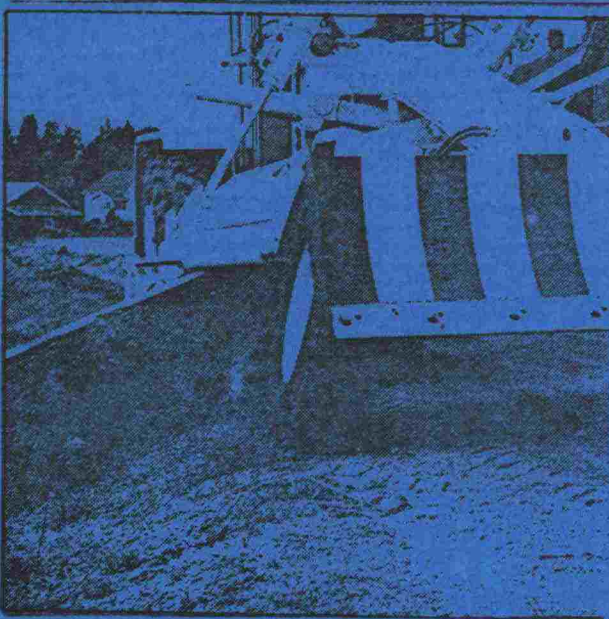
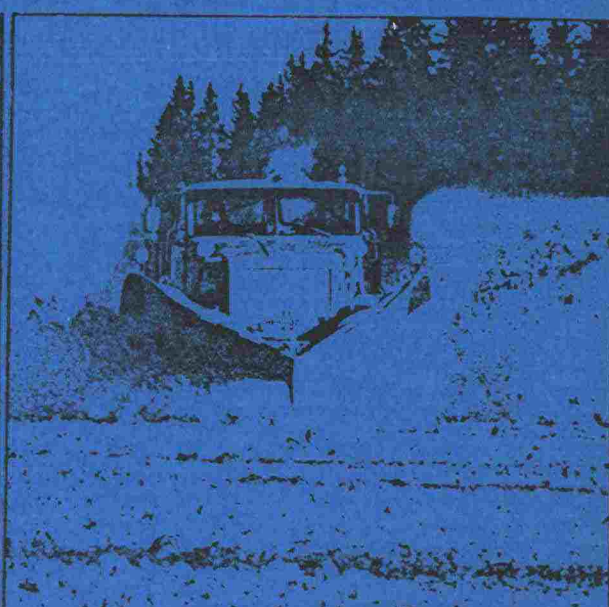
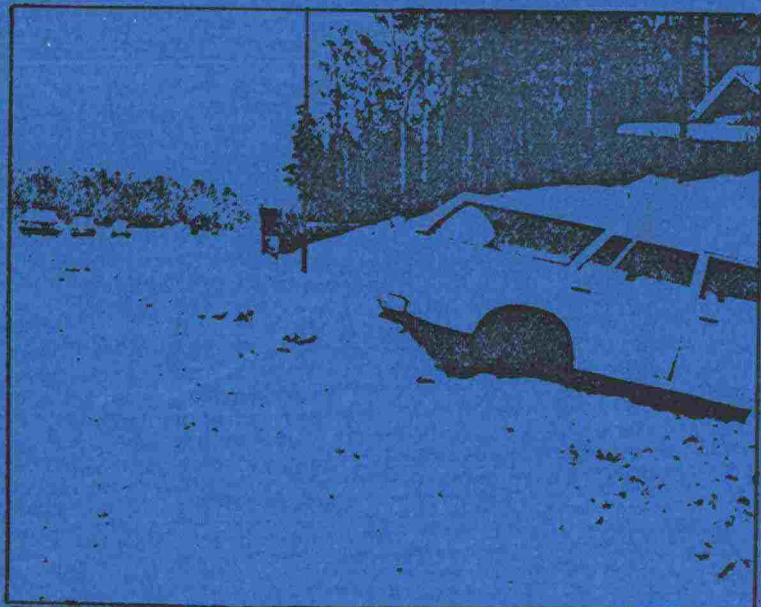


Vk



LIIKENNETURVALLISUUDEN JA KUNNOSSA- PIDON ESITUTKIMUS

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
KÄYTTÖOSASTO
VIATEK OY

TVH 742001

HELSINKI 1978

08
TIE



78 627

LIIKENNETURVALLISUUDEN JA KUNNOSSAPIDON ESITUTKIMUS

Tie- ja vesirakennushallitus
Käyttöosasto
Viatek Oy

ISBN-951-46-3490-X

Helsinki 1978

ALKUSANAT

Jäljempänä on selostettu tutkimusta, jonka Viatek Oy on tehnyt TVH:n liikennetoimiston toimeksiannosta. Tutkimusta on valvonut työryhmä, jonka puheenjohtajana on toiminut dipl. ins. Teuvo Puttonen TVH:n käyttöosaston liikennetoimistosta, jäsenenä dipl.ins. Jorma Hintikka TVH:n käyttöosaston kunnossapitoimistosta ja dipl.ins. Alpo Matilainen TVH:n käyttöosaston liikennetoimistosta sekä sihteereinä ins. Tapani Kokko ja dipl.ins. Markku Leppävuori Viatek Oy:stä.

SISÄLLYSLUETTELO

Alkusanat

Tiivistelmä

	Sivu
1	
JOHDANTO	1
2	
ONNETTOMUUS- JA KUNNOSSAPITOKUSTANNUKSET VALTA- JA KANTATEILLÄ	2
2.1	Onnettomuuskustannukset
2.2	Poikkeuksellisen onnettomuusalttiit tieosuudet
2.3	Kunnossapitokustannukset
2.4	Onnettomuus- ja kunnossapitokustannusten jakautuminen tieverkolla
3	
LIIKENNETURVALLISUUDEN JA KUNNOSSAPIDON VÄLISTÄ RIIPPUVUUTTA KÄSITTELEVÄT AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET	7
3.1	Yleistä
3.2	Aineiston hankinta
3.3	Kirjallisuudesta saadut tiedot eri kunnossapito- toimenpiteiden vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen
3.3.1	Soratien kunnossapito
3.3.2	Päällysteiden kunnossapito
3.3.3	Liikenteen ohjaustoimenpiteet
3.3.4	Niitto ja vesakontorjunta
3.3.5	Talvikunnossapito
3.3.6	Kantavuuden ja geometrian parantaminen
3.3.7	Jk- ja pp-teiden kunnossapito
3.3.8	Muut kunnossapitotoimialaan kuuluvat työt
3.3.9	Kunnossapitotöiden vaikutus liikenne- turvallisuuteen
3.4	Ehdotuksia liikenneturvallisuuden ja kunnossapidon välisen riippuvuuden tutkimiseksi tulevaisuudessa
3.4.1	Soratien laatutason vaikutus turvalli- suuteen
3.4.2	Ajoratamerkinnät
3.4.3	Niitto ja vesakontorjunta
3.4.4	Talvikunnossapito
3.4.5	Jk- ja pp-teiden kunnossapito
3.4.6	Kunnossapitotöiden vaikutus turvalli- suuteen

4	KOKEMUSPERÄINEN TIETO TEIDEN KUNNOSSAPIDON VAIKUTUKSESTA LIIKENNETURVALLISUUTEEN	30
4.1	Tiedon keruu	
4.2	Tiedon käsittely	
4.3	Tulokset	
4.4	Johtopäätöksiä	
5	LIIKENNEONNETTOMUUSTILASTOJEN JA KUNNOSSA- PITOTÖIDEN VERTAILU TIEMESTARIPIIREITTÄIN	36
5.1	Tietojen hankinta	
5.2	Tietojen käsittely	
5.3	Regressiomallien tarkastelu	
5.4	Korrelaatiokertoimien tarkastelu	
5.5	Karttaesitykseen perustuva alueellinen vertailu	
6	SÄÄTILAN VAIKUTUS LIIKENNEONNETTOMUUKSIEN MÄÄRIIN TVL:N UUDENMAAN PIIRIN ALUEELLA	40
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	44
7.1	Kirjallisuustutkimus	
7.2	Onnettomuus- ja kunnossapitotilastojen vertailu	
7.3	Kokemusperäinen tieto	
7.4	Säätilan vaikutus onnettomuuksiin	
7.5	Johtopäätöksiä kunnossapitoresurssien suun- taamisesta	
7.6	Ajatuksia jatkotutkimusten suuntaamisesta	

LIITELUETTELO

- 1 Kokemukseen perustuva arvio teiden kunnossapidon vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen, kyselylomakkeet
- 2 Onnettomuusasteen ja kunnossapitosuoritteiden välinen riippuvuus, regressiomallit
- 3 Liitteen 2 regressiomallien selitettävän ja selittävien muuttujien väliset korrelaatiokertoimet
- 4 Talviajan (lokakuu-huhtikuu) onnettomuusasteen (onn./100 milj. ajon.km) tiemestariipiirikohtainen vaihtelu kestopäällysteisillä maanteilla vuosien 1974-76 keskiarvona
- 5 Lumisadepäivää kohti laskettujen auras kertojen tiemestariipiirikohtainen vaihtelu kestopäällysteisillä maanteilla vuosien 1974-76 keskiarvona
- 6 Lumisadepäivää kohti lasketun suolamäärän (kg/tie-km) tiemestariipiirikohtainen vaihtelu kestopäällysteisillä maanteilla vuosien 1974-76 keskiarvona

Jäljempänä olevassa selostuksessa on tarkasteltu kunnossapidon vaikutusta liikenneturvallisuuteen. Tehtyjen osaselvitysten perusteella on laadittu yhteenveto siitä, mitkä kunnossapitotoimenpiteet eniten vaikuttavat liikenneturvallisuuteen ja minkätyyppisiin onnettomuuksiin kunnossapidon avulla lähinnä voidaan vaikuttaa. Selvityksen avulla on pyritty kokoamaan eri tavoin tietoja kunnossapidon ja liikenneturvallisuuden välisestä riippuvuudesta. Lisäksi on osoitettu kunnossapidon osa-alueita, joiden vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen ei ole riittävästi tietoa, mutta jotka saattaisivat olla merkityksellisiä harkittaessa liikenneturvallisuuden parantamista teiden kunnossapitoa kehittämillä ja siten vaativat tarkempaa tutkimista.

Kirjallisuustutkimuksen avulla on selvitetty nykyisin saatavissa oleva tietous liikenneturvallisuuden ja teiden kunnossapidon välisestä riippuvuudesta. Liikenneturvallisuuden ja teiden kunnossapidon keskinäistä riippuvuutta selvittäviä tutkimuksia ei juuri ole, joten kirjallisuustutkimus on keskittynyt turvallisuuden ja tieolosuhteiden välistä riippuvuutta tutkiviin selvityksiin. Kirjallisuusselvityksen perusteella liikenneturvallisuuden kannalta tärkeimmät kunnossapitotoimenpiteet ovat auraus, liukkauden torjunta, päällysteiden kunnossapito sekä ajoratamerkintöjen ja liikennemerkkien kunnossapito.

Kokemusperäistä tietoa teiden kunnossapidon vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen koottiin järjestämällä kysely TVH:n kunnossapitotoimiston ja liikennetoimiston sekä piirihallinnon ao. toimialojen henkilökunnan keskuudessa. Kyselyn tulos poikkeaa eräiltä osin kirjallisuudesta saaduista tutkimustuloksista.

Tilastollisin menetelmin pyrittiin selvittämään liikenneturvallisuuden ja teiden kunnossapidon välistä riippuvuutta. Lähtötietona käytettiin onnettomuustilastoja, tierekisteristä saatavia liikenne- ja tiestötietoja sekä kunnossapitotietoja. Näiden tilastojen perusteella muodostettiin regressiomalleja, jotka selittävät onnettomuusastetta erilaisissa olosuhteissa kunnossapitotekijöiden avulla. Lisäksi laskettiin onnettomuusasteen ja eri kunnossapitotekijöiden välisiä korrelaatiokertoimia. Saatujen regressiomallien selitysaste jäi niin alhaiseksi, että niiden avulla ei voi tehdä täsmällisiä laskelmia kunnossapidon vaikutuksesta onnettomuuksiin. Mallien mukaan parhaiten onnettomuusastetta alentava tekijä on kestopäällystetyillä teillä auraaminen ja muilla teillä hiekoittaminen. Tämä koskee kunnossapitoaluetta A. Kaikilla kunnossapitoalueilla kestopäällysteen ja öljysoran paikkaus osoittautui eniten onnettomuusastetta alentavaksi kesä-kunnossapitotoimenpiteeksi. Liikennemerkkien ja ajoratamerkintöjen kunnossapito alentaa onnettomuusastetta; korrelaatiokerroin poikkeaa nolasta melkein merkitsevästi. Höyläyksen, aurauksen, päällysteiden paikkauksen, pölyn sidonnan ja kunnossapitokustannusten tiemestaripiirikohtaisen summan korrelaatiokertoimet ovat negatiiviset (toimenpiteen lisääminen alentaa onnettomuusastetta), mutta eivät poikkeaa nolasta merkitsevästi. Vertaamalla tiemestaripiirikohtaisen onnettomuusasteen vaihtelua maan eri osissa on havaittu, että lähekkäin olevien tiemestaripiirien onnettomuusasteet saattavat poiketa huomattavastikin toisistaan. Selitys tähän saattaa löytyä kunnossapidon tasossa tai töiden ajoituksessa olevista eroista.

Jotta saataisiin tietoja säätilan ja onnettomuusmäärien välisestä yhteydestä, verrattiin Uudenmaan piirin tieverkolla v. 1975-76 sattuneiden onnettomuuksien lukumäärää päivittäin säätietoihin. Pahimmat onnettomuuspäivät (onnettomuuksien lukumäärä on vähintään päivittäisten onnettomuuksien lukumäärän keskiarvo + kaksi kertaa hajonta) olivat kaikki loka-maaliskuun välisenä aikana. Kaikki nämä päivät liittyivät selvästi jääkeliin ja usein myös lumi- ja räntäsateeseen. Tammi-maaliskuun välisenä aikana pahimmat onnettomuuspäivät liittyivät yleensä pahimpiin lumisadepäiviin. Näinä päivinä onnettomuusmäärät olivat kaksinkertaiset verrattuina koko vuoden keskiarvoon.

Selvityksen perusteella on koottu ajatuksia kunnossapitoon ja liikenneturvallisuuteen liittyvien jatkotutkimusten suuntaamisesta. Keskeisimpiä näistä ovat poikkeuksellisen vaarallisia tiejaksoja varten tehtävät tiekohtaiset turvallisuussuunnitelmat sekä avaruuden turvallisuusvaikutuksen jatkotutkimukset.

1 JOHDANTO

Tie- ja vesirakennuslaitoksen keskeinen tehtävä on pitää kunnossa yleisiä teitä. Tielain mukaan tiet on pidettävä liikennettä tyydyttävässä kunnossa, mutta laki ei määrittele vaadittavan kunnossapidon tasoa tämän tarkemmin. Eräs teiden kunnossapitoa määrittävä kriteeri on liikenneturvallisuus.

Tieliikenteen turvallisuuden katsotaan riippuvan merkittävästi tieolosuhteista. Tienpitäjä voi vaikuttaa tieolosuhteisiin uusien teiden rakentamisen sekä olemassa olevien teiden parantamisen ja kunnossapidon avulla. Tien geometristen ominaisuuksien vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen on hankittu tietoa sekä Suomessa että ulkomailla, mutta liikenneturvallisuuden ja teiden kunnossapidon välisestä yhteydestä on täsmällistä tietoa käytettävissä hyvin rajoitetusti. Kysymykseen, voidaanko tietyn onnettomuusalttiin tiejakson onnettomuuskustannuksia alentaa lisäämällä kunnossapitoresursseja, ei ole voitu antaa luotettavaa vastausta. Jäljempänä selostettu liikenneturvallisuuden ja kunnossapidon esitutkimus on mm. pyrkinyt vastaamaan tähän kysymykseen ainakin suuntaa-antavasti.

2
ONNETTOMUUS- JA KUNNOSSAPITOKUSTANNUKSET
VALTA- JA KANTATEILLA

2.1 Onnettomuuskustannukset

TVH:n hoidossa olevilla yleisillä teillä tapahtuu vuosittain n. 11 000 poliisin tietoon tullutta liikenneonnettomuutta (TVH 2.634-75). Yleisten teiden pituus on n. 73 000 km, joten yleisillä teillä tapahtuu vuosittain keskimäärin 1 onnettomuus 7 tiekilometriä kohden. Valta- ja kantateilla on liikennemäärä suurempi siten, että näillä teillä tapahtuu vuosittain 1 onnettomuus keskimäärin kahta tiekilometriä kohti. Lyhyitä tiejaksoja tarkastelemalla on onnettomuusmäärän hajonnan vuoksi vaikea osoittaa, mitkä tiejaksot ovat tilastollisesti selvästi muita vaarallisempia.

Jos tarkastelun kohteeksi otetaan riittävän pitkät tiejaksot ja usean vuoden onnettomuustiedot, päästään huomattavasti suuremmalla varmuudella vertaamaan eri tiejaksojen liikenneturvallisuutta. Häätäpuhelinverkon yleissuunnitelmaa (TVH 74 2344) varten jaettiin kaikki valta- ja kantatiet sekä eräät muut maantiet, yhteispituudeltaan n. 11.500 km, 166 tiejaksoon, joiden keskimääräinen pituus oli 70 km. Näille tiejaksoille laskettiin onnettomuuskustannukset kolmen vuoden onnettomuustilastojen perusteella. Laskennan tuloksena saatiin onnettomuuskustannukset tiekilometriä kohti, joka kuvaa vakavuuspainotteista onnettomuustiheyttä sekä onnettomuuskustannukset ajoneuvokilometriä kohti, joka kuvaa vakavuuspainotteista onnettomuusastetta.

Taulukossa 2.1 esitetyt onnettomuuskustannukset on laskettu koko tieverkolle em. laskennan sekä TVH:n laskelman "Tieinvestointilaskelmissa käytettävät onnettomuuskustannukset yleisillä teillä vuonna 1975" avulla. Valta- ja kantateiden onnettomuuskustannuksiksi on laskettu 511 milj. mk eli noin puolet kaikkien yleisten teiden onnettomuuskustannuksista.

Taulukko 2.1

Onnettomuus- ja kunnossapitokustannukset v. 1975

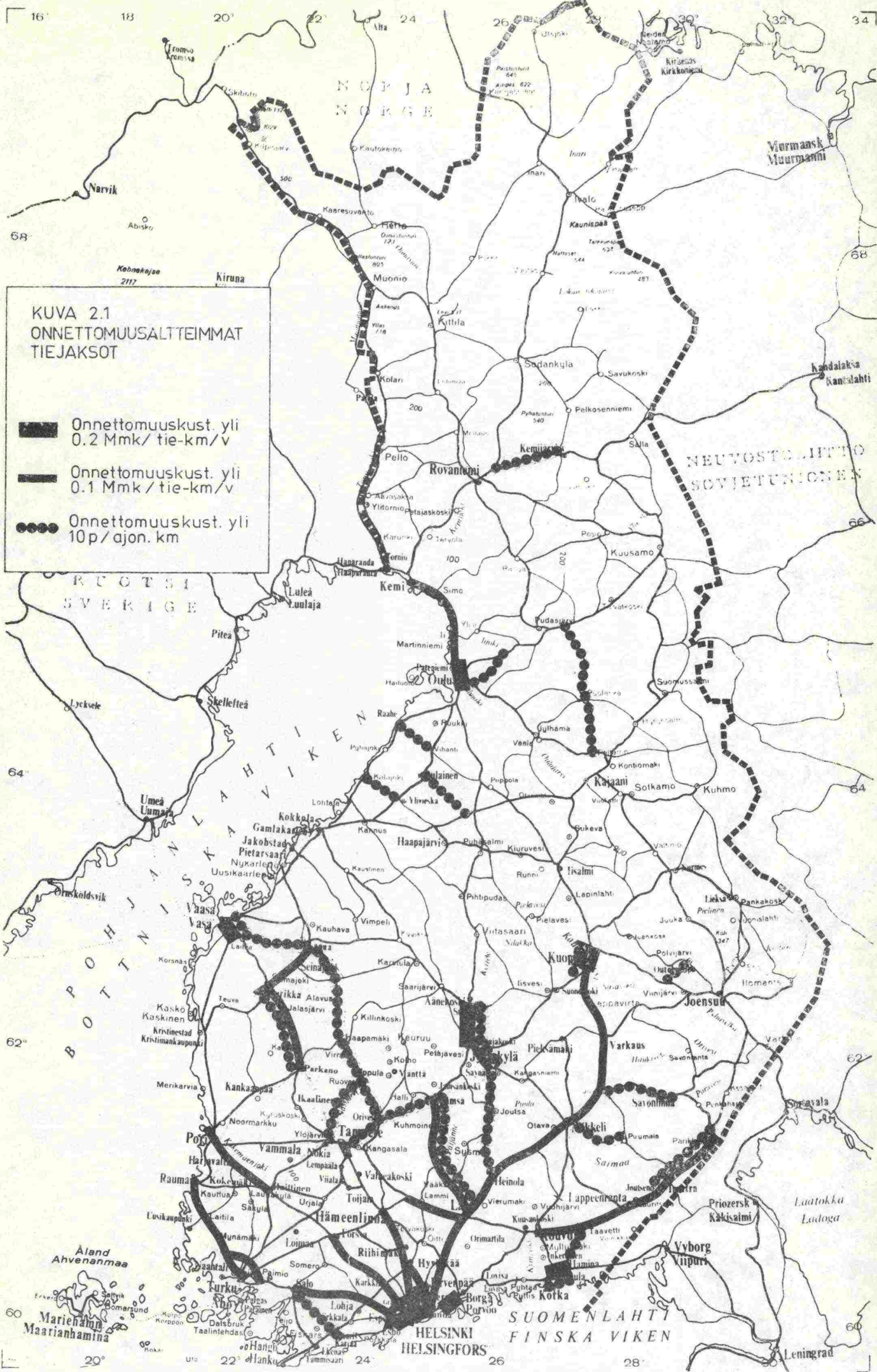
	Tiepituus 1975	Onnettomuuskustannukset -75			Kp-kustannukset -75		
		Mmk	mk/tie-km	p/ajon.km	Mmk	mk/tie-km	p/ajon.km
mo-mol-tiet	167	21	122 800	2.26	5	30 000	1.28
valtatie	5 598	387	58 654	6.08	73	11 000	1.15
kantatie	3 383	103	30 446	5.34	30	9 000	1.57
yhteensä	10 148	511	50 354	6.04	108	10 600	1.28
Kaikki yleiset tiet	73 006	1 032	14 135	6.37	540	7 400	3.33

2.2




Poikkeuksellisen onnettomuusalttiit tieosuudet

Edellä mainitun tiejaksottaisen laskennan yhteydessä muodostettiin tiejaksojen vaarallisuusjärjestystä kuvaava luettelo lajittelemalla tiejaksot tiekilometriä kohti laskettujen onnettomuuskustannusten mukaan laskevaan järjestykseen. Listan kärkipäässä oli pelkästään vilkasliikenteisiä teitä. Viisi onnettomuusaltteinta tiejaksoa olivat Kuopio - Toivala, Tuusulantien 2-ajoratainen osuus, Kymnlinna - Karhula, Vaasan sisääntulotie ja Oulun ohikulkutie. Lyhyehköillä 2-ajorataisilla tieosuuksilla tapahtuu laskennan mukaan tavallista enemmän onnettomuuksia tiekilometriä kohti. Tähän saattaa vaikuttaa mm. tiejaksojen päätekohtien ominaisuudet.

Samana aineiston perusteella laskettiin myös tiejaksojen vaarallisuusjärjestys ajoneuvosuoritetta kohti laskettujen onnettomuuskustannusten mukaan. Tiekilometriä ja ajoneuvokilometriä kohti laskettujen onnettomuuskustannusten perusteella onnettomuusaltteimmat tiejaksot on esitetty kuvassa 2.1.



**KUVA 2.1
ONNETTOMUUSALTTIEMMAT
TIEJAKSOT**

-  Onnettomuuskust. yli 0.2 Mmk/ tie-km/v
-  Onnettomuuskust. yli 0.1 Mmk/ tie-km/v
-  Onnettomuuskust. yli 10 p/ ajon. km

2.3 Kunnossapitokustannukset

Valta- ja kantateiden kunnossapitokustannuksiksi on laskettu 108 milj. mk eli 20 % kaikkien yleisten teiden kunnossapitokustannuksista. Vuonna 1975 yleisten teiden kunnossapitokustannukset olivat yhteensä 540 milj. mk. Taulukossa 2.1 esitetty kunnossapitokustannusten jakautuma eri luokkaisille teille on laskettu tästä summasta TVH:n kunnossapitotutkimuksesta saatujen kunnossapitokustannusten jakautumaa koskevien tietojen perusteella.

2.4 Onnettomuus- ja kunnossapitokustannusten jakautuminen tieverkolla

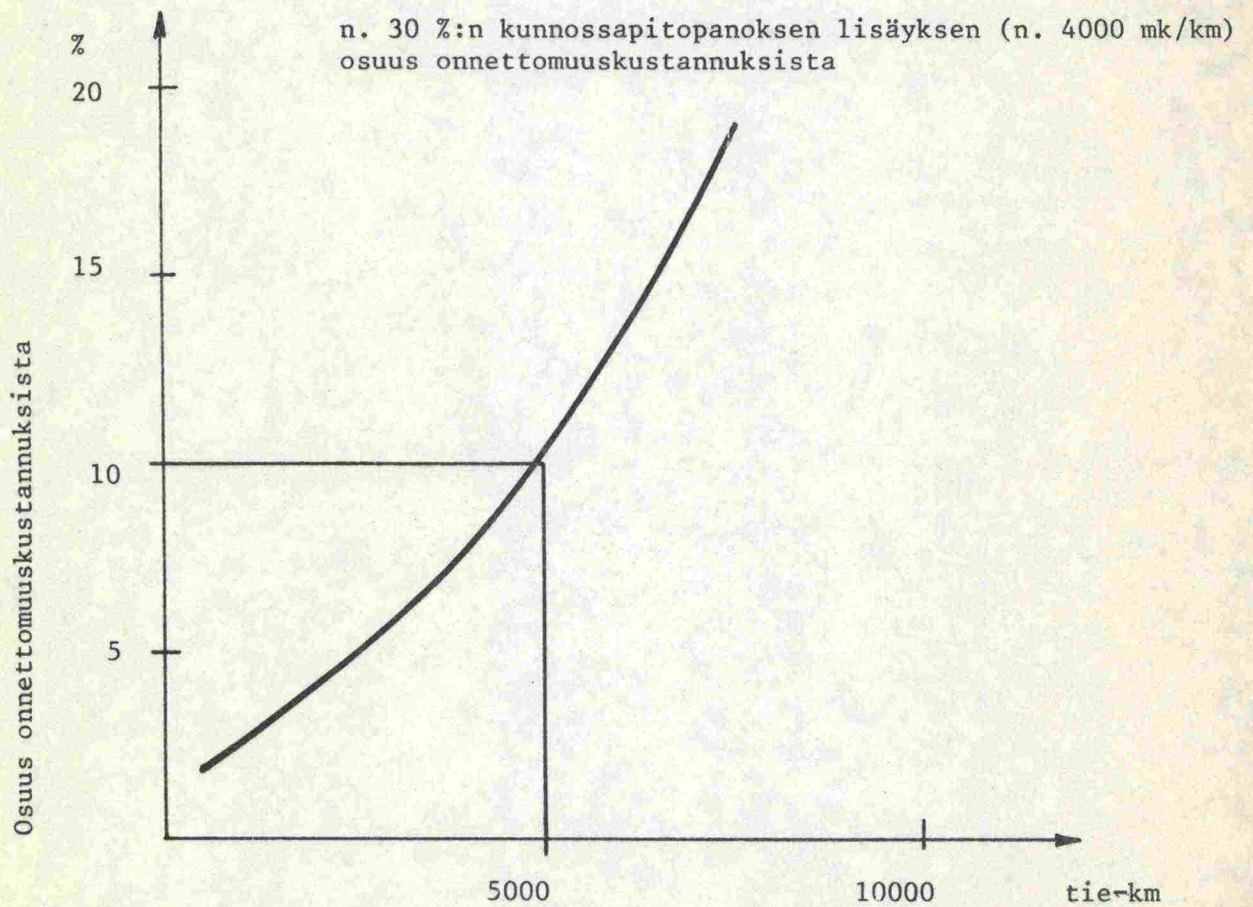
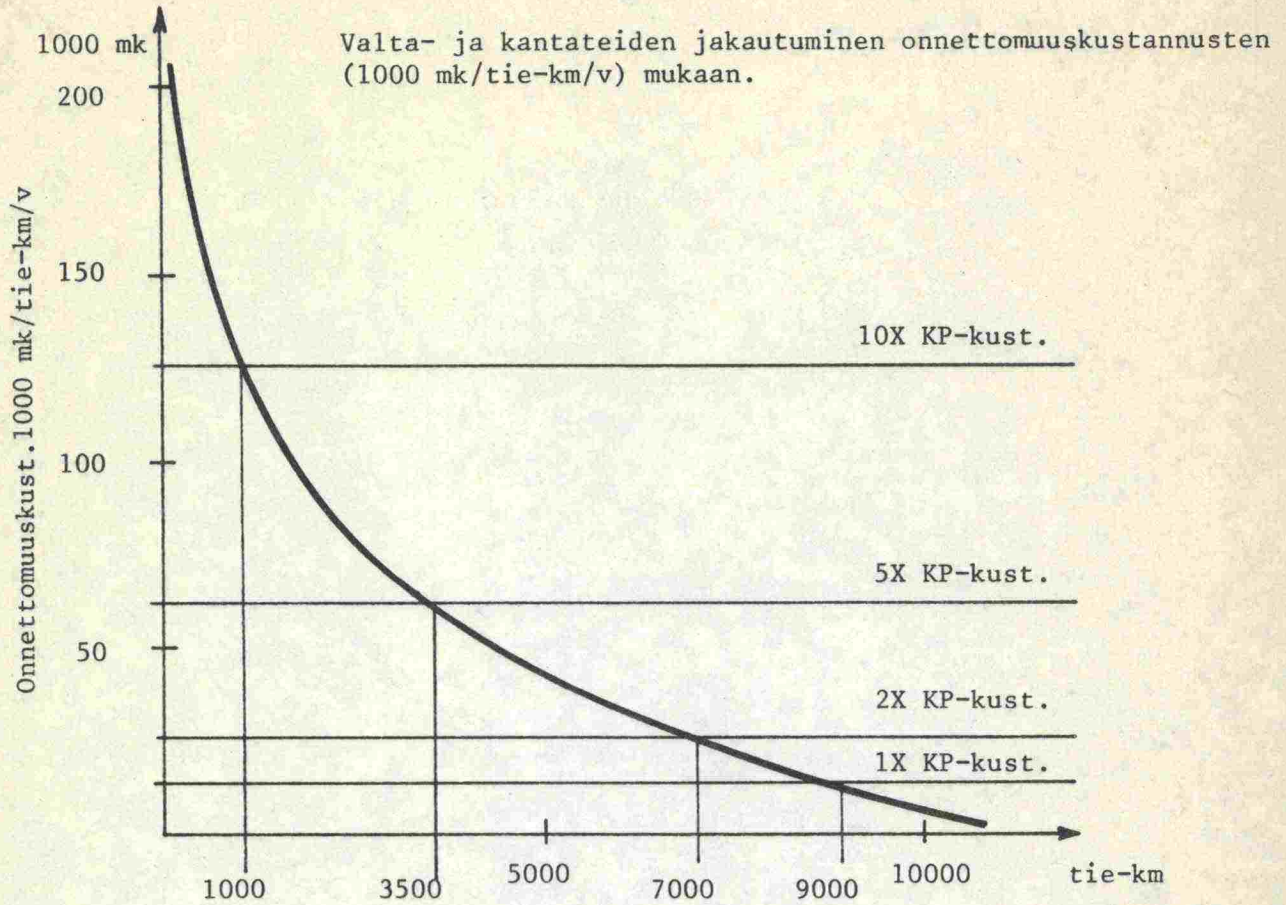
Onnettomuus- ja kunnossapitokustannusten jakautumista koskevien tietojen perusteella on piirretty kuvassa 2.2 esitetyt onnettomuus- ja kunnossapitokustannusten jakautumista kuvaavat käyrät. Onnettomuuskustannusten jakautumista kuvaava käyrä esittää niiden tiejaksojen yhteenlaskettua pituutta, joilla onnettomuuskustannukset ovat Y mk/tie-km/vuosi tai enemmän. Esimerkiksi sellaisia teitä, joilla onnettomuuskustannukset ovat vähintään 100 000 mk/tie-km/vuosi, on n. 1500 km.

Kuvaan 2.2 (ylempi käyrä) on piirretty vaakasuoria viivoja, jotka kuvaavat ao. teiden keskimääräisiä kunnossapitokustannuksia tiekilometriä kohti kerrottuna 1:llä, 2:lla, 5:llä ja 10:llä. Vilkkasliikenteisten teiden keskimääräisiksi kunnossapitokustannuksiksi on arvioitu 12 500 mk/ tie-km/vuosi. Kuvasta nähdään mm., että sellaisia teitä, joilla onnettomuuskustannukset ovat vähintään 5 kertaa kunnossapitokustannukset, on n. 3500 km.

Kuvaan 2.2 (alempi käyrä) on piirretty käyrä, joka kuvaa n. 30 %:n kunnossapitopanoksen lisäyksen osuutta onnettomuuskustannuksista. Tämä lisäys vastaa n. 4000 mk:n lisäystä yhden tiekilometrin kunnossapitoon vuodessa. Kuvasta nähdään, että tämä lisäys on enintään 10 % onnettomuuskustannuksista n. 5000 km:llä vilkkaimmin liikennöityjä teitä. Tämä voidaan tulkita siten, että jos vilkkaimmilla 5000 tiekilometrillä voidaan onnettomuuskustannuksia alentaa 10 % lisäämällä kunnossapitopanosta 30 %, on sijoitus kannattava koko tällä 5000 kilometrin tiepituudella.

KUVA 2.2

ONNETTOMUUS- JA KUNNOSSAPITOKUSTANNUKSET



LIIKENNETURVALLISUUDEN JA KUNNOSSAPIDON VÄLISTÄ RIIPPU- VUUTTA KÄSITTELEVÄT AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET

3.1 Yleistä

Liikenneturvallisuuden ja teiden kunnossapidon keskinäistä riippuvuutta ei ole paljon tutkittu, joskin tieolosuhteiden vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen on tehty suhteellisen paljon selvityksiä. Jäljempänä selostetussa kirjallisuustutkimuksessa on pyritty selvittämään yleisten teiden kunnossapidon vaikutusta liikenneturvallisuuteen käymällä läpi onnettomuuksien syytutkimuksia, selvityksiä tieolosuhteiden vaikutuksesta turvallisuuteen ja kunnossapidon vaikutuksesta tieolosuhteisiin ja ajokustannuksiin. Näitä aiheita käsittelevistä selvityksistä on pyritty löytämään tietoja kunnossapidon vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen. Eri lähteistä koottuja tietoja yhdistämällä on pyritty tekemään johtopäätöksiä eri kunnossapitotoimenpiteiden vaikutuksesta tieolosuhteisiin ja sitä kautta liikenneturvallisuuteen ja toisaalta kunnossapitotöiden aiheuttaman häiriön aiheuttamasta onnettomuusriskistä. Kirjallisuustutkimuksen pohjalta on myös tehty ehdotuksia liikenneturvallisuuden tutkimiseksi tulevaisuudessa.

3.2 Aineiston hankinta

Aineiston hankinnassa lähdettiin liikkeelle TVH:n liikennetoimiston ja konsultin tiedossa olleista selvityksistä. Aineistoa laajennettiin näiden tutkimusten lähdeluetteloiden avulla. Lisäksi aineistoa etsittiin käymällä läpi Viatekin kirjaston luetteloita, ammattilehtien sisällysluetteloita, VTT:n tie- ja liikennelaboratorion julkaisuluetteloita, Teknillisen korkeakoulun tie- ja liikennetekniikan laitoksen toimintakertomuksia ym. kirjallisuusluetteloita. Aiheeseen liittyviä ulkomaisia tutkimuksia pyrittiin löytämään VTT:n teknillisen informaatiopalvelulaitoksen avulla, joka suoritti tietokonepääteellä kirjallisuusviitehaun IRRD-tietokannasta.

3.3 Kirjallisuudesta saadut tiedot eri kunnossapitotoimenpiteiden vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen

TVH:n liikennetoimistossa tehdyn selvityksen mukaan (Matilainen 1975) liikenneympäristö oli yhtenä onnettomuuksien syynä joka toisessa ja yhtenä pääsyynä joka kolmannessa kuolemaan johtaneessa liikenneonnettomuuksien tutkijalautakuntien v. 1971-72 tutkimassa onnettomuudessa. Selvityksen mukaan liikenneympäristöönnettomuuksien syyt jakautuivat seuraavasti (liikenneympäristöönnettomuudella tarkoitetaan onnettomuutta, jossa liikenneympäristön on todettu olleen yhtenä onnettomuuden tai sen seurausten syynä):

- tie (päällyste, rakenteen kunto, näkemät, tiehen kuuluvat laitteet sekä liikennejärjestelyt) 52.8 %
- tieympäristö (mm. kasvillisuuden vaikutus eläinonnettomuuksiin) 4.0 %

- liikenne (liikennemäärä, liikenteen koostumus, onnettomuudet ja auton valojen aiheuttama häikäisy) 4.3 %
- sää (sään heikentämä näkyvyys, tuuli ja lämpötila) 15.5 %
- keli (talviliukka, vesiliirto, liukas päällyste) 50.8 %
- muut syyt (esim. pimeä ja hämärä sekä auringon aiheuttama häikäisy) 14.0 %

Selvityksen mukaan tiesyyt keskittyvät kesäkuukausiin ja keli-syyt talvikuukausiin. Sää on onnettomuussyynä korostetusti esillä syyskuussa (runsaat vesisateet) ja joulukuussa (lumi- ja räntäsateet). Selvityksen mukaan tiesyiden merkitys on suurempi alempiluokkaisilla teillä kuin ylempiluokkaisilla. Keli-syiden merkitys on taas suurempi ylempiluokkaisilla kuin alempiluokkaisilla teillä.

Liikenneympäristösyöt keskittyvät erityyppisiin onnettomuuksiin siten, että tiesyyt ovat merkittäviä risteysonnettomuuksissa ja keli on merkittävä syy linjaonnettomuuksissa.

Jansson ja Korjula (1975) ovat käyneet läpi liikennevahinkojen tutkijalautakuntien raportteja ja tehneet niiden perusteella johtopäätöksiä onnettomuuksien syistä ja tapahtumien kuluksista. Yhteenvedon kuolemankolarien pääsyyistä vuosilta 1968-1974 sisältyy 1256 yhteenajoa ja 619 yksittäisvahinkoa. Keliolosuhteiden katsottiin olleen pääsyyinä 16 yhteenajossa ja 8 yksittäisvahingossa eli n. 1 %:ssa tutkituista onnettomuuksista. Myötävaikuttaneena syynä keliolosuhteiden katsottiin olleen 13 %:ssa yhteenajoista ja 10 %:ssa yksittäisvahingoista.

Englannissa tehdyssä liikenneonnettomuuksien syytutkimuksessa (TRRL 1974) tutkittiin vuosina 1970-1972 1141 onnettomuutta. Tiesyyt olivat pääasiallisena syynä 1,5 %:ssa onnettomuuksista. Yleisimmät syyryhmät olivat tien geometria ja tieympäristö. Tieympäristöön on luettu myös puutteellinen kunnossapito, joka oli myötävaikuttaneena syynä 44 onnettomuudessa eli 4 %:ssa tapauksista.

Ns. Sköldin testamentissa (Statens trafiksäkerhetsverk 1972) korostetaan kunnossapidon tason säilyttämistä vähintään v. 1972 tasolla liikenneturvallisuussyistä.

Tien kunnossapito vaikuttaa osaan edellä luetelluista liikenneympäristösyistä, joihinkin tekijöihin merkittävästikin. Tuntuu luonnolliselta, että etenkin päällysteiden kunnossapidolla, näkemäalueiden raivauksella ja liukkauden torjunnalla olisi huomattava merkitys liikenneturvallisuudelle.

3.3.1 Soratien kunnossapito

Merkittävimmät soratien kunnossapitotoimenpiteet ovat tasaus ja muokkaus, materiaalin lisäys sekä pölyn sidonta. Tien pinnan tasaaminen vaikuttaa liikenneturvallisuuteen siten, että tasaisella tiellä ajoneuvon hallinta on helpompaa kuin kuoppaisella. Materiaalin lisäys vaikuttaa tien pinnan tasaisuuteen ja sitä kautta edistää liikenneturvallisuutta, mutta välittömästi materiaalin lisäyksen jälkeen tie voi olla liikenteelle vaarallinen, koska tiellä on irtosoraa ja savea. Pölynsidonta edistää liikenneturvallisuutta parantamalla näkyvyyttä ja vähentämällä liikennemerkkien likaantumista.

Vuonna 1976 TVH:lle tehtiin 201 korvaushakemusta, koska tienkäyttäjät katsoivat tien kunnan olleen syynä onnettomuuteen (Hintikka 1967). Hakemukset liittyivät kaikilla teillä tapahuneisiin onnettomuuksiin, eikä sorateihin liittyviä hakemuksia ole em. lähteissä eritelty. Korvaushakemuksista 25 % johtui kiveen ajosta, 18 % kuopasta ja 4 % painumista. Näistä kiveen ajot ovat sorateille tyypillisiä, myös kuopat keskittynevät sorateille.

Sorateiden kunnossapitoa koskevia ulkomaisia tutkimuksia ei juuri ole, koska autoistuneissa maissa sorateilla ei ole suurtakaan liikenteellistä merkitystä. Suomessakin sorateiden kunnossapito on vähän tutkittu alue, johon kannattaisi suunnata nykyistä enemmän tutkimusresursseja.

3.32 Päällysteiden kunnossapito

Parlamentaarinen liikennekomitea toteaa osamietinnössään II, että liikenneturvallisuussyistä teiden päällysteitä tulee kehittää ja parantaa. Tiesyyt, joihin kuuluu mm. päällysteen kunto, ovat osasyynä noin joka toisessa kuolemaan johtaneessa liikenneympäristöonnettomuudessa eli n. 30 %:ssa kaikista kuolemaan johtaneista liikenneonnettomuuksista (Matilainen 1975). Liikenneonnettomuuksien tutkijalautakuntien raporteista tehdyn yhteenvedon mukaan noin 15 % lautakuntien ehdottamista tienparannustoimenpiteistä koski päällystettä (Matilainen 1975).

TVH:n kunnossapitotutkimuksen mukaan (Päällysteiden uusiminen, 31.01.1974) 10-vuotiskautena 1975-1985 uusitaan keskimäärin n. 1400 km kestopäällystettä vuodessa. Viime vuosina on uusittu keskimäärin 900-1000 km/v. Selvityksen liitteenä on esitetty ohjeet kestopäällysteen paikkauksen, pintaauksen ja uusimisen ajankohdan määrittämisestä. Paikkauksen kriteerinä pidetään kuoppaa, raidepaikkauksen raiteen syvyyttä, massa- ja sirotepintaauksen kriteerinä läpikulmien pinta-alaa ja uusimisen perusteena em. kriteerien lisäksi epätasaisuuslukua. Perusteissa ei ole suoraa viittausta liikenneturvallisuuteen, mutta esitetyistä kriteereistä ainakin raiteen syvyys on liikenneturvallisuuteen selvästi vaikuttava.

TVH:n julkaisussa "Kestopäällysteiden uusimistarpeen määrittely" (TVH 2.805) on esitetty yksiselitteiset, mitattavissa olevat perusteet kestopäällysteiden uusimista varten. Päällysteen kuntoa osoittavat tunnusluvut on jaettu kolmeen ryhmään:

- turvallisuuteen vaikuttava (urasyvyys)
- mukavuuteen vaikuttava (epätasaisuus)
- rakenteen säilymiseen vaikuttava (verkkohalkeamaprosentti)

Ohjeen mukaan kestopäällysteessä olevat reiät, kuopat ja halkeamat on paikattava välittömästi niiden aiheuttaman turvallisuusriskin vuoksi. Urien ja epätasaisuuksien poistamista pidetään määrääkainena uusimistyonä, koska näiden aiheuttama turvallisuusriski kasvaa hitaasti. Ohjeen mukaan uudelleenpäällystämistä päätettäessä liikenneturvallisuus ja ajomukavuus ovat tavallisesti määrääviä. Tarkistetussa, syyskuussa 1977 voimassa olleessa ohjeessa on keskimääräiselle urasyvyydelle annettu nopeudesta riippuva raja-arvo seuraavasti (arviot ilmaistu mm:inä):

Ohjelmavuoden KVL (ajon./vrk)	Nopeusrajoitus km/h			
	50 tai 60	80	100	120
alle 1500	45	35	26	18
1500...6000	40	31	23	16
yli 6000	35	27	20	14

Edellä mainittu urasyvyys tarkoittaa tiellä oikolaudalla mitattua syvyyttä eikä vesikerroksen paksuutta. Tiellä, jonka sivukaltevuus on 2.5 %, alkaa vettä kerääntyä 15 mm:n syvyiseen uraan, joten esim. 20 mm:n urasyvyys vastaa n. 5 mm:n vesikerrosta.

Liikenneturvallisuutta alentavan vesikerroksen paksuudesta on eri lähteissä hiukan toisistaan poikkeavia arvoja. Nastarengastoimikunnan mietinnössä todetaan, että puolentoista millimetrin vesikerros aiheuttaa vesiliirron sadan kilometrin tuntinopeudella ja 4 mm:n vesikerros on vaarallinen hyvilläkin renkailla, kun käytetään Suomen teillä tavanomaisia nopeuksia. Heinz Ahlbrecht esitti Jyväskylän talvitiepäivillä 1973, että vesiliirto syntyy raiteissa, joiden syvyys on 5 mm tai enemmän. Becker-Neetz (1973) esittää, että 120 kilometrin tuntinopeudella 1.3 mm:n vesikerros on kriittinen. Ruotsissa on mitattu (Nilsson ja Ohlsson 1970), millä vesikalvon paksuudella eri nopeuksilla saavutetaan karkealla päällysteellä ja 13 %:n luistolla jarrutettaessa vielä kitka 0.3 kitkamittarilla BV8. Tämä paksuus on n. 60 km/h nopeudessa keskimäärin 13 mm, mutta n. 120 km/h nopeudessa vain n. 4 mm.

Vettä keräävien painanteiden syntymisen katsotaan aiheutuvan nastarenkaista. Esimerkiksi Becker-Neetz (1973) esittää, että nastoittamattomien renkaiden aiheuttama kulutus ohentaa päällystettä enintään 1 mm/v., kun taas nastarenkaiden aiheuttama kulutus on jopa kymmeniä millimetrejä vuodessa. Urien syntymiseen voidaan vaikuttaa kehittämällä kulutusta kestäviä päällysteitä, kehittämällä nastarenkaat päällysteitä vähemmän kuluttaviksi tai parantamalla talvikunnossapitoa siten, että nastojen käyttö voidaan kieltää.

Kulumisuran katsotaan lisäävän erityisesti 2-pyöräisten ajoneuvojen, mutta myös autojen onnettomuusriskiä (Statens trafik-säkerhetsverk 1972).

Eri maissa tehtyjen selvitysten mukaan onnettomuusriski märällä päällysteellä on moninkertainen verrattuna kuivan päällysteen onnettomuusriskiin. USA:ssa kuoli vuoden 1975 liikenneonnettomuuksissa 40 000 ihmistä. Märän kelin aiheuttamiksi näistä kuolemantapauksista katsottiin n. 15 %. Liikennesuoritteesta vain 4...6 % syntyy märissä olosuhteissa, mikä osoittaa märän kelin suuren onnettomuusriskin. Vastaavan englantilaisen tutkimuksen mukaan märällä ja liukkaalla tiellä tapahtuu yli kaksinkertainen määrä onnettomuuksia verrattuna kuivaan tiehen, liittymissä onnettomuustiheys on märällä tiellä 10...20 -kertainen kuivaan tiehen verrattuna. Ranskalaisen tutkimuksen mukaan märällä kelillä sattuu 26 % kaikista onnettomuuksista, mutta märkää keliä on vain 7 % ajasta (Ullberg 1977).

Renkaita kehittämällä on viimeisten parinkymmenen vuoden aikana pystytty kaksinkertaistamaan sekä renkaan ja tien välinen kitka että renkaan kestoikä. Renkaiden valmistajien ja liikennetutkijoiden käsityksen mukaan kitkan parantaminen nykyisestä voi tapahtua vain päällysteitä kehittämällä. Lupaavia tuloksia on saatu mm. kokeilemalla useita kiviaineslaatuja sisältäviä päällysteitä, jotka kuluessaankin pysyvät karkeina. Päällysteiden kunnossapidon tärkeänä tehtävänä pidetään pintakuivatuksen toiminnan turvaamista (Ullberg 1977).

Englannissa tehdyn tutkimuksen mukaan (Sabey 1974) liikenneturvallisuuden päällysteille asettamat vaatimukset ovat hyvä kitka ja hyvät näkyvyysominaisuudet. Nämä vaatimukset täyttää päällyste, joka on karkea, jolla on suuri heijastuskulma ja jonka pinta on huokoinen. Sabey'n mukaan päällystettä karkeuttamalla voidaan märissä olosuhteissa tapahtuvien onnettomuuksien määrää alentaa 60 - 80 %. Heijastavuutta parantamalla voidaan pimeällä sateessa tapahtuvien onnettomuuksien määrää alentaa 30 - 50 %.

Meksikossa vuonna 1975 pidetyssä tiekongressissa käsiteltiin mm. päällysteen kitkan ja liikenneonnettomuuksien välistä riippuvuutta. Saksan Liittotasavallassa tehdyn tutkimuksen mukaan märän kelin onnettomuuksien osuus kaikista onnettomuuksista kasvoi eräällä tieosuudella 30 %:sta 80 %:iin, kun kitkakerroin päällysteen kulumisen seurauksena pieneni 0,40:stä 0,15:een. Tshekkoslovakiassa tehtiin tutkimus, jossa 24 olosuhteiltaan vertailukelpoista tiejaksoa jaettiin kitkamittaus-ten perusteella kolmeen luokkaan: kitkakerroin enintään 0,40, 0,41-0,50 ja 0,51-0,80. Näillä 24 tiejaksolla tapahtuneista onnettomuuksista 64 % tapahtui heikoimmassa kitkaluokassa, 25 % keskimmaisessä ja 11 % parhaimmassa kitkaluokassa. Englannissa tehdyn selvityksen mukaan erään moottoritieosuuden märän kelin onnettomuuksien lukumäärä pieneni 75 % pintakäsittelyn jälkeen, joka paransi kitkaa 0,35-0,40:stä 0,50-0,60:een. Pintakäsittelyn seurauksena kitka säilyi korkeana useiden vuosien ajan (Schulze 1975.)

Suomessa päällysteiden karkeuttaminen ei ole tarpeen, koska nastarenkaiden kulutus pitää päällysteet karkeina (esim. Retzko et al. 1975 ja Niemi et al. 1977).

TVH:n kunnossapitotutkimuksen yhteydessä tehty osaselvitys "Inhimilliset tekijät ja kunnossapito" (TVH/Viatek Oy 1972) suosittelee, että vastapäällystetyille teille asetetaan aina liukkaudesta varoittavat merkit ja nopeusrajoitukset, jotka ovat voimassa joulukuun puoleenväliin saakka. Päällysteen reuna suositellaan kunnossapitotoimenpitein pidettäväksi tassaaisena, koska Uudenmaan läänissä vuosina 1969-1971 tapahtuneista kuolemaan johtaneista onnettomuuksista 7 %:ssa oli osasyynä epätasainen asfaltin reuna.

TVH:n julkaisemien tietyömaiden järjestelyä koskevien ohjeiden (TVH 2.341) mukaan päällystystyön alaiselle tieosalle tulee aina anoa nopeusrajoitus. Päällysteen liukkaudesta tulee ohjeiden mukaan varoittaa merkillä "Liukas ajorata" (IAn), johon liitetään lisäksi "Sateella".

Selvitys tie- ja liikenneteknillisistä liikenneturvallisuutta parantavista toimenpiteistä (TVH/Viatek Oy 1974) esittää päällysteiden kunnossapitoon liittyvinä liikenneturvallisuutta parantavina toimenpiteinä seuraavia:

- päällysteen karkeuttaminen
- päällysteen kuoppien poistaminen
- epätasaisen päällysteen reunan tasoittaminen
- päällysteen heijastusominaisuuksien parantaminen
- vesiliirtoa aiheuttavien urien ja painanteiden korjaaminen

Selvityksessä on esitetty arvio, että päällysteen kitkaominaisuuksien parantaminen siten, että määrän tien kitkakerroin nostetaan kuivan tien kitkakerrointa vastaavaksi, vähentää onnettomuuksien kokonaismäärää ao. tieosuudella 10 %.

Ruotsissa tehdyssä selvityksessä (Edholm ja Roosmark 1969) esitetään, että päällysteen kitkakertoimen tulee olla mahdollisimman suuri, sen vaihtelun sivu- ja pituussuunnassa mahdollisimman pieni ja veden vaikutuksen kitkakertoimeen mahdollisimman pieni. Nämä vaatimukset johtavat karkeaan päällysteeseen, kun taas vaatimus kulutuskestävyydestä johtaisi tiiviiseen, sileään päällysteeseen. Selvityksen mukaan hajaheijastavat päällysteet ovat liikenneturvallisuuden kannalta edullisia. Vesiliirtovaaran torjumiseksi päällysteen tulee olla niin tasainen, ettei vesilammikoita synny.

Edellä referoitujen tutkimusten perusteella näyttää siltä, että Suomen olosuhteissa päällysteiden kunnossapidon tärkein tehtävä liikenneturvallisuuden kannalta on huolehtia tien pintakuivatuksen toiminnasta. Kunnollisen pintakuivatuksen avulla voidaan estää lammikoiden syntyminen ja vähentää tuntuvasti vesiliirtovaa-
raa. Päällysteiden karkeuttaminen kunnossapitotoimenpitein ei ole yhtä tärkeää, koska nastarenkaiden kulutus vaikuttaa karkeut-
tavasti.

3.3.3 Liikenteen ohjaustoimenpiteet

Liikenneonnettomuuksien tutkijalautakuntien raporteissa esitetyistä tienparannusehdotuksista n. 5 % liittyy liikenteen ohjaustoimenpiteisiin, ts. ajoratamaalauksiin ja liikennemerkkien kunnossapitoon (Matilainen 1975). Parlamentaarinen liikennekomitea esittää osamietinnössään II, että liikenneturvallisuussyistä ajoratamerkintöjen kunnossapitoa tulisi tehostaa ja viitoitusta parantaa. Komitea kehottaa lisäämään reunapaalujen käyttöä optisen ohjauksen tehostamiseksi siellä, missä kaiteita ei käytetä. Komitean käsityksen mukaan tienvarsimainokset ja häiritsevät valolähteet tulisi poistaa teiden varsilta.

Chalmerin teknillisessä korkeakoulussa tehdyn kirjallisuustutkimuksen (Tiedonanto 8/1964) mukaan ajoratamaalaukset vähentävät liikenneonnettomuuksia. Johtopäätös perustuu mm. seuraaviin tutkimuksiin:

Illinoisissa USA:ssa (Illinois Division of Highways 1959) maalattiin valkoinen heijastava tienreunaviiva teille 610 km:n pituudelta. Onnettomuuksien kokonaismäärä väheni 21 %, kuolleiden määrä 40 % ja loukkaantuneiden määrä 16 %. Nokkatormâykset ja yksittäisonnettomuudet vähenivät lukuunottamatta kapeita asfalttiteitä. Onnettomuudet vähenivät päivänvalossa enemmän kuin pimeässä (25/18 %).

Musick (1960) on tutkinut reunaviivamaalauksen vaikutusta 2-ajorataisilla maanteillä Ohiossa (kokonaispituus 100 km). Teiden leveys oli 6.0 ... 7.2 m ja pientareiden leveys 1.2 ... 1.4 m. Ennen - jälkeen -vertailuperiodit olivat 1 vuoden pituiset. Vertailukohteena oli 100 km teitä, joille ei maalattu reunaviivaa. Maalatuilla teillä vähenivät onnettomuudet 19 % ja kuolleiden sekä loukkaantuneiden määrä 37 % (merkitsevä). Pimeän ajan onnettomuudet vähenivät 35 % ja onnettomuudet risteyksissä 63 % (merkitsevä). Risteysten välillä onnettomuudet vähenivät 15 %.

Thomas (1958) on tutkinut maalattujen reunaviivamerkintöjen vaikutusta 7.3 m leveillä 2-kaistaisilla maanteillä Louisianassa USA:ssa (pituus n. 100 km). Ennen - jälkeen -periodien pituudet olivat 6 kk. Reunamerkintöjen ei havaittu parantavan turvallisuutta. Onnettomuuksien kasvu 33 % ei ollut kuitenkaan merkitsevä. 80 % ajajista ilmoitti merkintöjen helpottavan ajamista erityisesti pimeällä ja huonolla säällä. Ajajien havaittiin ajavan lähempänä tien keskikohtaa kuin aikaisemmin.

Chalmerin selvityksessä on tarkasteltu muidenkin liikenteenohjaustoimenpiteiden vaikutusta liikenneturvallisuuteen. Liikennemerkkeistä tienmutkasta varoittavan merkin katsotaan erityisesti vähentävän onnettomuuksia yllättävissä kaarteissa. Maalaamalla toteutetun liittymän kanavoinnin katsotaan vähentävän liittymäonnettomuuksia. Tienvarsilla olevien mainosten katsotaan lisäävän liittymäonnettomuuksia.

A J Basile (1962) (Athur D Little, Inc. 1970) tutki ajoradan reunaviivamerkintöjen vaikutusta Kansasissa 20 tieosalla, joiden pituus oli yhteensä n. 200 mailia. Tieosilla oli tapahtunut aikaisemmin runsaasti onnettomuuksia. Kaikki tutkitut tiet olivat 2-ajokaistaisia ja niiden leveys oli vähintään 6.1 m. Onnettomuudet vähenivät seuraavasti:

-	kaikki onnettomuudet	21 %
-	loukkaantumiseen johtaneet onnettomuudet	26 %
-	kuolemaan johtaneet onnettomuudet	59 %

Selvityksessä tie- ja liikenneteknillisistä liikenneturvallisuutta parantavista toimenpiteistä (TVH/Viatek Oy 1974) on esitetty arvio reunaviivamaalausten keskimääräisestä vaikutuksesta onnettomuuksien määrään. Kaikkien onnettomuuksien on arvioitu vähenevän 20 %, kuolemaan johtaneiden 40 % ja vammautumiseen johtaneiden 20 %.

Nastarengastoimikunta toteaa mietinnössään, että nastarenkaat vähentävät liikenneturvallisuutta sulalla kelillä, koska nastarenkaat kuluttavat ajoratamaalaukset näkymättömiksi. Heinz Ahlbrecht totesi Jyväskylän talvitiepäivillä 1973, että nastarenkaat aiheuttavat onnettomuusriskin tuhoamalla ajorata-merkinnät ja irroittamalla tiestä bitumin sekaista pölyä, joka veteen sekoittuneena roiskuu merkkipylväisiin, heijastimiin ja liikennemerkkeihin peittäen ne.

Becker-Neetz (1973) esittää, että nastarenkaat vähentävät turvallisuutta paljaalla kelillä. Perusteluna hän mainitsee, että nastarenkaat kuluttavat ajorata-merkinnät, mikä lisää onnettomuusriskiä etenkin pimeässä ja erityisesti kaksiajorataisilla teillä, joilla ei ole välikaistaa vaan ajoradat erottava keskiviiva. Nastarenkaiden erottama bitumijäte peittää ne merkinnät, jotka eivät kulu, esimerkiksi reunaviivat, jotka ovat pimeässä liikenneturvallisuuden kannalta merkittäviä.

Edholm ja Roosmark (1969) katsovat, että optinen ohjaus on liikenneturvallisuuden kannalta tärkeä. Sitä voi parantaa esimerkiksi käyttämällä kaiteita ja reunapaaluja. Reunaviivojen katsotaan vähentävän onnettomuuksia erityisesti ennen liittymiä. Kapeilla teillä reunaviivojen on havaittu lisäävän onnettomuuksia, oletettavasti siksi, että ne siirtävät ajolinjoja keskemälle tietä. Keskiviivan ja reunaviivojen katsotaan parantavan optista ohjausta erityisesti pimeällä. Moottoriteiden rampeilla ei pidä käyttää reunaviivoja, ellei myös moottoritiellä ole reunaviivaa, koska muutoin rampin reunaviiva voi ohjata pois moottoritieltä vastoin kuljettajan aikomusta.

Ruotsin tielaitos on tutkinut tien reunoille sijoitettavien heijastimien vaikutusta pimeän ajan liikenneonnettomuuksiin (Statens vägverk 1976). Asian selvittämiseksi tehtiin koe, jossa aurasviitat varustettiin heijastimilla 20 tiejaksoilla, joiden yhteispituus oli n. 250 km. Vertailujen tekemistä varten valittiin kokeiluosuuksia vastaavat vertailuosuudet.

Kokeilu alkoi talvella 1973/74 ja kesti 2 1/2 vuotta. Tutkimuksen tulokseksi saatiin, että pimeän ajan onnettomuuksien määrä oli kokeiluosuuksilla merkittävästi pienempi kuin vertailuosuuksilla (157/188). Tutkimuksen mukaan heijastimin varustetut aurausviitat vähensivät merkittävästi myös päivänvalossa sattuneiden onnettomuuksien lukumäärää (131/164). Pimeän ajan onnettomuusaste oli kokeiluosuuksilla 0.81 ja vertailuosuuksilla 1.01. Valoisana aikana vastaavat onnettomuusasteet olivat 0.38 ja 0.50. Onnettomuusasteen alenema oli merkittävä niillä teillä, joiden nopeusrajoitus oli 90 km/h tai korkeampi. Heijastimin varustetuista aurausviitoista oli liikenneturvallisuuden kannalta eniten hyötyä 10...13 m leveillä teillä, joiden nopeusrajoitus oli 90 km/h tai korkeampi.

Göteborgin kaupunki ja Trafiksäkerhetsverket ovat tutkineet mahdollisuuksia parantaa optista ohjausta heijastimin varustettujen reunapaalujen avulla (Johansson 1975). Selvityksen mukaan heijastavat reunapaalut näkyvät huonoissakin olosuhteissa lähivaloilla 300 m:n ja kaukovaloilla 600 m:n etäisyydestä. Heijastavien reunapaalujen käyttö asettaa kunnossapidolle uusia vaatimuksia, koska paaluista hyötyminen edellyttää, että heijastavat pinnat ovat puhtaat.

Norjassa on tutkittu mahdollisuuksia parantaa optista ohjausta kaarteissa (Amundsen ja Pedersen 1976). Tutkimuksessa mukana olleet menetelmät olivat ajoratamerkinnot, kaarteiden suuntaa osoittavat suuntanuolet, reunapaalut, taustamerkki ja nopeussuositus. Tutkimuksen mukaan nopeussuositus johti parhaaseen ajolinjaan ja alhaisimpaan kaarrenopeuteen. Heijastavat reunapaalut johtivat pimeässä hyvään ajolinjaan ja alhaiseen kaarrenopeuteen. Muiden menetelmien antamat tulokset vaihtelivat koepaikasta riippuen.

Yleisillä teillä v. 1976 tapahtuneista liikenneonnettomuuksista 27.2 % sattui pimeässä ja 11.1 % hämärässä (TVH 742634-76). Näitä onnettomuuksia voidaan torjua esimerkiksi parantamalla ajoratamerkinnot siten, että merkinnot näkyvät selvästi myös varhain keväällä ja myöhään syksyllä, jolloin suurin osa pimeän ajan onnettomuuksista tapahtuu (Härkänen 1975). Sorateillä ajoratamerkinnot voidaan korvata kaarteisiin, notkoihin ja muita kapeampiin ajoradan kohtiin asetettavilla reunapaaluilla. Liittymäonnettomuuksia voidaan pyrkiä vähentämään mm. osoittamalla etuajo-oikeus liikennemerkkein tai liittymän kanavoinnilla, joka voidaan toteuttaa myös ajoratamerkinnoin. Härkänen suosittelee myös mainosten ja häiritsevien valolähteiden poistamista teiden varsilta.

TVH:n teettämässä selvityksessä tie- ja liikenneteknisistä liikenneturvallisuutta parantavista toimenpiteistä (TVH/Viatek Oy 1974) suositellaan liikennemerkkien näkyvyyden parantamista, ajoratamerkinnot parantamista sekä heijastusominaisuuksiltaan nykyistä parempien liikennemerkkien ja ajoratamerkinnot käyttämistä. Selvityksessä on arvioitu eri liikennemerkkien keskimääräinen vaikutus liikenneonnettomuuksien määrään seuraavasti:

Onnettomuuksien vähentyminen
Kaikki onn. Kuol.joht. Vamm.joht.

kaarteesta varoittava merkki	20 %	50 %	50 %
etuajo-oikeutettu risteys	20 %		20 %
pakollinen pysähtyminen	40 %	80 %	30 %

Liikennemerkit, ajoratamerkinnot ja muut järjestelyt liikenteen ohjaamiseksi ovat hyödyllisiä ainoastaan silloin, kun kuljettajat havaitsevat ne. Havaitseminen edellyttää sitä, että merkinnät ja liikennemerkit kunnossapitotoimenpitein pidetään selvästi havaittavassa kunnossa. Tämä ei kuitenkaan riitä, sillä tutkimusten mukaan joku liikennemerkki saattaa jäädä havaitsematta suurimmalta osalta autoilijoista (Summala 1974). Havaintokapasiteetin rajoittuneisuus on syynä liikennemerkin havaitsematta jäämiseen ainoastaan vilkkaissa taajamissa ja suurissa risteyksissä; yleensä syynä on motivaation puute. Summalan mukaan motivaation puute johtuu siitä, että merkkejä ei pidetä riittävän tärkeinä. Tästä hän vetää sen johtopäätöksen, että liikennemerkkien tarvetta tulisi vähentää. Kunnossapito vaikuttaa tähän pitämällä tien mahdollisimman homogeenisena, jolloin poikkeustilanteista ei ole tarpeen tiedottaa liikennemerkeillä.

Duffin (1971) mukaan ajoratamerkinnot ja liikennemerkit ovat kustannuksiinsa nähden tehokkaimpia liikenneturvallisuustoimenpiteitä.

Teiden kunnossapidon hyötytarkastelussa (TVH/Viatek Oy 1976) ajoratamerkintöjen kunnossapitoa sekä liikennemerkkien puhdistamista ja kunnossapitoa pidettiin selvästi liikenneturvallisuuteen vaikuttavina kunnossapitotoimenpiteinä. TVH:n kunnossapitotutkimuksen osaselvityksessä "Inhimilliset tekijät ja kunnossapito" (TVH/Viatek Oy 1972) ehdotetaan ajoratamerkinnot maalattaviksi uudelleen päällystetyille teille välittömästi päällystysten jälkeen. Lisäksi näille teille tulisi asettaa liukkaudesta varoittavat merkit ja nopeusrajoitukset. Perusteluna esitetään, että päällystystyön jälkeen onnettomuuskustannukset ovat keskimääräistä huomattavasti suuremmat.

Yhteenvedona voidaan todeta, että kunnossapitaja voi kohtuullisin kustannuksin parantaa liikenneturvallisuutta pitämällä ajoratamerkinnot selvästi näkyvinä myös varhain keväällä ja myöhään syksyllä sekä huolehtimalla tärkeimpien liikennemerkkien ja heijastavien reunapaalujen puhtaudesta.

3.3.4 Niitto ja vesakontorjunta

Yleisillä teillä v. 1976 tapahtuneista poliisin tietoon tulleista liikenneonnettomuuksista 28.9 % oli liittymäonnettomuuksia ja 14.9 % eläinonnettomuuksia (TVH 742634-76). Niitolla ja vesakontorjunnalla vaikutetaan näkemiin liittymissä ja näkyvyyteen tieltä vierialueelle, mistä tielle törmäävät eläimet tulevat. Periaatteessa niitolla ja vesakontorjunnalla voidaan välillisesti vaikuttaa enintään n. 44 %:iin yleisten teiden onnettomuuksista.

Liikenneonnettomuuksien tutkijalautakuntien raporttien v. 1971-72 mukaan tieympäristö oli myötävaikuttaneena syynä 4 %:ssa kuolemaan johtaneista liikenneympäristöonnettomuuksista, ts. noin 2 %:ssa kaikista yleisillä teillä tapahtuneista kuolemaan johtaneista liikenneonnettomuuksista. Tieympäristösyihin kuuluu mm. eläinonnettomuudet (Matilainen 1975). Chalmerin teknillisen korkeakoulun selvityksen mukaan (Tiedonanto 8/1964) onnettomuustiheys kasvaa, kun näkemä lyhenee. Alempiluokkaisilla teillä näkemään kaarteissa ja liittymissä voi vaikuttaa mm. niitolla ja vesakontorjunnalla. Liittymäonnettomuuksien vähentämiskeinoksi suositellaan näkemien parantamista mm. kasvillisuutta raivaamalla (Härkänen 1975 ja TVH/Viatek Oy 1972). Kasvillisuuden raivausta liittymistä ja liikennemerkkien edestä pidetään katujen kunnossapitotoimenpiteistä eniten liikenneturvallisuuteen vaikuttavana (Jepson 1975).

3.3.5 Talvikunnossapito

Tielain 12 § mukaan tie on talvella pidettävä moottoriajoneuvo-liikenteen tarvetta vastaavasti lumi- ja jääesteistä vapaana. Tielikenneasetuksen 15 § mukaan ajoneuvon nopeus on sovitettava olosuhteiden mukaan sellaiseksi, että kuljettaja ketään vaarantamatta varmasti hallitsee ajoneuvonsa kaikissa ennalta varottavissa olevissa tilanteissa. Asetus velvoittaa käyttämään riittävän alhaista nopeutta mm. iljanteisella tiellä. Liukas tie muodostaa kuitenkin niin suuren vaaran liikenteelle, että vaikka tielaissa tienpitäjää ei suorastaan velvoiteta liukkauden torjumiseen, on tätä kuitenkin pyritty mahdollisuuksien mukaan suorittamaan (Hintikka 1976).

Liikenneonnettomuuksien tutkijalautakuntien raporttien v. 1971-72 mukaan keli oli myötävaikuttaneena syynä joka toisessa kuolemaan johtaneessa liikenneympäristöonnettomuudessa eli joka neljännessä yleisellä tiellä tapahtuneessa kuolemaan johtaneessa liikenneonnettomuudessa. Kelisyihin sisältyy lumen ja jään liukastaman ajoradan lisäksi mm. liukkaat päällysteet, mutta kelisyys keskittyvät kuitenkin selvästi talvikuukausiin. Kelisyillä on havaittu olevan suurempi merkitys ylempiluokkaisilla teillä kuin alempiluokkaisilla (Matilainen 1975).

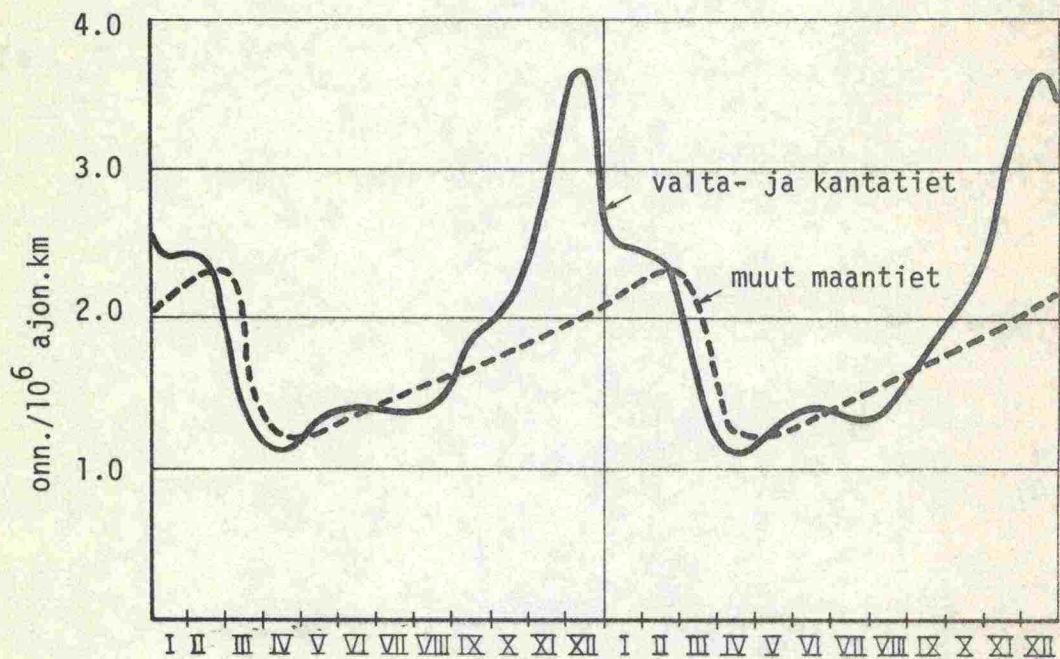
Tutkittaessa vallitsevan säätilan vaikutusta liikenneonnettomuuksien syntyyn on havaittu, että lumisade lisää ajoneuvojen välisiä onnettomuuksia ja onnettomuuksia yleensä. Sen sijaan räntäsateen on havaittu vähentävän sisämaan onnettomuuksia sekä rannikon henkilövahinko-onnettomuuksia (Pusa 1974).

Talviaikana, marras-helmikuussa, on onnettomuusaste noin kaksinkertainen kesäaikaan, huhti-elokuuhun, verrattuna. Onnettomuusasteen kuukausittainen vaihtelu oli vuosina 1970-72 valta- ja kantateilla sekä muilla maanteilla lähes samanlainen. Maanteiden onnettomuusasteet ovat likimain yhtä suuret eri tieluokilla. Talviajan korkeampi onnettomuusaste johtuu ilmeisesti talvikuukausien pimeydestä, huonoista keliolosuhteista ja vaikeista sääolosuhteista (Kulmala ja Salusjärvi 1977).

Kaikkien v. 1974 yleisillä teillä tapahtuneiden onnettomuuksien kuukausittain liikennesuoritetta kohti laskettu riski on kuvan 3.1 mukaisesti selvästi käänteinen liikennemäärien tunnetulle kausivaihtelulle. Kesällä ovat riskit pienimmillään, mutta liikennemäärät yleensä suurimmillaan. Riski joulukuussa on valta- ja kantateilla ollut vuoden korkein ja noin kolminkertainen kesäajan riskiin nähden ja noin kaksinkertainen vuoden keskimääräiseen riskiin nähden. Muiden maanteiden osalta ovat riskit olleet suurimmillaan tammi-helmikuussa ja pienimmillään huhti-toukokuussa. Vaihtelut muilla maanteilla eivät ole olleet aivan yhtä jyrkät kuin valta- ja kantateilla (Kallberg 1977).

Kuva 3.1

Kaikkien onnettomuuksien liikennesuoritetta kohti laskettu riski kuukausittain v. 1974 (Kallberg 1977)



Onnettomuustilastojen perusteella näyttää siltä, että huonoissa keliolosuhteissa risteysonnettomuuksien osuus vähenee ja suoralla ja kaarteissa tapahtuneiden onnettomuuksien osuus lisääntyy. Kun jäinen tie hiekoitetaan, tapahtumapaikkojen jakautuma lähenee kesäolosuhteiden jakautumaa. Lumisilla tai jäisillä teillä vajaa 40 % onnettomuuksista johtaa henkilövahinkoihin, kun paljaalla tiellä henkilövahinkoihin johtaa runsaat 50 % onnettomuuksista. (Mäki 1972).

Tutkimalla onnettomuusasteita valtateillä erilaisissa olosuhteissa on päätelty, että lumisella tiellä onnettomuusriski on noin 1,2-kertainen, jäisellä tiellä noin 1,8-kertainen ja runsaassa lumisateessa noin 3,5-kertainen verrattuna paljaan tien onnettomuusriskiin (Mäki 1972). Kymen piirin alueella tehdyn tutkimuksen (TVH/KI 1977) mukaan onnettomuusaste on lumisella tiellä noin 3,6-kertainen ja jäisellä tiellä noin 9,0-kertainen verrattuna paljaan tien onnettomuusasteeseen.

Ruotsalaisten suorittamien kitkatutkimusten mukaan märän jään kitkakerroin on 0,05-0,1, kuivan jään 0,1-0,3, hiekoitetun jään 0,2-0,3, märän asfaltin 0,5-0,7 ja kuivan asfaltin 0,7-0,8. Näistä arvoista voidaan päätellä, että sulattamalla jää suolan avulla voidaan tien kitkakerrointa parantaa oleellisesti (Hintikka 1976).

VTT:n tekemän teiden talvikelitutkimuksen mukaan (Lipsanen 1974) aurauksen nopeuttaa lumisen tienpinnan muuttumista jäiseksi ja paljaaksi, höyläys nopeuttaa päällysteen paljastumista. Kesätopäällysteisten teiden kelivaihtelujen on havaittu olevan suurempia kuin öljysora- ja sorateiden. VTT:n tekemän talvikelien liukkaita koskeneen selvityksen mukaan (Lipsanen 1975) kitka on pienimmillään, kun tiellä on paksu lumetai sohjokerros jään päällä. Talvella paljaan tien kitkakerroin on havaittu olevan pienempi kuin vastaavissa olosuhteissa kesällä. Lumisten tai jäisten kielten kitkakertoimien vaihtelut on todettu lyhyilläkin matkoilla erittäin suuriksi huolimatta tienpinnan näennäisestä samankaltaisuudesta. Tien suolauksen on todettu parantavan kitkaa nopeasti. Lumikerroksen kasvu vähentää nopeasti kitkaa, minkä perusteella aurauksen suositellaan kitkan parantajana niillä teillä, joita ei pidetä sulana suolan avulla. Sohjokelillä kitkan on todettu vaihtelevan nopeasti, minkä perusteella on tehty se johtopäätös, että suolasohjo on poistettava tieltä nopeasti, jos kitkaolosuhteita halutaan suolaamalla parantaa oleellisesti.

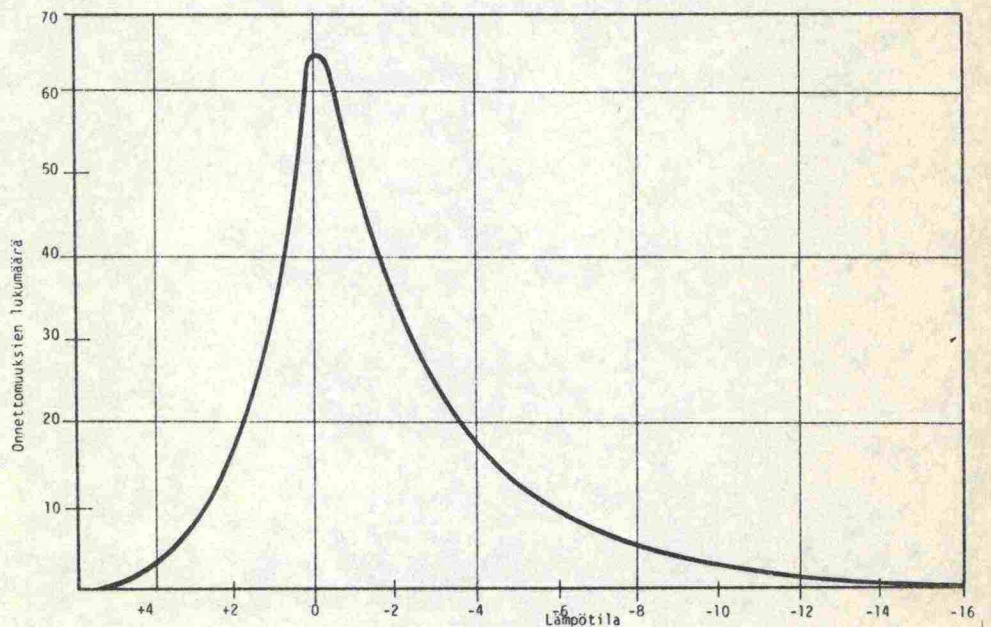
Nastarengastoimikunta suosittelee mietinnössään, että teiden talvikunnossapitoa tulisi pyrkiä tehostamaan siinä määrin, että nastojen käyttötarve ja samalla nastarenkaista aiheutuvat haitat vähenisivät. Parlamentaarinen liikennekomitea esittää osamietinnössään II, että talvikunnossapitotöitä, erityisesti liukkauden torjuntaa varten tulisi laatia kokonaisuohjelma, jonka tavoitteena on nastojen tarpeen vähentäminen.

Nastarenkaiden käytöllä on välittömiä ajoturvallisuutta parantavia vaikutuksia, mutta myös eräitä välillisiä turvallisuutta vähentäviä vaikutuksia. Onnettomuustutkimusten perusteella on saatu tulokseksi, että nastarenkaat säästävät Suomessa vuosittain 60 henkeä, mikä merkitsee noin 7 %:n onnettomuussäästöä. Nastarenkaiden taloudellisten vaikutusten selvittämiseksi on tehty laskelmia, joissa on otettu huomioon onnettomuuskustannusten lisäksi myös kunnossapitokustannukset. Lopullisia johtopäätöksiä nastarenkaiden vaikutuksesta liikenteen kokonaiskustannuksiin ei ole vielä tehty (Niemi et al. 1977).

Hintikka (1977) on käynyt läpi liikenneonnettomuuksien tutkijalautakuntien raporttien pohjalta ne vuosina 1971-75 sattuneet kuolemaan johtaneet liikenneonnettomuudet, joissa liukkaus oli ainakin osasyynä onnettomuuteen. Selvityksen mukaan suurin osa onnettomuuksista sattuu tien ollessa liukkaimmillaan. Lämpötilan ollessa $0...-1^{\circ}\text{C}$ tapahtuu 36 % em. onnettomuuksista, $+1...-2^{\circ}\text{C}$ 56 % ja $+2...-3^{\circ}\text{C}$ jopa 70 % liukkaan kelin kuolemankolareista (kuva 3.2). Valtaosa liukkaan kelin onnettomuuksista tapahtuu lämpötiloissa, joissa liukkaudentorjuntaan suolaa käyttäen on parhaat edellytykset. Tämä viittaa siihen, että suolan avulla on mahdollista alentaa liukkaan kelin onnettomuuksien lukumäärää.

Kuva 3.2

V. 1971-75 tapahtuneiden kuolemaan johtaneiden liukkaan kelin liikenneonnettomuuksien lukumäärä eri lämpötiloissa (Hintikka 1977)



Pohjois-Amerikkalaisten (Minnesota, Quebec, Ontario) tutkimusten mukaan nastarenkaiden antama turvallisuuslisä oli pieni tai olematon, mutta niiden tuottama haitta päällysteiden kuluminen muodossa huomattava. Toteutetun nastakiellon ei havaittu lisänneen onnettomuuksia. Länsi-Saksassa on päädytty samoihin tuloksiin nastarenkaiden hyödyistä ja haitoista ja määrätty nastakiello. Norjalaisten ja ruotsalaisten tutkimusten mukaan nastarenkaalliset autot olivat muita harvemmin onnettomuuksissa. Näitä tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että Pohjois-Amerikassa ja Länsi-Saksassa nastarenkaita käytettiin vain taka-akselilla ja vähemmän kuin Suomessa. Norjan ja Ruotsin olosuhteet ovat huomattavasti lähempänä suomalaisia (Kallberg 1976).

Liukkaan kelin kuolonkolarien ajallista jakautumaa kuvaava käyrä (kuva 3.3) noudattelee suurin piirtein liikennemäärän vaihtelua kuvaavaa käyrää paitsi kello 14 ja 16 välillä, jolloin tapahtuu suhteellisesti vähemmän liukkaudesta aiheutuvia kuolonkolareita kuin muita onnettomuuksia ja vähemmän kuin liikennemäärän jakautumasta voisi päätellä. Tämä voi selittyä sillä, että päivän mittaan tehty liukkaudentorjuntatyö vaikuttaa iltapäivällä onnettomuuksia alentavasti. Liukkaan kelin kuolonkolareita sattuu maanantaisin selvästi enemmän kuin muina päivinä (kuva 3.4). Syynä tähän saattaa olla mm. se, että viikonlopun aikana kunnossapitotyötä ei tehdä yhtä tehokkaasti kuin arkipäivinä (Hintikka 1977).

TVH:n tekemän "Suolaamaton tie" -kokeilun aikana suolaamattomalla tiellä kitkakertoimen keskiarvo oli 0.39 ja suolatulla tiellä 0.57. Suolaamattoman tien onnettomuusmäärässä ei havaittu tilastollisesti merkittävää muutosta verrattuna edelliseen talveen, jolloin tie suolattiin. Kaikkien onnettomuuksien lukumäärä lisääntyi hieman, mutta henkilövahinko-onnettomuuksien määrä ja uhrien määrä väheni selvästi. Pienistä määristä johtuen muutosta ei voitu pitää tilastollisesti merkittävänä (TVH 2.648).

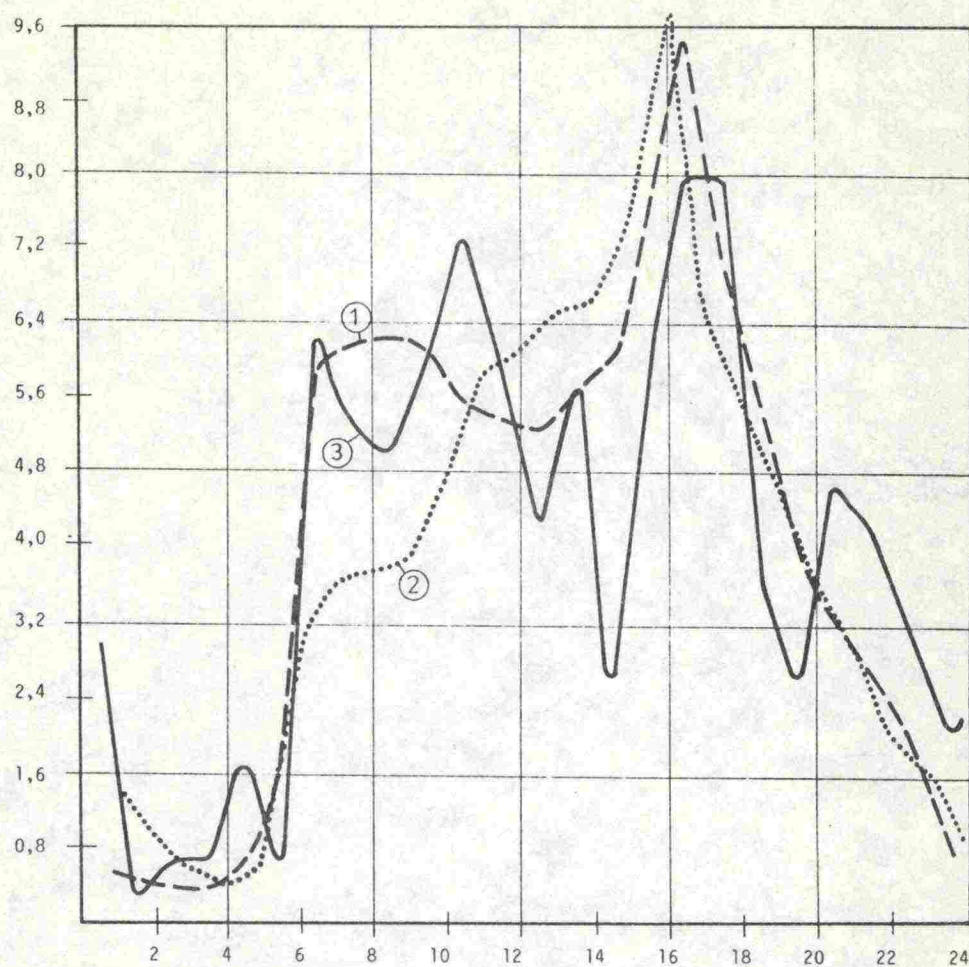
TVH:n kunnossapitotutkimuksen yhteydessä tehdyssä selvityksessä "Inhimilliset tekijät ja kunnossapito" (TVH/Viatek Oy 1972) suositellaan liukkauden torjunnan ja aurauksen valmiuden parantamista. Tutkimalla Uudenmaan läänissä vuosina 1969-1971 tapahtuneiden kuolemankolareiden syitä tutkijalautakuntien raporttien perusteella pääteltiin, että lumisohjo ja vallit tien reunoilla ja keskellä olivat myötävaikuttaneena syynä noin 10 %:ssa kuolemankolareista.

Lähes kaikissa selvityksissä, joissa on haettu keinoja liikenneturvallisuuden parantamiseen, on liukkauden torjunnan tehostamista pidetty tarpeellisena (mm. Ahlbrecht 1973, Härkänen 1975 ja TVH/Viatek Oy 1974). Kaduilla talven katsotaan heikentävän liikenneturvallisuutta kitkan pienenemisen ohella myös, koska liikennetilä kapenee, lumivallit muodostavat näkemäesteitä ja liikennemerkit saattavat vaurioitua tai peittyä lumen alle. Oikean suolauksen katsotaan lisäävän oleellisesti liikenneturvallisuutta ja helpottavan lumen raivausta (Jepson 1975).

Talvikunnossapidon tärkein tehtävä on liikenneturvallisuuden parantaminen. Edellä esitetyn perusteella tämä tavoite saavutetaan parhaiten lisäämällä kitkaa aurauksen tai liukkaudentorjunnan avulla. Oikean liukkaudentorjuntamenetelmän löytämiseksi eri olosuhteissa on kokeilutoimintaa tarpeen jatkaa.

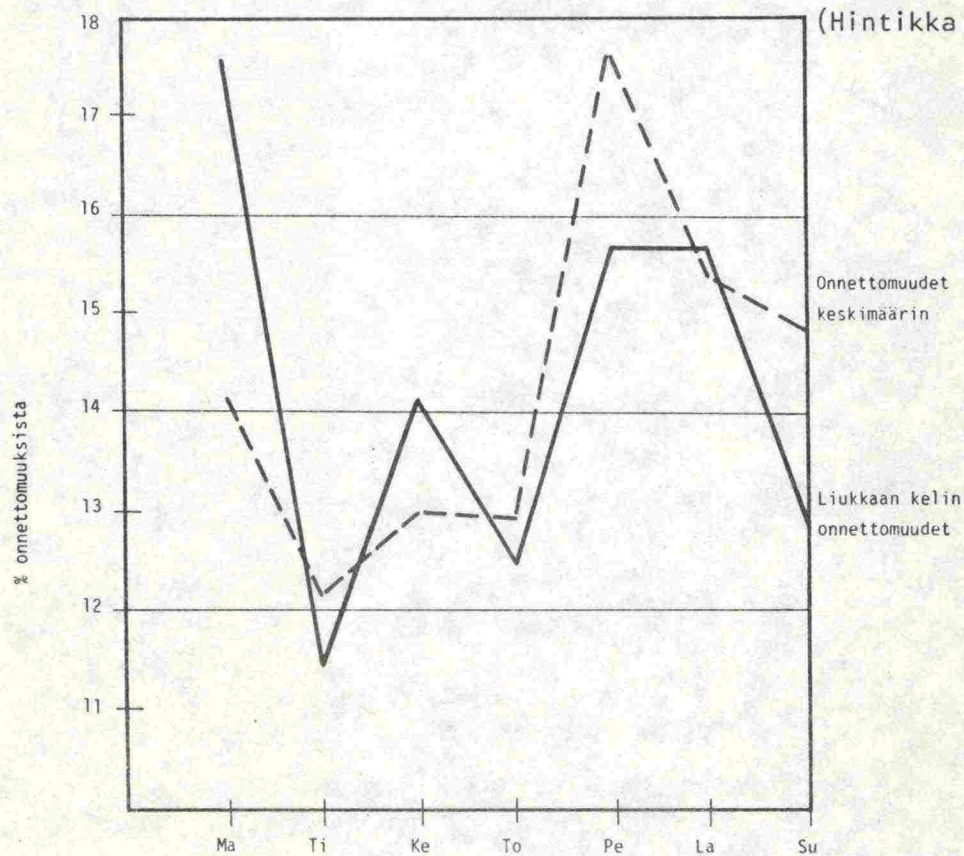
Kuva 3.3

Liikennemäärän /1/, vuoden kaikkien liikenneonnettomuuksien /2/ ja kuolemaan johtaneiden liukkaan kelin onnettomuuksien /3/ jakautuminen kellonaikojen mukaan (Hintikka 1977)



Kuva 3.4

Vuoden kaikkien liikenneonnettomuuksien ja kuolemaan johtaneiden liukkaan kelin onnettomuuksien jakautuminen eri viikonpäiville (Hintikka 1977)



3.3.6 Kantavuuden ja geometrian parantaminen

Liikenneonnettomuuksien tutkijalautakuntien raporttien mukaan tiesyyt ovat eräänä syynä noin joka toisessa kuolemaan johtaneessa liikenneympäristöonnettomuudessa eli noin joka neljännessä yleisellä tiellä tapahtuneessa kuolemaan johtaneessa liikenneonnettomuudessa (Matilainen 1975). Tiesyiden merkitys on suurempi alempiluokkaisilla teillä kuin ylempiluokkaisilla. Tiesyihin kuuluu mm. tien geometria, tien rakenteen kunto ja näkemät.

Parlamentaarinen liikennekomitea esittää osamietinnössään II, että tien geometriaa, poikkileikkausta ja näkemää tulisi parantaa onnettomuuksien kasaantumispisteissä. Kunnossapitomäärärahoja tulisi varata riittävästi, jotta tieverkko voitaisiin pitää liikenneturvallisuuden kannalta riittävän hyvässä kunnossa. Teiden kunnossapidon hyötytarkastelussa (TVH/Viatek Oy 1976) kantavuuden ja geometrian parantamisen katsottiin kuuluvan liikenneturvallisuuden kannalta tärkeimpään kunnossapitotoimenpiteiden ryhmään.

Liikenneturvallisuuden on havaittu olevan tien laatutasosta riippuvainen siten, että laatuluvun kasvaessa onnettomuusaste pienenee, mutta onnettomuuksien vakavuus kasvaa. Tien laatuluvun ja onnettomuuskustannusten välillä ei ole riippuvuutta. Tien laatuluku määräytyy ajoradan ja piennarleveyyden, tien pituuskaltevuuden, ohitusnäkemien, tienpinnan laadun ja tien kantavuuden, mahdollisten tasoristeysten ja taajamien perusteella siten, että maksimiarvo on 100 pistettä (Wahlgren 1970).

Onnettomuusastetta voidaan alentaa leventämällä ajorataa ja pientareita ja päällystämällä pientareet, loiventamalla jyrkkiä kaarteita ja pituuskaltevuuksia, parantamalla näkemiä ja optista ohjausta (Härkänen 1975). Chalmerin teknillisen korkeakoulun tekemän selvityksen mukaan (Tiedonanto 8/1964) 2-kaistaisilla teillä, joiden ajoradan leveys on pienempi kuin 5,5 - 6 m, on onnettomuustiheys selvästi suurempi kuin leveämällä teillä. Saman selvityksen mukaan harvoihin esiintyvät kaarteet ovat vaarallisempia kuin usein toistuvat yhtä jyrkät kaarteet. Pienten kaarresäteiden ja jyrkkien pituuskaltevuuksien on yhdessä todettu olevan vaarallisia. Onnettomuustiheyden on todettu kasvavan, kun näkemä lyhenee. Tien geometrian äkillisten muutosten, esimerkiksi ajoradan kapenemisen, on todettu kasvattavan onnettomuustiheyttä.

Liikenneympäristön parantamista pidetään tehokkaampana onnettomuuksien torjuntakeinona kuin kuljettajien valintaa ja koulutusta. Liikenneympäristön parantamisella pyritään liikenne tekemään helpommaksi, mikä hyödynnetään osaksi kohonneina nopeuksina ja lisääntyneenä mukavuutena, mutta myös lisääntyneenä turvallisuutena. Liikenneympäristöä parantamalla ei tule pyrkiä tekemään liikennetilanteita mahdollisimman helpoiksi, vaan pikemminkin saada ne näyttämään niin vaikeilta kuin ne todellisuudessaakin ovat, ei missään tapauksessa näennäisesti liian helpoilta (Rumar 1977).

Tien parantamis- ja vahvistamistoimenpiteiden liikenneturvallisuuksivaikutuksen selvittämiseksi on kokeiltu epäsuorien tunnuslukujen, esimerkiksi jarrutusmatkan tai sivukitkan määrittämistä. Esimerkiksi soratien päällystämisen kevyellä päällysteellä pääteltiin parantaneen turvallisuutta pienestä nopeuksien noususta huolimatta, koska jarrutusmatkat lyhenivät ja lisääntyneestä sivukitkasta käytettiin pienempi osa nopeuksien nostamiseen kuin turvallisuuden parantamiseen. Kokemuksen mukaan soratietä päällystettäessä on koko tien leveys käytettävä hyväksi, jotta kohtaamisonnettomuudet kuperassa taitteessa vältettäisiin (Thunberg 1977).

TVH:n tekemien ennen/jälkeen tutkimusten mukaan (Lipponen 1973) näkemien parantaminen tai tien oikaisu vähensi onnettomuuksia 52 %:lla. Tulos on tilastollisesti merkitsevä 95 %:n tasolla. Uusien teiden rakentamisella ja vanhojen perusparantamisella ei tässä tutkimuksessa havaittu olevan vaikutusta liikenneturvallisuuteen.

TVH:ssa on tutkittu tehostetun kunnossapidon vaikutusta liikenneturvallisuuteen (TVH/TS 1975). Tulokseksi saatiin, että tutkituilla teillä onnettomuuksien kokonaismäärä kasvoi 22 %, henkilövahinko-onnettomuuksien määrä kasvoi 46 % ja yksittäisonnettomuuksien määrä kasvoi 69 %. Kesäajan onnettomuuksien lukumäärä pysyi ennallaan, mutta talviajan onnettomuudet lisääntyivät noin 60 %:lla. Tulokset ovat tilastollisesti merkitseviä. Tehostetun kunnossapidon vaikutuksen liikenneturvallisuuteen ei tutkituilla tiejaksoilla katsottu riippuvan geometriasta. Tämä päätelmä on tosin epävarma, koska tarkastellut tiet olivat hyvin epähomogeenisia. Tien vähäisellä leventämisellä ei saavutettu turvallisuuden paranemista. Ohjeena tuleville parannustöille esitettiin, että

- tehostetun kunnossapidon yhteydessä tulisi parantaa geometrialtaan heikoimmat tienkohdat ja näkemät
- parantamisen seurauksena ei saa syntyä jyrkkiä luiskia
- parantamisen jälkeen tielle on asetettava geometriaan sopivat nopeusrajoitukset

Näätäsen (1972) mukaan normaaliin kaksikaistaisten teiden parantaminen ei lisää liikenneturvallisuutta. Oletamus, että ajosuoritusta helpottamalla voidaan vähentää virheitä ja onnettomuuksia, on osoittautunut virheelliseksi. On havaittu, että tienkäyttäjä vaikeuttaa omaa ajosuoritustaan sitä mukaa, kun tienpitäjä tekee liikenneolosuhteet helpommiksi. Tästä kokemuksesta Näätäsen tekee sen johtopäätöksen, että onnettomuudet on estettävä tienkäyttäjistä riippumattomin keinoin; ne on tehtävä fysikaalisesti mahdottomiksi.

Kunnossapidon mahdollisuuksista vaikuttaa liikenneturvallisuuteen tien kantavuutta ja geometriaa parantamalla ei vielä olla täysin selvillä. Edellä referoitujen tutkimusten mukaan vaikutukset liikenneturvallisuuteen ovat olleet tulkinnanvaraisia tai johtopäätöksiä on voitu tehdä vain tietyistä tiejaksoista. Asia kaivannee tarkempia selvityksiä tulevaisuudessa.

3.3.7 Jk- ja pp-teiden kunnossapito

Noin 13 % yleisillä teillä tapahtuneista liikenneonnettomuuksista on kevyen liikenteen onnettomuuksia (TVH 742634-76). Kevyen liikenteen onnettomuudet ovat kuitenkin seurauksiltaan vakavampia kuin kaikki onnettomuudet keskimäärin, sillä lähes puolet kuolemantapauksista ja noin neljäsosa loukkaantumisista kohdistuu jalankulkijoihin ja pyöräilijöihin (Tuomola 1975). V. 1976 18.9 % kuolemantapauksista ja 6.7 % loukkaantumisista kohdistui jalankulkijoihin, kun jalankulkijaonnettomuuksien osuus kaikista yleisillä teillä tapahtuneista poliisin tietoon tulleista liikenneonnettomuuksista oli 4.5 % (TVH 742634-76). Parlamentaarinen liikennekomitea esittää osamietinnössään II, että yleisiä teitä rakennettaessa tienpitäjän olisi kustannuksellaan rakennettava myös tiehen liittyvät kevyen liikenteen järjestelyt ja huolehdittava niiden kunnossapidosta.

Kevyen liikenteen turvallisuuden parantamiskeinoina esitetään (Härkänen 1975):

- turvallisempien risteysjärjestelyjen toteuttaminen (60 % kuolleista jalankulkijoista ja pyöräilijöistä oli ylittämässä ajorataa)
- tien valaiseminen (30 % kevyen liikenteen onnettomuuksista tapahtuu pimeään tai hämärän aikana)
- Kevyen liikenteen kaistojen rakentaminen (englantilaisen tutkimuksen mukaan toimenpide vähensi onnettomuusastetta 60 % tiellä, jonka KVL oli 5000)

Turvallisten risteysjärjestelyjen ja kevyen liikenteen kaistojen tuoma hyöty riippuu ensisijaisesti niiden käyttöasteesta, mikä taas riippuu mm. järjestelyjen miellyttävyydestä. Järjestelyjen miellyttävyys edellyttää, että väylien kunnossa- ja puhtaanapidosta huolehditaan riittävästi. Chalmerin teknillisen korkeakoulun tekemän selvityksen mukaan (Tiedonanto 8/1964) jalankulkutunnelin tai -sillan käyttöaste riippuu aikavoitosta verrattuna tasoylitykseen. Tunnelia on todettu käytettävän enemmän kuin siltaa, koska käyttö näyttää vaativan vähemmän energiaa. Seeprajuovin maalattua suojatietä on todettu käytettävän enemmän kuin pelkin reunaviivoin merkittyä.

TVH:ssa on tutkittu vuosina 1967-1969 tapahtuneita kevyen liikenteen onnettomuuksia (Alava 1971). Selvityksessä todetaan mm., että jalankulkijoiden päälleajoista 75 % oli linjaonnettomuuksia, 50 % tapahtui pimeässä tai hämärässä, 60 % tietä ylittettäessä, 20 % johti kuolemaan ja 80 % loukkaantumiseen. Jalankulkijaonnettomuuksia tapahtuu eniten marras-tammikuussa. Jalankulkijaonnettomuuksista noin 14 % tapahtuu lumisella ja noin 30 % jäisellä tiellä. Polkupyöräonnettomuuksista noin 50 % tapahtuu liittymissä, 20 % pimeässä tai hämärässä. Polkupyöräonnettomuuksista 50 % tapahtuu polkupyöräilijän kääntyessä ajoradan yli, lähes aina vasemmalle. Polkupyöräonnettomuuksista 13 % johtaa kuolemaan ja 80 % loukkaantumiseen.

Polkupyöräonnettomuuksia sattuu eniten kesä-lokakuussa.

TVH:ssa on tutkittu alikulkukäytävien käyttöä (Alava ja Laukanen 1973). Selvityksessä on todettu, että alikulkukäytäviä on tarpeeseen nähden hyvin vähän. Alikulkukäytävien käyttöä vähentää se, että käytävien edellyttämät väylät on tehty joskus huonosti, joskus jätetty kokonaan tekemättä. Alikulkukäytävien ja niihin liittyvien väylien kunnossapidon laiminlyöminen on katsottu vähentävän käyttöä oleellisesti. Erityisesti polkupyöräilijät pelkäävät alikulkukäytävissä olevia lasinsirpaleita. Selvityksessä on todettu alikulkukäytävien käyttöasteen olevan yleensä lähellä 100 %:a tai lähellä 0 %:a. Tästä on päätelty, että jos alikulkukäytävälle johtavat väylät ovat asianmukaiset ja hyvin kunnossapidetyt, jalankulkijat ja polkupyöräilijät mielellään käyttävät alikulkukäytäviä. Jos taas suunnittelu tai kunnossapito on huonoa, alikulkukäytäviä käyttävät vain koululaiset, joita koulussa on käsketty näin tekemään.

3.3.8 Muut kunnossapitotoimialaan kuuluvat työt

Tässä yhteydessä muilla kunnossapitotoimialaan kuuluvilla töillä tarkoitetaan lähinnä tievalaistusta, kuivatusjärjestelyjä ja tieympäristöön kohdistuvia toimenpiteitä. Seuraavassa selostetaan näitä toimenpiteitä koskevia eri lähteissä esitettyjä näkökohtia.

Parlamentaarinen liikennekomitea esittää osamietinnössään II mm., että teiden lähiympäristöä tulisi pehmentää suistumis- onnettomuuksien seurausten välttämiseksi. Tielakia esitetään muutettavaksi siten, että tievalaistuksen rakentaminen ja ylläpito annetaan yleisillä teillä valtion velvollisuudeksi.

Härkänen esittää (1975) mm., että tien luiskia tulisi loiventaa, koska 25 % onnettomuuksista on suistumis- onnettomuuksia. Yleisten teiden onnettomuuksista 30 % tapahtuu pimeällä ja 10 % hämärässä, joten tien valaisemisella voidaan vaikuttaa enintään 40 %:iin kaikista onnettomuuksista.

Statens väg- och trafikinstitut tekee parhaillaan selvitystä suistumis- onnettomuuksista ja tien ympäristöstä (Mohlin 1975, Pettersson 1975, Pettersson 1976). Selvityksessä on todettu mm., että Ruotsissa puolet yksittäisonnettomuuksista tapahtuu märällä, jäisellä tai lumisella tiellä. Pimeässä tapahtuu 2-3 kertaa niin paljon yksittäisonnettomuuksia kuin valoisaan aikaan. Pahimmat vauriot suistumis- onnettomuuksissa seuraavat puihin, massiivisiin rakenteisiin ja lyhtypylväisiin törmäämisestä. Selvityksen mukaan suistumis- onnettomuuksien määrää voidaan vähentää:

- leventämällä ajorataa vähintään 6.5 m leveäksi
- loiventamalla jyrkkiä kaarteita
- parantamalla optista ohjausta
- parantamalla kitkaa

Suistumisonnettomuuksien seurauksia voidaan em. selvityksen mukaan vähentää:

- poistamalla esteet tien lähiympäristöstä 6-10 m etäisyydelle ajoradan reunasta
- huolehtimalla luiskan tasaisuudesta
- rakentamalla luiska loivaksi
- "pehmentämällä" kiinteitä esteitä, esimerkiksi rakentamalla valaisinpylväät taittuviksi
- rakentamalla kaiteita

Mainitussa Statens väg-och trafikinstitutin tutkimuksessa kaiteiden haittojen on todettu olevan arvioitua pienempiä (vain 4.3 % kaiteeseen törmänneistä kimposi päin vastaantulevaa), joten kaiteiden käyttöä suositellaan estämään törmäyksiä kiinteisiin esteisiin.

Selvityksessä tie- ja liikenneteknisistä liikenneturvallisuutta parantavista toimenpiteistä (TVH/Viatek Oy 1974) ehdotetaan mm. puuston raivausta ja muiden sivusteiden poistamista tien lähialueelta. Sivutien rummut ehdotetaan siirrettäväksi liittymässä kauemmaksi päätiestä.

Hyvän tievalaistuksen on todettu taajamaolosuhteissa vähentävän onnettomuuksia noin 30 % verrattuna huonosti valaistuun tiehen (Jepson 1975). Hyvin heijastavan päällysteen avulla on todettu voitavan säästää valaistuskustannuksia 600-800 punttaa/km/v. (Lambert 1974). Tievalaistus edistää liikenneturvallisuutta, mutta valaisinpylväät muodostavat tietyn riskin. Tätä riskiä voidaan pienentää rakentamalla pylväät taittuviksi (Pettersson 1975, Rumar 1977, Sainio 1976). Tämän hetkisen tietämyksen valossa voidaan tievalaistuksen olettaa vähentävän kaikkien onnettomuuksien määrää keskimäärin 25 %:lla (TVH/K1 1977).

Highway Research Board (1969) on tutkinut kuivatusjärjestelyjen vaikutusta liikenneturvallisuuteen. Selvityksen tuloksena on muodostettu neljä periaatetta kuivatuksen järjestämiseksi aiheuttamatta liikenteelle vaaraa:

1. Tarpeettomat kuivatuslaitteet on poistettava.
2. Tarpeelliset kuivatuslaitteet on sijoitettava siten, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän vaaraa.
3. Rakenteet, joita ei voida poistaa eikä siirtää, tulisi suunnitella mahdollisessa törmäystilanteessa mahdollisimman vähän vaurioita aiheuttaviksi.
4. Ellei edellisiä periaatteita voida noudattaa, on viimeisenä keinona käytettävä suojakaidetta.

Mainitussa selvityksessä esitetään seuraavia käytännön ohjeita kunnossapidolle:

- Kaivojen kansien ajoradan ulkopuolellakin tulisi olla maan tasossa
- Rumpujen päät tulisi upottaa
- Sivutien rummut tulisi siirtää mahdollisimman kauas päätiestä liittymien kohdalla
- Ojaluisikat tulisi pitää mahdollisimman loivina
- Suojakaiteita tulisi käyttää vasta viimeisenä toimenpiteenä

3.3.9 Kunnossapitotöiden vaikutus liikenneturvallisuuteen

Ristikartano on (1968) tutkinut tietyömaiden liikenneturvallisuutta. Vuoden 1967 onnettomuustietojen mukaan työmailla sattui 1.2 - 1.5 kertaa niin paljon onnettomuuksia kilometriä kohti kuin muilla teillä keskimäärin. Ero on tilastollisesti merkitsevä. Onnettomuuksista tilastollisesti merkitsevästi suurempi osa johti loukkaantumisiin ja omaisuusvahinkoihin kuin muilla teillä; kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien määrässä ei havaittu tilastollisesti merkittävää eroa. Työmailla onnettomuussyynä on tieolosuhteet tilastollisesti merkitsevästi useammin kuin muualla. Kunnossapitotyömailla onnettomuudet ovat erittäin merkitsevästi lievempiä kuin muilla teillä ja merkitsevästi lievempiä kuin tietömailla. Kunnossapitotöissä tapahtuu ajoja esteeseen ajoradalla merkitsevästi enemmän kuin vapaalla tiellä ja melkein merkitsevästi enemmän kuin työmailla. Kunnossapitotöissä sattuneissa onnettomuuksissa tiesyyt ovat merkitsevästi yleisempiä kuin kaikissa onnettomuuksissa keskimäärin. Kunnossapitotöissä sattuneissa yhteenajoissa kunnossapitoajoneuvo on useammin syyllinen kuin toinen osapuoli, mutta ero ei ole tilastollisesti merkitsevä.

Tutkimuksessa on yhtenä työmaanonnettomuuksien syynä pidetty työmaiden puutteellista merkitsemistä, minkä ainakin osittain katsotaan johtuvan puutteellisista ohjeista. Tilanne on nyt tältä osin korjaantunut (TVH 2.341), joten Ristikartanon esittämät tiedot työmaanonnettomuuksien määristä eivät nykyisin todennäköisesti pidä paikkaansa.

Vuonna 1966 autoilijat esittivät TVH:lle 201 korvaushakemusta tiellä olevien puutteiden aiheuttamista vahingoista. Hakemusten perusteella maksettiin 41 korvausta, joiden keskimääräinen suuruus oli 550 mk. Korvaushakemusten perusteena olevien vaurioiden syyt jakaantuivat seuraavasti (Hintikka 1967):

-	Kiveen ajot	25 %
-	Kuopat	18 %
-	Auraustyö	9 %
-	Epäkuntoinen siltalaite	7 %
-	Aurasta irronneet kappaleet	5 %
-	Painuma	4 %
-	Lautalla sattuneet vauriot	4 %
-	Yliauraus	3 %
-	Tuulilasivauriot	3 %
-	Rummun sortuminen	2 %
-	Muut syyt	20 %

3.4 Ehdotuksia liikenneturvallisuuden ja kunnossapidon välisen riippuvuuden tutkimiseksi tulevaisuudessa

Tehdyn kirjallisuustutkimuksen perusteella on saatu kuva siitä, missä määrin liikenneturvallisuuden ja kunnossapidon välistä riippuvuutta on tähän mennessä tutkittu. Sellaisia selviytyksiä, jotka antaisivat suoran vastauksen kysymykseen tietyn kunnossapitotoimenpiteen vaikutuksesta liikenneturvalli- suuteen, on hyvin vähän. Seuraavassa on joitakin ehdotuksia tutkimustyön suuntaamiseksi siten, että pahimpina pidettä- vät aukot saataisiin täytetyksi.

3.4.1 Soratien laatutason vaikutus turvallisuuteen

Soratien laatutason vaikutusta liikenneturvallisuuteen voi- daan tutkia esimerkiksi tekemällä havaintoja geometrialtaan ja liikennemäärältään vertailukelpoisilla sorateilla. Tar- koitusta varten valituilta sorateilta mitataan laatua kuvaa- via lukuja, kuten tien pinnan tasaisuus, routavauriot, maa- kivet, tien pinnan pölyäminen, tien kantavuus jne. Kirjataan valituilla teillä tarkkailukauden aikana sattuneet onnettomuu- det ja onnettomuushetken kunnossapitotasoa kuvaavat luvut. Jakautumasta pyritään päättelemään laatutason vaikutusta lii- kenneturvallisuuteen.

3.4.2 Ajoratamerkinnot

Kirjallisuustutkimuksen yhteydessä tuli esille arvio, jonka mukaan ajoratamerkinnoilla olisi erityisen suuri merkitys pimeään ajan onnettomuuksiin. Koska näitä onnettomuuksia sat- tuu tavallista runsaammin varhain keväällä ja myöhään syksyl- lä, on esitetty ajatus, että ajoratamerkinnoton hyvällä kun- nolla olisi merkitystä liikenneturvallisuudelle nimenomaan em. ajankohtina. Asiaa voidaan selvittää esimerkiksi maalaa- malla joillekin tieosille ajoratamerkinnot jo varhain keväällä ja huolehtimalla niiden näkymisestä myös myöhään syksyllä. Vertaamalla näillä tiejaksoilla sattuneiden onnettomuuksien määrää edellisen vuoden ja vertailuteiden onnettomuusmääriin pyritään tekemään johtopäätöksiä ajoratamerkinnoton vaiku- tuksesta onnettomuusmääriin.

3.4.3 Niitto ja vesakontorjunta

Useissa lähteissä on osoitettu näkemän vaikutus onnettomuus- tiheyteen. Kasvillisuuden merkitys näkemäesteenä liittymis- sä ja kaarteissa sekä näkemäesteenä tieltä vierialueelle voidaan selvittää kenttähavaintojen avulla. Kenttähavainto- jen perusteella voidaan arvioida niiton ja vesakontorjunnan merkitystä näkemien kannalta ja edelleen tämän perusteella merkitystä liikenneturvallisuudelle.

Niitolla ja vesakontorjunnalla katsotaan olevan vaikutusta eläinonnettomuuksiin, mutta asiaa ei ole tutkittu. Vaikutusta voitaneen arvioida selvittämällä eläinonnettomuuksien tapahtu- mapaikkojen näkemäolosuhteet systemaattisesti samojen arviointi- perusteiden mukaisesti.

3.4.4 Talvikunnossapito

Liukkaudentorjunnan vaikutusta liikenneturvallisuudelle on eri maissa jonkin verran tutkittu, esimerkiksi suolaamaton tie -kokeilu Suomessa. Eri liukkaudentorjuntamenetelmien soveltuvuudesta eri olosuhteissa kaivataan lisää tietoa, jota kootaan esim. syksyllä -77 TVH:n toimesta käynnistyneessä selvityksessä.

3.4.5 Jk- ja pp-teiden kunnossapito

TVH:ssa on tehty selvitys alikulkukäytävien käytöstä. Suomessa ja ulkomailla on jonkin verran selvitetty kevyen liikenteen väylien vaikutusta onnettomuuksien määriin. Koska kevyen liikenteen järjestelyistä on hyötyä vain sillä edellytyksellä, että niitä todella käytetään, tulisi selvittää kevyen liikenteen väylien käytön riippuvuutta niiden kunnossapidosta samaan tapaan kuin selvitettiin alikulkukäytävien käyttöä.

3.4.6 Kunnossapitotöiden vaikutus turvallisuuteen

Ristikartano (1968) on selvittänyt tietyömaiden vaikutusta liikenneturvallisuuteen. Kunnossapitotöiden vaikutusta turvallisuuteen ei tiettävästi ole perusteellisesti tutkittu. Työkohteiden liikkuvuudesta johtuen onnettomuustilastoihin perustuvilla tutkimuksilla ei päästäne tuloksiin. Tarkkailemalla liikennettä kunnossapitotyökohteissa voidaan esim. konfliktimenetelmää soveltaen yrittää saada viitteitä erityyppisten töiden ja erilaisen työnjärjestelyn vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen.

4 KOKEMUSPERÄINEN TIETO TEIDEN KUNNOSSAPIDON VAIKUTUKSESTA LIIKENNETURVALLISUUTEEN

4.1 Tiedon keruu

Kunnossapitotoimenpiteiden vaikutusta eri tyyppisiin onnettomuuksiin pyrittiin selvittämään kysymällä asiaa suoraan kunnossapito- ja liikenneturvallisuusalan asiantuntijoilta.

Valituille asiantuntijoille lähetettiin täytettäväksi seuraavat kolme lomaketta (liite 1):

- A. Arvio tie- ja kelisyistä eri tyyppisissä onnettomuuksissa
- B. Arvio kp-toimenpiteistä, joilla voidaan vaikuttaa eräisiin liikenneturvallisuutta alentaviin tie- ja kelitekijöihin
- C. Arvio kunnossapitotoimenpiteiden vaikutuksesta eri tyyppisiin onnettomuuksiin

Lomakkeiden täyttäjät valittiin TVH:n käyttöosaston kunnossapitotoimiston ja liikennetoimiston sekä piirihallinnon ao. toimialojen henkilökunnan keskuudesta. Lisäksi lomakkeita täytti muutama Viatekin henkilökuntaan kuuluva liikenneturvallisuus- ja kunnossapitokysymyksiin perehtynyt henkilö. Turun, Keski-Suomen ja Lapin piireissä lomakkeita täyttivät seuraavat henkilöt:

- liikenneturvallisuusinsinööri
- liikenneturvallisuusrakennusmestari
- kunnossapitopäällikkö
- kunnossapidon työpäällikkö
- ylitiemestari
- kaksi tiemestaria

Vastauksia pyydettiin 34 henkilöltä, joista 32 henkilöä eli 94 % palautti lomakkeet.

4.2 Tiedon käsittely

Kunkin kyselyyn vastanneen henkilön lomakkeista A ja B laskettiin lomaketta C vastaava taulukko, joka kuvasi asianomaisen henkilön perusteltua arviota kunnossapitotoimenpiteiden vaikutuksesta eri tyyppisiin onnettomuuksiin. Verrattaessa tätä laskettua taulukkoa henkilöiden täyttämiin lomakkeisiin C voitiin todeta, että ne olivat hyvin samansuuntaisia, joskaan eivät identtisiä.

Lomakkeiden A ja B avulla tehty yhdistelmätaulukko laskettiin siten, että yhdistelmätaulukon ruutuun IJ tuli onnettomuustyyppiä J vastaavassa sarakkeessa lomakkeella A oleva arvo kertaa kunnossapitotoimenpidettä I vastaavassa sarakkeessa lomakkeella B oleva arvo summattuna kaikkien lomakkeella A ja B olevien tie- ja kelitekijöiden yli.

4.3

Tulokset

Kunkin kyselyyn vastanneen henkilön lomakkeiden A ja B avulla laskettu arvio kunnossapidon vaikutuksesta onnettomuuksiin tulostettiin erikseen. Lisäksi tulostettiin näiden taulukoiden keskiarvo (taulukko 4.1), joka kuvaa käytettävissä olevaa kokemusperäiseen tietoon perustuvaa arviota eri kunnossapitotoimenpiteiden vaikutuksesta eri tyyppisiin onnettomuuksiin. Taulukossa esiintyvät onnettomuustyyppien ja kunnossapitotoimenpiteiden numerot ovat samoja kuin kyselylomakkeella (liite 1).

Taulukon 4.1 sisältämä tieto on esitetty tiivistettynä myös kyselylomakkeen C muotoisessa taulukossa 4.2. Taulukon 4.1 numerot on muutettu taulukon 4.2 symboleiksi siten, että taulukon 4.1 numerot 0 ja 1 vastaavat taulukon 4.2 tyhjää ruutua, numerot 2-4 puoliksi mustattua ruutua ja numerot 5:stä ylöspäin kokonaan mustattua ruutua. Yhteensä-sarakkeen ruudut on saatu antamalla tyhjälle ruudulle arvo 0, puoliksi mustatulle arvo 1 ja kokonaan mustatulle arvo 2 ja laskemalla kunkin toimenpiteen keskiarvo.

Taulukossa 4.3 on esitetty yhteenveto kunnossapitotoimenpiteiden merkityksestä liikenneturvallisuudelle. Toimenpiteet on esitetty kyselyn antamassa tärkeysjärjestyksessä. Lisäksi johtopäätösten tekoa helpottamaan on merkitty näkyviin eri vastaajien yhteenvetotaulukosta kerätyt ylin ja alin tärkeysjärjestystä kuvaava sijaluku.

Yhteenveto eri tyyppisten onnettomuuksien vähentämismahdollisuuksista kunnossapittoa tehostamalla on esitetty taulukossa 4.4. Taulukko 4.4 sisältää vastaavat tiedot kuin taulukko 4.3.

4.4

Johtopäätöksiä

Taulukon 4.3 alkupään järjestys vastaa suurin piirtein ennako-odotuksia. Loppupää vaikuttaa hieman yllättävältä, sillä esimerkiksi ajoratamerkintöjen vaikutus liikenneturvallisuuteen on kirjallisuustutkimuksen perusteella huomattavasti suurempi kuin kokemusperäinen tieto osoitti. Jk- ja pp-teiden kunnossapidon olisi myös kirjallisuustutkimuksen perusteella odottanut saavan korkeamman sijaluvun.

Kyselyn perusteella voitaneen päätellä, että jos liikenneturvallisuusseikkojen annetaan määrätä kunnossapitoresurssien jakautuminen, niin talvihöyläykseen, suolaukseen ja auraukseen tulisi sijoittaa nykyistä enemmän resursseja, kun taas ajoratamerkintöihin, roskien keruuseen ja raittien kunnossapitoon riittäisi nykyistä vähemmät resurssit.

Tässä tutkimuksessa käsitelty kokemusperäinen tieto muodostui 32 kyselyyn vastanneen, työssään liikenneturvallisuuden ja kunnossapidon kanssa tekemisiin joutuvan insinöörin ja rakennusmestarin henkilökohtaisten mielipiteiden summasta. Käsitelty kokemusperäinen tieto ei näin ollen välttämättä ole monipuolisiin tutkimuksiin perustuvaa, vaan se saattaa sisältää tunneperäisiäkin vivahteita.

Taulukko 4.1

TVH/ LIIKENNETURVALLISUUDEN JA KUNNOSAPIDON ESITUTKIMUS

ARVIO KP:IN VAIKUTUKSESTA ONNETTOMUUKSIIN (onnettomuustyyppien ja kp-toimenpiteiden numeroiden merkitys on esitetty liitteessä 1)

ONNETTOMUUSTYYPIT		1	2	3	4	5	6	7	8	9	YHT.	JARJ.
KUNNOSAPITO- TOIMENPITEET	1	3.0	1.9	.9	.6	2.2	.5	1.0	.5	.4	11.0	15
	2	5.2	7.7	3.7	3.5	5.2	4.5	3.8	2.6	1.4	37.6	3
	3	14.5	16.0	6.2	4.1	13.1	7.7	8.9	3.9	2.0	77.2	1
	4	3.0	9.7	4.6	3.3	6.9	6.0	5.7	2.4	1.7	49.3	2
	5	5.6	5.4	2.9	2.3	4.6	4.1	3.7	1.4	.8	32.1	6
	6	4.2	4.7	1.9	1.8	3.2	3.1	3.1	1.2	.5	23.8	11
	7	6.3	5.3	1.1	.5	5.2	1.1	3.6	1.0	.3	24.9	9
	8	7.3	8.4	1.4	.7	6.8	2.3	4.0	1.1	.3	34.4	5
	9	9.1	8.2	1.8	1.4	7.1	2.1	4.0	1.3	.7	35.9	4
	10	6.4	5.8	.9	.3	5.6	1.1	3.1	.8	.3	24.6	10
	11	3.5	5.1	1.1	.8	3.7	1.9	2.5	1.1	.6	20.2	12
	12	7.4	7.2	1.2	.7	6.2	1.1	3.0	.8	.6	28.8	7
	13	.9	2.1	1.1	1.3	2.1	.7	1.1	1.1	.0	10.0	16
	14	5.6	6.0	1.8	2.2	5.0	2.1	2.3	1.3	.4	27.1	8
	15	1.8	2.8	2.0	4.0	1.9	.5	1.5	1.3	2.4	18.2	13
	16	1.5	2.8	.8	.7	2.0	1.7	2.0	1.6	.7	13.6	14
	17	.2	.2	.1	.2	.2	.2	.6	.6	.2	2.4	18
	18	1.3	.8	.4	.5	.8	.3	1.7	2.2	.2	7.9	17
YHT.		93.8	101.9	34.0	28.7	82.0	43.7	55.6	26.2	13.3		
JARJ.		2	1	6	7	3	5	4	8	9		

Taulukko 4.2

ARVIO KUNNOSSAPITOTOIMENPITEIDEN VAIKUTUKSESTA
ERITYYPPISIIN ONNETTOMUUKSIIN

KUNNOSSAPITOTOIMENPITEET	Toimenpiteen resurs- sien muutos kp:n hyötystäark. mukaan 1)	ONNETTOMUUSTYYPIT									
		Yksittäis- onnettomuus	Ohitus-	Käntymis-	Risteämis-	Kohtaamis-	Peräänajo-	Mopo- tai pp-	Jalankulkija-	Eläin-	Yhteensä
TALVI											
aurausviitoitus	-	■	□	□	□	■	□	□	□	□	□
auraus	+	■	■	■	■	■	■	■	■	□	■
höyläys	+	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
suolaus	+	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
suolahiekoitus	-	■	■	■	■	■	■	■	□	□	■
hiekoitus		■	■	■	■	■	■	■	□	□	■
KELIRIKKOAIKA											
Ls ja ms lisääminen	-	■	■	□	□	■	■	■	□	□	■
runkov. korjaaminen	+	■	■	□	□	■	■	■	□	□	■
kant. ja geom. par.	+	■	■	■	□	■	■	■	□	□	■
KESA											
sr tasaus	-	■	■	□	□	■	□	■	□	□	■
pölynsidonta	+	■	■	□	□	■	■	■	□	□	■
pääll. paikkaus	+	■	■	□	□	■	■	■	□	□	■
ajoratamerkinnt	+	□	■	□	□	■	□	□	□	□	□
liikennem. kp.	+	■	■	■	■	■	■	■	□	□	■
niitto, vesakontorjunta	+	■	■	■	■	■	□	■	□	■	■
tienpinnan harjaus	+	■	■	□	□	■	■	■	□	□	■
roskien keruu	+	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
raittien kp.		□	□	□	□	□	□	■	■	□	□

1) TVH:n käyttöosaston ja Viatek Oy:n julkaisematon selvitys vuodelta 1976.

□ ko. kp-toimenpiteellä ei vaikutusta ko. onnettomuustyyppiin
 ■ -"- lievä vaikutus -"-
 ■ -"- selvä vaikutus -"-

Taulukko 4.3 Liikenneturvallisuuden kannalta tehokkaimmat kunnossapitotoimenpiteet

Järj.luku	Kp-toimenpide	Ylin sija	Alin sija	Hajonta
1	Talvihöyläys	1	4	0.9
2	Suolaus	1	18	5.0
3	Auraus	1	13	2.8
4	Kant. ja geom. par.	2	18	5.2
5	Runkov. korjaaminen	3	18	3.9
6	Suolahiekoitus	1	18	4.6
7	Päällysteiden paikkaus	3	13	3.1
8	Liikennem. kp	1	18	5.8
9	Ls ja ms lisääminen	2	18	5.2
10	Soratien tasaaminen	2	18	5.1
11	Hiekoitus	1	18	5.0
12	Pölynsidonta	2	18	4.6
13	Niitto, vesakontorjunta	4	18	3.5
14	Tienpinnan harjaus	3	18	4.9
15	Aurausviitoitus	1	17	3.9
16	Ajoratamerkinnot	5	18	3.5
17	Jk- ja pp-teiden kp	5	18	4.0
18	Roskien keruu	14	18	3.6

Taulukko 4.4 Onnettomuustyyppit, joihin kunnossapito eniten vaikuttaa

Järj.luku	Onnettomuustyyppi	Ylin sija	Alin sija	Hajonta
1	Ohitusonnettomuudet	1	3	0.7
2	Yksittäis "	1	9	1.8
3	Kohtaamis "	1	7	1.5
4	Mopo- tai pp "	1	9	1.9
5	Peräänajo "	3	8	1.6
6	Kääntymis "	2	8	1.9
7	Risteämis "	4	9	1.6
8	Jalankulkija "	4	9	1.6
9	Eläin "	4	9	1.5

LIIKENNEONNETTOMUUSTILASTOJEN JA KUNNOSSAPITOTÖIDEN VERTAILU TIEMESTARIPIIREITTAIN

5.1 Tietojen hankinta

Tarkastelua varten hankittiin TVH:n liikenneonnettomuusrekisteristä tiemestaripiirikohtaiset tiedot TVH:n hoidossa olevilla teillä vuosina 1974-76 sattuneista liikenneonnettomuuksista. Kaikkien liikenneonnettomuuksien tiemestaripiirikohtainen kokonaismäärä saatiin tieluokittain (moottori- ja moottoriliikennetiet, valta- ja kantatiet sekä muut maantiet) ja päällystetyypeittäin (kestopäällyste, kevytpäällyste ja sorapäällyste). Onnettomuudet saatiin erikseen kesäajalta (toukokuu - syyskuu) ja talviajalta (lokakuu - huhtikuu). Henkilövahinko-onnettomuuksien lukumäärä saatiin kolmen vuoden yhteissummana edellä mainitun jaottelun mukaisesti.

TVH:n tierekisteristä saatiin tarvittavat tiestö- ja liikennetiedot. Tiestötietoina hankittiin tiepituudet tiemestaripiireittäin edellä mainitun tieluokka- ja päällystetyyppiin mukaisesti. Liikennetietoina hankittiin autojen liikennesuorite edellä mainitun tieluokka- ja päällystetyyppiin mukaisesti.

Työssä käytetyt säätiedot saatiin Ilmatieteen laitokselta. Tarkoitusta varten riittävinä tietoina pidettiin 20:lta valitulta, eri puolilla maata sijaitsevalta säähavaintoasemalta kerättyjä päivittäisiä sademäärätietoja. Näiden tietojen avulla selvitetiin vuosilta 1974-76 kunkin vuoden lumisademäärä, vesisademäärä, lumisadepäivien lukumäärä ja poutakausien lukumäärä. Sadepäivinä pidettiin niitä päiviä, joina satoi vähintään 1.0 mm. Poutakausina pidettiin niitä ajanjaksoja, joina oli satamatta yhtäjaksoisesti vähintään 7 vrk.

Kunnossapitotietoina selvitetiin vuosien 1974-76 tiemestaripiirikohtaiset kunnossapitokustannukset ja -suoritteet tärkeimpinä pidettyjen litteroiden osalta.

5.2 Tietojen käsittely

Kaikki hankitut lähtötiedot olivat ATK- listojen tai taulukoiden muodossa. Lähtötiedon käsittelyn mahdollistamiseksi tiedot koodattiin tarkoitusta varten laadituille lomakkeille ja lävistettiin reikäkortteille. Lähtötiedoista muodostettiin magneettinauhalle tiedosto, jota jatkossa käytettiin.

Tietojen käsittelyn keskeinen osa oli regressiomallien muodostaminen. Pyrittiin muodostamaan joukko malleja, jotka selittäisivät mielekkään tuntuisesti jaotellun tiestökokonaisuuden onnettomuusastetta tai onnettomuustiheyttä tiettyinä aikoina sopivilta tuntuneiden kunnossapito- ja säätekijöiden avulla. Jotta maan eri osien väliset olosuhde-erot eivät aiheuttaisi malleissa sekaannusta, päädyttiin käsittelemään kunnossapitoalueet A, B ja C kukin erikseen. Seuraavat regressiomallit muodostettiin :

- 1 talviaika, kestopäällystetyt maantiet
- 2 talviaika, kevyt- ja sorapäällysteiset maantiet
- 3 kesäaika, kevyt- ja kestopäällysteiset maantiet
- 4 kesäaika, sorapäällysteiset maantiet
- 5 koko vuoden henkilövahinko-onnettomuudet
- 6 talviajan onnettomuustiheys, kestopäällystetyt maantiet

Laskennoissa käytettiin HYLPS:in ohjelmapakettia. Mallit muodostettiin valikoivaa regressioanalyysiä käyttäen. Kuttakin mallia varten laskettiin lähtötiedoista 7-13 selittävää muuttujaa, joista ohjelma valitsi muodostamaansa malliin parhaat selittäjät. Saadut regressiomallit ovat liitteessä 2.

Selitettävän muuttujan ja selittävien muuttujien väliset korrelaatiokertoimet on esitetty liitteessä 3. Liitteeseen on poimitu vain niiden muuttujien korrelaatiokertoimet, jotka esiintyvät lasketuissa malleissa selittävinä muuttujina.

5.3

Regressiomallien tarkastelu

Muodostetut regressiomallit ja niiden selitysasteet ($MCS = R^2$) on esitetty liitteessä 2. Mallien käyttökelpoisuutta arvioitaessa voidaan lähteä nyrkkisäännöstä, jonka mukaan selitysasteen tulisi olla vähintään 0.50, jotta mallilla olisi merkitystä tarkasteltavan ilmiön selittäjänä. Tulostetuista malleista suurin selitysaste (0.29) on talviajan onnettomuustiheyttä kestopäällysteisillä maanteilla kunnossapitoalueella A selittävällä mallilla. Mikään muodostetuista malleista ei siten ole riittävän hyvä onnettomuusasteen selittäjä.

Liitteen 2 malleissa on ne selittäjät merkitty yhdellä, kahdella tai kolmella tähdellä, joiden regressiokerroin poikkeaa nolasta melkein merkitsevästi, merkitsevästi tai erittäin merkitsevästi. Näillä muuttujilla, joiden t-arvo on vähintään 2, voidaan katsoa olevan merkitystä mallissa. Ne mallit, joissa ainakin jonkin selittävän muuttujan kerroin poikkeaa nolasta, ovat muodollisesti mielekkäitä. Tällä perusteella mielekkäitä ovat liitteen 2 mallit 2A, 2B, 3B, 4A, 5B, 6A ja 6B.

Jos oletetaan, että kunnossapidon suoritteiden tai kustannusten lisääminen alentaa onnettomuusastetta, pitäisi malleissa selittävien muuttujien kertoimien olla negatiivisia. Malleissa esiintyy kuitenkin myös positiivisia kertoimia. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että selittävät muuttujat ovat keskenään riippuvaisia (multikollineaarisuus). Multikollineaarisuutta voidaan pitää haitallisen suurena, jos selittävien muuttujien keskinäinen korrelaatio on suurempi kuin 0.6. Tätä suurempia korrelaatiokertoimia on muodostettujen mallien selittävien muuttujien välille laskettu. Lisäksi on oletettavissa, että selitettävä onnettomuusaste ja selittävät muuttujat riippuvat osittain samoista tekijöistä.

Muodostettuja malleja ei voi pitää hyvinä onnettomuusasteen selittäjinä. Regressioanalyysiä yleensäkin ei tässä tutkimuksessa saadun kokemuksen perusteella voi pitää sopivana liikenneturvallisuuden ja kunnossapidon välisen riippuvuuden tarkastelumenetelmänä.

5.4

Korrelaatiokertoimen tarkastelu

Liitteessä 3 on esitetty selitettävän ja selittävien muuttujien väliset korrelaatiokertoimet niiden selittävien muuttujien osalta, jotka ovat mukana liitteessä 2 esitetyissä regressiomalleissa. Saadut korrelaatiokertoimet ovat yleensä hyvin pieniä eivätkä poikkeaa nolasta merkitsevästi. T-testin avulla on päätelty, että tässä aineistossa seuraavan suuruiset korrelaatiokertoimet poikkeavat nolasta:

- kerroin 0.25 poikkeaa nolasta melkein merkitsevästi
- kerroin 0.35 poikkeaa nolasta merkitsevästi
- kerroin 0.40 poikkeaa nolasta erittäin merkitsevästi

Tämän mukaisesti ainoa erittäin merkitsevästi nolasta poikkeava korrelaatiokerroin löytyy mallista 6, jossa liikennemäärän ja onnettomuustiheyden välinen korrelaatiokerroin on 0.54. Merkitsevästi nolasta poikkeavia korrelaatiokertoimia löytyy malleista 2 ja 5. Mallissa 2 liikennemäärän ja onnettomuusasteen välillä on merkitsevä negatiivinen korrelaatio. Mallissa 5 henkilövahinko-onnettomuuksien mukaan lasketulla onnettomuusasteella ja liikennemäärällä on merkitsevä negatiivinen korrelaatio.

Melkein merkitsevästi nolasta poikkeavia korrelaatiokertoimia löytyy lähes kaikista malleista. Mallissa 1 liikennemäärän ja onnettomuusasteen välillä on melkein merkitsevä negatiivinen korrelaatio, samoin mallissa 2 ja 4. Mallissa 2 tiekilometrin höyläyskerrat/lumisadepäivät korreloi melkein merkitsevästi positiivisesti onnettomuusasteen kanssa. Mallissa 5 tiemestaripiirin kunnossapitokustannusten summa korreloi melkein merkitsevästi negatiivisesti koko vuoden henkilövahinko-onnettomuuksista lasketun onnettomuusasteen kanssa. Mallissa 6 liikennemäärä korreloi melkein merkitsevästi positiivisesti onnettomuustiheyden kanssa, samoin suolauskustannukset ja höyläyskerrat.

Lasketut korrelaatiokertoimet ovat yleisesti ottaen niin pieniä, että useimmat niistä eivät poikkea nolasta merkitsevästi. Lisäksi selitettävän ja tietyn selittävän muuttujan välisen korrelaatiokertoimen merkki vaihtelee mallista riippuen, ts. tietty tekijä näyttää korrelaatiokertoimen mukaan arvioiden joko lisäävän tai vähentävän onnettomuuksia. Näin ollen korrelaatiokertoimen tarkastelun avulla ei voi päätellä, että tietyn kunnossapitotoimenpiteen lisääminen parantaisi liikenneturvallisuutta. Tosin ei myöskään voida päätellä, että kunnossapito ei vaikuta liikenneturvallisuuteen.

5.5 Karttaesitykseen perustuva alueellinen vertailu

Onnettomuusasteen ja kunnossapidon välisen riippuvuuden vertailua varten piirrettiin karttoja, jotka kuvaavat em. tekijöiden vaihtelua maan eri osissa. Liitteestä 4 näkyy kestopäällysteisten maanteiden talviajan onnettomuusasteen vaihtelu, liitteestä 5 aurauksen ja liitteestä 6 suolauksen vaihtelu maan eri osissa.

Karttoja piirrettäessä lähdettiin liikkeelle tiemestaripiirikohdaisista tiedoista. Tilastotiedoista muodostettiin numeerinen maastomalli, jonka perusteella tulostettiin piirturilla muuttujien vaihtelua maan eri osissa kuvaavat samanarvokäyrät. Havainnollisuuden lisäämiseksi karttoihin on rasteroitu normaaleina pidettävät ja poikkeukselliset alueet keskiarvon hajonnan perusteella.

Onnettomuusasteen vaihtelua kuvaavasta kartasta nähdään, että onnettomuusaste vaihtelee varsin epäjohdonmukaisen näköisesti ja runsaastikin suhteellisen pienellä alueella. Tätä vaihtelua ei voida selittää eroilla ilmastossa, tiestön rakenteessa, liikenteen määrässä, topografiassa tai kansanluonteessa. Ainoa tiestöön liittyvä tekijä, joka voi lyhyelläkin matkalla vaihdella, on kunnossapidon taso. Vaihtelut kunnossapidon tasossa taas riippuvat monista tekijöistä.

Vertailemalla onnettomuusasteen vaihtelua kuvaavaa karttaa kunnossapidon työmäärien vaihtelua kuvaaviin karttoihin havaitaan, että eräillä alueilla erot kunnossapidon työmäärissä näyttävät selittävän eroja onnettomuusasteissa.

Karttojen pohjalta ei kuitenkaan pidä tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Voidaan vain todeta, että kunnossapidolla ilmeisesti on ainakin jossain määrin vaikutusta liikenneturvallisuuteen.

SAATILAN VAIKUTUS LIIKENNEONNETTOMUUKSIEN MÄÄRIIN
TVL:N UUDENMAAN PIIRIN ALUEELLA

Jos liikenne-, tie- ja keliolosuhteet pysyvät muuttumattomina, pitäisi riittävän laajan tieverkon, esim. yhden piirin alueella tapahtuvien päivittäisten onnettomuuksien lukumäärän muodostaa normaalisti jakautunut joukko. Jos todetaan, että onnettomuuksien lukumäärä joinakin päivinä on selvästi suurempi kuin kyseisen ajanjakson keskiarvo ja keskihajonta edellyttävät, tämän täytyy johtua jostakin tilapäisestä, tieverkon varsinaiseen rakenteeseen liittymättömästä tekijästä. Tällaisia tekijöitä ovat esim. sää- ja keliolosuhteet.

Sen seikan toteamiseksi, onko löydettävissä selvästi poikkeavia onnettomuuspäiviä, laskettiin Uudenmaan piirin tieverkolla sattuneiden onnettomuuksien lukumäärä päivittäin vuosilta 1975 ja 1976. Onnettomuustietoja verrattiin päivittäisiin sademäärätietoihin. Tämän lisäksi tutkittiin pahimpina onnettomuuspäivinä sattuneiden onnettomuuksien laatu. Tarkastelun perusteella voidaan todeta seuraavaa:

- Päivittäin sattuneiden onnettomuuksien lukumäärä muodostaa normaalisti jakautuneen joukon.
- Päivittäisten onnettomuuksien lukumäärä on Uudenmaan piirissä keskimäärin 4.3 onnettomuutta päivässä ja vuoden keskihajonta on 3.0. Päivittäisten onnettomuuksien keskiarvot kuukausittain näkyvät kuvassa 6.1.
- Normaalijakautuman mukaan melko harvinaisina tapauksina pidettiin niitä päiviä, joina sattui vähintään 11 onnettomuutta (keskiarvo + 2 x hajonta). Tällaisia päiviä oli vuosina 1975 ja 1976 keskimäärin 12 vuodessa.
- Pahimmat onnettomuuspäivät olivat yhtä poikkeusta lukuunottamatta kaikki loka - maaliskuun välisenä aikana. Todennäköisyys sille, että 12 satunnaisesti valitusta päivästä 11 osuu samalle vuosipuoliskolle, on 0.02. Tämän perusteella voidaan ilman mainittavaa erehtymisen vaaraa väittää, että pahimpien onnettomuuspäivien kasaantumiselle talvikaudelle on jokin syy.
- Verrattaessa kunkin kuukauden päivittäisten onnettomuusmäärien hajontaa kyseisen kuun onnettomuuksien keskiarvoon voitiin todeta, että touko - syyskuussa sattuu onnettomuuksia varsin tasaisesti ja tällöin hajonta on n. 50 % keskiarvosta (kuva 6.2). Tämä viittaa siihen, että kesäaikana ovat liikenneolosuhteet varsin tasaiset eikä sääolosuhteilla ole merkittävää vaikutusta onnettomuusmääriin. Kesäaikana ei ole ollenkaan tilastollisesti pahoja onnettomuuspäiviä.

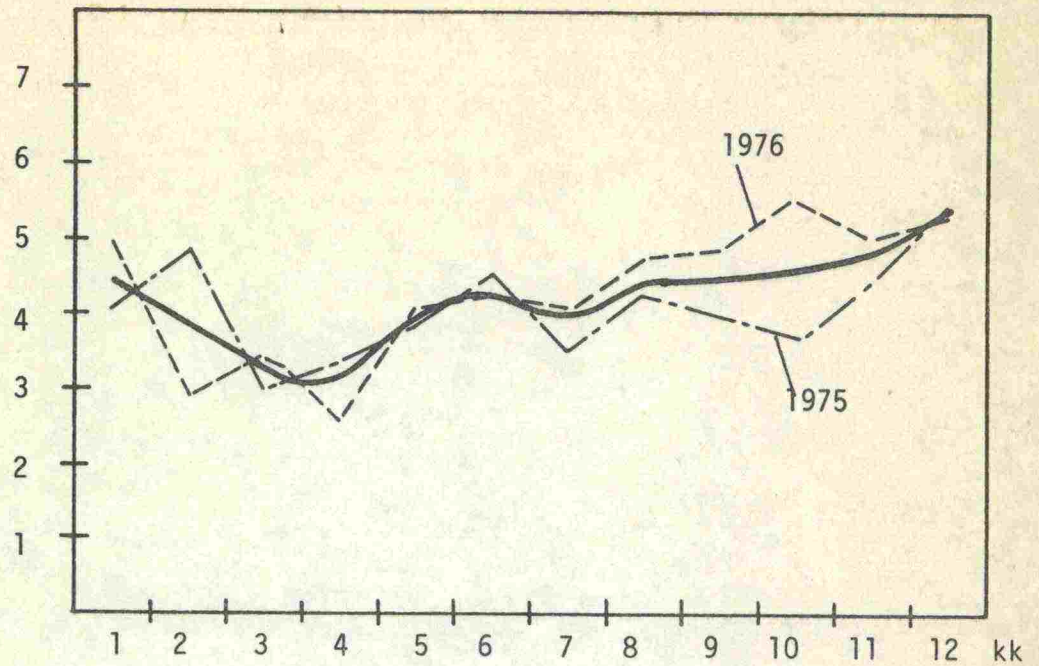
- Loka - tammikuun aikana onnettomuusmäärien päivittäinen hajonta on selvästi suurempi kuin kesällä. Tämä viittaa siihen, että tähän vuodenaikaan ajo-olosuhteet vaihtelevat paljon päivästä toiseen aiheuttaen pahoja onnettomuuskertymiä.
- Helmi - huhtikuun aikana onnettomuusmäärien hajonta on syyskauttakin suurempi. Tämä viittaa siihen, että liikennöintiolosuhteet talvella vaihtelevat varsin runsaasti. Hajontaa on omiaan lisäämään talvikautena se, että pahojen onnettomuuspäivien lisäksi esiintyy myös päiviä, jolloin onnettomuuksia ei satu ollenkaan. Tämä viittaa siihen, että näinä päivinä ajo-olosuhteet ovat erityisen turvalliset.
- Pahimpina onnettomuuspäivinä onnettomuuksien vakuusaste vastaa varsin tarkoin vuoden kaikkien onnettomuuksien keskiarvoa.
- Pahimmat onnettomuuspäivät liittyvät selvästi jäisiin keliolosuhteisiin ja hyvin usein myös räntä- tai lumisateeseen. Keli on ollut luminen tai jäinen n. 85 %:na näistä päivistä. Lumi- tai räntäsadepäiviä on ollut n. 65 % pahoista onnettomuuspäivistä. Melkein poikkeuksetta on lumisadepäivinä sattunut onnettomuuksia myös kirkkaan tai pilvipoudan vallitessa. Tämä viittaa siihen, että säätila on päivän aikana muuttunut.
- Verrattaessa päivittäisiä sademääriä voidaan todeta, että talvikuukausina tammi - maaliskuussa liittyvät pahimmat onnettomuuspäivät yleensä pahimpiin lumisadepäiviin. Jos lasketaan niiden lumisadepäivien onnettomuusmäärät, joina sataa vähintään 4 mm lunta tai räntää sekä otetaan mukaan näitä päiviä välittömästi seuraavat päivät, ovat näiden päivien onnettomuusmäärät keskimäärin kaksinkertaiset kaikkien päivien keskiarvoon verrattuna.
- Syksyllä loka - joulukuussa on havaittavissa aivan sama ilmiö, siis runsaat lumi- tai räntäsadepäivät ja näitä seuraavat päivät ovat noin kaksi kertaa muita päiviä vaarallisempia. Varsin pienetkin sademäärät lisäävät onnettomuusriskiä, jos edellisen päivän lumisade muuttuu räntäsateeksi tai päinvastoin. Samoin on selvästi havaittavissa ensimmäisten lumisateiden vaarallisuus. Tästä on esimerkkinä vuoden 1976 29.10. - 02.11. välinen jakso, jolloin joka päivä satoi lunta tai räntää ja onnettomuusmäärät olivat n. kaksinkertaiset normaaliin verrattuna.
- Talvikuukausina tammi - maaliskuussa on varsin usein myös päiviä, jolloin ei satu ollenkaan onnettomuuksia. Sademäärätietojen perusteella näinä päivinä on ollut heikkoa lumisadetta. Nämä päivät ovat turvallisempia kuin esim. täysin sateettomat talvipäivät.

- Kesäkuukausina vaihtelevat onnettomuusmäärät varsin vähän päivästä toiseen, eikä pahoja onnettomuuspäiviä tai onnettomuuksista täysin vapaita päiviä ole ollenkaan. Tämä viittaa siihen, että esim. sää- tai kelitekijällä ei ole kesän aikana suurtaakaan vaikutusta liikenneturvallisuuteen. Verrattaessa esim. niiden kesäpäivien onnettomuuslukuja, joina on satanut yli 4 mm vettä kaikkien kesäpäivien keskiarvoon ei voida todeta onnettomuusmäärien nousua muuten kuin mahdollisesti aivan vähäisessä määrin. Ero on vajaa 10 %.

Tehdyn tarkastelun perusteella näyttää siltä, että jos halutaan tutkia säätekijöiden vaikutusta onnettomuusmääriin, täytyy tietoja käsitellä yhden kalenteripäivän tarkkuudella. Uudelleen piiriä koskeneen suppean tarkastelun perusteella voidaan jo todeta, että sää- ja kelitekijöillä näyttää olevan selvä yhteys onnettomuusmääriin. Syksyn ja talven pahimmat onnettomuspäivät ovat ilmeisesti kutakuinkin luotettavasti ennustettavissa säätilanteen kehityksen pohjalta. Näyttääkin siltä, että tutkimalla asiaa riittävän perusteellisesti ja ottamalla tarkastelun piiriin valtakunnan eri osat sekä myös muita sää-tietoja kuin sademäärät on ennakoitavissa ne sääolosuhteet, jotka aiheuttavat 10-15 pahaa onnettomuspäivää vuodessa. Jos tällaiset päivät voidaan ennustaa, hyötyy siitä liikenneturvallisuutta edistävä kunnossapito ja autoilijoita voitaisiin nykyistä selvemmin varoittaa vaarallisista liikennöintiolosuhteista.

Jos oletetaan, että maan eri osissa on syksyn ja talven aikana keskimäärin 14 pahaa onnettomuspäivää, jolloin onnettomuuksien lukumäärä on kaksinkertainen "normaaliin" päiviin verrattuna, voidaan laskea, että näinä päivinä sattuu koko maassa onnettomuuksia yleisillä teillä yhteensä n. 800 kpl, joista kuolemaan johtaneita onnettomuuksia 80 kpl. Kehittämällä säätiedotukseen liitettävä selkeä ja luotettava varoitusjärjestelmä seuraavana päivänä odotettavissa olevasta kaksinkertaisesta onnettomuusriskistä voidaan vaikuttaa varsin suuriin onnettomuusmääriin, vaikka varoituksia annettaisiinkin hyvin harkitusti, jotta niiden teho ei kärsisi inflaatiota.

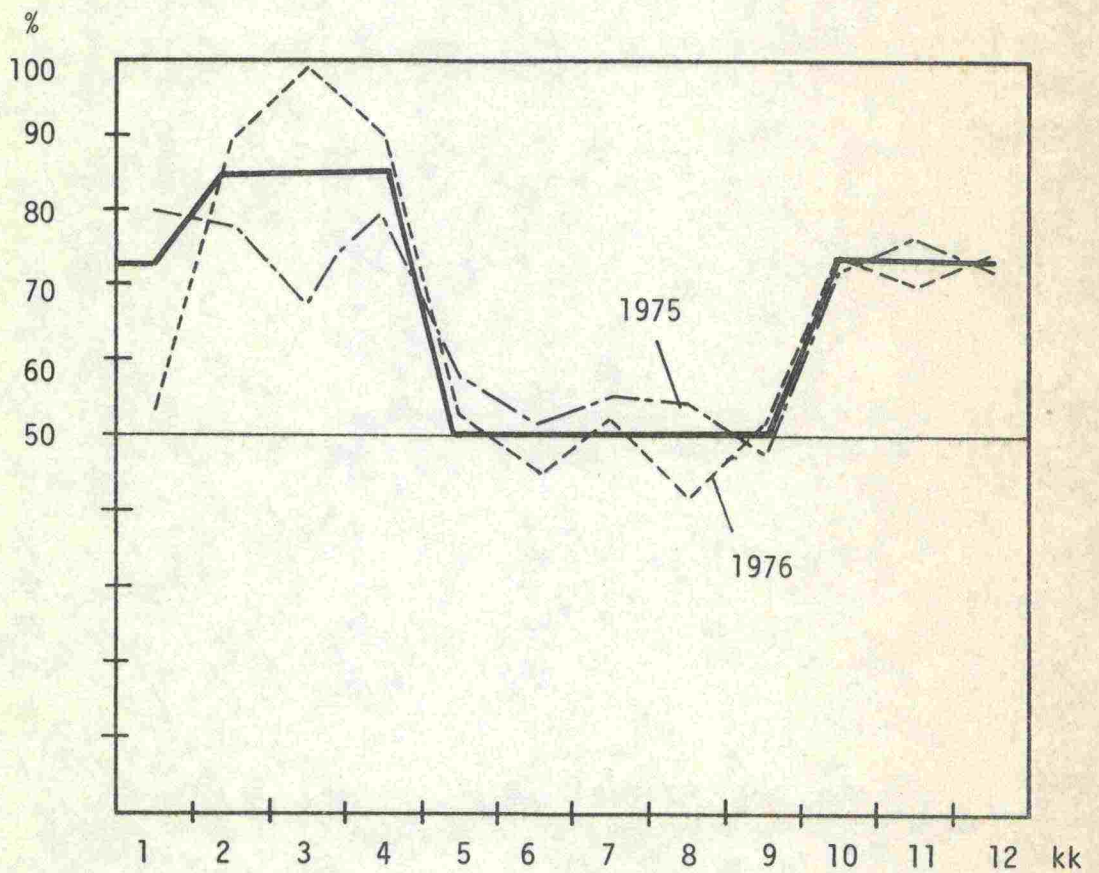
Onnettomuuksia päivässä keskimäärin



Kuva 6.1

LIIKENNEONNETTOMUUKSIEN PÄIVITTÄISET KESKIARVOT
KUUKAUSITTAIN UUDENMAAN PIIRISSÄ

Hajonta kuukauden keskiarvosta



Kuva 6.2

LIIKENNEONNETTOMUUKSIEN MÄÄRÄN PÄIVITTÄISEN VAIHTELUN
HAJONTA KUUKAUSITTAIN KUUKAUDEN KESKIARVOSTA UUDENMAAN
PIIRISSÄ

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Kirjallisuustutkimus

Kirjallisuudessa esitettyjen tietojen mukaan voidaan tieosuuden kaikkien onnettomuuksien lukumäärää alentaa n. 10 % päällysteiden kunnossapidon avulla. Tämä edellyttää sitä, että kunnossapidon avulla vesiliirtovaara vältetään ja märän kelin kitka pysyy samalla tasolla kuin kuivalla kelillä.

Ajoratamerkintöjä ja liikennemerkkejä on kirjallisuudessa pidetty kustannuksiinsa nähden tehokkaimpina liikenteen turvaamistoimenpiteinä. Reunaviivoja maalaamalla on arvioitu saatavan 20 %:n vähennys kaikkien onnettomuuksien lukumäärään ja 40 %:n vähennys kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien lukumäärään. Tehokkaimpina liikennemerkinä on pidetty pakollista pysähtymistä, jonka avulla kaikkien onnettomuuksien lukumäärää voidaan vähentää 40 %, kuolemaan johtaneiden 80 % ja vammautumiseen johtaneiden 30 %.

Kirjallisuustietojen mukaan lumisen tien onnettomuusaste on n. 3,6 kertainen ja jäisen tien n. 9,0 kertainen verrattuna paljaan tien onnettomuusasteeseen. Tästä voidaan päätellä, että kitkan parantaminen kunnossapidon avulla vaikuttaa oleellisesti talvikauden liikenteen turvallisuuteen.

7.2 Onnettomuus- ja kunnossapitotilastojen vertailu

Muodostetut regressiomallit eivät ole selitysasteeltaan niin hyviä, että niiden avulla voitaisiin tarkasti laskea jonkun kunnossapitotekijän vaikutusta onnettomuusmääriin. Syynä epätarkkuuteen lienee se, että onnettomuusaste ja kunnossapidon työmäärä riippuvat osittain samoista tekijöistä.

Malleissa parhaita selittäjiä ovat kestopäällystetyillä teillä höyläys sekä öljysorasteilla hiekoitus ja auraus. Saatujen mallien selitysaste on kuitenkin niin alhainen, että mainittujen toimenpiteiden vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen ei voi tehdä johtopäätöksiä.

Regressiomallien selittävien muuttujien ja onnettomuusasteen väliset korrelaatiokertoimet olivat yleensä niin pieniä, että ne eivät poikenneet nolasta merkitsevästi. Korrelaatiokertoimien perusteella ei voi tehdä liikenneturvallisuuden ja kunnossapidon välistä riippuvuutta koskevia johtopäätöksiä.

Vertaamalla tiemestaripiirikohtaista onnettomuusastetta maan eri osissa on havaittu, että onnettomuusaste vaihtelee varsin satunnaisesti. Mitään selvää alueellista riippuvuutta ei ole havaittavissa, vaan lähellä toisiaan olevien tiemestaripiirien onnettomuusaste saattaa poiketa huomattavastikin (liite 4). Tällaista vaihtelua ei voida selittää liikennemäärän vaihtelun tai poikkeavien sääolosuhteiden avulla. Mahdollinen selitys on kunnossapidon tasossa ja töiden ajoituksessa oleva ero (liitteet 5 ja 6).

Tiemestaripiirikohtaisten liikenneonnettomuustilastojen ja kunnossapidon suorite- ja kustannustietojen vertailua vaikeuttaa se, että käytettyjen tilastojen luotettavuudesta ei ollut käytettävissä täsmällistä tietoa. Onnettomuustilastojen edustavuutta on eri yhteyksissä tutkittu ja todettu, että vakuutusyhtiöiden tilastoissa on noin 1.5 kertaa niin paljon yleisillä teillä tapahtuneita onnettomuuksia kuin TVH:n tilastoissa (TVH 742634-76). Toisaalta on havaittu, että eri poliisipiirit ilmoittavat onnettomuuksia tiemestareille eri tavoin: jotkut ilmoittavat kaikki poliisiin tietoon tulleet onnettomuudet, jotkut vain osan. Tästä johtuen TVH:n liikenneonnettomuustilaston edustavuus vaihtelee kunnittain varsin huomattavasti. Kunnossapitotilastot saattavat myös sisältää virheitä, mutta virheiden suuruudesta ja yleisyydestä ei ole käytettävissä perusteltuja arvioita.

Mainitut tilastoja koskevat epävarmuustekijät ovat osaltaan vaikuttaneet tarkastelujen lopputulokseen. Vertailujen avulla on saatu esiin huomattaviakin liikenneturvallisuuseroja tiemestaripiirien välillä, mutta ei selviä syitä eroihin.

7.3 Kokemusperäinen tieto

Kokemusperäisen tiedon perusteella talvihöyläys, suolaus ja auras vaikuttavat eniten liikenneturvallisuuteen. Aurasviitoitus, ajoratamerkinnyt ja raittien kunnossapito eivät kokemusperäisen tiedon mukaan vaikuta liikenneturvallisuuteen. Kunnossapidon avulla voidaan vaikuttaa eniten ohitus-, yksittäis- ja kohtaamis-onnettomuuksiin, kun taas risteämis- ja jalankulkijaonnettomuuksiin kunnossapidolla ei katsota olevan vaikutusta.

7.4 Säätilan vaikutus onnettomuuksiin

Uudenmaan piirin alueella selvitettiin vuoden pahimmat onnettomuspäivät ja näiden päivien säätila. Vuoden pahimmat onnettomuspäivät ovat kaikki loka - maaliskuun välisenä aikana. Nämä päivät liittyvät selvästi jääkeliin ja usein myös lumi- ja räntäsaateeseen. Tammi - maaliskuun välisenä aikana pahimmat onnettomuspäivät liittyvät yleensä pahimpiin lumisadepäiviin. Näinä päivinä onnettomuusmäärä on noin kaksinkertainen verrattuna vuoden päivittäisten onnettomuuksien keskiarvoon.

7.5 Johtopäätöksiä kunnossapitoressurssien suuntaamisesta

Tehdyn selvityksen mukaan liikenneturvallisuutta eniten edistävät kunnossapitotoimenpiteet ovat:

- liukkaudentorjunta
- auras
- päällysteiden kunnossapito
- ajoratamerkintöjen kunnossapito
- liikennemerkkien kunnossapito

Taulukkoon 7.1 on merkitty kirjallisuustutkimuksen ja kokemusperäisen tiedon perusteella ne onnettomuustyypit, joihin eri kunnossapitotoimenpiteet vaikuttavat.

TAULUKKO 7.1

Kunnossapitotoimenpiteiden vaikutus erityyppisiin onnettomuuksiin kirjallisuustutkimuksen ja kokemuseräisen tiedon mukaan

KP-toimenpide	Onnettomuuksia vähentävä vaikutus		Onnettomuuksia lisäävä vaikutus kirjallisuustutkimuksen mukaan
	kirjallisuustutkimuksen mukaan	kokemuseräisen tiedon mukaan	
auraus	linjaonnettomuudet	kaikki onn. tyypit paitsi eläinonnettomuudet	kohtaamisonn. kapeilla teillä
höyläys		kaikki onn. tyypit	
liukkaudentorjunta		- " -	
aurausviitoitus	korkealuokkaisten teiden onnettomuudet	yksittäis- ja kohtaamisonn.	
ajoratamerkintöjen kp	kohtaamis-, yksittäis- ja liittymäonn. erityisesti pimeällä	ohitus- ja kohtaamisonn.	
liikennemerkkien kp	liittymissä ja kaarteissa tapahtuvat onnettomuudet	kaikki onn.tyypit paitsi eläin- ja jk-onnettomuudet	
päällysteiden kp ¹⁾	märän kelin onnettomuudet erityisesti pimeällä	yksittäis-, ohitus-, kohtaus-, peräänajo- ja mopo- tai pp-onnettomuudet	
pölynsidonta	-	- " -	
kant. ja geom. pur.	liittymissä ja kaarteissa tapahtuvat onnettomuudet	- " - kääntymisonnettomuudet	
KP yhteensä			

1) Ei sisällä uudelleen päällystämistä

Jotta kunnossapitotoimenpiteillä pystyttäisiin vaikuttamaan liikenneturvallisuuteen, on resursseja keskitettävä paitsi tärkeimpiin toimenpiteisiin myös vaarallisimmille tiejaksoille. Suomessa on n. 9000 km teitä, joilla tiekilometriä kohti lasketut onnettomuuskustannukset ovat suuremmat kuin maan keskiarvo. Onnettomuuskustannukset keskittyvät lyhyehköille tieosuuksille voimakkaammin kuin liikenne, joten ko. tieosuuksiin kohdistuvilla kunnossapitotoimenpiteillä voidaan vaikuttaa suurempaan osaan onnettomuuskustannuksista kuin tiepituus antaisi aiheutta.

Kunnossapidolla voitaneen vaikuttaa liikenneturvallisuuteen myös siten, että tiemestaripiirikohtaista kunnossapitokäytäntöä kehitetään. Olosuhteiltaan vertailukelpoisissa tiemestaripiireissä onnettomuusaste saattaa vaihdella huomattavastikin, mikä antaa aiheen olettaa, että turvallisen tiemestaripiirin kunnossapitomenettely on parempi tai töiden ajoitus onnistuneempi kuin vertailukohteessa. Kunnossapidon tasoon eri tiemestaripiireissä vaikuttaa monen muun asian ohella resurssien jako.

Selvityksen perusteella näyttää siltä, että talvikunnossapidon avulla voidaan eniten vaikuttaa valta- ja kantateillä tapahtuviin linjaonnettomuuksiin. Siitä, minkä tyyppiin onnettomuusiin kesäajan kunnossapitotoimenpiteillä eniten voidaan vaikuttaa, ei ole yhtä selviä tuloksia. Tehokkaimmista toimenpiteistä voidaan kuitenkin päätellä, että myös kesäajan kunnossapito vaikuttaa lähinnä valta- ja kantateiden linjaonnettomuuksiin. Kesäkunnossapito saattaa vaikuttaa risteysonnettomuuksiin hieman enemmän kuin talvikunnossapito.

Kunnossapidon hyöty - kustannussuhdetta liikenneturvallisuuden kannalta ei käytettävissä olevan tiedon pohjalta saa selville. Tämän tapaiset laskelmat edellyttäisivät kunnossapitotoimenpiteiden liikenneturvallisuusvaikutuksen täsmällistä tuntemista.

7.6

Ajatuksia jatkotutkimusten suuntaamisesta

Säätelijöiden vaikutuksesta onnettomuusmääriin saataneen suhteellisen luotettava kuva käsittelemällä onnettomuus- ja säätietoja yhden kalenteripäivän tarkkuudella. Tutkimalla asiaa riittävän perusteellisesti ja ottamalla tarkastelun piiriin valtakunnan eri osat sekä myös muita säätietoja kuin sademäärät voidaan suhteellisen luotettavasti ennakoida ne sääolosuhteet, jotka ovat erityisen vaaralliset liikenneturvallisuuden kannalta. Säätötilan ja onnettomuusmäärien välisen riippuvuuden perusteella voidaan kunnossapidon valmiutta parantaa ja tiedottaa vaarallisista olosuhteista autoilijoille.

Onnettomuudet keskittyvät tietyille tiejaksoille selvemmin kuin liikennemäärä. Onnettomuusalttiilla tiejaksoilla tehtävät toimenpiteet lienevät siksi muita tehokkaampia. Nämä tiejaksot tulisi selvittää vuosittain ja laatia kärkipään teille tiekohtaisia turvallisuussuunnitelmia. Näiden teiden kunnossapitotoimintaa tarkkailemalla tulisi pyrkiä poistamaan mahdolliset puutteet kunnossapidossa.

Tässä raportissa selostetun liikenneturvallisuuden ja kunnossapidon esitutkimuksen perusteella aurauus näyttää olevan tehokas turvallisuuteen vaikuttava toimenpide. Johtopäätöksen varmistamiseksi tulisi aurauksen ja mahdollisesti myös höyläyksen osalta tehdä vastaavanlainen selvitys kuin liukkaudentorjunnasta syksyllä 1977 käynnistetty selvitys.

Sorateiden kunnossapito näyttää olevan jokseenkin vähän tutkittu kenttä. Tehtävien tutkimusten perusteella tulisi pystyä määrittelemään vähäliikenteisille sorateille kunnossapidon minimitaso, jonka alittaminen ei turvallisuussyistä ole suositeltavaa.

Kirjallisuusselvityksen perusteella näytti siltä, että niitolla ja vesakontorjunnalla olisi vaikutusta eläinonnettomuuksiin ja liittymäonnettomuuksiin. Koska eläinonnettomuudet ovat viime vuosina lisääntyneet huomattavasti, olisi tämäkin asia tutkimisen arvoisen.

Viime aikoina on oltu huolestuneita kevyen liikenteen turvallisuudesta. Yleisten teiden yhteyteen on rakennettu kevyen liikenteen väyliä ja alikulkukäytäviä. Näiden vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen ei toistaiseksi ole selviä tutkimustuloksia. Liikenneturvallisuusvaikutuksen lisäksi kevyen liikenteen väylien käytön riippuvuus eri tekijöistä kaipaisi selvittämistä.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- Ahlbrecht, Heinz
Tieliikenteen turvatoimenpiteet talvella. Esitelmä Jyväskylän kansainvälisillä talvitiepäivillä 21.-23.02.1973.
- Alava, Pekka
Laukkanen, Kyösti
Alikulkukäytävien käyttö. Liikenneturvallisuustutkimuksia 1/1973. TVH 2.295, Helsinki 1973.
- Alava, Pekka
Suojattoman liikenteen onnettomuudet 1967-1969. Tieolosuhteet ja liikenneturvallisuus. Tiedotuslehti 1/1971, Helsinki 1971.
- Amundsen, FH
Pedersen, TO
Optisk ledning i vegkurver. Transport - økonomisk institutt, Oslo 1976.
- Becker-Neetz, A
Ursachen und Folgen von Strassenoberflächenschäden. Strassen und Tiefbau 10/1973.
- Chalmers Tekniska Högskola -
Institution för stads-
byggnad
Trafikolyckornas samband med trafikmiljön, en litteraturöversikt. Meddelande 8-1964. Göteborg 1964.
- Duff, JT
The effect of small road improvements on accidents. Traffic Engineering & Control. October 1971.
- Edholm, S
Roosmark, P-O
Vägens Trafiksäkerhet. Statens väginstitut, meddelande 95-1969. Stockholm 1969.
- Highway Research Board
Traffic-Safe and Hydraulically Efficient Drainage Practice. Washington D.C. 1969.
- Hintikka, Jorma
Teiden kunnossapito ja liikenneturvallisuus. Tieolosuhteet ja liikenneturvallisuus 6/1967, Helsinki 1967.
- Hintikka, Jorma
Liukkauden torjunta. Esitelmä INSKOn kurssilla "Tien ja kadun kunnossa- ja puhtaanapito" 05.-07.05.1976.
- Hintikka, Jorma
Underhållstandard för vägar. Esitelmä PTL:n 12. kongressissa Espoossa 11.-15.06.1977.
- Härkänen, Kirill
Tieolosuhteet ja liikenneturvallisuus. Liikenneturvallisuus. Forum-kirjasto, Helsinki 1975.
- Jansson, Matti
Korjula, Matti
Menetti ajoneuvonsa hallinnan... EU-kirjasarja. Jyväskylä 1976.
- Jepson, Gunnar
Gatudrift ur trafiksäkerhetssynpunkt. Stadsbyggnad 1973-3.

- Johansson, Fritjof Redogörelse från provning av vägkantreflektorer under vintern 1974-75, Gatukontoret Göteborg, 19.06.1975.
- Kallberg, Harri Arvioita eräistä liikenteen suoritteisiin kohdistuvista riskeistä. Tie- ja liikenne 9/1977.
- Kallberg, Veli-Pekka Nastarengaskaiden vaikutus liikenneturvallisuuteen. Diplomityö, HTKK 1976.
- Kulmala, Risto
Salusjärvi, Markku Liikenneonnettomuusriski ja riskistöt. VTT:n tie- ja liikennelaboratorion tiedonanto 8. Espoo 1977.
- Lambert, GK Road Surface Reflectivity and Nighttime Visibility. Road Accident Reduction, PTRC/P/104, London 1974.
- Lipponen, Jorma Ennen-jälkeen -tutkimukset tieolosuhteisiin kohdistuvien toimenpiteiden vaikutuksesta liikenneturvallisuuteen. TVH/Tiesuunnitteluosaston tekn.tal. toimisto 23.10.1973.
- Lipsanen, Asko Teiden talvikelitutkimus. VTT:n tie- ja liikennelaboratorion tiedonanto 12. Otaniemi 1974.
- Lipsanen, Asko Talvikeliön liukkaus. VTT:n tie- ja liikennelaboratorion tiedonanto 19. Espoo 1975.
- Little Arthur D, Inc. The State of the Art of Traffic Safety, A Comprehensive Review of Existing Information. Praeger Special Studies in International Politics and Public Affairs, USA 1970.
- Matilainen, Alpo Liikenneympäristö ja kuolemaan johtaneet liikenneonnettomuudet. TVH 2.631, Helsinki 1975
- Mohlin, Hans Avkörningsolyckor och vägens sidoutrymme. Etapp 1A - en litteraturstudie Statens väg- och trafikinstitut, rapport nr 47. Linköping 1975.
- Mäki, Seppo Keliolosuhteiden vaikutus ajokustannuksiin. Diplomityö, HTKK 1972.
- Nastarengastoimikunta Nastarengastoimikunnan mietintö. Komiteamietintö 1973:89, Helsinki 1973.
- Niemi A, Huhtala M,
Oranen L, Pelkonen V,
Salusjärvi M ja Sistonen M Nastarengastutkimuksia vuosina 1973...1976. VTT:n tie- ja liikennelaboratorion tiedonanto 27. Espoo 1977.
- Nilsson, A
Ohlsson, E Vattenplanings försök. Statens väginstitut. Special rapport 85. Stockholm 1970.
- Näätänen, Risto Maantiekulema. Tutkimus liikenneonnettomuuksista, Porvoo 1972.
- Parlamentaarinen liikennekomitea Parlamentaarisen liikennekomitean osamietintö II, liikenneturvallisuus. Komiteamietintö 1973:164, Helsinki 1974.

- Pettersson, Roland Avkörningsolyckor och vägens sidoutrymme. Etapp 1B - pilotsstudie i Södermanlands län. Statens väg- och trafikinstitut, rapport nr 48. Stockholm 1975.
- Pettersson, Roland Avkörningsolyckor och vägens sidoutrymme. Delredovisning av etapp II, Koncept 20.04.1976. Statens väg- och trafikinstitut, Linköping 1976.
- Pusa, Reino Vallitsevan säätilan vaikutus liikenneonnettomuuksien syntyyn. Diplomityö, HTKK 1974.
- Retzko, Hans-Georg
Jakob, Günter
Staant, Herbert Roads and Motorways in relation to Traffic Requirements. PIARC:n XV kongressi, Meksiko 1975.
- Ristikartano, Lasse Tietyömaiden liikenneturvallisuus. Diplomityö HTKK 1968.
- Rumar, Kåre Kan man bygga bort trafikolyckorna? Väg- och vattenbyggaren 3/1977.
- Sabey, Barbara Accidents: Their Cost and Relation to Surface Characteristics. Road Accident Reduction PTRC/P/104, London 1974.
- Sainio, Seppo Tievalaistuksen tarpeellisuuden arviointi. Tie ja liikenne 10/1976.
- Schulze, KH Relation between skid-resistance and accidents. PIARC:n XV kongressi, Meksiko 1975.
- Statens trafiksäkerhetsverk Ökad trafiksäkerhet. Mål och medel. Stockholm 1972.
- Statens vägverk Vägkantsreflektorer på snöstör. Internrapport nr 15/1976.
- Summala, Heikki Liikennevirran onnettomuuspotentiaali kuljettajan käyttäytymisen valossa. TVH 2.623, Helsinki 1974.
- Thunberg, Börje Trafiksäkerhet/väghållningsåtgärder. Väg- och vattenbyggaren 3/1977.
- Transport and Road Research Laboratory Road/Environmental Factors in Accidents. Road Accident Reduction. PTRC/P/104. London 1974.
- Tuomola, Pertti Tieliikenneonnettomuudet. Liikenneturvallisuus. Forum-kirjasto, Helsinki 1975.
- TVH
Viatek Oy Inhimilliset tekijät ja kunnossapito. KP-tutkimus/TA 02, Helsinki 1972
- TVH
Projektikonsultit Oy Ilmasto- ja sääsuhteet. KP-tutkimus/TA 01, Helsinki 1972.
- TVH Päällysteiden uusiminen. KP-tutkimus/TA Helsinki 1974.

TVH/KP-toimisto	Försöket "Osaltad väg", slutrapport, vintersäsongen 1970-1971. TVH 2.648, Helsinki 1972.
TVH	Kestopäällysteiden uusimistarpeen määrittely. TVH 2.805, Helsinki 1974.
TVH/Liikennetoimisto	Tietyömaiden liikenteen järjestely. TVH 2.341, Helsinki 1975.
TVH/Liikennetoimisto	Valaistuksen vaikutus liikenneturvallisuuteen Helsinki 1977.
TVH/Liikennetoimisto	Kymen läänin tieosakohtainen onnettomuustutkimus 1974-75. Helsinki 1977.
TVH/Tiesuunnitteluosasto	Liittymien kanavoinnin ja tehostetun kunnossapidon vaikutus liikenneturvallisuuteen. TVH 2.632, Helsinki 1975.
TVH/Tiesuunnitteluosasto Viatek Oy	Selvitys tie- ja liikenneteknisistä liikenneturvallisuutta parantavista toimenpiteistä. TVH 2.358, Helsinki 1974.
TVH/Käyttöosasto	Yleisillä teillä tapahtuneet liikenneonnettomuudet 1975. TVH 2.634-75, Helsinki 1976.
TVH/Käyttöosasto	Yleisillä teillä tapahtuneet liikenneonnettomuudet 1976. TVH 742634-76.
TVH/Käyttöosasto Viatek Oy	Teiden kunnossapidon hyötytarkastelu (julkaisematon 1976).
TVH/Käyttöosasto Viatek Oy	Hätäpuhelinverkon yleissuunnitelma. TVH 742344, Helsinki 1977.
Ullberg, Göran	Regnvädersolyckor - ett forskningsproblem. Svenska vägföreningens tidskrift 4/1977.
Wahlgren, Otto	Liikenneturvallisuusnäkökohdat väyläkohtaisessa suunnittelussa. Esitelmä INSKOn kurssilla "Liikenneympäristö ja turvallisuus" 11.-12.11.1970.

LIITE 1

3 SIVUA

KOKEMUKSEEN PERUSTUVA ARVIO TEIDEN KUNNOSSAPIDON
VAIKUTUKSESTA LIIKENNETURVALLISUUTEEN, KYSELY-
LOMAKKEET

TIE- JA KELITEKIJÄT	osuus liikenneympäristöön. % TVH 2.631 (400 onn.)	ONNETTOMUUSTYYPIT									
		yksittäis- onnettomuus	ohitus-	kääntymis-	risteämis-	kohtaamis-	peräänajo-	omopo- tai pp-	jalankulkija-	eläin-	YHTEENSÄ
TALVI											
paannejää, jäävalli lumi- tai jääpolanne märkä lumi, suolasohjo. märkä polanne, musta jää kuiva irtolumi raiteistunut polanne	39.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
yliauraus, puuttuva aurasviitt. lumikinos näkemäesteenä suolasumu	17.55 1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

KELIRIKKOAIKA

reiät ja halkeamat päällysteessä	3.33)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
painumat ja sortumat	7.54)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
pehmeä piennar tai tienpinta	4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kelirikko, routanousut, kivet	4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
tien yli valuva vesi	4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

KESA

kulumisurat, vettä ker. painant.	6.52)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
korkeuserot päällysteen reun.	3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
liukas päällyste	0.8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kuoppa, nimismiehenkihara	4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
irtosora	4.51)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
saven liukastama soratie	2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
väärä sivukaltevuus	28.57)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
pöly	1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kuluneet ajoratamerkinnot	13.36)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
liikennemerkki peitossa	6)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kasvillisuus näkemäesteenä hoitamaton raitti	5)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1) pöly, pyry, roiskeet, irtosora, yms.

2) veden aiheuttama liukkaus

3) päällysteessä olevat puutteet

4) rakenteen kunto

5) näkemät

6) tiehen kuuluvat laitteet, liikenteen ohjaus ym. liikennejärjestelyt

7) tien geometria

= ko. tie- ja kelitekiällä ei vaikutusta ko. onnettomuustyyppiin ⇨ 0

= - " - lievä vaikutus - " - ⇨ 1

= - " - selvä vaikutus - " - ⇨ 2

KUNNOSSAPITOTOIMENPITEET	Toimenpiteen resurssien muutos kp:n hyötystäark. mukaan 1)	ONNETTOMUUSTYYPIT									
		Yksittäis- onnettomuus	Ohitus-	Kääntymis-	Risteämis-	Kohtaamis-	Peräänajo-	Mopo- tai pp-	Jalankulkija-	Eläin-	Yhteensä
TALVI											
aurausviitoitus	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
auraus	+	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
höyläys	+	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
suolaus	+	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
suolahiekoitus	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
hiekoitus		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
KELIRIKKOAIKA											
Ls ja ms lisääminen	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
runkov. korjaaminen	±	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
kant. ja geom. par.	±	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
KESA											
sr tasaus	-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
pölynsidonta	±	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
pääll. paikkaus	+	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
ajoratamerkinnot	±	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
liikennem. kp.	+	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
niitto, vesaikontorjunta	+	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
tienpinnan harjaus	+	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
roskien keruu	+	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
rattien kp.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

1) TVH:n käyttöosaston ja Viatek Oy:n julkaisematon selvitys vuodelta 1976.

ko. kp-toimenpiteellä ei vaikutusta ko. onnettomuustyyppiin
 -"- -"- lievä vaikutus -"-
 -"- -"- selvä vaikutus -"-

LIITE 2

2 SIVUA

ONNETTOMUUSASTEEN JA KUNNOSSAPITOSUORITTEIDEN
VÄLINEN RIIPPUVUUS, REGRESSIOMALLIT

REGRESSIOANALYYSIT KP-ALUEILLA A, B JA C

1. TALVIAIKA, KESTOPÄÄLLYSTETYT MAANTIET

$$\text{KP-ALUE A } Y = 0.09X_8 - 0.37X_{11} + 0.76$$

$$\text{B } Y = -0.0002X_1 + 0.11$$

$$\text{C } Y = -0.0001X_1 + 1.11$$

1)

MCS = 0.074

MCS = 0.046

MCS = 0.009

Y = onnettomuusaste (onn./milj.ajon.km)

X1 = liikennemäärä (autoja/vrk)

X8 = tiekilometrin aorauskerat/lumisadepäivä

X11 = " " /lumisademäärä

2. TALVIAIKA, KEVYT- JA SORAPÄÄLLYSTEISET MAANTIET

$$\text{KP-ALUE A } Y = -0.0002X_1 + 30.20X_4^* - 105.23X_8^* + 0.71$$

$$\text{B } Y = -0.003X_1^{***} + 389.86X_7 - 34.16X_{22}^* + 2.63$$

$$\text{C } Y = 108.39X_{23} + 0.26$$

MCS = 0.210

MCS = 0.210

MCS = 0.066

Y = onnettomuusaste (onn./milj.ajon.km)

X1 = liikennemäärä (autoja/vrk)

X4 = tiekilometrin hiekoituskust./lumisadepäivät (1000 mk/pv)

X7 = " höyläyskust. /lumisademäärä (1000 mk/mm)

X8 = " hiekoituskust. / " (")

X22 = " aorauskerat /lumisadepäivät

X23 = " höyläyskerat / " "

3. KESÄAIKA, KEVYT- JA KESTOPÄÄLLYSTEISET MAANTIET

KP-ALUE A ei saatu mallia

$$\text{B } Y = 0.32X_2 - 0.005X_4^* + 0.77$$

MCS = 0.146

C ei saatu mallia

Y = onnettomuusaste (onn./milj.ajon.km)

X2 = tiekilometrin kestop. paikkauskust.

X4 = ajoratamerkintäkust.

(1000 mk/v)

(")

1)

MCS = mallin selitysaste

* = muuttuja on melkein merkitsevä mallissa

** = " " merkitsevä "

*** = " " erittäin merkitsevä "

4. KESÄAIKA, SORAPÄÄLLYSTEISET MAANTIET

$$\text{KP-ALUE A } Y = -0.0001X1^* + 0.74 \quad \text{MSC} = 0.079$$

$$\text{B } Y = -0.0004X1 - 84.15X7 + 1.18 \quad \text{MSC} = 0.087$$

$$\text{C } Y = -0.0005X1 + 1.05 \quad \text{MSC} = 0.073$$

Y = onnettomuusaste (onn./milj.ajon.km)

X1 = liikennemäärä (autoja/vrk)

X7 = tiekilometrin liikennemerkkikust./sademäärä (1000 mk/mm)

5. KOKO VUODEN HENKILÖVAHINKO-ONNETTOMUUDET

$$\text{KP-ALUE A } Y = -0.007X1 + 103.98 \quad \text{MSC} = 0.054$$

$$\text{B } Y = -0.03X1^* - 0.02X2 + 188.70 \quad \text{MSC} = 0.169$$

C ei saatu mallia

Y = onnettomuusaste (henkilövahinko-onn./milj.ajon.km)

X1 = liikennemäärä (autoja/vrk)

X2 = tiemestaripiirin KP-kustannusten summa (1000 mk/v)

6. TALVIAJAN ONNETTOMUUSTIHEYS, KESTOPÄÄLLYSTETYT MAANTIET

$$\text{KP-ALUE A } Y = 0.0001X1^{***} + 0.11 \quad \text{MCS} = 0.293$$

$$\text{B } Y = 0.0004X1 - 0.39X9^* + 1.29X12^{**} + 0.17 \quad \text{MCS} = 0.146$$

$$\text{C } Y = 0.00003X1 + 2.82X4 + 0.18 \quad \text{MCS} = 0.152$$

Y = onnettomuustiheys (o-n./tie-km)

X1 = liikennemäärä (autoja/vrk)

X4 = tiekilometrin suolauskust./lumisadepäivät (1000 mk/pv)

X9 = " höyläyskerrat/ "

X12 = " " /lumisademäärä

LIITTEEN 2 REGRESSIOMALLIEN SELITETTÄVÄN JA
SELITTÄVIEN MUUTTUJIEN VÄLISET KORRELAATIO-
KERTOIMET

LIITTEEN 2 REGRESSIOMALLIEN SELITETTÄVÄN (4)
 JA SELITTÄVIEN (X1 - X23) MUUTTUJIEN VÄLISET
 KORRELAATIOKERTOIMET

MALLI 1

muuttuja		X1	X8	X11
kerroin KP-alueella	A	-0.17	-0.15	-0.21
- " -	B	-0.21	-0.16	-0.09
- " -	C	-0.26	0.03	0.03

MALLI 2

muuttuja		X1	X4	X7	X8	X22	X23
kerroin kp-alueella	A	-0.29	-0.31	-0.11	-0.32	-0.10	-0.09
- " -	B	-0.35	0.02	0.06	0.02	-0.18	-0.05
- " -	C	-0.11	0.03	0.13	0.02	0.13	0.26

MALLI 3

muuttuja		X2	X4
kerroin kp-alueella	A	0.04	-0.10
- " -	B	0.12	-0.27
- " -	C	0.02	-0.20

MALLI 4

muuttuja		X1	X7
kerroin kp-alueella	A	-0.28	-0.06
- " -	B	-0.21	-0.19
- " -	C	-0.27	0.18

MALLI 5

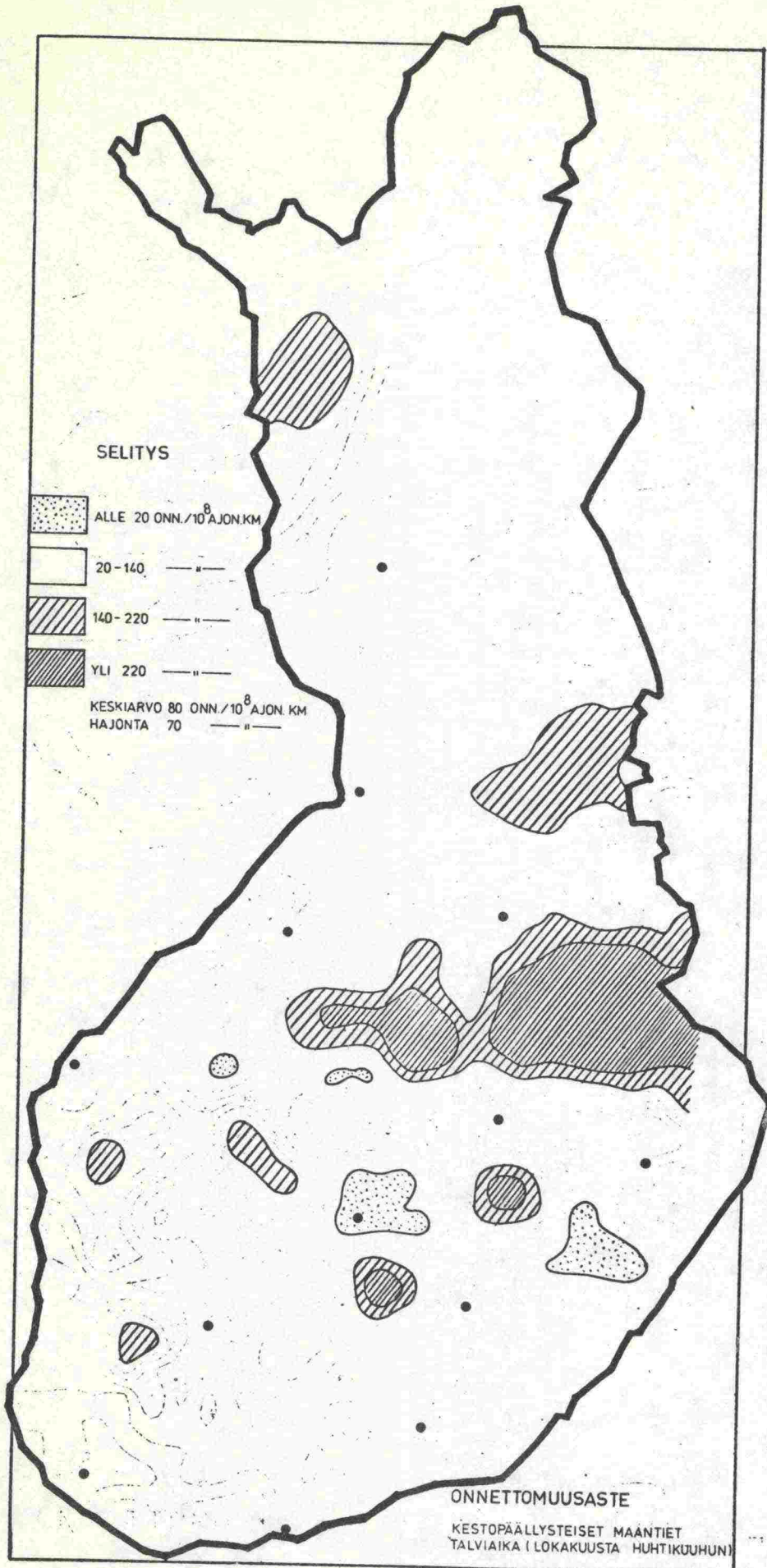
	X1	X2
	-0.23	-0.04
	-0.37	-0.31
	-0.06	0.06

MALLI 6

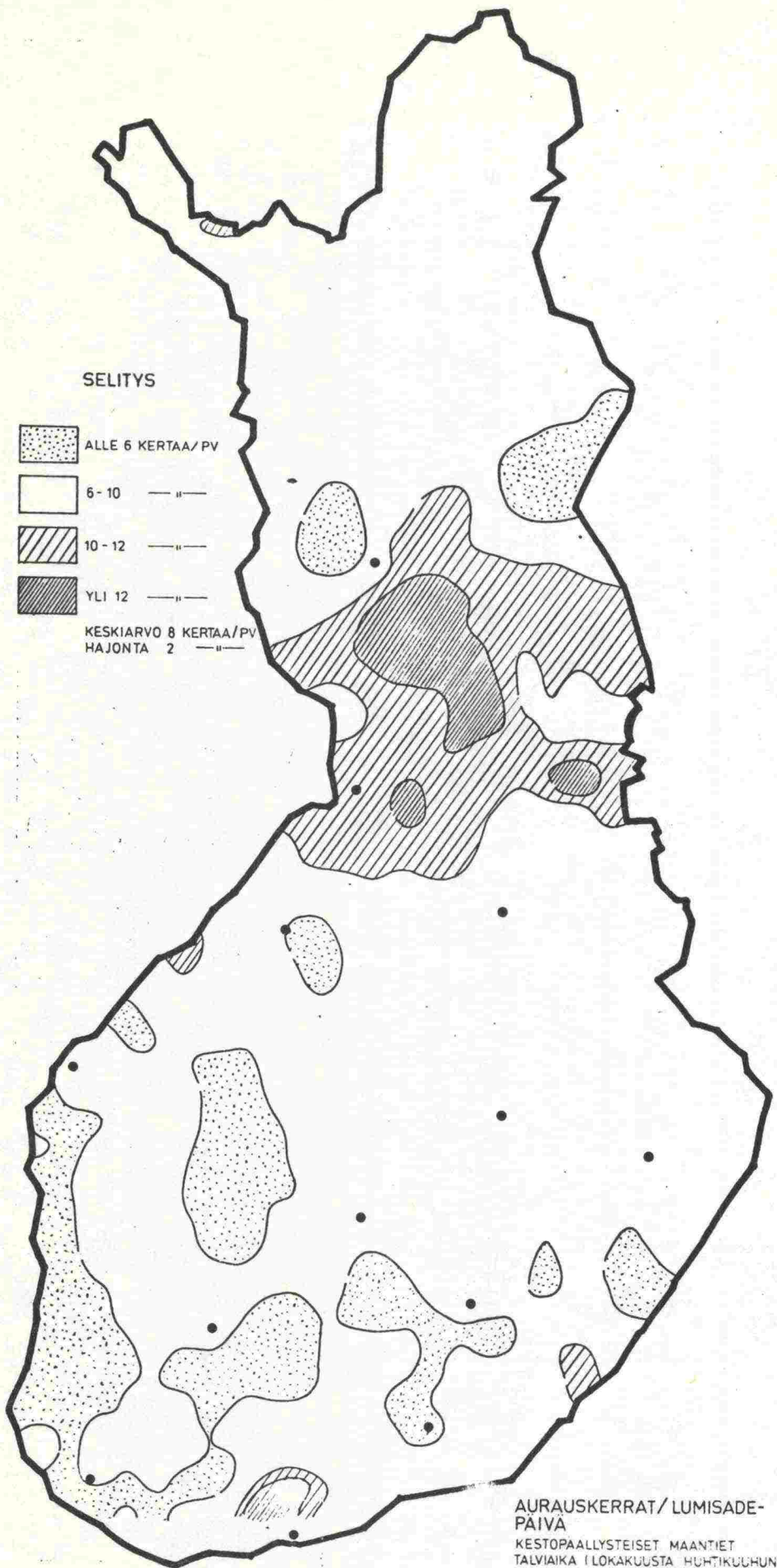
muuttuja		X1	X4	X9	X12
kerroin kp-alueella	A	0.54	0.30	0.31	0.28
- " -	B	0.18	0.16	0.19	0.24
- " -	C	0.27	0.25	-0.02	-0.03

Kerroin 0.25 poikkeaa nolasta melkein merkitsevästi
 " 0.35 " " merkitsevästi
 " 0.40 " " erittäin merkitsevästi

TALVIAJAN (LOKAKUU-HUHTIKUU) ONNETTOMUUSASTEEN
(ONN./100 MILJ. AJON.KM) TIEMESTARIPIIRIKOHTAINEN
VAIHTELU KESTOPÄÄLLYSTEISILLÄ MAANTEILLÄ VUOSIEN
1974-76 KESKIARVONA



LUMISADEPÄIVÄÄ KOHTI LASKETTUJEN AURASKERTOJEN
TIEMESTARIPIIRIKOHTAINEN VAIHTELU KESTOPÄÄLLYSTEI-
SILLÄ MAANTEILLÄ VUOSIEN 1974-76 KESKIARVONA



LUMISADEPÄIVÄÄ KOHTI LASKETUN SUOLAMÄÄRÄN (KG/TIE-KM)
TIEMESTARIPIIRIKOHTAINEN VAIHTELU KESTOPÄÄLLYSTEISILLÄ
MAANTEILLÄ VUOSIEN 1974-76 KESKIARVONA

