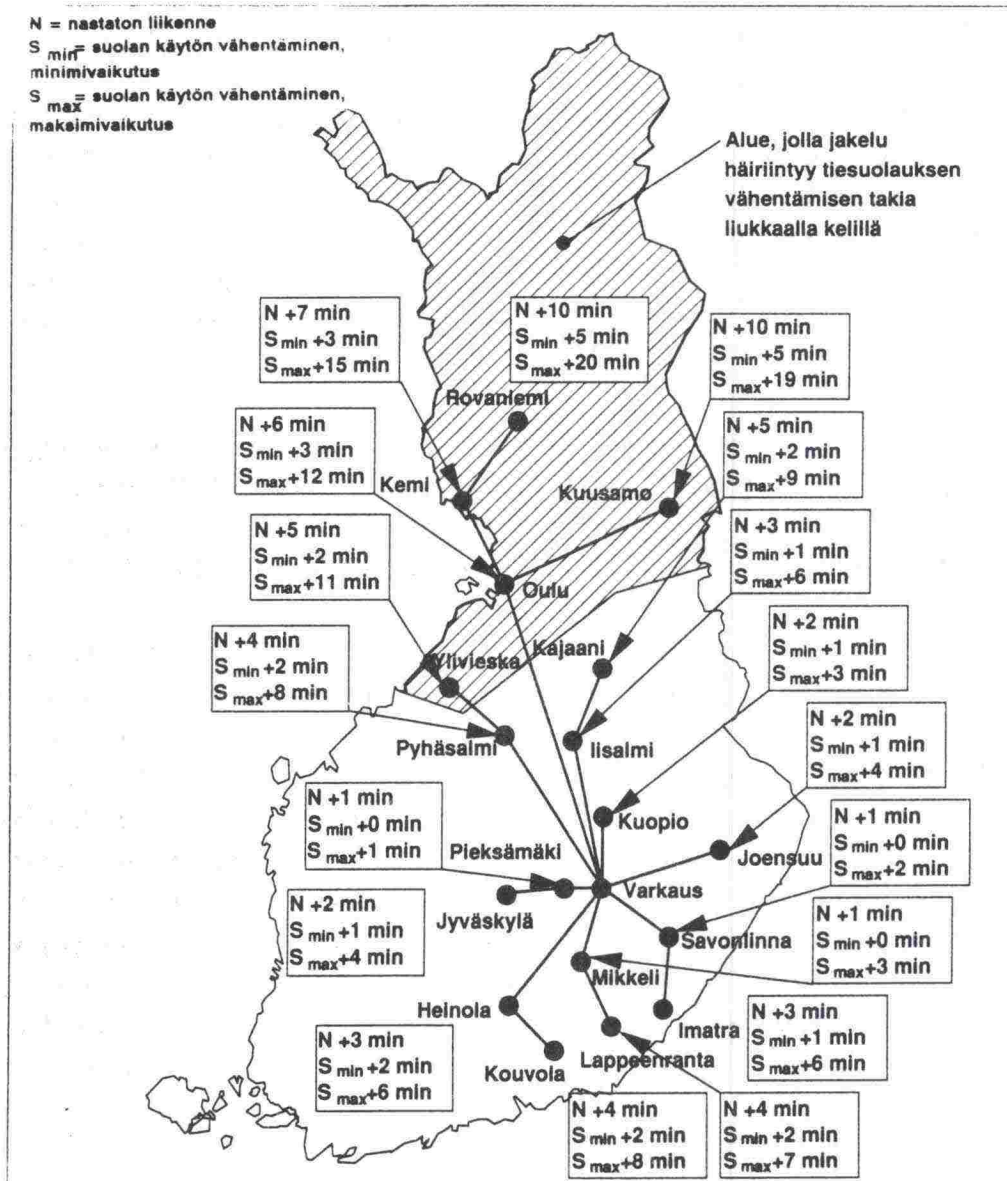
Laskelmassa on tarkasteltu Sanoma Oy:n Varkauden painon Helsingin Sanomien runkokuljetuksia alueellisten lehtien tai postin jakelukeskuksiin. Varkauden painon jakelualueena on Pohjois- ja Itä-Suomi sekä Keski-Suomen itäosat. Kuljetukset lähtevät Varkaudesta klo 23.30 - 0.30.

Kuvassa 6.14 on esitetty kuljetusreitit ja niillä tapahtuva kuljetusajan piteneminen eri määräraikoissa nastattomuuden yleistymisen ja suolan käytön vähenemisen seurauksena. Matka-ajat pitenevät kaikilla reiteillä alle 20 min. Suurin matka-ajan muutos tapahtuu pisimmällä reitillä Varkaus-Rovaniemi, jolla suolauksen vähentäminen pidentäisi matka-aikaa 5 - 20 min. Nastattomuus pidentäisi tällä reitillä matka-aikaa 10 min. Matka-ajat pitenevät suolan käytön vähenemisen seurauksena 2 - 5 % ja nastarenkaiden osuuden vähentyessä 2 - 3 %. Sanomalehtikuljetusten aikatoleranssiksi on arvioitu 0 - 15 min. Tämän ajan ylittyessä jakelu viivästyy ja aiheuttaa lisäkustannuksia. Kuvassa 6.14 on osoitettu rasteroinnilla alue, jolla aikatoleranssin ylitys on tarkastelussa ollut niin suuri, että jakeluhäiriöitä saattaa esiintyä.

Kuljetuskustannusten muutos on esitetty taulukossa 6.6. Kustannusten laskennassa on otettu huomioon ajokustannusten kasvun lisäksi myöhästymisestä kertyvän odotusajan aiheuttamat aikakustannukset. Jakeluhäiriöiden muita taloudellisia vaikutuksia ei ole laskennassa otettu huomioon.

*Taulukko 6.6 Sanomalehtien kuljetusajan pitenemisestä aiheutuva kustannusten kasvu jäisellä kelillä ja vuositasolla [%].*

	yhteenlaskettu matka-ajan piteneminen		kustannusten kasvu	
	jäisellä kelillä [min/d]	vuosittain [h/a]	jäisellä kelillä [%/d]	vuosittain [%/a]
Nastaton liikenne	67	48	+ 2,3 %	+ 0,3 %
Suolan käytön väheneminen				
minimivaikutus	30	22	+ 1,1 %	+ 0,1 %
maksimivaikutus	132	95	+ 4,3 %	+ 0,5 %

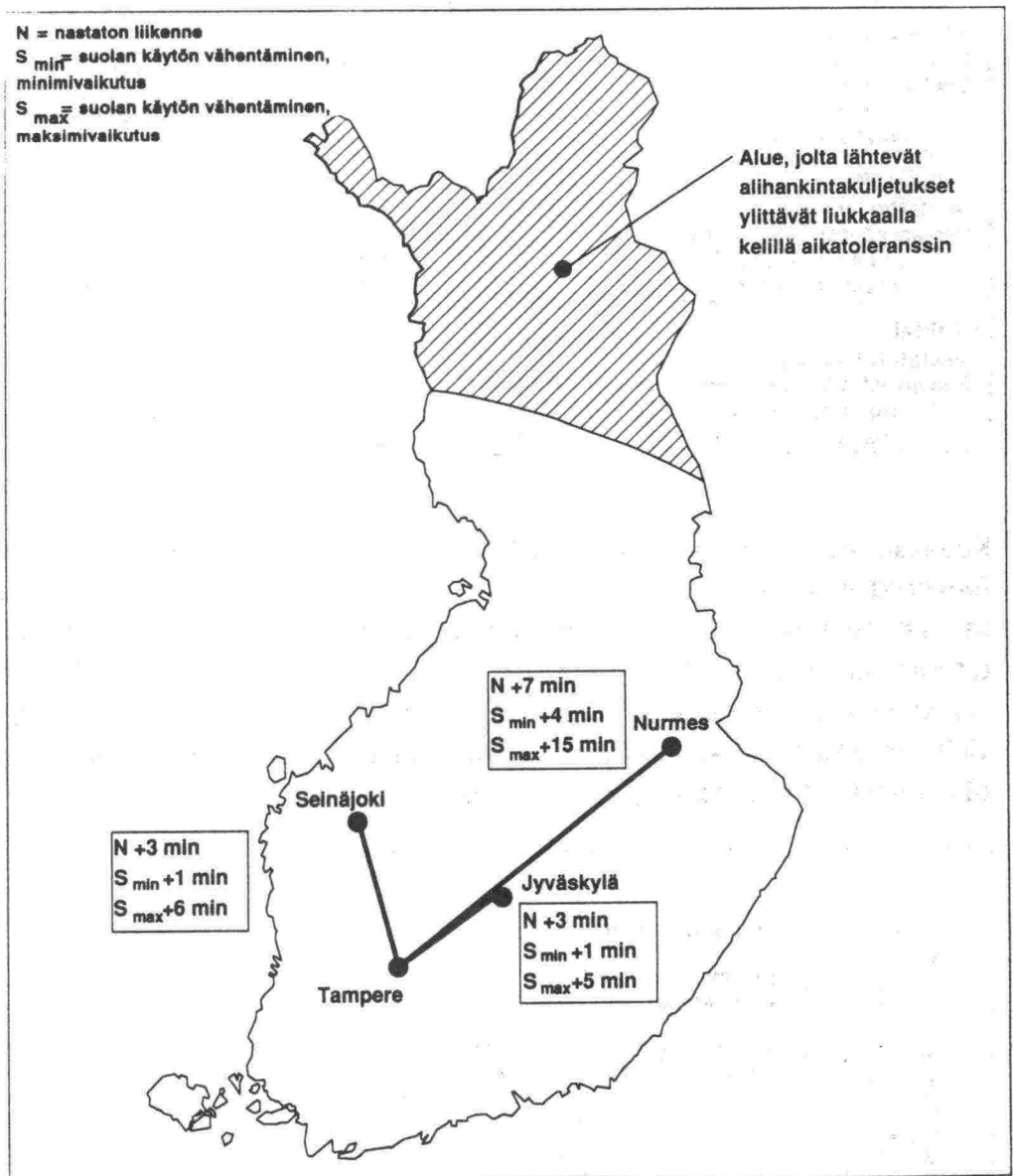


Kuva 6.14 Saapumisaikojen muutokset sanomalehtikuljetusten runkolinjoilla Varkaudesta jakelukeskuksiin nastarenkaiden osuuden tai tiesuolauksen määrän vähentyessä.

#### 6.4.5 Metallituoteteollisuuden JOT-kuljetukset

Tiesuolauksen ja nastattomuuden vaikutusta metalliteollisuuden JOT-kuljetusten kuljetustäsmällisyyteen on tarkasteltu teoreettisen kuljetusketjun avulla. Tarkastelussa on vertailtu eri puolilla Suomea sijaitsevien metallituoteteollisuuden alihankintayritysten kuljetuksia Tampereella sijaitsevaan kokoonpanoyksikköön. Alihankintayritykset sijoitettiin Jyväskylään, Seinäjoelle ja Nurmekseen. Aikatoleranssiksi JOT-kuljetuksille on asetettu 30 min, jonka ylittyessä tuotanto kokoonpanoyksikössä keskeytyy.

Kuvassa 6.15 on esitetty matka-aikojen piteneminen nykytilanteeseen verrattuna tiesuolauksen vähentyessä tai nastattomuuden yleistyessä. Kuvaan on myös merkitty raja, jonka ulkopuolella sijaitsevien yritysten tuotekuljetusten täsmällisyys ylittää asetetun aikatoleranssin. Laskelman lähtöarvoilla tuotekuljetusten myöhästyminen ylittää aikatoleranssin ainoastaan erittäin pitkillä kuljetusmatkoilla.



Kuva 6.15 Saapumisaikojen muutokset metallituoteteollisuuden JOT-kuljetuksissa eri alihankintayrityksistä Tampereelle nastarenkaiden osuuden tai tiesuolauksen määrän vähentyessä. Matka-ajat pitenevät 1 - 5 %.

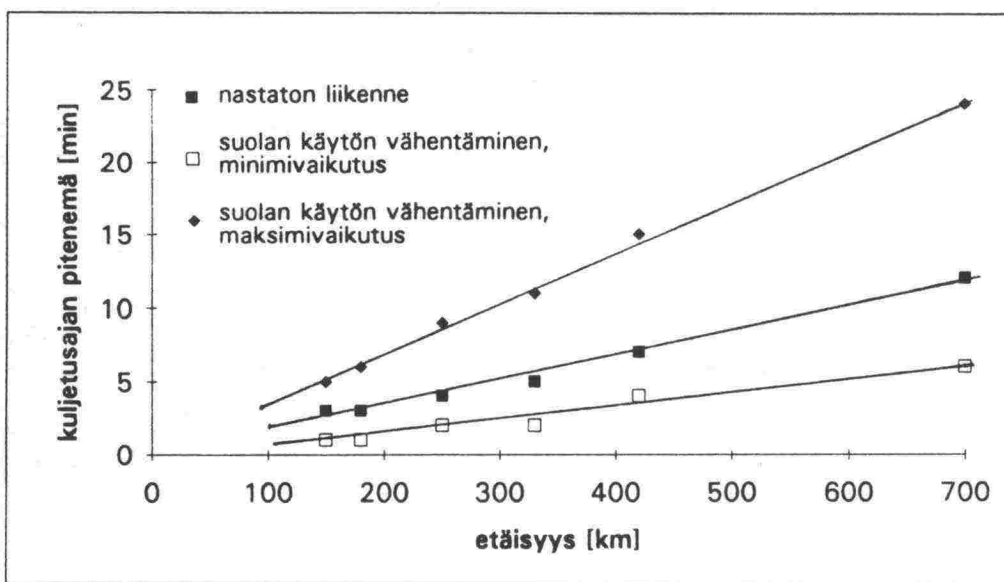
Kuljetuskustannukset lisääntyvät matka-aikojen pidentyessä taulukon 6.7 mukaisesti. Matka-ajat pitenevät ja kustannukset kasvavat erittäin vähän. Kustannuksia laskettaessa on otettu huomioon myös odotusajoista johtuva aikakustannusten lisäys tuotteiden vastaanottoaikalla.



Taulukko 6.7 Kuljetusajan pitenemisestä aiheutuva kustannusten kasvu metalliteollisuuden alihankintaketjussa jäisellä kelillä ja vuositasolla [%].

	kustannusten kasvu	
	jäisellä kelillä [%/d]	vuosittain [%/a]
<b>JYVÄSKYLÄ</b>		
Nastaton liikenne	1,9 %	0,2 %
Suolan käytön väheneminen		
minimivaikutus	0,6 %	0,07 %
maksimivaikutus	3,0 %	0,3 %
<b>SEINÄJOKI</b>		
Nastaton liikenne	1,5 %	0,2 %
Suolan käytön väheneminen		
minimivaikutus	0,5 %	0,06 %
maksimivaikutus	3,0 %	0,3 %
<b>NURMES</b>		
Nastaton liikenne	1,5 %	0,2 %
Suolan käytön väheneminen		
minimivaikutus	0,9 %	0,10 %
maksimivaikutus	3,2 %	0,4 %

Kuvassa 6.16 on esitetty myöhästymisen suuruus kuljetusetäisyyden funktiona suolauksen vähentämisen tai nastarenkaiden määrän vähentymisen seurauksena. Tässä tapauksessa alihankintayrityksen kuljetukset eivät toteuta aikatoleranssirajoitusta, jos kuljetusetäisyys on yli 750 km. Alihankintayritysten sijainnin kannalta tiesuolauksella tai kitkatalvirenkaiden yleistymisellä ei tällöin juurikaan ole merkitystä, sillä kuljetuskustannussyistä alihankkijat sijaitsevat yleensä yritysten lähialueilla.



Kuva 6.16 Matka-ajan pitenemisen riippuvuus kuljetusmatkasta tiesuolauksen vähentämisen tai nastattomuuden lisääntymisen seurauksena.

## 6.5 Tiesuolauksen vaikutukset kuljetuskustannuksiin

Yrityksissä talvikunnossapidon laadun vaikutusta kuljetusaikoihin pidetään normaaliolosuhteissa melko vähäisenä. Toimitusten myöhästymiseen ovat useimmiten syynä tuotannolliset seikat. Tiesuolauksen merkitystä korostetaan yrityksissä ja kuljetusliikkeissä lähinnä hankalien keliolosuhteiden ja vaikeiden tieosuusien liukkaudentorjuntakeinona. Tiesuolauksen nopeusvaikutuksista esitetyt arviot vaihtelevat suuruusluokaltaan huomattavasti. Raskaan liikenteen nopeuksien on erittäin vaikeissa keliolosuhteissa ja mäkisessä maastossa todettu alenevan jopa yli 20 %. Kuopion piirin suolauksen vähentämiskokeilun ja Ruotsissa tehtyjen MINSALT-kokeilujen nopeustulokset eivät ole osoittaneet merkittävää nopeuden alenemista päätieverkolla. Äärimmäisten keliolosuhteiden osuus talven kokonaisliikennesuoritteesta on pieni, ja sen vaikutus kuljetuskustannuksiin vuositasolla on melko vähäinen. /45,28/

Tieliikenteen tavarankuljetusten kokonaiskustannusten on vuonna 1990 arvioitu olevan lähes 25 mrd.mk. Tiesuolauksen käytön väheneminen lisäsi esimerkkitarkasteluissa yritysten kuljetuskustannuksia 0,05 - 0,5 %. Jos kaikissa tavarankuljetuksissa myöhästymisten määrä lisääntyisi vastaavasti, aiheutuisi talvikunnossapitostrategian muutoksesta vuosittain laskennallisesti 10 - 120 milj.mk:n kuljetuskustannusten kasvu. Kitkatalvirenkaiden yleistymisen aiheuttaisi 0,1 - 0,3 % kuljetuskustannusten kasvun, mikä vastaa 25 - 75 milj.mk:n vuosittaista kasvua. Kuljetuskustannuksia laskettaessa on otettu huomioon ainoastaan ajokustannusten ja odotusajasta aiheutuvien aikakustannusten lisääntyminen. Jos tarkasteltaisiin myöhästymisten aiheuttamia vaikutuksia koko logistiselle ketjulle, olisivat vaikutukset huomattavasti suuremmat. Suolauksen vähentämisen vaikutukset koko maassa olisivat todennäköisesti arvioitua suuremmat, sillä Kuopion tiepiirissä suolan merkitys talvikunnossapidossa ei ole niin suuri kuin Etelä-Suomessa ja rannikolla. Näin ollen esitetyt arvot edustavat valtakunnallisella tasolla suolan käytön vähentämisen vähimmäisarvoja. /6/

Matka-ajan ja kuljetuskustannusten vähäisellä kasvulla on merkitystä käytännössä vasta logistiikan tason kehittyessä siten, ettei muualla logistisessa ketjussa ole enää joustovaraa. Nykyisin pienten myöhästymisten vaikutukset häviävät usein muiden tuotannollisten epätarkkuuksien joukkoon, eikä niiden taloudellisia vaikutuksia tavallisesti voida arvioida. Logistiikkakustannusten osuudeksi bruttokansantuotteesta on arvioitu noin 80 mrd.mk. Tiesuolauksen vähentäminen lisäisi esimerkkitarkastelujen mukaan logistiikkakustannuksia enimmilläänkin vain 0,2 %. Ongelmallisilla keleillä ja onnettomuustilanteissa kuljetuskustannukset saattavat hetkellisesti kasvaa merkittävästi, mutta vuositasolla niiden merkitys jää pieneksi. Huomattavia kustannuksia aiheutuu yksittäistapauksissa kuitenkin esimerkiksi tuotantokatkokseen johtavista toimitusten pysähtymisistä. /8/

## 7 PÄÄTELMÄ

Talvikeliolosuhteita on pidetty matka-aikaa pidentävänä ja liikenneturvallisuuksutta vähentävänä tekijänä. Keliolosuhteiden vaikutusmekanismia kuljetusaikoihin ei tarkalleen tunneta. Talvikeleillä ajoneuvojen nopeuksien on todettu jonkin verran alenevan ja nopeuksien hajonnan kasvavan kuivan tienpinnan olosuhteisiin verrattuna. Ajonopeuksien muutokset johtuvat useista keliin ja liikenteeseen liittyvistä tekijöistä ja väylän paikallisista ominaisuuksista. Tutkittaessa tiesuolauksen vaikutusta kuljetusaikoihin on ongelmallista erottaa eri kelitekijöiden vaikutus ajonopeuteen. Ajonopeuksiin vaikuttavia suolan käytöstä riippumattomia kelitekijöitä ovat liukkauden lisäksi lumi- ja räntäsade.

Talvikunnossapidon merkitys on erittäin suuri tien liikennöitävyyden ja toimitusvarmuuden kannalta. Talvikunnossapidon laatu on yritysten kuljetustoiminnan kannalta riittävä, jos saavutetaan haluttu nopeus-, varmuus- ja kustannustaso. Vaikka kuljetusaikatauluihin ei talviolosuhteita ajatellen tehdä muutoksia, on matka-aikojen pitenemiseen usein varauduttu hyväksymällä talvisin suurempi myöhästymisriski kuin kesäkeleillä. Talvikunnossapidon aiheuttamaa myöhästymisriskiä pidetään teollisuudessa lähes poikkeuksetta melko vähäisenä, ja sen arvioidaan muodostavan vain pienen osan toimitusten epävarmuudesta.

Kuljetusominaisuuskyselyn mukaan päätieverkon kuntoon ja palvelutasoon ollaan yrityksissä nykyisin lähes poikkeuksetta tyytyväisiä. Suhteellisten pitkienkään myöhästymisten ei arvioida aiheuttavan vakavia seurauksia toiminnassa. Vain 10 % yrityksistä ilmoitti alle tunnin myöhästymisten haittaavan toimintaa huomattavasti. Yli kolmen tunnin myöhästymisiä voisi yritysten mukaan sattua keskimäärin kerran viikossa, jolloin niistä ei vielä olisi merkittävää haittaa. Varastoinnin ja tuotannon järjestelyjen sallima joustovara kattaa lähes täysin pienet myöhästymiset. Myöhästymisten merkittävimpana syynä pidettiin tuotannon hidastumisesta tai keskeytymisestä aiheutuvaa toimintahäiriötä. Vasta toissijaisena syynä on kuljetustoiminnassa tapahtuva myöhästymisen.

Eri keliolosuhteiden osuutta liikennesuoritteesta ei ole selvitetty tarkasti. Liukkaan kelin osuuden päätieverkon kokonaisliikennesuoritteesta on arvioitu oleva 10 - 20 %. Tavaraliikenteen osalta osuus on jonkin verran suurempi. Keliolosuhteet vaihtelevat huomattavasti talvikausittain ja alueellisesti. Talvikunnossapitotoimenpiteiden tarve, laatuvaatimukset ja vaikutus kuljetusaikoihin vaihtelevat keliolosuhteiden mukaisesti. Poikkeuksellisen hankalissa keliolosuhteissa kuljetustoimintojen hetkellinenkin pysähtyminen voi aiheuttaa tuotantokatkoksia.

Ruotsalaisessa MINSALT-kokeilussa ja Saksassa tehdyissä taajaman suolaamattomuuskokeiluissa keskimääräisten ajonopeuksien todettiin alenevan tiesuolan käytön vähenemisen seurauksena suhteellisen vähän. Sen sijaan alhaisten nopeuksien määrä on suolauksen vähentämisen vaikutuksesta kasvanut. Kuopion tiepiirin alueella tehtyjen raskaan liikenteen nopeusmittausten tulokset olivat samansuuntaisia. Mediaaninopeustaso eli nopeustaso, jonka puolet raskaasta liikenteestä alittaa, on kokeilun tuloksena alentunut noin 1 % edelliseen talveen ja Keski-Suomen tiepiiriin verrattuna.  $v_5$ -nopeustaso eli nopeustaso, jonka 5 % liikennevirrasta alittaa, on alentunut enimmillään noin 5 %. Erittäin vaikeissa keliolosuhteissa  $v_5$ -nopeustaso on alentunut 6 - 10 %. Nopeustason keskimääräinen alenema on niin vähäistä, että se ei vaikuta kuljetusaikoihin merkittävästi kuljetustäsmällisyydelle erityisen herkkiä aloja lukuunottamatta. Kuljetustäsmällisyyttä vaativillakin aloilla kuljetusajat pitenevät merkittävästi vasta suhteellisen pitkillä kuljetusetäisyyksillä.

Tiesuolauksen vaikutuksesta ajonopeuksiin on kirjallisuudessa esitetty huomattavasti suurempia arvioita, jotka koskevat lähinnä korkeusvaihteluiltaan huomattavia tieosuusia ja tiesuolauksen käytön lopettamista kokonaan. Päätieverkolla ajonopeuksien aleneminen ei ole normaaleissa talviolosuhteissa merkittävää, sen sijaan nopeuksien hajonnan kasvu lisää kuljetusten myöhästymisriskiä jonkin verran. Kuopion tiepiirin nopeustulosten perusteella talvikeleistä johtuva myöhästymisriski kasvaa tiesuolauksen vähentämisen vaikutuksesta 5 - 10 %. Talvikeliön esiintyvyyden ja kyselytutkimuksen mukaan talvikeliön osuus koko myöhästymisriskistä on noin 10 %. Tiesuolauksen vähentäminen kasvattaisi tällöin myöhästymisriskiä 0,5 - 1 %. Nastarenkaiden määrän vähentymisen nopeusvaikutukset ovat samansuuntaisia, mutta oletettavasti jonkin verran pienempiä kuin tiesuolan käytön vähenemisen. Nastattomuus kasvattaisi tällöin kuljetusten myöhästymisriskiä 0,5 - 0,8 %.

Kuljetuskustannusten on laskennallisesti arvioitu vuosittain kasvavan 0,05 - 0,5 % tiesuolauksen määrän vähentämisen seurauksena. Tämä tarkoittaisi koko valtakunnan tasolla 10 - 120 milj.mk:n vuosittaista kuljetuskustannusten kasvua. Vastaavalla tavalla laskien nastarenkaiden osuuden väheneminen lisäisi kuljetuskustannuksia 0,1 - 0,3 %, mikä tarkoittaisi 25 - 75 milj.mk:n kustannusten kasvua. Arviot suolauksen vaikutuksesta kuljetuskustannuksiin perustuvat Kuopion tiepiirissä saatuihin nopeudenmuutostuloksiin. Arviot edustavat valtakunnallisesti vähimmäisarvoja, sillä suolauksen vähentämisen vaikutukset olisivat Etelä-Suomessa ja rannikkoalueilla suuremmat kuin Kuopion tiepiirissä, jossa suolauksen merkitys talvikunnossapidossa on pienempi.

Lasketut kustannuslisäykset ovat todellisia vain, jos kuljetuksissa ei ole lainkaan joustovaraa. Kuljetusajan pitenemisestä aiheutuu kuljetuskustannusten kasvun lisäksi kustannuksia muualla logistisessa ketjussa. Näiden kustannusten arvioinnissa tarvittaisiin nykyistä tarkempaa tietoa yrityksistä. Käytännössä pienistä myöhästymisistä ja matka-aikojen vähäisestä pitenemisestä ei aiheudu merkittäviä seurauksia, sillä pienet häiriöt kuljetuksissa häviävät yleensä tuotannollisten epätarkkuuksien joukkoon. Logistisen ketjun tehokkuuden kasvaessa myös talvikunnossapitoon liittyvien tekijöiden merkitys kasvaa.

## 8 KIRJALLISUUSLUETTELO

- 1 Advanced logistics and road freight transport. OECD Road Transport Research. Paris 1992.
- 2 von BAGH, Antero & LUNDELL, Kari. Logististen olosuhteiden välilliset vaikutukset. LTKK, Tuotantotalouden laitos. Report 1/87. Lappeenranta 1987.
- 3 CRAELIUS, Kari. Friktion och säkerhet. Via Nordica Dokument. Nordiska Vägtekniska Förbundets XVI kongress, Tammerfors, Finland 9.-11.6.1992. s. 74-81.
- 4 Curtailing use of de-icing agents in winter maintenance. OECD Road Transport Research. Paris 1989.
- 5 DURTH, Walter, GIESA, Siegfried & HANKE, Horst. Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit im "Weitzen Netz". Strasse und Autobahn, (Vol. 36), No. 2, Februar 1985. s. 68-75.
- 6 Elinkeinoelämä ja kansantalous. Valtatieverkon kehittämissuunnitelma 2010, vaikutus selvitys 2. Tiehallitus. Helsinki 1991.
- 7 GABESTAD, Knut O., AMUNDSEN, Finn H. & SKARRA, Nils. Trafikantatferd på vinterføre. Transportøkonomiske Institut. Oslo 1988.
- 8 HAAPANEN, Mikko & VALTA, Erkki. Logistiikka. Ekodata Oy. Espoo 1990.
- 9 HAMMARSTRÖM, Ulf & KARLSSON, Bo. VETO - ett datorprogram för beräkning av transportkostnader som funktion av vägstandard. Statens väg- och trafikinstitut. VTI Meddelande 501. Linköping 1987.
- 10 HANKE, Horst & LEVIN, Christoph. Eingeschränkte Salzstreuung auf Landstrassen - Auswirkungen auf Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit. Strasse und Autobahn, (Vol. 38), No. 10, Oktober 1988. s. 392-402.
- 11 HANSSON, Lars. Näringslivseffekter av vägätgärder. Vägverket. Borlänge 1988.
- 12 HEINIJOKI, Heikki, KOIVUNIEMI, Mirja & EHROLA, Esko. Talvikeliens esiintyminen ja vaikutukset ajettavuuteen ja ajokäyttäytymiseen. Oulun yliopiston tie- ja liikennetekniikan laboratorion julkaisuja 6. Oulu 1990.
- 13 HOFFMAN, Günter, DAMES, Jürgen & BERGMANN, Jürgen. Einfluss eines streusalzlosen Strassenwinterdienstes in Städten auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf. Teil I: Zum Kraftschlussangebot auf winterlichen Fahrbahnen bei Verwendung mineralischer Streustoffe. Strasse und Autobahn, (Vol. 36), No. 4, April 1985. s. 139-146.

- 14 HOFFMAN, Günter & GAST, Jürgen. Einfluss eines streusalzlosen Strassenwinterdienstes in Städten auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf. Teil II: Zum Fahrverhalten auf winterlichen städtischen Hauptverkehrsstassen. Strasse und Autobahn, (Vol. 36), No. 5, Mai 1985. s. 205-210.
- 15 HOFFMAN, Günter & ZMECK, Dieter. Einfluss eines streusalzlosen Strassenwinterdienstes in Städten auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf. Teil III: Erfahrungen aus dem Berliner Versuch in den Wintern 1980/81 und 1981/82. Strasse und Autobahn, (Vol. 36), No. 6, Juni 1985. s. 242-251.
- 16 KAARTAMA, Maire, KALLBERG, Harri & TUORI, T. The evaluation of logistic cost savings in connection with road investments. Just-in-Time Transport: New Road Freight Transport Strategies and Management: Adapting to the New Requirements of Transport Services, Part II. A Seminar arranged by OECD and VTI, June 22-24, 1987. s. 70-86.
- 17 Kuljettamisesta logistiikkaan. Teollisuuden keskusliitto. Keskustelu-muistio 21. ISBN-951-9148-44-2. 1992.
- 18 Kymen pääteiden kehittäminen. Kooste tutkimusaineistosta. TVL/Kymen piiri, Kymen lääninhallitus, TVH/tiensuunnittelu. 1989.
- 19 LEVIK, Kjell. Piggdekk og vintervedlikeholdstrategi. Via Nordica Dokument. Nordiska Vägtekniska Förbundets XVI kongress, Tammerfors, Finland 9.-11.6.1992. s. 55-68.
- 20 Liikenne ja ympäristö. Tilastokeskus, ympäristö 1992:2. Helsinki 1992.
- 21 Liikennetilastollinen vuosikirja 1991. Tilastokeskus, liikenne 1991:31. Helsinki 1991.
- 22 Liikenneverkon logistiset vaikutukset. Esitutkimus. Liikenne-ministeriön julkaisuja 38/92. Helsinki 1992.
- 23 Liikenteessä kuluvan ajan arvo. Liikenneministeriö julkaisuja 2/90. Helsinki 1990.
- 24 LINDSTRÖM, Johnny. Vägstandard och näringslivets lönsamhet. Västsvenska Handelskammaren. Göteborg 1984.
- 25 Logistiikkaselvitys. Karelia Logistics Oy. Lappeenranta 1992.
- 26 MÄNTYNEN, Jorma. Liikenteen taloudellinen arvottaminen. Lisen-siaatintyö. TTKK, tie- ja liikennetekniikan laitos. Tampere 1988.
- 27 MÖLLER, Staffan. Beräkning av olyckskvot vid olika väglag vintertid med hjälp av schabloner. Statens väg- och trafikinstitut. VTI Meddelande 584. Linköping 1988.

- 28 MÖLLER, Staffan. MINSALT - Reducering av saltvägnätet i Kopparbergs län. Statens väg- och trafikinstitut. VTI Meddelande 638. Linköping 1991.
- 29 MÖLLER, Staffan, WALLMAN, Carl-Gustav & GREGESSEN, Nils Petter. Vinterväghållning i tätort - trafiksäkerhet och framkomlighet. Huvudrapport. TFB & VTI forskning/research 2 / 1991. Transportforskningsberedningen. Statens väg- och trafikinstitut. Linköping, 1992.
- 30 NEMOTO, Toshinori & YOSHIMOTO, Ryuchi. The effects of road development in just-in-time production. Just-in-Time Transport: New Road Freight Transport Strategies and Management: Adapting to the New Requirements of Transport Services, Part II. A Seminar arranged by OECD and VTI, June 22-24, 1987. s. 1-12.
- 31 PASI, Simo & PERMALA, Antti. Logistiikan teorioita ja tekniikoita. VTT, Tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratorio. Tutkimusraportti 18. 1991.
- 32 Piggdekk och vintervedlikeholdsstrategi. Nordisk Vegteknisk Förbund. Utvalg 41. Drift och vedlikehold av veger og gater. Rapport nr 6 1992.
- 33 RÜCKERTZ, Jesper & FORSSTRÖM, Robert. Marknadsanalys. Rapport nr 1. Trafikanternas värderingar av vägyttestandard. Vägverket. Sektionen för ekonomisk planering & uppföljning (Ep). 27.11.1991.
- 34 SALMINEN, Hanna-Kaisa. Liikenneverkon merkitys logistiikassa. TTKK, Tie- ja liikennetekniikan laitos. Diplomityö. Tampere 1993.
- 35 Teiden talvihoito II. Menetelmäohjeet. Tiehallitus, kunnossapidon ohjaus. Helsinki 1992.
- 36 TENOLD, Ingar. Piggdekk-, miljø- og sikkerhetseffekter. Via Nordica Dokument. Nordiska Vägtekniska Förbundets XVI kongress, Tammerfors, Finland 9.-11.6.1992. s. 86-95.
- 37 Teollisuuden tieinvestointitutkimus. Lyhennelmä. Teollisuuden Keskusliitto, Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto, Neste Oy. Maaliskuu 1986.
- 38 Tieliikenneonnettomuudet 1990. Tilastokeskus. Liikenne 1991:26. Helsinki 1991.
- 39 Trafikarbete på olika väglag vintern 1991/92 samt något om de trafikanteffekter som erhållits. Vägverket. VV-Publ 1992:16. Borlänge 1992.
- 40 TURNER, Richard. Freight Operators' Requirements for Infra-Structure Plans. Proceedings of Seminar G held at the PTRC Transport and Planning Summer Annual Meeting at September 7 - 11, 1987, University of Bath, England. s. 1-10.



- 
- 41 Vinterväghållning i Norden. Nordiska Vägtekniska Förbundet. Utskott 41 Drift och underhåll av vägar och gator. Rapport nr 2:1986.
- 42 WANDEL, Sten & HELLBERG, Roland. Transport Consequences of New Logistic Technologies. International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg, Austria 1987.
- 43 Yleisten teiden kunnossapitotilasto 1990. Tielaitoksen tilastoja 1/1991. Tiehallitus. Helsinki 1991.
- 44 ÖBERG, Gudrun, BÄCKMAN, Lars, GREGERSEN, Nils Petter, NILSSON, Göran, JUTENGREN, Kurt, HEDLUND, Staffan & RENDAHL, Bo. MINSALT - Försök med osaltade vägar och gator på Gotland. Statens väg- och trafikinstitut. VTI Meddelande 637. Linköping 1991.
- 45 ÖBERG, Gudrun, ARNBERG, Peter W., CARLSSON, Gunnar, HELMERS, Gabriel, JUTENGREN, Kurt & LAND, Per-Gunnar. Experiments with unsalted roads - Final report. Swedish Road and Traffic Research Institute VTI. VTI Rapport 282A. Linköping 1985.
- 46 ÖBERG, Gudrun & GREGERSEN, Nils Petter. MINSALT - Försök med osaltad väg i Västerbottens län. Statens väg- och trafikinstitut. VTI Meddelande 636. Linköping 1991.

Esimerkkitarkastelujen suunnittelussa ja lähtötietojen keräämisessä on haastateltu seuraavia henkilöitä:

aluepäällikkö Pekka Jokela, Helsingin Sanomat, Varkaus

materiaalipäällikkö Pertti Järvelin, Kainuun Osuusmeijeri, Sotkamo

tekn.yo Heli Pelkonen, TTKK

## 9 LIITTEET

1. Yrityksille suunnattu kuljetusominaisuuskysely
2. Kuljetusliikkeille ja -terminaaleihin suunnattu kuljetusominaisuuskysely

## YRITYKSILLE SUUNNATTU KULJETUSOMINAISUUSKYSELY

### Autokuljetukset

#### Yrityksen kuljetustoimintaa koskevat kysymykset

1. Yrityksen nimi ja sijainti

\_\_\_\_\_

Kyselyyn vastaajan nimi ja tehtävä yrityksessä

\_\_\_\_\_

2. Lyhyt kuvaus yrityksen toimialasta, vuosittaisesta tuotanto- tai myyntivolyymistä ja markkina-alueesta

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Mitä raaka-aine- tai tuotekuljetuksia yrityksenne toimintaan sisältyy?

raaka-aine tai tuote	kuljetustiheys toimitusvolyymi esim. t/vrk	omalla kalustolla	vieraalla kalustolla	kalustotyyppi pakettiauto PA kuorma-auto, - ilman perävaunua KAIP - puoliperävaunu KAPP - täysperävaunu KATP
_____	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
_____	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
_____	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
_____	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Kysymykset 4 - 5 liittyvät merkittävimpään kuljetettavaan tavaralajiinne, joka on \_\_\_\_\_

4. Liittyykö tavaratoimituksiin seuraavia kuljetusketjuja?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> auto - juna        | <input type="checkbox"/> auto - vesitie - auto    |
| <input type="checkbox"/> juna - auto        | <input type="checkbox"/> juna - vesitie           |
| <input type="checkbox"/> auto - juna - auto | <input type="checkbox"/> vesitie - juna           |
| <input type="checkbox"/> auto - vesitie     | <input type="checkbox"/> vesitie - juna - vesitie |
| <input type="checkbox"/> vesitie - auto     | <input type="checkbox"/> muu, mikä? _____         |

5. Miten kuljetusmatkat suunnilleen jakautuvat pituudeltaan ?

alle 50 km \_\_\_\_\_ %

50 - 99 km \_\_\_\_\_ %

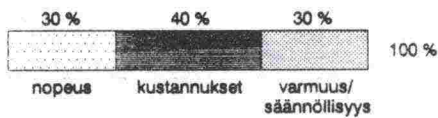
100 - 199 km \_\_\_\_\_ %

200 - 400 km \_\_\_\_\_ %

yli 400 km \_\_\_\_\_ %

#### Kuljetusten täsmällisyyttä koskevat kysymykset

6. Kuinka tärkeitä seuraavat ominaisuudet ovat yrityksenne kuljetuksille? Arvioi tärkeys siten, että ominaisuuksien painoarvojen summaksi tulee 100 %, esim. nopeus 30 %, kustannukset 40 % ja kuljetusvarmuus 30 %:



- |    |   | painoarvo    |
|----|---|--------------|
| a) | nopeus  | _____ %      |
| b) | kustannukset (edullisuus)   | _____ %      |
| c) | kuljetusvarmuus/säännöllisyys<br>(oikeaan aikaan ja ehjänä perille) | _____ %      |
| d) | jokin muu, mikä? _____  | _____ %      |
|    | <b>yhteensä</b>   | <b>100 %</b> |

7. Kuinka suuri kuljetusten myöhästyminen aiheuttaa huomattavia seurauksia tuotannossa tai muussa tavaran jälkikäsittelyssä?

- alle 1 tunti
- 1 - 3 tuntia
- 3 - 12 tuntia
- 12 - 24 tuntia
- 1 - 2 vrk
- 2 - 7 vrk
- yli viikko
- jokin muu aika, mikä? \_\_\_\_\_

8. Kuinka usein pieniä (alle 1 h) myöhästymisiä voisi sattua, ettei niistä vielä olisi haittaa yrityksenne toiminnalle?

- monta kertaa vuorokaudessa
- kerran vuorokaudessa
- kerran viikossa
- kerran kuukaudessa
- 1 - 2 kertaa vuodessa
- jokin muu taajuus, mikä? \_\_\_\_\_

9. Kuinka usein suuret (yli 3 h) myöhästymiset voisivat toistua siten, etteivät ne vielä haittaisi toimintaa?

- monta kertaa vuorokaudessa
- kerran vuorokaudessa
- kerran viikossa
- kerran kuukaudessa
- 1 - 2 kertaa vuodessa
- jokin muu taajuus, mikä? \_\_\_\_\_

10. Kuinka usein tavaratoimitukset ja muut yrityksen toimintaan liittyvät kuljetukset arvionne mukaan myöhästyvät nykyisin eri vuodenaikoina?

	kesäkeleillä	talvikeleillä
monta kertaa vuorokaudessa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kerran vuorokaudessa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kerran viikossa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kerran kuukaudessa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11. Onko talvikelien mahdollisesti aiheuttama kuljetusten myöhästymisen otettu huomioon kuljetusaikataulujen laadinnassa?

- kuljetusaikoihin ei ole lisätty kelivaraa
- keliolosuhteet otetaan huomioon tapauskohtaisesti
- talvisin on varauduttu matka-ajan pitenemiseen jättämällä kuljetusaikaan kelivaraa \_\_\_\_\_ min / h / %

12. Mikä on mielestänne merkittävin syy toimittamanne tuotteen myöhästymiselle?

- raaka-ainekuljetusten myöhästymisen
- oman tuotannon keskeytyminen tai hidastuminen
- tuotekuljetusten myöhästymisen
- muu syy, mikä? \_\_\_\_\_

13. Kuinka suuri merkitys tiestön kunnolla talvisaikaan on mielestänne kuljetusten täsmällisyyteen ja kuljetusaikaan ?

- ei merkitystä
- vähäinen merkitys
- poikkeuksellisen vaikeissa keliolosuhteissa huomattava merkitys
- huomattava merkitys usein talvisaikaan
- suuri merkitys aina talviaikoina

14. Onko teillä jotakin muuta sanottavaa talvikunnossapidon laadusta ja sen merkityksestä kuljetusaikoihin kuljetuspalvelujen käyttäjän näkökulmasta?

---

---

---

(jatka tarvittaessa kääntöpuolelle)

## KULJETUSLIIKKEILLE JA -TERMINAALIHIN SUUNNATTU KULJETUSOMINAISUUSKYSELY

### Autokuljetukset

#### Kuljetusliikkeet

1. Yrityksen nimi ja sijainti

\_\_\_\_\_

Vastaajan nimi ja tehtävä yrityksessä

\_\_\_\_\_

2. Kaluston määrä, erikoistuminen, toiminta-alue

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Mitä raaka-aineita tai tuotteita pääasiassa kuljettatte?

raaka-aine tai tuote	kuljetustiheys toimitusvolyymi esim. t/vrk	kalustotyyppi pakettiauto PA, kuorma-auto: - ilman perävaunua KAIP - puoliperävaunu KAPP - täysperävaunu KATP
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

4. Miten kuljetusmatkat suunnilleen jakautuvat pituudeltaan?

alle 50 km \_\_\_\_\_ %

50 - 99 km \_\_\_\_\_ %

100 - 199 km \_\_\_\_\_ %

200 - 400 km \_\_\_\_\_ %

yli 400 km \_\_\_\_\_ %

## 5. Kuinka usein arvioitte eripituisia myöhästyksiä tapahtuvan kesäaikaan?

	monta kertaa päivässä	kerran päivässä	kerran viikossa	kerran kuukaudessa	1-2 kertaa vuodessa
alle 1 tunti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 - 3 tuntia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 - 6 tuntia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 - 24 tuntia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 - 2 vrk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
muu taajuus, mikä? _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 6. Kuinka usein arvioitte eripituisia myöhästyksiä tapahtuvan talviaikaan?

	monta kertaa päivässä	kerran päivässä	kerran viikossa	kerran kuukaudessa	1-2 kertaa vuodessa
alle 1 tunti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 - 3 tuntia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 - 6 tuntia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 - 24 tuntia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 - 2 vrk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
muu taajuus, mikä? _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 7. Mikä on mielestänne merkittävin syy tavarankuljetusten myöhästymiselle?

- tuotannossa tapahtuneet myöhästymiset
- liikenneuhkien aiheuttama kuljetusajan piteneminen
- keliolosuhteiden aiheuttama kuljetusajan kasvu
- tien kunnosta aiheutuva pidentynyt matka-aika
- muu syy, mikä? \_\_\_\_\_

## 8. Kuinka suuri merkitys pääteiden ja paikallisteiden kunnolla talviaikaan on mielestänne kuljetusten täsmällisyyteen ja kuljetusaikaan?

	päätiet	paikallistiet
ei merkitystä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
vähäinen merkitys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
poikkeuksellisen vaikeissa keliolosuhteissa huomattava merkitys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
huomattava merkitys usein talvisaikaan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
suuri merkitys aina talviaikoina	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 9. Kuinka paljon tien paljaana pitäminen (suolaus) mielestänne vaikuttaa kuljetusaikoihin?

- ei merkitystä
- vähäinen merkitys
- poikkeuksellisen vaikeissa keliolosuhteissa huomattava merkitys
- huomattava merkitys usein talvisaikaan
- suuri merkitys aina talviaikoina

10. Onko talvikeliä mahdollisesti aiheuttama kuljetusten myöhästyminen otettu huomioon kuljetusaikataulujen laadinnassa?

- kuljetusaikoihin ei ole lisätty kelivaraa
- keliolosuhteet otetaan huomioon tapauskohtaisesti
- talvisin on varauduttu matka-ajan pitenemiseen jättämällä kuljetusaikaan kelivaraa \_\_\_\_\_ min / h / %

11. Mitkä kuljettamanne tavaralajit ovat näkemyksenne mukaan herkimpiä kuljetusten myöhästymiselle? (numerointi tärkeysjärjestyksessä 1:stä 5:een)

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> sora, hiekka ja muut maa-ainekset | <input type="checkbox"/> metalliteollisuustuotteet        |
| <input type="checkbox"/> puuraaka-aineet                   | <input type="checkbox"/> tekstiiliteollisuustuotteet      |
| <input type="checkbox"/> metsäteollisuustuotteet           | <input type="checkbox"/> muovi- ja kumiteollisuustuotteet |
| <input type="checkbox"/> maataloustuotteet                 | <input type="checkbox"/> jätteet                          |
| <input type="checkbox"/> elintarviketeollisuustuotteet     | <input type="checkbox"/> sekalainen kappaletavara         |
| <input type="checkbox"/> polttoaineet                      | <input type="checkbox"/> eläimet                          |
| <input type="checkbox"/> rakennusaineet ja -tuotteet       | <input type="checkbox"/> muu tavaralaji, mikä? _____      |
| <input type="checkbox"/> kemian teollisuuden tuotteet      |   |
| <input type="checkbox"/> kaupan kuljetukset                |   |

12. Onko teillä jotakin muuta sanottavaa talvikunnossapidon laadusta ja sen merkityksestä kuljetusaikoihin kuljetusliikkeen näkökulmasta?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 15/1993 Masuunikuonan käyttö sitomattomissa päällysrakennekerroksissa. TIEL 3200142
- 16/1993 Betonipäällysteen seuranta; Vt 4 Kempele-Kiviniemi, seurantaraportti nro 1. TIEL 3200143
- 17/1993 Asfalttipäällysteiden suunnitteluperusteiden vertailu nastattoman ja nastallisen liikenteen välillä, kirjallisuustutkimus. TIEL 3200144
- 18/1993 Tiehankkeiden liikennetaloudellisen kannattavuuden toteutuminen.
- 19/1993 Teiden kuntoa ja palvelutasoa koskeva seurantatutkimus; Mittaukset ja havainnot. TIEL 3200145
- 20/1993 Moreeni ja sen käyttö. TIEL 3200146
- 21/1993 Geotekniikan informaatiojulkaisuja: Pengerpaalutus. TIEL 3200147
- 22/1993 Liikenneväylän vaikutukset lähiympäristön yhdyskuntarakenteeseen; Väestö-, työpaikka- ja elinkeinorakenteen muutokset vt 3 Helsinki - Tampere -tien vaikutusalueella. TIEL 3200148
- 23/1993 Geotekniikan informaatiojulkaisuja: Pohjanvahvistusmenetelmän valinta. TIEL 3200149
- 24/1993 Geotekniikan informaatiojulkaisuja: Tiegeotekniikan yleiset suunnittelu- perusteet. TIEL 3200150
- 25/1993 Teknologien siirto, T<sup>2</sup> - keskuksen perustaminen. TIEL 3200151
- 26/1993 Pohjaveden suojausrakenteiden laadunvalvonta; Tutkimuksia ja suosituksia. TIEL 3200152
- 27/1993 Valaisinpylväiden perustaminen; Ympäristäytön laadun ja tiivistämistä- tavan vaikutus pilariperustuksen siirtymiin. TIEL 3200153
- 28/1993 Nastallisen ja nastattoman liikenteen päällysteet, yhteenveto. TIEL 3200154
- 29/1993 Tieinvestointien toteutustapa viidessä Euroopan maassa. TIEL 3200155
- 30/1993 Pasilan virastokeskuksen työmatka- ja työliikennetutkimus. TIEL 3200156
- 31/1993 Savo-Karjalan tiepiirin murskaustoiminnan kehittäminen.
- 32/1993 Tiemerkintöjen näkyvyys; Paluuheijastavuustutkimus Lapin tiepiirissä. TIEL 3200157
- 33/1993 Tiesuolan pohjavesivaikutusten mallintaminen Joutsenonkankaalla. TIEL 3200158
- 34/1993 Kalliomurskeiden tiivistyminen ja hienoneminen, esitutkimus. TIEL 3200159
- 35/1993 Strategic Highway Research Program (SHRP) - Longterm Pavement Performance (LTPP); Koeteillä tehdyt mittaukset vuonna 1992 ja tie- rakenteen vaurioitumiseen vaikuttavat tekijät. TIEL 3200160
- 36/1993 Palaturpeen käyttö lämpöeristeenä, raportti koerakenteiden rakentamisesta TIEL 3200161