

1264

**Pääteiden kehittämistarpeet:  
kuljettajahaastattelun monimuuttuja-analyysi**

**Leila Peltoniemi-Laaajanen**

Tilastotieteen pro gradu -tutkielma  
5.9.1998

**Jyväskylän yliopisto, tilastotieteen laitos  
Tilastotoimen menetelmät maisteriohjelma**

Tilastotoimen menetelmien maisteriohjelman tavoite on kouluttaa opiskelija tilastotiedon keruun, jatkojalostuksen ja käytön asiantuntijaksi nykyaikaisessa tilastojärjestelmäympäristössä, jossa datat ovat survey-, koeasetelma- tai rekisteriperusteisia. Koulutus järjestetään yhteistyönä Jyväskylän yliopiston tilastotieteen laitoksen kanssa. Tilastotieteelliseltä kannalta kyse on survey-menetelmiin, biostatistiikkaan ja ekonometriaan erikoistuneiden tilastoasiantuntijoiden koulutuksesta. Ohjelman kesto päätoimisella opiskelijalla on kaksi lukuvuotta.

Tilastotoimen ytimenä ovat tilastotieteen, erityisesti tilastotoimen teorian ja tietojenkäsittelyn kurssit. Ohjelmaan voidaan sisällyttää myös koulutustavoitteita tukevia opintojaksoja lähitieteistä (esim. talous-, yhteiskunta- ja viestintätieteet) sekä yritystoimintaan perehdyttäviä kursseja. Tarjottava opetus koostuu osittain tilastotieteen laitoksen opetusohjelmasta, erityisesti suunnitelluista tilastotoimen teorian kursseista ja ostopalveluina hankituista muista erikoiskursseista. Opettajista pääosa on kotimaasta. Vierailijoina on myös ulkomaalaisia asiantuntijoita, joten opetus on osin englanninkielistä.

Ohjelman tärkeä osa on yliopiston ulkopuolisessa yhteistyötoimipaikassa suoritettu pro gradu -tutkielma ja siihen liittyvä harjoittelu. Yhteistyötoimipaikat ovat virallisesta tilastotoimesta, suuryrityksistä tai tutkimuslaitoksista. Ne osallistuvat osaltaan harjoittelun kustannuksiin. Perusajatus on, että pro gradu -tutkielma tai osa siitä toisi tutkimustulostensa osalta lisäarvoa yhteistyötoimipaikalle. Tätä tukenee se, että harjoittelu jaetaan kahteen osaan, joista ensimmäinen eli orientoiva osa on ensimmäisen opintovuoden lopussa. Sen jälkeen opiskelija palaa yliopisto-opiskeluihin yhden lukukauden ajaksi syventääkseen tietojensa siinä tilastotieteen osa-alueessa, joka on tarpeen aiotussa pro gradu -tutkielmassa. Maisteriohjelman viimeinen lukukausi muodostaa yhtenäisen tutkimusjakson, jonka aikana tehdään pro gradu -tutkielma.

The main target of the Program is to educate high qualified professionals in the collection analysis, managing and dissemination of large data sets. The Program has been built mainly on the regular curriculum of the Department of Statistics in the University of Jyväskylä. In point of view of statistical sciences, the Program in Statistical Systems concentrate in the knowledge of survey methodology, biometry and econometry. Full-time students can graduate in two Academic years. The core courses cover the advanced theory in mathematical statistics, of statical systems especially the survey methodology and some courses in information technology. Still the program is flexible that a moderate amount of different kinds of studies in the neighboring sciences can be included as studies in economics, social sciences and communication. Most of the instructors come from Finland but visiting professors from outboard are eventual using English.

An important part of the Program crows from the cooperational research work created between the Department of Statistics and the research units located outside the University of Jyväskylä. Those units are research and development departments in the bodies of official statistics, big business firms and research institutes. They share the costs of practices. Basic idea is that the MS.c. Thesis wil be written from the topics given by the cooperational research units and so the results could be of some contributed value to them. As an appropriate mode of policy may be here thus that the time of practice skills for the Thesis. This is proceeded in 6 final months of the Program, in collaboration with the same cooperating research unit.

## **Pääteiden kehittämistarpeet: kuljettajahaastattelun monimuuttuja-analyysi**

tilastotieteen pro gradu -tutkielma

**tekijä:** Leila Peltoniemi-Laajanen

**ohjaajat:** FT Esko Leskinen Jyväskylän yliopisto

PsyL Pirkko Rämä VTT Yhdyskuntatekniikka

### **Tiivistelmä**

Kesällä 1996 tehtiin henkilö- ja kuorma-auton kuljettajille haastattelututkimus, jossa tiedusteltiin heidän mielipiteitään kehittämistarpeista tieliikennejärjestelmässä. Tarkoituksena oli kartoittaa osatekijöiden avulla kuljettajien arvostuksia tieliikenneoloissa. Pro gradu -tutkielman tavoitteena oli kiteyttää henkilö- ja kuorma-auton kuljettajien mielipiteistä faktorianalyysin avulla muutama pääteiden kehittämistarpeita talvi- ja kesäolosuhteissa kuvaava faktori. Koska olosuhteet ovat erilaiset maan eri osissa ja myös esimerkiksi ajokilometrimäärä, sukupuoli ja ikä vaikuttavat mielipiteisiin kehittämistarpeista, tutkimuksessa tarkasteltiin myös eroja näiden taustamuuttujien ryhmien välillä. Kun tulkinnallisesti hyvät faktorit oli löydetty, laskettiin haastatelluille kuljettajille faktoripistemäärät, jonka jälkeen voitiin graafisilla esityksillä ja profiilianalyysillä tarkastella taustamuuttujien ryhmien keskiarvoja yhtä aikaa kaikilla faktoreilla. Erojen löytämiseksi käytettiin myös varianssianalyysia ja monivertailutestejä.

Faktoreille suoritettiin vinokulmainen rotaatio, jonka tuloksena ne korreloivat keskenään. Korrelaatiosta johtuen voidaan sanoa, että henkilöauton kuljettajien talvifaktoreista *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* ja kesäfaktoreista *Liikennejärjestelyiden selkeys ja matkustamisen mukavuus* ovat arvostuksia yleisesti kuvaavia faktoreita. Vastaavasti kuorma-auton kuljettajien talvifaktoreista *Ajon turvallisuus ja mukavuus* ja kesäfaktoreista *Korkeatasoinen liikenneympäristö* kuvaavat talvi- ja kesäarvostuksia yleisesti. Kuorma-autoilijoille ei tehty jatkotarkasteluja.

Maan eri osien välillä löytyi eroja suhtautumisessa teiden kehittämistarpeisiin. Sekä Uudellamaalla että Itä- ja Pohjois-Suomessa *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* oli henkilöauton kuljettajille tärkeämpää kuin muualla maassa. Myös muilla faktoreilla Uudellamaalla ja Itä- ja Pohjois-Suomessa oli enemmän kehittämistarpeita kuin muualla Suomessa. Talvifaktoreista *Tien kunto ja tieympäristön hoito* oli tärkein Itä- ja Pohjois-Suomessa. Keski-Suomessa oli kaikilla faktoreilla vähiten kehittämistarpeita. Naisilla oli kauttaaltaan enemmän kehittämistarpeita kuin miehillä; ikäryhmistä eniten kehittämistarpeita oli nuorilla. Eniten ajavilla oli enemmän kehittämistarpeita kuin vähemmän ajavilla. Eroja eri ryhmien välillä oli eniten faktorilla *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus*.

Avainsanat: faktorianalyysi, profiilianalyysi, arvostukset, kuljettajat, liikenneolot

## Sisältö

1 Johdanto	6
2 Tutkimuksen aineisto ja tausta	7
2.1 Aineisto	7
2.2 Aikaisempia tutkimuksia	8
3 Tilastollinen teoria	11
3.1 Faktorianalyysin lyhyt historiikki	11
3.2 Faktorimalli	13
3.2.1 Faktorimallin parametrit	15
3.3 Eksploratiivinen faktorianalyysi	17
3.3.1 Faktoreiden lukumäärän arviointi	18
3.3.2 Faktorointi	19
3.3.3 Rotaatiot ja tulkinnat	20
3.3.4 Riittävyystarkastelut	22
3.3.5 Faktoripistemäärien estimointi	22
3.4 Profiilianalyysi	27
3.5 Yksisuuntainen varianssianalyysi	29
3.6 Kaksisuuntainen varianssianalyysi	30
4 Tutkimustulokset	31
4.1 Aineiston tilastollinen käsittely	31
4.2 Henkilöauton kuljettajien mielipiteiden tiivistäminen talvifaktoreiksi	32

4.3 Talvifaktoreiden keskiarvovertailut taustamuuttujittain	37
4.3.1 Taustamuuttujana sukupuoli	38
4.3.2 Taustamuuttujana ikä	39
4.3.3 Yhdysvaikutukset sukupuolen ja iän välillä	42
4.3.4 Taustamuuttujana ajokilometrit vuodessa	44
4.3.5 Taustamuuttujana asuinalue Suomessa	46
4.4 Henkilöauton kuljettajien mielipiteiden tiivistäminen kesäfaktoreiksi	48
4.4.1 Taustamuuttujana sukupuoli	52
4.4.2 Taustamuuttujana ikä	54
4.4.3 Taustamuuttujana ajokilometrit vuodessa	56
4.4.4 Taustamuuttujana asuinalue Suomessa	58
4.5 Kuorma-auton kuljettajien talvifaktorit	60
4.6 Kuorma-auton kuljettajien kesäfaktorit	61
5 Tulosten tarkastelua	62
6 Johtopäätökset	68
Lähteet	69
Liitteet	70

## 1 Johdanto

Tiet ovat tärkeä osa yhteiskunnan infrastruktuuria. Tienpito vaatii suuria taloudellisia investointeja ja on tärkeää, että vältetään yhteiskunnan tavoitteiden vastaiset liikenne-ratkaisut. Tiepolitiikan tehtävänä on ohjata päätöksentekoa tieliikennejärjestelmän kehittämiseksi. Tietoa siitä, minkälaisia arvostuksia tienkäyttäjillä on tarvitaan herättämään yhteiskunnallista keskustelua tiepolitiikan suuntaamiseksi.

Arvostuksia voidaan mitata selvittämällä, kuinka tärkeinä erilaisia tieliikennejärjestelmän osatekijöitä pidetään. Osana Tielaitoksen strategista suunnittelua kehittävää tutkimusohjelmaa ”Tienpidon yhteiskunnalliset vaikutukset” tehtiin kesällä 1996 laaja haastattelututkimus henkilö- ja kuorma-autoilijoille tavoitteena selvittää, mitä kuljettajat arvostavat tieliikenneoloissa ja mitä kohteita heidän mielestään pitäisi kehittää. Tutkimus suoritettiin VTT Yhdyskuntatekniikassa ja analysoidut haastattelututkimuksen tulokset on julkaistu raportissa *”Tieliikenneolojen kokeminen Suomessa; henkilö- ja kuorma-autoilijoiden mielipiteet tienpidon kehittämistarpeista”* (Rämä, Luoma, Penttinen, 1997).

Pro gradu -tutkielman tarkoituksena oli faktorianalyysin avulla kiteyttää haastattelututkimuksesta henkilö- ja kuorma-auton kuljettajien pääteitä koskevat mielipiteet muutamaankin faktoriin. Eri osissa maata teiden kehittämistarpeet ovat erilaisia, samoin ajokilometrimäärä vaikuttaa arvostuksiin ja kehittämistarpeisiin, kuten sukupuoli ja ikäkin. Tutkimuksen tavoitteena oli myös tarkastella eroja taustamuuttujien ryhmien välillä. Kun faktoreille oli löydetty sisällöllisesti hyvät tulkinnat, laskettiin haastatelluille autoilijoille faktoripistemäärät. Profiilianalyysin avulla voitiin sen jälkeen tarkastella faktoreita yhtä aikaa taustamuuttujilla sukupuoli, ikä, ajokilometrimäärä ja asuinalue Suomessa. Apuna käytettiin taustamuuttujien ryhmien keskiarvojen graafisia esityksiä faktoreilla. Taustamuuttujien ryhmien keskiarvojen välisiä eroja tarkasteltiin profiilianalyysin lisäksi tarvittaessa yksi- ja kaksisuuntaisella varianssianalyysillä. Erojen tarkempaan paikallistamiseen käytettiin monivertailutestejä. Tuloksia vertailtiin myös aikaisempiin tutkimuksiin.

## 2 Tutkimuksen aineisto ja tausta

### 2.1 Aineisto

Aineistona käytettiin aikaisemman tutkimuksen (Rämä, Luoma, Penttinen, 1997) päätteiden kehittämistarpeita koskevia väittämiä ja niihin henkilö- ja kuorma-autoilijoilta saatuja vastauksia. Henkilöauton kuljettajia haastateltiin kotona. Tavoitteena oli kerätä 1000 kuljettajan mielipiteet teiden kehittämistarpeista. Haastattelu oli melko laaja: sen arvioitu kesto-aika oli 30 - 45 minuuttia. Kotihaastattelun otanta oli ositettu satunnaisotanta. Ositus oli pyritty suorittamaan siten, että aineisto edustaisi mahdollisimman hyvin normaaliväestöä maan eri osien (lääni), paikkakuntatyypin (pääkaupunkiseutu, kaupunki, maaseutu) sekä iän suhteen. Ajokorttijakaumaa noudatellen miesten osuudeksi pyrittiin saamaan 60%. Haastateltavien alaikäraja oli 18 vuotta. Kuorma-auton kuljettajia haastateltiin taukopaikoilla eri puolilla maata. Taukopaikat valittiin maan eri osista siten, että haastattelupaikkoja oli eniten lounaisesta Suomesta. Kiintiöpoiminnan tavoitteena oli saada vastaus 300 kuorma-auton kuljettajalta.

Haastattelussa kysyttiin kuljettajien taustatietoja, mutta pääsisältönä olivat väittämät kehitystarpeista, joita kuljettajat arvioivat kymmenportaisella asteikolla (1 = ei kehittämistarvetta ..... 10 = erittäin suuri kehittämistarve). Kehittämistarpeet kysyttiin erikseen matkan pää- ja sivutieosuuksista. Kesä- ja talviajan kehittämistarpeet kirjattiin erikseen. Kuorma-auton kuljettajien lomake oli muutamaa taustakysymystä lukuunottamatta samanlainen kuin kotihaastattelussa käytetty lomake.

Aineiston keräsi Suomen Gallup Oy kesällä 1996. Haastateltua saatiin 964 henkilöauton kuljettajaa. Haastateltuja kuorma-auton kuljettajia oli taukopaikoilla 308 ja lisäksi kotihaastatteluaineistosta siirrettiin 21 kuorma- tai linja-autonkuljettajan vastaukset kuorma-autonkuljettajien aineistoon.

## 2.2 Aikaisempia tutkimuksia

Haastatteluaineistosta on tehty aikaisemmin raportti *”Tieliikenneolojen kokeminen Suomessa; henkilö- ja kuorma-autoilijoiden mielipiteet tienpidon kehittämistarpeista”* (Rämä & al., 1997). Raportissa on aluksi tarkasteltu kuljettajia taustamuuttujien avulla. Pää- ja sivuteiden kehittämistarpeita on esitetty omissa luvuissaan siten, että ne on asetettu autoilijoiden esittämään tärkeysjärjestykseen. Ilmaistuja kehittämistarpeita on tarkasteltu myös taustamuuttujilla ajoneuvotyyppi, maan eri osat, paikkakuntatyyppi, vuotuinen ajomäärä ja matkatyyppi. Kehittämistarpeista on tehty myös faktorianalyysi varimax-rotatiolla. Tutkimuksen tarkoitus oli tuottaa tietoa kuljettajien tieliikenneolojen arvostamisesta sekä siitä, mitä tieliikennejärjestelmän ominaisuuksia kuljettajat halusivat kehitettävän maan eri osissa ja miten tienkäyttäjärühmät suhtautuivat erilaisilla matkoilla kehitystarpeisiin.

*”Kestävän kehityksen toteutuminen liikenteessä; esiselvitys”* (Halla, 1994) on tutkimusraportti, jossa pohditaan liikenteeseen liittyviä ympäristöongelmia. Selvityksessä tarkastellaan Suomen oloissa liikenteen kehittymistä lähtien nykyisestä liikenteen ympäristökuormituksesta ja hahmotellaan muutamien skenaarioiden avulla yhteiskunnan muutosmalleja. Henkilöautoon ja sen käyttöön liittynee arvolatauksia, joiden takia henkilöautoliikenteen kehittymisen arviointiin eivät päde pelkästään rationaalisen päättelyn keinot (Halla, 1994).

Nopeusrajoituksista on tehty useita tutkimuksia. *”Tienpidon yhteiskunnalliset vaikutukset”* ohjelman puitteissa on julkaistu raportti *”Liikenteen optimaalinen nopeus – onko sellaista?”* (Räsänen, 1995). Liikenteen optimaalisella nopeudella tarkoitetaan siinä no-



peustasoa, jolla yhteiskunnalliset kustannukset ovat minimissään. Perinteisesti laskelmat ovat olleet liiketaloudellisia, jolloin lasketuksi ovat tulleet ajoneuvo-, aika-, onnettomuus- sekä melu- ja päästökustannukset. Eri näkökulmista optimaalinen nopeus voi näyttää kuitenkin hyvin erilaiselta, koska eri tienkäyttäjryhmät painottavat nopeuden osatekijöitä eri tavoin, joten laskelmat kätkevät sisälleen merkittäviä kannanottoja. Optimilaskelmissa tulee siksi herkkyytarkasteluin arvioida eri tekijöiden muutosten vaikutusta lopputulokseen (Räsänen, 1995). Raportin mukaan nopeustasolla on edelleen monenlaisia vaikutuksia, jotka tulevat esiin vasta pitkän ajan kuluttua. Esimerkkeinä globaalit ympäristövaikutukset, vaikutukset kuljetusten täsmällisyyteen, reitinvalintaan, maankäyttöön ja yhteiskunnan toimintojen verkostoitumiseen. Kaikkien vaikutusten rahassa arvostaminen on vaikeaa tai mahdotonta. Tienjakson laskennallinen optiminopeus saattaa myös tien pituussuunnassa vaihtua tiuhempaan kuin nopeusrajoitusta on muista syistä järkevää muuttaa. Optiminopeuskäyrät ovat niin loivia, että virhemarginaaliin jää hyvin laaja nopeusrajoitusalue. Unohtaa ei myöskään pidä, että optiminopeus on ajankohdan ja kelin funktio.

Raportissa *“Autonkuljettajien informaatiotarpeet”* (Penttinen M., 1996) selvitetään, millaista informaatiota autonkuljettajat tarvitsevat ja haluavat, mitä tiedonhankintavälineitä he haluavat käyttää sekä miten tieto vaikuttaa autonkuljettajien käyttäytymiseen. Suosituimpia tiedonhankintavälineitä raportin mukaan olivat erilaiset muuttuvat opasteet, sanomalehti, televisio ja radio. Tärkeinä pidettiin sää- ja kelitietoja, liikenteen sujumista koskevia tietoja ja vaihtoehtoisista reiteistä kertovia tietoja. Tärkeimpinä sää- ja kelitietoina pidettiin tien liukkautta, jäisyyttä, polanteisuutta ja sohjoisuutta. Tulosten mukaan informaatiolla voidaan vaikuttaa ajotapaan ja matkan mukavuuteen ja joskus myös kulkutapaan ja matkalle lähtöön.

Asiakastyytyväisyystutkimukset vuodelta 1995 Turun ja Lapin tiepiiristä (Oy Viisikko-Femman Ab, 1996) tehtiin haastattelututkimuksena tienkäyttäjien keskuudessa. Tutkittavia osa-alueita olivat: teiden hoito ja ylläpito talvella, teiden hoito ja ylläpito kesällä, tieliikenteen palvelut, muu tielaitoksen toiminta ja liikenneväylien kehittäminen. Kehittämistarpeen tunnusluku saatiin laskemalla ominaisuuden tärkeyden ja nykytilanteen keskiarvojen erotus. Molemmissa piireissä nopeusrajoitukset saivat kritiikkiä osakseen.

Talvikunnossapitoa pidettiin tärkeänä. Myös kevyenliikenteen väylien rakentamista pidettiin molemmissa piireissä tärkeänä.

Raportissa *“Talviliikenteen järjestelyjen painopisteet”* (Leppänen & al.,1994) on esitelty tulokset haastattelututkimuksesta, jossa on käytettiin conjoint-analyysimenetelmää. Conjoint-menetelmä antaa tarkemman kuvan siitä, miten eri intressiryhmät painottavat talviliikenteen vaihtoehtoja, koska vastaaja ei voi saada kaikkea hyvää kerralla, vaan hänen on tehtävä valintoja tärkeänä pitamiensä asioiden välillä. Conjoint- menetelmä laskee kullekin vaihtoehdolle painokertoimen, joka kuvastaa asian merkitystä vastaajalle suhteessa muihin vaihtoehtoihin. Suosituin vaihtoehto talvinopeusrajoitusten osalta oli vaihtuvat nopeusrajoitukset. Tielaitoksen johdon näkemykset olivat lähellä tavallisia autoilijoita. Sen sijaan ympäristö- ja turvallisuusasiantuntijat olivat muita halukkaampia alentamaan edelleen talvinopeusrajoituksia. Ympäristön huomioon ottaminen oli nykyisessä laajuudessa riittävää tielaitoksen johdolle ja tavallisille autoilijoille, kun taas ympäristö- ja liikenneturvallisuusasiantuntijat halusivat tehostaa panostusta ympäristöasioihin.

*“Ett strukturering av svenska trafik och trafiksäkerhetsattityder; en LISREL-analys av SARTRE-materialet”* (Dahlstedt, 1994) on haastattelututkimuksen perusteella tehty analyysi, jonka tavoitteena oli kuvata liikenneasenteiden rakenteita. Haastattelu tehtiin 1266 henkilölle, joille esitettiin 200 kysymystä. Analyysiin valittiin kuutisenkymmentä kysymystä yhdeltätoista aihealueelta, jotka olivat: yhteiskunnallinen ja taloudellinen asema, asenne ajankohtaisiin yhteiskunnallisiin asioihin, yleinen asenne liikenteeseen ja autoiluun, ympäristöasenteet, asenteet autoihin ja auton omistukseen, omat asenteet ajassa, suhtautuminen turvavöihin, suhtautuminen alkoholinkäyttöön liikenteessä, näkemykset nopeuksista ja nopeusrajoituksista, omat tavat suhtautua ajonopeuksiin sekä suhtautuminen yleiseurooppalaisiin liikennesäänöihin. Kaikki analyysit tehtiin erikseen miehille ja naisille, koska ruotsalaisten kokemuksen mukaan naisten ja miesten asenteet liikenteessä ovat erilaisia. Myös tutkimuksen tulokset osoittivat, että miesten ja naisten liikenneasenteiden rakenteet olivat erilaisia. LISREL- mallit toimivat kyllä näinkin suurissa tietomäärissä, mikäli on hankittu rakenteista alustavia tietoja aikaisemmilla tutkimuksilla. (Dahlstedt, 1994).

## 3 Tilastollinen teoria

### 3.1 Faktorianalyysin lyhyt historiikki

Faktorianalyysi on yleisesti käytetty monimuuttujamenetelmä, joka perustuu muuttujien välisten assosiaatioiden tutkimiseen muuttujajoukossa. Jo 1888 Galton toi esiin ajatuksen latentista muuttujasta, joka ei ollut suoraan havaittavissa tai mitattavissa. Matemaattisen perustan faktorianalyysille loi vuosisadan vaihteessa Karl Pearson määrittelemällä satunnaismuuttujien välisten yhteyksien tarkastelemiseksi korrelaatiokerroimen käsitteen (tulomomenttikorrelaatiokerroin). Faktorianalyysin isänä pidetään kuitenkin Charles Spearmania, joka 1904 ensimmäisenä esitti yhden faktorin mallin älykkyyden mittaamisesta useiden havaittujen muuttujien avulla. (Lawley & Maxwell 1971, Morrison 1976, Leskinen 1987) Usean faktorin mallin teoriaa kehitti 1930-luvulla erityisesti Thurstone, joka esitti siihen liittyvän yksinkertaisen latausrakenteen periaatteen. Tilastotieteellisesti faktorianalyysi kehittyi 1940-luvulla, jolloin Lawley sovelsi suurimman uskottavuuden periaatetta ja hypoteesien testaamista faktorimalleihin. Faktorianalyysin käyttö oli silloin kuitenkin laskennallisesti työlästä, sillä jo korrelaatiokerroimien laskemiseen kului runsaasti aikaa, ja sitä käyttivät miltei pelkästään psykologit.

Kun tietokoneet tulivat käyttöön ja kehittyivät, muuttui faktorianalyysin käyttö laskennallisesti helpommaksi ja sen käyttö yleistyi lähes kaikille tieteen aloille. 1960- ja 1970-luvuilla seurasi ”sokean faktorianalyysin aika” eksploratiivisen faktorianalyysin käytössä, mikä tarkoitti sen käyttämistä mekaanisesti kaikenlaisiin aineistoihin. Eksploratiiviselle faktorianalyysille on tyypillistä, että lähtökohtana on suurehko määrä havaittuja muuttujia, joiden korrelaatorakennetta halutaan kuvata ja selittää faktorimallin avulla. Tutkija ajattelee valitsemiensa muuttujien mittaavan latenteja muuttujia, faktoreita, mutta hän ei ole tarkemmin selvillä faktoreiden lukumäärästä eikä faktoreiden lataus- ja korrelaatorakenteista. Hänellä ei ole käytettävissä aikaisempia tutkimus-

tuloksia eikä muita sisällöllisiä hypoteeseja, joiden avulla olisi mahdollista etukäteen muodostaa hypoteeseja faktorimallejen rakenteesta, joten latausparametreille ei voida asettaa rajoitteita. Faktorimalleista eksploratiivisessa faktorianalyysissä käytetään myös nimitystä rajoittamattomat mallit (unrestricted model, Lawley & al. 1971,24).

1960-luvun loppupuolella alettiin kiinnostua myös faktorimalleista, joissa faktoreiden latausparametreille asetettiin etukäteen rajoituksia (restricted model, Lawley & al. 1971,87) pitäen lähtökohtana sisällöllisesti perusteltuja olettamuksia mallin tekijöiden välisistä suhteista. Näitä malleja kutsutaan konfirmatorisiksi faktorimalleiksi ja faktorianalyysia konfirmatoriseksi faktorianalyysiksi. Rajoitukset ilmaisevat esimerkiksi, mitkä faktorit vaikuttavat mihinkin havaittuun muuttujaan ja mitkä faktorit korreloivat keskenään. Tilastollisten testien avulla voidaan arvioida, miten aineisto noudattaa mallille tehtyjä rajoituksia ts. ”konfirmoiko” aineisto laaditun mallin. (Nummenmaa & al. 1996, 263). Malleissa on yhtenä kiinnostuksen kohteena, millä latausten rajoitusehdoilla faktorimalli on rotaatio- yksikäsitteinen. Konfirmatorisessa faktorianalyysissä saatua faktoriratkaisua ei voida rotatoida rikkomatta asetettuja latausrajoituksia Tällä pyrittiin poistamaan sitä mielivaltaisuutta, joka on olemassa eksploratiivisten faktorimallien latausratkaisuissa.

Myöhemmin kiinnostuksen kohteeksi muodostuivat identifioituvat konfirmatoriset mallit, joissa mallin latausparametrit ovat yksikäsitteisiä. Tämä mahdollisti tehokkaiden tilastollisten mallien rakentamisperiaatteiden käytön konfirmatorisen faktorianalyysin teoriassa. Käytäntöön konfirmatoriset identifioituvat faktorimallit levisivät ohjelmistojen kehittyessä 1970-luvun puolivälissä. Jöreskogin kehittämän LISREL- mallirakennelman kautta konfirmatoriset faktorimallit laajentuivat myös kovarianssirakennemallien suuntaan. Konfirmatorisen faktorianalyysin näkökulmasta LISREL- mallit voidaan käsittää myös faktoreiden rakenneyhtälömalleina, jotka mahdollistavat faktoreiden regressio-, polku-, ja moniyhtälömalliesitykset. Identifioituvien konfirmatoristen faktorimallien teoria on laajentunut myös faktorirakenteiden ryhmävertailuihin ja faktoreiden odotusarvojen rakenneparametrisointeihin ja niiden ryhmävertailuihin (Leskinen 1987, 3).

### 3.2 Faktorimalli

Faktorianalyysi on korrelaatiokeskeinen menetelmä, jossa havaittujen  $x$ -muuttujien korrelaatiot pyritään kuvaamaan ja selittämään faktorimallin avulla. Lähtökohdaksi ajatellaan tilanne, jossa jatkuvilla havaituilla muuttujilla mitataan muuttujaa, joka on latentti ilmiö tai ominaisuus, jota ei voida havaita tai mitata. Faktorianalyysin perusmalli voidaan esittää seuraavasti (Lawley 1971,3):

$$x_i = \sum_{r=1}^k a_{ir} f_r + e_i \quad i = 1, \dots, p \text{ ja } r = 1, \dots, k \quad (3.1)$$

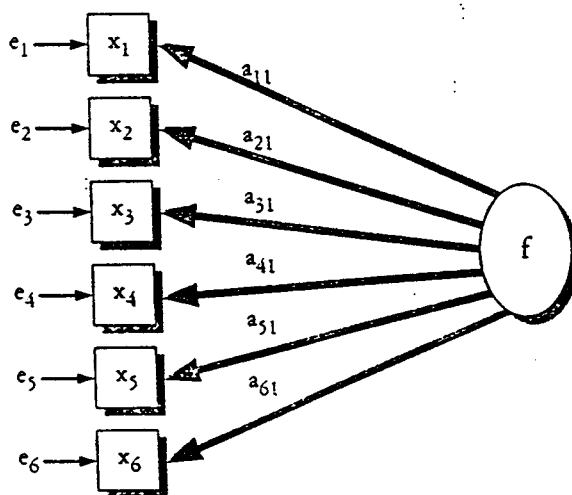
$x_i$  = havaittu muuttuja

$f_r$  = faktori ja

$e_i$  = jäännösmuuttuja

$a_{ij}$  =  $x_i$  :n lataus faktorilla  $f_r$

Yhden faktorin malli voidaan graafisesti esittää seuraavasti:



KUVIO 3.1 Yhden faktorin mallin graafinen esitys, kun havaittuja muuttujia on kuusi

Matriisimuodossa yhtälö voidaan esittää:

$$\mathbf{x} = \Lambda \mathbf{f} + \mathbf{e} \quad (3.2)$$

missä  $\mathbf{x}' = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_p]$  on havaittujen muuttujien  $p \times 1$  vektori

$\mathbf{f}' = [f_1 \ f_2 \ \dots \ f_k]$  on faktoreiden  $k \times 1$  vektori

$\Lambda = [a_{ir}]$  on  $p \times k$  latausmatriisi ja

$\mathbf{e}' = [e_1 \ e_2 \ \dots \ e_p]$  on jäännöstermien  $p \times 1$  vektori.

Lisäksi oletetaan, että muuttujien odotusarvot ovat nolliä:

$E(f_r) = 0$ ,  $E(e_i) = 0$ , joten  $E(x_i) = 0$ ,  $i = 1, \dots, p$  ja  $r = 1, \dots, k$ .

Kovarianssimatriisi on silloin muotoa  $E(\mathbf{xx}')$  jota voidaan merkitä myös

$\Sigma = [\sigma_{ij}]$ , missä  $\sigma_{ii}$  on  $x_i$ :n varianssi ja  $\sigma_{ij}$  on  $x_i$ :n ja  $x_j$ :n

kovarianssi. Lisäksi oletusten mukaan  $E(\mathbf{fe}') = 0$ .

Mikäli faktorit *eivät korreloi* ja oletetaan, että niiden varianssi on yksi saadaan *diagonaaliset* kovarianssimatriisit  $\mathbf{f}$ :lle ja  $\mathbf{e}$ :lle:

$$E(\mathbf{ff}') = \mathbf{I}_k,$$

missä  $\mathbf{I}_k$  yksikkömatriisi ja

$$E(\mathbf{ee}') = \Psi,$$

$\Psi$  on diagonaalimatriisi, jonka diagonaalielementit ovat  $\Psi_1, \dots, \Psi_p$  muiden alkioiden ollessa nolliä. Koska yhtälön (3.2) mukaan

$$E(\mathbf{xx}') = E[(\Lambda \mathbf{f} + \mathbf{e})(\Lambda \mathbf{f} + \mathbf{e})']$$

saadaan  $x$  - muuttujien *teoreettiseksi kovarianssimatriisiksi*

$$\Sigma = \Lambda \Lambda' + \Psi. \quad (3.3)$$

Jos faktorit *korreloivat*, merkitään  $\mathbf{f}$ :n kovarianssimatriisia

$$E(\mathbf{ff}') = \Phi,$$

joka on symmetrinen matriisi. Silloin  $x$  - muuttujien teoreettiseksi kovarianssimatriisiksi saadaan

$$\Sigma = \Lambda\Phi\Lambda' + \Psi. \quad (3.4)$$

### 3.2.1 Faktorimallin parametrit

Matriisit  $\Lambda$ ,  $\Phi$  ja  $\Psi$  ovat faktorimallin parametreja. Käytännössä parametrimatriisien  $\Lambda$  ja  $\Psi$  alkioit ovat tuntemattomia ja niille estimoidaan arvot havaintoaineiston avulla. Faktorimalli (3.2) ei ole parametrisoinnin suhteen yksikäsitteinen. Jos faktorimallille löytyy ratkaisu parametrien  $\Lambda$  ja  $\Psi$  suhteen, löytyy ratkaisuja rajaton määrä ja ne tuottavat saman kovarianssimatriisiesityksen.

Faktorimallin konstruointiin liittyy aina faktoreiden skaalaus. Jotta faktorimallista saataisiin skaalan suhteen yksikäsitteinen, on suoritettava joko faktoreiden varianssin kiinnitys tai kiinnitettävä ainakin yksi faktorilataus.

Jos faktorimalli (3.2) konstruoidaan siten, että se on parametrien  $\Lambda$  suhteen rajoitettu, on kysessä konfirmatorinen faktorimalli (restricted model), jonka identifioituvat parametrit ovat ratkaistavissa yksikäsitteisesti (Leskinen 1987, 19).

Eksploraatiivisessa faktorimallissa (unrestricted model) ei tehdä rajoituksia latausmatriisin  $\Lambda$  yksittäisiin latauksiin, vaan kaikki lataukset ovat tuntemattomia. Faktoreiden kovarianssimatriisi  $\Phi$  skaalataan korrelatiomatriisiksi kiinnittämällä faktoreiden varianssit ykkösiksi. Faktorin varianssin kiinnittäminen vakioksi tuottaa faktorimallin, joka on latausrakenteen suhteen etumerkkiä vaille yksikäsitteinen. Mikäli valitaan  $\Phi = \mathbf{I}$  on

kysymyksessä suorakulmainen (ortogonal) faktorimalli, jolloin faktorit eivät saa korreloida keskenään. Jos taas  $\Phi$  ei ole diagonaalinen, on kysymyksessä vinokulmainen (oblique) faktorimalli, jolloin faktorit voivat korreloida keskenään (Anderson 1984,553).

Jos oletetaan, että  $\Psi$  on yksikäsitteisesti määritelty, saadaan  $p \times p$  matriisi

$$\Sigma = \Psi, \quad (3.5)$$

jonka diagonaalilla olevat varianssit kuvaavat sitä osaa vastaavan muuttujan kokonaisvariانسista, joka aiheutuu faktoreista; näitä variansseja kutsutaan muuttujien *kommunaliteeteiksi* (Lawley & al. 1971, 7).

Jos faktorit ovat korreloimattomia, ovat yhtälöt (3.2) ja (3.3) voimassa, jos  $\mathbf{f}$  korvataan  $\mathbf{M}\mathbf{f}$ :llä ja  $\Lambda$   $\Lambda\mathbf{M}'$ :llä, missä  $\mathbf{M}$  on ortogonaalinen  $k \times k$  matriisi, toisin sanoen eksploraatiivisessa faktorianalyysissä faktoreille voidaan tehdä *rotaatioita* ja näin saada mielivaltaisen määrä vaihtoehtoisia faktorimalliesityksiä, jotka tuottavat saman teoreettisen kovarianssirakenteen havaituille muuttujille. Vastaavasti jos faktorit korreloivat ovat yhtälöt (3.2) ja (3.4) voimassa jos  $\mathbf{f}$  korvataan  $\mathbf{M}\mathbf{f}$ :llä ja  $\Lambda$   $\Lambda\mathbf{M}^{-1}$ :llä ja  $\Phi$  matriisitulolla  $\mathbf{M}\Phi\mathbf{M}'$ , missä  $\mathbf{M}$  on  $k \times k$  ei-singulaarinen matriisi (Lawley & al. 1971,13).

Kuten mainittiin, latausmatriisin ratkaiseminen ei ole yksikäsitteistä ilman rajoituksia  $\Lambda$ :ssa. Jos faktorit oletetaan korreloimattomiksi ( $\Phi = \mathbf{I}$ ), voidaan rajoitteet yksikäsitteisyden saamiseksi  $\Lambda$  estimoinnissa asettaa siten, että matriisitulo

$$\Gamma = \Lambda \Psi^{-1} \Lambda \quad (3.6)$$

on diagonaalimatriisi, jonka diagonaalialkiot ovat positiivisia ja järjestyksessä siten, että  $\gamma_{11} > \gamma_{22} > \dots > \gamma_{pp}$ . Matriisin  $\Gamma$  diagonaalialkioita kutsutaan *ominaisarvoiksi*. Matriisia  $\Gamma$  voidaan käyttää hyväksi faktoroinnissa ja faktoripistemäärien laskemisessa.



### 3.3 Eksploratiivinen faktorianalyysi

Eksploratiivisessa faktorianalyysissä (unrestricted model) lähtökohtana on suurehko joukko havaittuja muuttujia, joiden korrelaatorakennetta halutaan kuvata ja selittää faktorimallin avulla. Muuttujien ajatellaan mittaavan latentteja muuttujia, faktoreita, mutta faktoreiden lukumäärästä eikä niiden lataus- ja korrelaatorakenteista olla tarkemmin selvillä. Tällainen on tilanne tutkittaessa uusia ilmiöitä ja kohteita, joissa ei voida etukäteen muodostaa hypoteeseja faktorimallien luonteesta. Logiikkana on ensin tutkia havaittujen muuttujien välisiä korrelaatioita ja näiden perusteella pelkistää monen muuttujan muodostama avaruus vain muutaman *faktorin* muodostamaan avaruuteen (Anderson 1984, 553). Esimerkiksi vaikeasti mitattavia ilmiöitä, kuten ihmisten asenteita ja arvostuksia, voidaan mitata sarjalla kysymyksiä, joiden toivotaan yhdessä antavan ilmiöstä monipuolisen ja luotettavan kuvan. Erilaisia kysymyksiä, joiden ajatellaan mittaavan samaa taustalla olevaa latenttia muuttujaa voidaan tehdä kymmeniä, vaikka usein muutamakin riittää. Niiden kysymysten tai mittausten, joiden välillä on voimakas korrelaatio ja jotka ovat käsitteellisesti lähellä toisiaan, voidaan katsoa mittaavan samaa taustalla olevaa ulottuvuutta, *faktoria*. Jos korrelaatio on voimakkaasti negatiivinen, mittaavat kysymykset saman ulottuvuuden eri ääripäitä. Eksploratiivisessa faktorianalyysissä faktorimallin konstruointi ja sen tulkinnat suoritetaan ensisijaisesti aineiston antaman informaation perusteella. Toisin sanoen tutkimus on luonteeltaan eksploratiivista aineiston analysointia.

Suosituksena eksploratiivisen faktorianalyysin käytössä on, ettei analysoitavia muuttujia saa olla kohtuuttoman paljon, jolloin analyysit käy raskaiksi ja tulkintojen sattumanvaraisuus ja subjektiivisuus lisääntyy. Tutkimusongelman mukaan muuttujien maksimumääräksi voisi ajatella 30 - 50 muuttujaa. Havaintojen määrä tulisi olla vähintään 100.

Usein joudutaan myös arvioimaan havaittujen muuttujien sopivuutta mittaamaan faktoreita ja alunperin valittu havaittujen muuttujien joukko saattaa karsiutua pienemmäksi eksploratiivista faktorianalyysia suoritettaessa.

Eksploratiivisen faktorianalyysin suorituskvaiheet ovat:

1. faktoreiden lukumäärän arviointi
2. faktorointi eli faktoreiden eristäminen (extraction)
3. rotatointi ja tulkinnat
4. riittävyystarkastelut
5. faktoripistemäärien laskeminen

### 3.3.1 Faktoreiden lukumäärän arviointi

Jos etukäteen ei voida kiinnittää faktoreiden lukumäärää, voidaan sitä arvioida tilastollisesti analyysiin havaittujen  $x_i$  - muuttujien otoskorrelaatiomatriisin  $\mathbf{R}$  avulla. Yksinkertainen tapa on etsiä havaittujen muuttujien joukosta sellaisia muuttujaryhmiä, joiden sisällä otoskorrelaatiot ovat mahdollisimman korkeita. Mikäli tällainen ryhmittely on toteutettavissa, muodostaa muuttujaryhmien lukumäärä yhden arvion faktoreiden lukumäärälle.

Matemaattisempi lähestymistapa on ratkaista otoskorrelaatiomatriisin ominaisarvoesitys. Korrelaatiomatriisin ominaisarvot (karakteristiset eli latentit juuret)  $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_p$  ratkaistaan suuruusjärjestyksessä ja niille ovat voimassa tulokset:

$$\sum_{j=1}^p \gamma_j = p, \quad \gamma_1 > \gamma_2 > \dots > \gamma_p > 0.$$

Tavallinen nyrkkisääntö on, että faktoreita kannattaa valita niin monta kuin on yli ykkösen olevia ominaisarvoja. Tarkasteluun voidaan lisätä näkökulma, jossa faktoreiden lukumäärä näkyy selvänä katkoksenä ominaisarvojen suuruudessa.

Jos havaittu muuttujajoukko on otos  $p$ -ulotteisesta normaalijakaumasta ja otoskoko on riittävän suuri, voidaan eksploraatiivisessa faktorianalyysissä arvioida faktoreiden lukumäärää tilastollisilla yhteensopivuustesteillä. Usein lopullinen lukumäärän valinta kuitenkin tapahtuu vasta tulkintojen yhteydessä kokeilujen kautta. Tavallista onkin, että eksploraatiivisen faktorianalyysin kolme ensimmäistä vaihetta joudutaan toistamaan useita kertoja.

### 3.3.2 Faktorointi

Faktoroinnilla eli faktoreiden eristämällä tarkoitetaan latausmatriisin  $\Lambda$  alustavan ratkaisun laskemista. Yleisimpiä menetelmiä ovat iteratiivinen pääakseliratkaisu (principal axis solution) ja suurimman uskottavuuden menetelmä (maximum likelihood solution). Alustavaa ratkaisua tehtäessä faktorit oletetaan korreloimattomiksi (ortogonaalisiksi). Iteratiivinen pääakselimenetelmä aloitetaan valitsemalla tuntemattomille kommunaliteeteille (Leskinen 1987, 50 - 52)

$$h_i^2 = \sum_{j=1}^k a_{ij}^2 \quad i, \dots, p \quad (3.7)$$

lähtöarvot, esimerkiksi

$$\hat{h}_i^2 = R_i^2, \quad i = 1, \dots, p.$$

jossa  $R_i^2$  on muuttujan  $x_i$  ja muiden  $x$ -muuttujien välisen yhteiskorrelaatiokertoimen neliö. Kun kommunaliteeteille on valittu lähtöarvot, lasketaan redusoidun korrelaatiomatriisin ominaisarvoesitys. Redusoitu korrelaatiomatriisi muodostetaan otoskorrelaatiomatriisista  $\mathbf{R}$  korvaamalla sen päädiagonaali-alkiot kommunaliteettiestimaateilla  $\hat{h}_i^2, i = 1, \dots, p.$

Sama toistetaan laskemalla uudet arviot kommunaliteeteille ja uudet ominaisarvoratkaisut redusoidulle korrelaatiomatriisille, kunnes latauksien ja kommunaliteettien arvot eivät enää oleellisesti muutu. Tuloksena saadaan alustava ratkaisu latausmatriisille  $\Lambda$ .

Mitä suurempi kommunaliteetti  $x_i$  :llä on, sitä paremmin se mittaa faktorirakennetta.

Kun latausmatriisille  $\Lambda$  on saatu ratkaisu, voidaan havaittujen muuttujien saamien kommunaliteettien perusteella arvioida niiden mukanaoloa faktorimallissa. Mikäli halutaan, voidaan pieniä kommunaliteettiarvoja saaneet muuttujat silloin poistaa mallista. Faktoroinnin yhteydessä saadut kommunaliteettiarvot eivät muutu alustavan ratkaisun jälkeen tehdyissä rotatoinneissa.

Eksploratiivisen faktorimallin (3.2) latausmatriisin  $\Lambda$  ratkaisemiseksi voidaan käyttää myös suurimman uskottavuuden estimointimenetelmää. Suurimman uskottavuuden menetelmää käytettäessä oletetaan, että muuttujat noudattavat  $p$ -ulotteista normaalijakaumaa. Faktorit oletetaan korreloimattomiksi ja niiden korrelaatiomatriisi yksikkömatriisiksi. Latausmatriisin  $\Lambda$  ratkaiseminen ei ole yksikäsitteistä ilman rajoituksia  $\Lambda$ :ssa ja yksikäsitteisyys saadaan asettamalla estimoinnissa sellaiset rajoitukset, että matriisitulo  $\Lambda \Psi^{-1} \Lambda$  on diagonaalinen.

Latausrakenne alustavassa faktoroinnissa on usein sisällöllisesti vaikeasti tulkittava. Siksi eksploratiivisen faktorianalyysin seuraava vaihe on faktoreiden rotaatio. Rotaatiot eivät vaikuta  $x$ -muuttujien kommunaliteettiarvoihin eivätkä korrelaatiomatriisin sovitteisiin.

### 3.3.3 Rotaatiot ja tulkinnat

Eksploratiivinen faktorianalyysi lasketaan tavallisesti pääakseliratkaisuna, jossa ensimmäiselle faktorille kerätään niin paljon yhteistä varianssia kuin mahdollista, toiselle faktorille taas mahdollisimman paljon jäljellä olevasta jne. Rotaatio eli faktoriakseleiden kiertäminen on usein tästä syystä välttämätöntä, jotta faktoriratkaisu pystytään muunta-

maan sisällöllisesti tulkinnalliseen muotoon. Rotaatiomenetelmät jaetaan kahteen ryhmään, suorakulmaisiin (orthogonal) ja vinokulmaisiin (oblique) rotaatioihin. Suorakulmaisissa rotaatioissa ei faktorit saa korreloida keskenään, kun taas vinokulmaisissa rotaatioissa niiden korreloiminen sallitaan.

Rotaatiomenetelmien käytön matemaattinen perusta on siinä, ettei eksploratiivisessa faktorimallissa latausmatriisi  $\Lambda$  ole yksikäsitteinen. Koska ratkaisut ovat aineistoon sopivuuden kannalta samanarvoisia, voidaan eksploratiivisessa faktorianalyysissä valita niistä tulkinnallisesti käyttökelpoisin. Tähän liittyy myös eksploratiivisten faktorimallien suurin heikkous. Koska ei ole olemassa tilastomatemattista objektiivista 'oikeaa' latausratkaisua, jää valinta tutkijan subjektiivisen sisällöllisen tulkinnan varaan. Tulkinnan subjektiivisuus tulee yleensä selvästi näkyviin, kun tutkija nimeää saamansa faktorit (Leskinen 1987, 53).

Eksploratiivista, klassista faktorianalyysia käsittävissä kirjallisuudessa on esitetty monia rotaatiomenetelmiä. Eräs käytetyimmistä on Thurstonen esittämä yksinkertaisen latausrakenteen periaate (Morrison 1967, 321-322). Yksinkertaisessa rakenteessa latausmatriisissa on mahdollisimman vähän nollasta eroavia, tulkinnallisesti merkittäviä ratkaisuja. Jokainen havaittu muuttuja mittaa kuitenkin ainakin yhtä faktoria.

Yksinkertaiseen rakenteen periaatteeseen perustuvista ortogonaalisista rotaatiomenetelmistä parhaana pidetään Kaiserin kehittämää suorakulmaista varimax-rotatiota (Nummenmaa & al. 1996), jonka avulla latausrakenne pyritään saamaan sellaiseksi, että siinä on vain suuria tai lähellä nollaa olevia latauksia. Faktoreiden tulee olla suorakulmaisessa ratkaisussa korreloimattomia. Latausmatriisi  $\Lambda$  on silloin sama kuin  $x$ -muuttujien ja faktoreiden korrelaatiomatriisi eli  $a_{ij}$  lataukset ovat  $x$ -muuttujien ja faktoreiden korrelaatiokertoimia.

Vinokulmaisissa rotaatioissa sallitaan faktoreiden korreloiminen keskenään. Usein käytetään direct oblimin-rotatiota, jonka avulla pyritään myös yksinkertaiseen ja selkeään latausrakenteeseen. Lataukset  $a_{ij}$  (pattern matrix) eivät nyt ole kuitenkaan muuttujien ja faktoreiden korrelaatioita, vaan korrelaatiot lasketaan latausten ja faktoreiden korre-

laatioiden avulla. Tästä korrelaatiomatriisista käytetään nimitystä struktuurimatriisi (structure matrix).

Tilastollisen yhteensopivuuden mielessä kaikki rotaatiomenetelmät ovat samanarvoisia ja ne tuottavat samat otoskorrelaatiomatriisin sovitteet kuin alustavan ratkaisun yhteydessä. Rotaatioiden tuottamat faktoriratkaisut ovat myös latausten etumerkkejä vaille yksikäsitteisiä: etumerkin vaihto faktoreittain ei vaikuta tilastollisiin tulkintoihin.

### 3.3.4 Riittävyystarkastelut

Eksploraatiivinen faktorianalyysi lopetetaan usein faktoreiden nimeämiseen. Saatujen ratkaisujen tilastollista riittävyttä ei tavallisesti tutkita. Jos mallin riittävyttä halutaan kuitenkin tarkastella, eräs mahdollisuus on laskea korrelaatiomatriisin sovite  $\hat{R}$  faktoroinnin jälkeen ja tutkia residuaaleja

$$RES = R - \hat{R} \quad (3.8)$$

Tällöin suuret jäännöskorrelaatiot ilmaisevat huonoa yhteensopivuutta, jolloin faktorimalli ei kuvaa ja selitä hyvin havaittuja otoskorrelaatioita.

### 3.3.5 Faktoripistemäärien estimointi

Kun tulkinnallisesti hyvä faktorimalli on löytynyt ja faktoreita haluaa käyttää jatkotarkasteluissa, on niille eksploraatiivisessa faktorianalyysissä estimoitava havaintokohtaiset arvot.

Faktoripistemääriä ei voida estimoida tavallisessa tilastollisessa mielessä, sillä ne eivät ole parametreja, vaan faktoreiden (satunnaismuuttujia) arvoja. Näitä estimoituja fakto-

reita kutsutaan faktoripistemäärämuuttujiksi  $\hat{f}_1, \dots, \hat{f}_k$ . Ongelmia aiheuttaa myös se, että havaittuja muuttujien  $x_i$ ,  $i = 1, \dots, p$  lukumäärä on  $p$ , kun latentteja muuttujia on  $k + p$  kappaletta, sillä faktoreita on  $f_j$  on  $k$  kappaletta ja residuaaleja  $e_i$  on  $p$  kappaletta. Todellisia faktoripistemääriä ei siten voida faktorimalliesityksen avulla tuottaa, vaan on tyydyttävä estimoituihin faktoripistemäärämuuttujiin. Estimointi on kaksivaiheinen: faktorimallin ratkaisun yhteydessä on jo estimoitu parametrit  $\Lambda$  ja  $\Psi$ , joita käytetään ratkaistaessa havaintokohtaisia arvoja. Yleisin menettely faktoripistemäärien estimoinnissa on regressiomenetelmä.

Jos  $\mathbf{x}$  on havaittujen muuttujien vektori  $x_1, \dots, x_p$  ja  $\mathbf{f}$  faktoreiden vektori sekä  $\mathbf{e}$  residuaalejen vektori saadaan aikaisemman perusteella

$$E(\mathbf{x}\mathbf{f}') = E[(\Lambda\mathbf{f} + \mathbf{e})\mathbf{f}'] = \Lambda E(\mathbf{f}\mathbf{f}') = \Lambda,$$

mikäli on kysymys *korreloimattomista standardoiduista faktoreista* ja edelleen

$$E(\mathbf{x}\mathbf{x}') = \Sigma = \Lambda\Lambda' + \Psi.$$

Jos merkitään  $\hat{\mathbf{f}}$ :llä estimoitujen faktoripistemäärämuuttujien  $\hat{f}_1, \dots, \hat{f}_k$  vektoria, voidaan osoittaa (Lawley 1971,107), että regressiomenetelmää käyttäen faktoripistemäärät saadaan estimoitua käyttämällä kaavaa

$$\hat{\mathbf{f}} = \Lambda \Sigma^{-1} \mathbf{x}. \quad (3.9)$$

Faktoripistemäärävektorin  $\hat{\mathbf{f}}$ :n estimointi tapahtuu siis laskemalla  $\mathbf{f}$ :n lineaarinen regressio  $\mathbf{x}$ :llä ja tästä johtuu nimitys regressiomenetelmä. Käyttämällä identiteettiä

$$\Lambda \Sigma^{-1} = \Psi^{-1}(\mathbf{I} + \Gamma)^{-1}, \text{ missä } \Gamma = \Lambda \Psi^{-1} \Lambda$$

voidaan faktoripistemäärien estimaatit kirjoittaa muotoon

$$\hat{\mathbf{f}} = (\mathbf{I} + \Gamma)^{-1} \Lambda \Psi^{-1} \mathbf{x}. \quad (3.10)$$

Faktoripistemäärien estimointiin liittyy virhettä, jota voidaan arvioida niiden estimoidun kovarianssimatriin avulla. Kovarianssimatriisi estimoidulle faktoripistemäärämuuttujien vektorille on  $E(\hat{\mathbf{f}} \hat{\mathbf{f}}')$ . Vastaavasti matriisin  $E(\hat{\mathbf{f}} \mathbf{f}')$  alkiot ovat kovariansseja teoreettisten ja estimoitujen faktoreiden välillä. Matriisit voidaan kirjoittaa muotoon

$$\begin{aligned} E(\hat{\mathbf{f}} \hat{\mathbf{f}}') &= E(\hat{\mathbf{f}} \mathbf{f}') = \Lambda \Sigma^{-1} \Lambda \\ &= \mathbf{I} - (\mathbf{I} + \Gamma)^{-1}. \end{aligned} \quad (3.11)$$

Estimoidut faktoripistemäärät voivat siis korreloida keskenään myös silloin, kun on kysymys ortogonaalisesta faktorimallista, jolloin oletusten mukaan  $E(\mathbf{f}\mathbf{f}') = \mathbf{I}$ .

Voidaan myös osoittaa, että matriisin (3.8) diagonaalien  $r$ :s alkiot ovat estimoidun piste-määrämuuttujan  $\hat{f}_r$  ja vastaavan teoreettisen faktorin  $f_r$  välisen korrelaation neliö. Koska  $E(\hat{\mathbf{f}} \hat{\mathbf{f}}') = E(\hat{\mathbf{f}} \mathbf{f}')$  voidaan edelleen osoittaa, että faktoripistemäärän estimoitu varianssi on sama kuin faktoripistemäärän ja vastaavan teoreettisen faktorin korrelaation neliö, joten matriisin (3.11) diagonaalilla olevia estimoitujen faktoripistemäärien variansseja voidaan käyttää *reliabiliteettikertoimen* tapaan arvioitaessa, kuinka hyvin faktoripistemäärä kuvaa ja mittaa teoreettista vastinettaan.

Faktoripistemäärien ja faktoreiden väliset estimointivirheet  $\hat{\mathbf{f}} - \mathbf{f}$  ovat keskineliöpoikkeamamatriisin alkiota ja niiden kovarianssimatriisi on muotoa

$$\begin{aligned} E[(\hat{\mathbf{f}} - \mathbf{f})(\hat{\mathbf{f}} - \mathbf{f})'] &= \mathbf{I} - \Lambda \Sigma^{-1} \Lambda \\ &= (\mathbf{I} + \Gamma)^{-1}. \end{aligned} \quad (3.12)$$

Keskineliöpoikkeamamatriisin (3.12) päädiagonaalinalkioiden avulla voidaan arvioida estimointivirheiden suuruutta kunkin faktorin kohdalla. (Leskinen 1987,63)



Faktoripistemäärämuuttujat  $\hat{\mathbf{f}}$  ovat myös harhaisia, kuten niiden ehdollisille odotusarvoille saadusta tuloksesta (3.13) nähdään. Ehdolla että faktorimalli on voimassa

$$E(\mathbf{x}|\mathbf{f}) = E[(\Lambda\mathbf{f} + \mathbf{e})|\mathbf{f}] = \Lambda\mathbf{f}.$$

Siitä seuraa

$$\begin{aligned} E(\hat{\mathbf{f}}|\mathbf{f}) &= E(\Lambda\hat{\Sigma}^{-1}\mathbf{x}|\mathbf{f}) \\ &= (\Lambda\hat{\Sigma}^{-1}\Lambda)\mathbf{f} \\ &= \mathbf{f} - (\mathbf{I} + \Gamma)^{-1}\mathbf{f}, \end{aligned} \quad (3.13)$$

joten  $\mathbf{f}$  :n odotusarvo ei ole sama kuin  $\mathbf{f}$ .

Kun faktorit *korreloivat* merkitään faktoreiden kovarianssimatriisia  $E(\mathbf{f}\mathbf{f}') = \Phi$ . Faktoripistemäärät saadaan vastaavasti kuin korreloimattomilla faktoreilla estimoitua kaavalla:

$$\hat{\mathbf{f}} = \Phi\Lambda\hat{\Sigma}^{-1}\mathbf{x}, \quad (3.14)$$

$$\text{tai} \quad \hat{\mathbf{f}} = \Phi(\mathbf{I} + \Gamma\Phi)^{-1}\Lambda\hat{\Psi}^{-1}\mathbf{x}, \quad (3.15)$$

missä  $\Gamma$  on määritelty kuten edellä matriisissa (3.10). Samoin saadaan kovarianssimatriisi teoreettisten ja estimoitujen faktoreiden välille

$$\begin{aligned} E(\hat{\mathbf{f}}\hat{\mathbf{f}}') &= E(\hat{\mathbf{f}}\mathbf{f}') = \Phi\Lambda\hat{\Sigma}^{-1}\Lambda\Phi \\ &= \Phi - (\mathbf{I} + \Gamma\Phi)^{-1}, \end{aligned} \quad (3.16)$$

jonka diagonaalilla olevia variansseja voidaan käyttää reliabiliteetteja arvioitaessa.

Mikäli faktorit korreloivat, on keskineliöpoikkeamamatriisi

$$E[(\hat{\mathbf{f}} - \mathbf{f})(\hat{\mathbf{f}} - \mathbf{f})'] = \Phi(\mathbf{I} + \Gamma\Phi)^{-1} \quad (3.17)$$

Samoin kuin korreloimattomilla faktoreilla faktoripistemäärämuuttujien harhaisuus voidaan osoittaa korreloivien faktoreiden ehdollisille odotusarvoille sijoittamalla  $\mathbf{I} = \Phi$ , jolloin merkitään

$$\begin{aligned}
 E(\hat{\mathbf{f}} | \mathbf{f}) &= \Phi(\Lambda \Sigma^{-1} \Lambda) \mathbf{f} \\
 &= \Phi(\mathbf{I} + \Gamma \Phi)^{-1} (\Lambda \Psi^{-1} \Lambda) \mathbf{f} \\
 &= (\mathbf{I} + \Gamma \Phi)^{-1} \Phi \Gamma \mathbf{f} \\
 &= \mathbf{f} - (\mathbf{I} + \Gamma \Phi)^{-1} \mathbf{f}.
 \end{aligned} \tag{3.18}$$

Faktoripistemäärien estimointiin liittyy aina epätarkkuutta, kuten edellä olevat teoreettiset tarkastelut osoittavat. Sekä otosaineisto että estimoidut faktorimalliratkaisut aiheuttavat osaltaan epätarkkuutta faktoripistemäärien laskemisessa. Nämä ongelmat esiintyvät myös konfirmatorisessa faktorianalyysissa, jos konfirmatoristen faktorimallien avulla estimoidaan faktoripistemäärämuuttujia.

Eksploratiivisessa faktorianalyysissa ei ole mahdollista välttää epätarkkuuksia faktoripistemäärien estimoinnissa, kun halutaan suorittaa lisäanalysointia. Käytettäessä konfirmatorisia faktorimalleja voidaan jatkotarkasteluja suorittaa laskematta faktoripistemääriä, jolloin ongelmilta vältytään. Konfirmatoristen faktorimallien avulla voidaan jatkotarkasteluina suorittaa monipuolisia faktorirakenteiden ryhmävertailuja ja faktoreiden keskiarvovertailuja tarvitsematta estimoida faktoripistemäärämuuttujia. Myös kovarianssirakennemallien LISREL-mallisovellutusten avulla voidaan faktoreille konstruoida esimerkiksi regressiomalleja laskematta faktoripistemääriä (Leskinen 1987,64).

Mikäli eksploratiivisesta faktorianalyysista on saatu helposti tulkittavia, yksinkertaisen rakenteen omaavia faktorimalleja, voidaan tuloksia tarkentaa rakentamalla niitä vastaavia konfirmatorisia faktorimalleja esimerkiksi kiinnittämällä merkityksettömiä latauksia nolliksi. Tällöin ei kuitenkaan ole kyse enää konfirmatorisesta testauksesta, vaan

päätavoitteena on eksploraatiivisen faktorianalyysin tulosten tarkentaminen konfirmatoristen mallien avulla. Parhaiten eksploraatiivisen faktorianalyysin tuomia tutkimustuloksia voidaan hyödyntää suorittamalla uusi, edellisen tutkimuksen otannasta riippumaton aineiston keruu, jonka jälkeen voidaan konfirmatoristen mallien avulla testata saatuja tutkimushypoteeseja uudessa aineistossa. Toinen mahdollinen menettely olisi jakaa tutkimusaineisto kahtia, jolloin ensin suoritettaisiin eksploraatiivinen faktorianalyysi ja tulosten perusteella toisella osalla testattaisiin konfirmatorisia faktorimalleja. Menettely vaatii kuitenkin suuria otoskokoja.

### 3.4 Profiilianalyysi

Jatkotarkasteluissa voidaan käyttää havaintokohtaisia faktoripistemääriä tarkasteltaessa taustamuuttujien ryhmien välisiä eroja faktoreiden suhteen. Profiilianalyysissa mielenkiinnon kohteena ovat *keskiarvoprofiilit*. Analyysimenetelmänä käytetään monimuuttujaista varianssianalyysia, missä voidaan tarkastella useaa riippuvaa muuttujaa yhtäaikaan. Tilastollisina oletuksina ovat tarkasteltavien muuttujien multinormaalisuus ja kovarianssimatriisien yhtäsuuruus eri ryhmissä. Oletetaan, että tutkimusaineistossa on valittu tarkasteltavaksi  $p$  muuttujaa ja  $G$  ryhmää. Malli voidaan esittää matriisimuodossa:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X} \mathbf{M} + \mathbf{E}, \quad (3.19)$$

missä  $\mathbf{Y}$  on  $N \times p$  matriisi ( $N$  on havaintojen lukumäärä),

$\mathbf{X}$  on  $N \times G$  design-matriisi ja  $\mathbf{M}$  odotusarvomatriisi

$\mathbf{M} = [\mu_{gi}]$ ,  $g = 1, \dots, G$  ja  $i = 1, \dots, p$  ja

$\mathbf{E}$  on residuaalien matriisi  $N \times p$ .

Silloin  $E\mathbf{Y} = \mathbf{X} \mathbf{M}$ .

Profiilianalyysissa ei parametrisoida  $\mu$  termejä, vaan  $\mathbf{M}$ :n su-estimaattori on otoskeskiarvomatriisi.

Valitaan yleiseksi  $H_0$  -hypoteesiksi

$H_0 : \mathbf{CMD} = 0$  ja vastahypoteesiksi

$H_1 : \mathbf{CMD} \neq 0$ ,

missä  $\mathbf{C}$  on ryhmäkontrastimatriisi ( $c \times G$ ),

$\mathbf{M}$  odotusarvomatriisi ( $G \times p$ ) ja

$\mathbf{D}$  muuttujavertailumatriisi ( $p \times d$ ).

Profiilianalyysiin liittyvät hypoteesit voidaan esittää sanallisesti:

$H_{a0}$ : Muuttujien keskiarvoprofiilit ovat yhdensuuntaiset (parallel) eli muuttujilla ja ryhmillä ei ole yhdysvaikutusta.

Jos nollihypoteesi on voimassa, voidaan testata muuttujien tai ryhmien omavaikutuksia. Mutta mikäli nollihypoteesi eli yhdensuuntaisuus hylätään, ei omavaikutushypoteesien tuloksia tule käyttää, vaan siirrytään testaamaan yksisuuntaisella varianssianalyysillä muuttuja kerrallaan ryhmäkeskiarvoja tilastollisesti merkitsevien erojen löytämiseksi.

$H_{b0}$ : Muuttujien ryhmien keskiarvoprofiilit ovat samalla tasolla eli muuttujilla ei ole omavaikutusta (flatness).

Hypoteesin testaaminen on mielekästä vain, kun muuttujat ovat yhteismitallisia. Pitkittäistutkimuksissa tämä vaatimus toteutuu, kun samaa ilmiötä mitataan toistuvasti samalla mittarilla.

$H_{c0}$ : Muuttujien keskiarvoprofiilit eri ryhmillä ovat samalla tasolla eli ryhmillä ei ole omavaikutusta (identical).

Hypoteesin ollessa voimassa muuttujien keskiarvot ovat yhtäsuuria eri ryhmissä, edellyttäen, että yhdensuuntaisuushypoteesi on voimassa. Mikäli yhdysvaikutus on olemassa ei omavaikutuksen tuloksia voida käyttää. Yhdysvaikutuksen luonteen arvioimiseen voidaan käyttää myös keskiarvojen graafisia esityksiä. Myös kontrastien käyttö on mahdollista, mutta se edellyttää tarkkuutta tilastollisten testien hypoteesien sisällön suhteen. Eräs tapa yhdysvaikutuksen eliminoimiseen on jakaa aineisto sopivasti osiin.

### 3.5 Yksisuuntainen varianssianalyysi

Kun vertailtavia ryhmiä on enemmän kuin kaksi yhden ryhmittelevän tekijän tapauksessa, käytetään tilastollisten erojen tarkastelussa yksisuuntaista varianssianalyysia. Tarkasteltavana on silloin malli (Nummenmaa & al. 1996,89)

$$y_{ij} = \mu_j + \varepsilon_{ij} \quad (3.20)$$

$$= \mu + \alpha(j) + \varepsilon_{ij} \quad \text{missä } \varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2), \quad i=1 \dots N_j \quad j=1 \dots G$$

odotusarvot  $\mu_j$  kuvataan yleiskeskisarvon  $\mu$  ja ryhmävaikutusparametrien  $\alpha(j)$  avulla. Mallissa asetetaan yksi  $\alpha(j)$  nolaksi tai niiden summa nolaksi. Nollahypoteesi on siten muotoa:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_G$$

jota voidaan testata  $F$ -testillä, joka noudattaa nollahypoteesin voimassaollessa  $F$ -jakaumaa vapausastein  $G-1$  ja  $N-G$ .

Vastahypoteesina  $H_1$  on, ettei kaikki odotusarvot ole samoja. Jos nollahypoteesi hylätään, on  $F$ -testin heikkoutena se, ettei sen avulla voida määrittellä, missä erot ryhmien välillä esiintyvät. Tätä voidaan tutkia monivertailutestien avulla, jonka ideana on parivertailujen kokonaismerkitsevyytason hallinta.

### 3.6 Kaksisuuntainen varianssianalyysi

Jos ryhmitteleviä tekijöitä on kaksi, varianssianalyysi laajenee siten, että voidaan testata myös mahdollisen *yhdysvaikutuksen* olemassaoloa ryhmittelevien tekijöiden  $x_1$  ja  $x_2$  välillä. Tarkasteltavana on silloin malli (Nummenmaa & al.1996,93)

$$y_{ijk} = \mu + \alpha(j) + \beta(k) + \alpha\beta(jk) + \varepsilon_{ijk}, \text{ missä } \varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2) \quad (3.21)$$

$$i = 1, \dots, N_{jk}, \quad J = 1, \dots, J \text{ ja } k = 1, \dots, K$$

missä odotusarvot  $\mu_{jk}$  kuvataan parametreilla:

$\mu$  on yleiskeskisarvo,  $\alpha(j)$  muuttujan  $x_1$  omavaikutus ryhmässä  $j$ ,

$\beta(k)$  on muuttujan  $x_2$  omavaikutus ryhmässä  $k$  ja  $\alpha\beta(jk)$  ovat muuttujien  $x_1$  ja  $x_2$  välisiä *yhdysvaikutustermejä*.

Koska parametreille  $\alpha(j)$  ja  $\beta(k)$  on asetettava yksi rajoitus kummallekin ja yhdysvaikutustermeille  $\alpha\beta(jk)$  yhteensä  $J + K - 1$  rajoitusta, on estimoitavia parametreja yhteensä  $J \times K$ , joka on myös  $y$ - muuttujien odotusarvojen lukumäärä ryhmittelevien muuttujien  $x_1$  ja  $x_2$  suhteen. Kaksisuuntaisen varianssianalyysin malli onkin saturoitu estimoitavien parametrien suhteen. Keskeisin nollahypoteesi on, ettei yhdysvaikutusta esiinny ts.

$$H_0 : \alpha\beta(jk) = 0, \quad j = 1, \dots, J \text{ ja } k = 1, \dots, K.$$

Vastahypoteesina on  $H_1$ , että ryhmittelevien tekijöiden  $x_1$  ja  $x_2$  välillä esiintyy yhdysvaikutusta. Tilastollisena merkitsevyydestinä tälle käytetään  $F$ - testiä. Jos yhdysvaikutus on tilastollisesti merkitsevä, ei omavaikutustermien tuloksia saa käyttää, koska niiden tulkinta saattaa johtaa virheellisiin johtopäätöksiin. Yhdysvaikutuksia voidaan tarkastella myös keskiarvoprofiilien avulla. Aineiston jakamisella osiin voidaan mahdollisesti välttää yhdysvaikutukset.

## 4 Tutkimustulokset

### 4.1 Aineiston tilastollinen käsittely

Aineiston käsittely on aloitettu suorittamalla eksploratiiviset faktorianalyysit neljästä osioryhmästä: henkilöauton kuljettajien talvi- ja kesävaihtamista sekä kuorma-auton kuljettajien talvi- ja kesävaihtamista. Tietokoneajot tehtiin SPSS 6.1- ohjelmistolla. Faktoroinnissa käytettiin pääakseliratkaisua (principal axis solution). Tulokseksi saatiin parhaan ratkaisun antoi vinokulmainen (direct oblimin) rotaatio. Tulokseksi saatiin henkilöauton kuljettajien kysymyksistä viisi ja kuorma-auton kuljettajien kysymyksistä neljä faktoria. Kun laskettiin havaintokohtaiset faktoripistemäärät, voitiin tarkasteluja jatkaa *profiilianalyysilla*, jossa mielenkiinnon kohteena olivat taustamuuttujien sukupuoli, ikä, ajokilometrit ja asuinalue Suomessa *keskiarvoprofiilit*. Tilastollisessa testauksessa käytettiin monimuuttujaista varianssianalyysia (SPSS, MANOVA), jolloin voitiin tarkastella kaikkia faktoreita yhtä aikaa. Ensimmäiseksi testattiin hypoteesia profiilien yhdensuuntaisuudesta, ja sen jälkeen hypoteesia faktoreiden ja ryhmien keskiarvojen yhtäsuuruudesta. Mikäli ensimmäinen hypoteesi tuli hylätyksi, olivat profiilit erisuuntaiset eli faktoreilla ja taustamuuttujaryhmillä oli yhdysvaikutuksia. Tällöin ei omavaikutuksia koskevia tuloksia voitu käyttää, vaan siirryttiin testaamaan faktoreita yksitellen. Testaamiseen käytettiin yksisuuntaista varianssianalyysia (SPSS, ONEWAY) ja nollahypoteesina oli taustamuuttujien ryhmien keskiarvojen yhtäsuuruus. Lisäksi käytettiin ryhmien välisten erojen paikallistamiseen LSD- monivertailutestiä. Joissakin tapauksissa haluttiin myös selvittää taustamuuttujien välisiä yhdysvaikutuksia. Tilastollisena testinä käytettiin tällöin kaksisuuntaista varianssianalyysia (SPSS, ANOVA) ja hypoteesina oli, ettei kahden ryhmittelevän tekijän välillä ollut yhdysvaikutusta.

#### 4.2 Henkilöauton kuljettajien mielipiteiden tiivistäminen talvifaktoreiksi

Henkilöauton kuljettajille esitettiin 27 väittämää (liite 1) talviajan kehittämistarpeista pääteillä. Väittämistä kaksi: ”Tien pitäisi olla nykyistä harvemmin liukas” ja ”Tien pitäisi olla useammin lumeton ja sohjoton” koskivat vain talvi-olosuhteita. Muuten väittämät olivat samat kuin kesä-olosuhteita koskevat. Kuljettajat antoivat vastauksensa asteikolla 1.....10 siten, että 1 tarkoitti, ettei kehittämistarvetta ollut ja 10, että kehittämistarve oli erittäin suuri.

Koska etukäteen ei voitu muodostaa hypoteeseja faktorimallin luonteesta eikä tehdä oletuksia latausmatriisin rakenteesta, suoritettiin *eksploratiivinen faktorianalyysi*. Suoritus aloitettiin tarkastelemalla  $x$ -muuttujien (väittämät) korrelaatiomatriisia. Koska kaikki henkilöt eivät olleet vastanneet kaikkiin väittämiin, puuttui muuttujien havaintoarvoja (henkilöiden vastauksia väittämiin). Ennen korrelaatiomatriisin laskemista oli päätettävä, estimoidaanko puutteelliset havaintoyksiköt vai poistetaanko ne aineistosta. Koska henkilöiden mielipiteiden imputointi jonkin ulkopuolisen lisätiedon perusteella tai keskiarvon käyttö ei tuntunut mielekkäältä, päätettiin puutteelliset havaintoyksiköt poistaa. Puuttuvia havaintoarvoja sisältävät havaintoyksiköt voidaan poistaa muuttujapareittain (pairwise), jolloin korrelaatiokertoimen laskemiseen otetaan vain ne havaintoyksiköt, joista ei puutu tietoa kummastakaan muuttujasta. Tällöin mukana korrelaatiomatriisin laskennassa ovat kaikki havaintoyksiköt, mutta korrelaatioilla niitä on eri määriä ja erilaisia. Menettely on tutkimusaineistoa säästävää ja käyttökelpoinen, jos puuttuvat arvot sijaitsevat satunnaisesti havaintomatriisissa. Haittapuolena on se, että se aiheuttaa laskennallisia ongelmia matriiseissa. Toinen keino on poistaa havaintoaineistosta kaikki ne havaintoyksiköt, joilla on yksikin puuttuva arvo korrelaatiomatriisin muuttujista (listwise). Menettelyä voidaan käyttää, jos puuttuvia arvoja ei ole paljon ja sen etuna on se, että kaikki korrelaatiot lasketaan samojen havaintoyksiköiden perusteella. Tässä puutteelliset havainnot poistettiin listwise menettelyllä, jolloin analyysiin jäi 778 kuljettajan vastaukset. Otokorrelaatiomatriisin (liite 2) determinantin arvo oli .000 0026 ja Kaiser-Meyer-Olkin mitta .92 sekä Barlettin testisuureta vastaava  $p$ -arvo .00. Kaikki nämä osaltaan ilmaisivat, että muuttujien välillä oli korrelaatiota, joten faktorianalyysin suoritukselle oli edellytykset.



Otoskorrelaatiomatriisin ominaisarvojen perusteella viisi faktoria näytti sopivalta määrältä, koska viisi ominaisarvoa oli yli ykkösen (Taulukko 1). Myös erilaiset kokeilut osoittivat, että tulkinnallisesti paras tulos saatiin viidellä faktorilla. Viiden faktorin selityosuus osatestiä kokonaisvarianssista ( $p=27$ ) oli 57,4%.

TAULUKKO 1. Pääteiden kehittämistarpeet talvella: korrelaatiomatriisin ominaisarvot faktoreiden lukumäärän arviointia varten

Kommunaliteettien alkuestimaatit			korrelaatiomatriisin ominaisarvot ja niiden prosentuaaliset osuudet			
Variable	Communality	* *	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
17A1	,35202	*	1	9,67591	35,8	35,8
17A10	,43130	*	2	2,09048	7,7	43,6
17A11	,43765	*	3	1,39465	5,2	48,7
17A12	,34169	*	4	1,25967	4,7	53,4
17A13	,32765	*	5	1,06882	4,0	57,4
17A14	,41585	*	6	,97943	3,6	61,0
17A15	,62832	*	7	,88027	3,3	64,3
17A16	,65119	*	8	,84602	3,1	67,4
17A17	,55529	*	9	,76208	2,8	70,2
17A18	,63698	*	10	,71206	2,6	72,8
17A19	,63728	*	11	,67969	2,5	75,4
17A2	,30151	*	12	,66872	2,5	77,8
17A20	,58111	*	13	,62729	2,3	80,2
17A21	,71347	*	14	,58760	2,2	82,3
17A22	,71340	*	15	,55729	2,1	84,4
17A23	,44573	*	16	,50846	1,9	86,3
17A24	,41466	*	17	,48972	1,8	88,1
17A25	,49217	*	18	,43995	1,6	89,7
17A26	,51228	*	19	,42473	1,6	91,3
17A27	,46144	*	20	,40643	1,5	92,8
17A3	,45209	*	21	,37906	1,4	94,2
17A4	,42197	*	22	,35624	1,3	95,5
17A5	,26433	*	23	,31018	1,1	96,7
17A6	,51417	*	24	,27911	1,0	97,7
17A7	,46597	*	25	,23801	,9	98,6
17A8	,43331	*	26	,21787	,8	99,4
17A9	,37772	*	27	,16028	,6	100,0

PAF extracted 5 factors. 11 iterations required.

Kun faktoreiden lukumäärä oli selvillä, suoritettiin faktorointi. Alustavassa ratkaisussa faktorilataukset eivät olleet helposti tulkittavassa muodossa, joten faktoriratkaisu pyrittiin rotaation avulla muuntamaan sisällöllisesti tulkinnalliseen muotoon. Koska oli todennäköistä, että faktorit korreloisivat keskenään valittiin vinokulmainen rotaatio. Yk-

sinkertainen ja tulkinnallisesti selkeä rakenne saatiin tekemällä vinokulmainen direct oblimin- rotaatio (Taulukko 2). Faktoreilla info, kunto ja väylät suurimmat lataukset olivat negatiivisia ja tulkinnan helpottamiseksi faktoreilla suoritettiin vielä etumerkin vaihto.

TAULUKKO 2. Henkilöauton kuljettajien arvostukset pääteiden talviolosuhteissa:  
Direct Oblimin- rotaation tuottama ratkaisu latausmatriisille.

	sujuvuus	info	kunto	selkeys	väylät	kommuna- liteetti
Pattern Matrix:	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	h <sup>2</sup>
17A19	,80918	,03819	,05155	,01945	-,07168	,69284
17A18	,80761	-,02319	-,02035	-,00613	-,08913	,68250
17A25	,42797	,31766	,03524	,04332	,00189	,47180
17A20	,44787	,19680	,24116	,20017	-,16959	,58218
17A13	,44759	-,01902	,01973	,04783	,03569	,23913
17A14	,43676	,15945	,03689	,01845	,09184	,37010
17A22	,08461	,79095	-,04324	,09536	,04033	,76744
17A21	,17380	,72555	,00658	,04921	,00224	,72429
17A23	,01698	,39645	-,02044	,39897	,03471	,46120
17A24	,07306	,25614	,14223	,34312	-,03418	,37101
17A16	-,02404	-,05262	,93086	,01715	-,06193	,77288
17A15	-,03534	-,06097	,83099	,02126	,03195	,67078
17A17	,19552	,03007	,54792	-,06139	,17424	,56962
17A27	,25014	,17855	,25486	-,12662	,28381	,45525
17A2	,07963	,04657	,24098	,07974	,22980	,26732
17A10	,01093	,04049	,08681	,61254	,10137	,51818
17A9	,10054	,06465	,00004	,44897	,16411	,38792
17A11	,20429	,20818	,19916	,24538	-,07588	,36952
17A4	-,03534	-,02237	,05465	-,00520	,66111	,44575
17A3	,09826	-,07339	,05706	,04889	,59988	,46031
17A6	,14078	-,08805	-,00493	,17023	,59541	,52162
17A8	-,00461	,04944	,07944	,21226	,50190	,45616
17A5	-,10765	,17435	,08470	-,07804	,48436	,28396
17A7	,23221	,06089	-,09233	,13287	,48221	,44765
17A26	,33702	,18190	,10282	-,14053	,39952	,52207
17A1	,13558	-,12901	,05452	,22283	,33803	,28811
17A12	-,06998	,25658	,20402	,14324	,23395	,32854

Väittämä 17A24: ”Tien varrella tulisi olla enemmän palveluja esim huolto-asemia” latautui voimakkaammin faktorille *Liikennejärjestelyiden ja opasteiden selkeys* (.34312 ja .25614) kuin faktorille *Liikenneinformaatio ja palvelut*, vaikka se tulkinnallisesti sopi paremmin jälkimmäiseen. Väittämä 17A12: ”Tievalaistuksen pitäisi olla nykyistä parempi.” latautui hivenen paremmin faktorille *Liikenneinformaatio ja palvelut* (.25658 ja .23395) kuin faktorille *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu*, minne se kuitenkin

kin tulkinnallisesti sopi paremmin. Väittämä 17A27: ”Tien päällysteen pitäisi olla nykyistä vähemmän urainen.” latautui myös kahdelle faktorille: *Tien kunto ja ympäristön hoito* ja *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu* (.25486 ja .28381). Tässä sen on tulkittu kuitenkin kuuluvan faktoriin *Tien kunto ja ympäristön hoito*.

Seuraavaksi on esitetty viisi henkilöauton kuljettajien mielipiteistä tiivistettyä talvifaktoria sekä väittämät, jotka niille korreloivat:

### **1. Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus (sujuvuus)**

- 17A13 Nopeusrajoituksen pitäisi olla korkeampi, jotta matkaani kuluisi vähemmän aikaa.
- 17A14 Nopeusrajoitus ei saisi vaihdella muutaman kilometrin välein.
- 17A18 Pitäisi päästä liikkumaan niin, ettei joudu ajamaan jonossa.
- 17A19 Pitäisi päästä liikkumaan niin, ettei autojono pysähtele.
- 17A20 Liikenteen tulisi tietyömailla joutua odottelemaan nykyistä vähemmän.
- 17A25 Matkalle lähdön ajankohta tulisi voida päättää muiden syiden kuin ruuhkien esiintymisen perusteella.

### **2. Liikenneinformaatio ja palvelut (info)**

- 17A21 Liikenne- ja kelitietoa, esim ruuhkat, onnettomuudet, vaihtoehtoiset reitit; kelin vaihtelu pitäisi olla tiedossa jo *ennen matkaa*.
- 17A22 *Matkan aikana* tulisi saada paremmin liikenne- ja kelitietoa.
- 17A23 Levähdysalueita ilman varsinaisia palveluja pitäisi olla enemmän.
- 17A24 Tien varrella tulisi olla enemmän palveluja, esim. huoltoasemia, ruokapaikkoja jne.

### **3. Tien kunto ja tieympäristön hoito (kunto)**

- 17A15 Tien pitäisi olla nykyistä harvemmin liukas.
- 17A16 Tien pitäisi olla useammin lumeton ja sohjoton.
- 17A17 Tien pinnassa ei saisi olla kohoumia ja kuoppia.
- 17A27 Tien päällysteen pitäisi olla nykyistä vähemmän urautunut.
- 17A2 Tieympäristön tulisi olla hoidetumpi.

### **4. Liikennejärjestelyiden ja opasteiden selkeys (selkeys)**

- 17A9 Samanaikaista seuraamista vaativia asioita pitäisi olla vähemmän ( esim. liikennemerkki, muu liikenne).
- 17A10 Opasteiden ja liikennejärjestelyiden tulisi olla selkeämpiä.
- 17A11 Tietyömailla tulisi turvallisuuden vuoksi olla selkeämmät liikennejärjestel

### **5. Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu (väylät)**

- 17A1 Tieyhteyden matkakohteeseeni tulisi olla suurempi eli matkaltaan lyhyempi.
- 17A3 Ajokaistojen tulisi olla leveämpiä.
- 17A4 Tienpientareiden pitäisi olla leveämpiä.
- 17A5 Jalankulkijoille ja pyöräilijöille pitäisi olla omat väylät.
- 17A6 Tien pitäisi olla ohitusmahdollisuuksien lisäämiseksi vähemmän mutkainen ja mäkinen.
- 17A7 Tiellä pitäisi olla määrävälein ohituspaikkoja, joissa vastaantuleva liikenne ei estä ohittamista.
- 17A8 Tien sivuille tulisi olla parempi näkyvyys asutuksen ulkopuolella
- 17A12 Tievalaistuksen pitäisi olla nykyistä parempi.
- 17A26 Tien pitäisi pysyä samantyyppisenä (leveys jne.) mahdollisimman suuren osan matkasta.

TAULUKKO 3. Henkilöauton kuljettajien talvifaktoreiden korrelaatiomatriisi

Factor Correlation Matrix:					
	<b>sujuvuus</b>	<b>info</b>	<b>kunto</b>	<b>selkeys</b>	<b>väylät</b>
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
Factor 1	1,00000				
Factor 2	,48711	1,00000			
Factor 3	,43687	,37742	1,00000		
Factor 4	,47218	,39373	,34452	1,00000	
Factor 5	,42668	,27880	,50321	,36161	1,00000

Vinokulmainen rotaatio salli faktoreiden välisen korreloinnin. Henkilöauton kuljettajien talviajan kehittämistarpeita esiin tuovien faktoreiden korrelaatioista nähdään, että erityisesti *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* korreloi muiden talvifaktoreiden kanssa ja on siten eräänlainen talviajan mielipiteitä ja arvostuksia yleisesti kuvaava faktori. Myös faktori *Liikenneinformaatio ja palvelut* korreloi kohtalaisesti ja *Tien kunto ja tieympäristön hoito* jonkin verra muiden faktoreiden kanssa.

TAULUKKO 4. Henkilöauton kuljettajien talvifaktoripistemäärämuuttujien estimoitu kovarianssimatriisi

Covariance Matrix for Estimated Regression Factor Scores:					
	<b>sujuvuus</b>	<b>info</b>	<b>kunto</b>	<b>selkeys</b>	<b>väylät</b>
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
Factor 1	<b>,87155</b>				
Factor 2	,50717	<b>,84904</b>			
Factor 3	,44338	,36975	<b>,88344</b>		
Factor 4	,47195	,42654	,35531	<b>,71405</b>	
Factor 5	,43843	,28441	,50058	,38063	<b>,83055</b>

Kovarianssimatriisin diagonaalilla oleva faktoripistemäärän estimoitu varianssi toimii reliabiliteetikertoimena arvioitaessa, kuinka hyvin faktori selittää tai ennustaa todellista latenttia muuttujaa, jota faktorianalyysin avulla ollaan etsimässä. Esimerkiksi faktorin *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* kohdalla reliabiliteetti on .872, mikä prosentteina ilmaistuna on 87.2 %.

### 4.3 Talvifaktoreiden keskiarvovertailut taustamuuttujittain

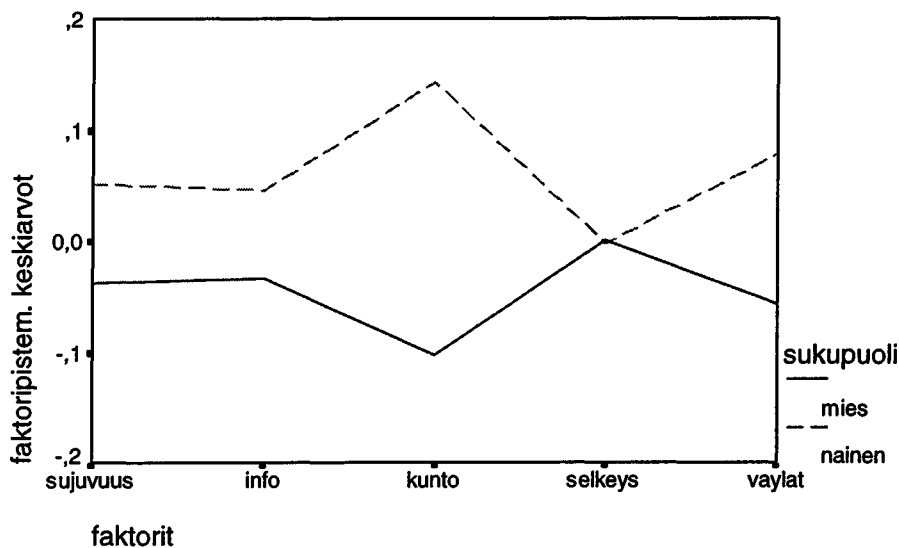
Kun sisällöllisesti hyvät tulokset faktoreille oli löydetty ja havaintokohtaiset faktoripistemäärät laskettu, voitiin tarkastella taustamuuttujien ryhmien välisiä eroja suhtautumisessa faktoreihin. Menetelmänä käytettiin ryhmien keskiarvovertailuja taustamuuttujilla sukupuoli, ikä, ajokilometrit vuodessa ja asuinalue Suomessa.

Taustamuuttujien ryhmäkeskiarvojen graafisesti esitetyt profiilit faktoreilla antoivat hyvän lähtökohdan tarkasteluille. Testaus taustamuuttujilla aloitettiin profiilianalyysillä, jonka avulla voitiin tarkastella faktoreita yhtäaikaisesti käyttämällä monimuuttujaista varianssianalyysia (SPSS:n MANOVA- proseduuri, ANOVA- Repeated Measures). Faktoreittain tarkasteltiin ryhmien välisiä eroja yksisuuntaisella varianssianalyysillä (ONEWAY) ja paikallistettiin eroja monivertailutestillä (LSD). Taustamuuttujien välisiä yhdysvaikutuksia etsittiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä (SPSS, ANOVA). Tilastollisina oletuksina profiilianalyysissä oli muuttujien multinormaalisuus ja kovarianssimatriisien yhtäsuuruus eri ryhmissä. Myös varianssianalyysissä vaatimus oli, että muuttujat olivat normaalisti jakautuneita ja verrattavien ryhmien varianssit yhtä suuria.

Faktoripistemäärämuuttujat eivät täyttäneet multinormaalisuusvaatimusta, sillä niiden jakaumat olivat vinoja. Keskiarvoprofiilit osoittivat kuitenkin ryhmien välillä niin selviä eroja, että oli perusteltua käyttää keskiarvojen vertailuun perustuvia menetelmiä. Tässä esityksessä MANOVA:n tulostuksesta on esitetty kovarianssimatriisien yhtäsuuruustestauksen  $p$ -arvo sekä *profiilianalyysin* hypoteesien testaukseen liittyvät  $p$ -arvot. Mikäli nollahypoteesi profiilien yhdensuuntaisuudesta hylättiin eli faktoreilla ja taustamuuttujien ryhmillä oli yhdysvaikutuksia, siirryttiin eroja testaamaan faktoreittain. ONEWAY- proseduurin tulostuksesta on esitetty varianssien yhtäsuuruuden testauksessa käytetyn Levenen kaksipuoleisen testin  $p$ -arvo ja ryhmien keskiarvojen yhtäsuuruuden testauksessa käytetyn  $F$ -testin arvoa vastaava  $p$ -arvo. Erojen paikallistamisessa käytetyn monivertailutestin LSD- proseduurin tulokset on ilmoitettu 5%:n merkitsevyystasolla.

### 4.3.1 Taustamuuttujana sukupuoli

Kun haastatelluille kuljettajille oli laskettu faktoripistemäärät, aloitettiin faktoreiden tarkastelu taustamuuttujia vasten. Ensimmäiseksi tarkasteltiin sukupuolten välisiä eroja suhtautumisessa faktoreiden esiin tuomiin pääteiden kehittämistarpeisiin talviolosuhteissa. *Profilianalyysi* aloitettiin tarkastelemalla miesten ja naisten ryhmäkeskiarvojen profiileja samanaikaisesti kaikilla faktoreilla.



KUVIO 2. Miesten ja naisten faktoripistemäärien keskiarvoprofiilit faktoreilla

Kuvion 2 perusteella nähdään, että naisten faktoripistemäärien keskiarvot ovat korkeampia kuin miesten lukuunottamatta yhtä faktoria. Vain opasteiden ja liikennejärjestelyiden selkeyden sekä miehet että naiset kokevat olevan yhtä tyydyttävällä tasolla, muilla faktoreilla naisilla näyttää olevan enemmän kehitystarpeita kuin miehillä.

Tilastollinen testaus aloitettiin monimuuttujaisella varianssianalyysillä. Kovarianssimatriisien yhtäsuuruustestauksessa saatiin tulokseksi  $\chi^2(15) = 11,75$ ,  $p = .698$

joten kovarianssimatriiseja voidaan pitää yhtä suurina ja tältä osin moniulotteisen varianssianalyysin vaatimukset olivat voimassa.

Yhdensuuntaisuustestin neljä testisuureta tuottivat saman tuloksen. Profiilit eivät ole samansuuntaisia. Testitulosten perusteella yhdensuuntaisuushypoteesi hylätään, sillä  $p = .010$ , joten tilastollisesti ero on merkitsevä. Erot miesten ja naisten välillä olivat eri suuria eri faktoreiden kohdalla, joten niitä tutkittiin jatkossa faktoreittain.

Yksisuuntaisten varianssianalyysien tuloksien mukaan faktoreiden *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus, Liikenneinformaatio ja palvelut ja Liikennejärjestelyiden ja opasteiden selkeys* kohdalla ei miesten ja naisten väliltä löytynyt tilastollisesti merkitsevää eroa, vaikka kuvion 2 perusteella kahden ensiksi mainitun faktorin kohdalla näytti sukupuolten välillä olevan eroa.

Faktorilla *Tien kunto ja tieympäristön hoito* keskiarvojen yhtäsuuruuden testaus antoi tulokseksi  $F(1,776) = 13.23$ ,  $p = .0003 < .001$ , joten sukupuolten välillä on tilastollisesti erittäin merkitsevä ero faktorilla: naiset pitävät tien kunnon ja tieympäristön hoidon kehittämistä selvästi tärkeämpänä kuin miehet.

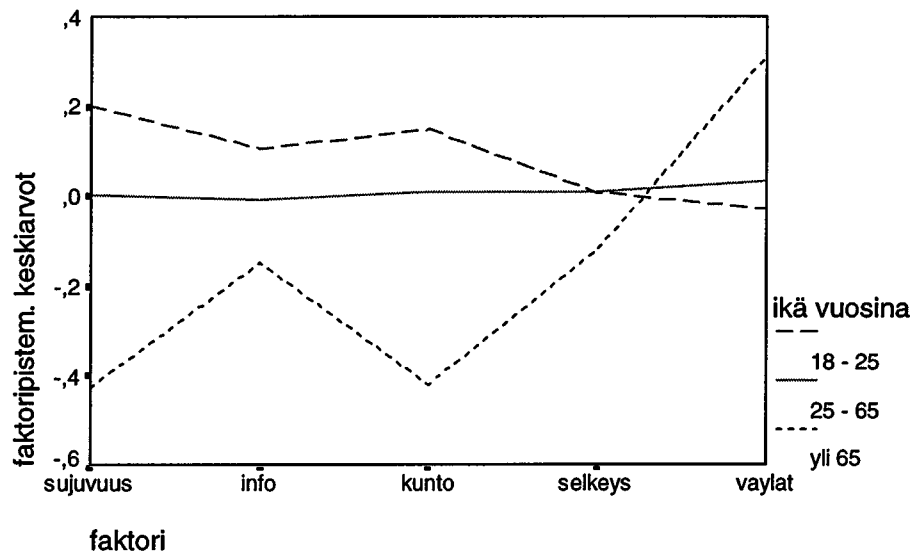
Faktorilla *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu* keskiarvojen yhtäsuuruuden testaus antoi tulokseksi  $F(1,776) = 4.17$ ,  $p = .0416 < .05$ , joten sukupuolten välillä on tilastollisesti melkein merkitsevä ero, ja naisilla oli tilastollisesti enemmän kehittämistarpeita väylien suhteen kuin miehillä.

Levenen testitulokset varianssien yhtäsuuruudesta toteutui faktorilla *Tien kunto ja tieympäristön hoito* arvolla  $p = .078$  ja faktorilla *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu* arvolla  $p = .639$ , joten oletukset olivat siltä osin voimassa.

#### 4.3.2 Taustamuuttujana ikä

Mielenkiintoiselta tuntui myös kysymys, miten eri ikäiset suhtautuivat pääteiden kehittämistarpeisiin. Tarkastelua varten henkilöt jaettiin kolmeen ikäryhmään seuraavasti: ryhmä1) 18 - 25-vuotiaat, ryhmä2) 25 - 65-vuotiaat ja ryhmä3) yli 65-vuotiaat

*Profiilianalyysi* aloitettiin tarkastelemalla graafisesti ryhmien faktoripistemäärien keskiarvoja faktoreilla:



KUVIO 3 Eri ikäryhmien faktoripistemäärien keskiarvoprofiilit faktoreilla

Kuvion 3 keskiarvoprofiilit osoittavat, että ikäryhmien ja faktoreiden välillä näyttäisi olevan voimakas yhdysvaikutus: vanhimalla ikäryhmällä on vähiten kehittämistarpeita faktoreilla *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus, Liikenneinformaatio ja palvelut* sekä *Tien kunto ja tieympäristön hoito* ja eniten faktorilla *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu*, kun taas nuorimman ikäryhmän kehittämistarpeet näyttävät olevan täysin päinvastaiset, joten keskiarvoprofiilit menevät ristiin.

Tilastollinen testaus aloitettiin monimuuttujaisella varianssianalyysillä. Kovarianssimatriisien yhtäsuuruustestauksessa saatiin tulokseksi:  $\chi^2(30) = 63.97$ ,  $p = .000$ . Hypoteesi kovarianssimatriisien yhtäsuuruudesta ei ole siten voimassa.

Yhdensuuntaisuushypoteesi hylättiin neljän testisuuren perusteella, sillä  $p = .001$  ja tulos siten tilastollisesti erittäin merkitsevä. Myös kuviosta 3 nähdään, että profiilit eivät ole yhdensuuntaisia ja ikäryhmien välisiä eroja tarkasteltiin jatkossa faktoreittain.



Kun ikäryhmien välisiä eroja faktoreittain testattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä, kävi ilmi, että faktoreiden *Liikenneinformaatio ja palvelut* ja *Liikennejärjestelyiden ja opasteiden selkeys* kohdalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa eri ikäryhmien välillä.

Faktorin *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* testitulokseksi saatiin  $F(2,775) = 8.71$ ,  $p = .0002 < .001$ , joten tilastollista eroa voitiin pitää erittäin merkitsevänä eri ikäryhmien välillä. Monivertailutestin mukaan ero oli tilastollisesti merkitsevää kaikkien ikäryhmien välillä. Testitulosten perusteella voidaan sanoa, että nuorin ikäryhmä arvosti liikenteen sujuvuutta ja ruuhkattomuutta eniten ja vanhin ikäryhmä vähiten.

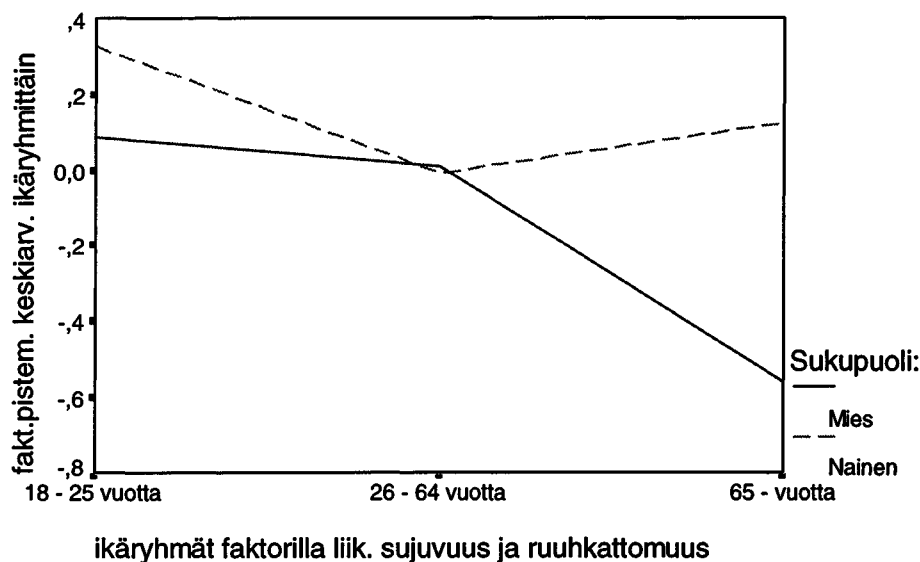
Faktorin *Tien kunto ja tieympäristön hoito* testitulokset keskiarvojen yhtäsuuruudelle antoivat tulokseksi  $F(2,775) = 7.16$ ,  $p = .0008 < .001$ , joten ero suhtautumisessa tien kuntoon ja ympäristön hoitoon on tilastollisesti erittäin merkitsevää eri ikäryhmillä. Monivertailutestin mukaan ero oli sekä ikäryhmien '18 - 25-vuotiaat' ja 'yli 65-vuotiaat' että '26 - 65-vuotiaat' ja 'yli 65-vuotiaat' välillä.

Testitulokset faktorille *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu* antoivat tulokseksi keskiarvojen yhtäsuuruudelle  $F(2,775) = 3.74$ ,  $p = .0243 < 0.05$ , joten tilastollisesti ero on melkein merkitsevää. Monivertailutesti tunnisti eron ainoastaan vanhimman ja keskimmäisen ikäryhmän välillä, vaikka kuvion 3 mukaan ero on suurin nuorimman ja vanhimman ikäryhmän välillä. Kuvion 3 perusteella voidaan olettaa, että vanhimmallalla ikäryhmällä on odotuksia väylien kehittämisen suhteen kuten myös keskimmäiselläkin ikäryhmällä, kun taas nuorimmalla ikäryhmällä oli vähiten kehittämistarpeita tällä faktorilla.

Levenen testin mukaan vaatimus varianssien yhtäsuuruudesta ei täyty faktoreilla *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus*,  $p = .000$  ja *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu*,  $p = .010$ . Faktorilla *Tien kunto ja ympäristön hoito* vaatimus sen sijaan täyttyy arvolla  $p = .162$ .

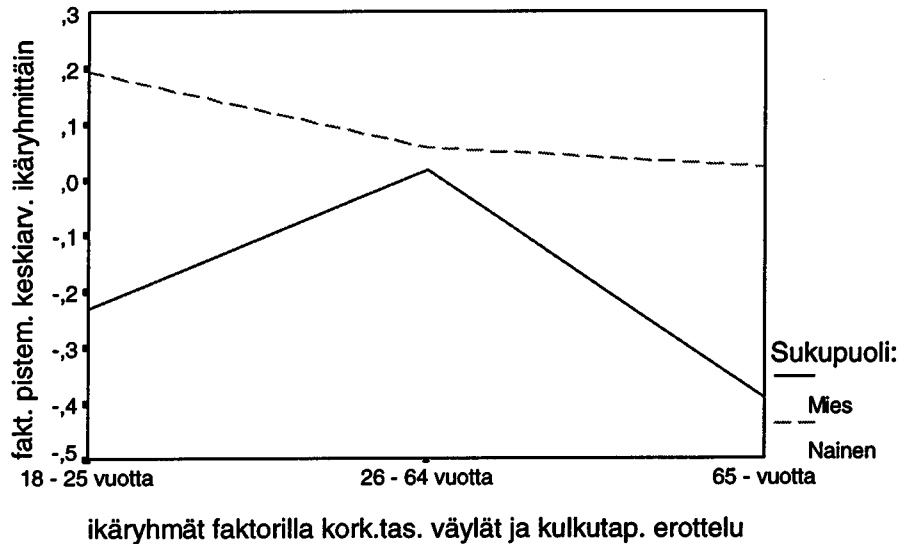
### 4.3.3 Yhdysvaikutukset sukupuolen ja iän välillä

Kuvion 2 mukaan faktorilla *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* näytti sukupuolilla olevan eroa arvostuksissa, mutta tilastollisessa testauksessa se ei kuitenkaan tullut esiin. Samoin kuvion 3 mukaan nuorimmalla ja vanhimmalla ikäryhmällä on selvästi eroa arvostuksissa faktorin *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu* suhteen, mutta monivertailutesti tunnisti eron vain keskimmäisen ja vanhimman ikäryhmän välillä. Olikin syytä olettaa, että taustamuuttujien sukupuoli ja ikä välillä oli interaktiota, josta johtuivat ristiriidat kuvioiden ja testitulosten välillä. Taustamuuttujien käyttäytymisen hahmottamiseksi tehtiin graafinen esitys miesten ja naisten eri ikäryhmien faktoripistemäärien keskiarvoprofiileista faktoreilla sujuvuus ja väylät.



KUVIO 4. Miesten ja naisten eri ikäryhmien faktoripistemäärien keskiarvot faktorilla *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus*.

Kuviosta 4 nähdään, että naisten ja miesten arvostukset faktorilla *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* poikkesivat toisistaan vanhimmassa ja nuorimmassa ikäryhmässä. Vanhimmassa ikäryhmässä miehillä oli selvästi vähemmän kehittämistarpeita kuin naisilla, samoin nuorimmassa ikäryhmässä. Keskimmäisessä ikäryhmässä sen sijaan sekä miehillä että naisilla oli kehittämistarpeita yhtä paljon.



KUVIO 5. Miesten ja naisten eri ikäryhmien faktoripistemäärien keskiarvot faktorilla *korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu*.

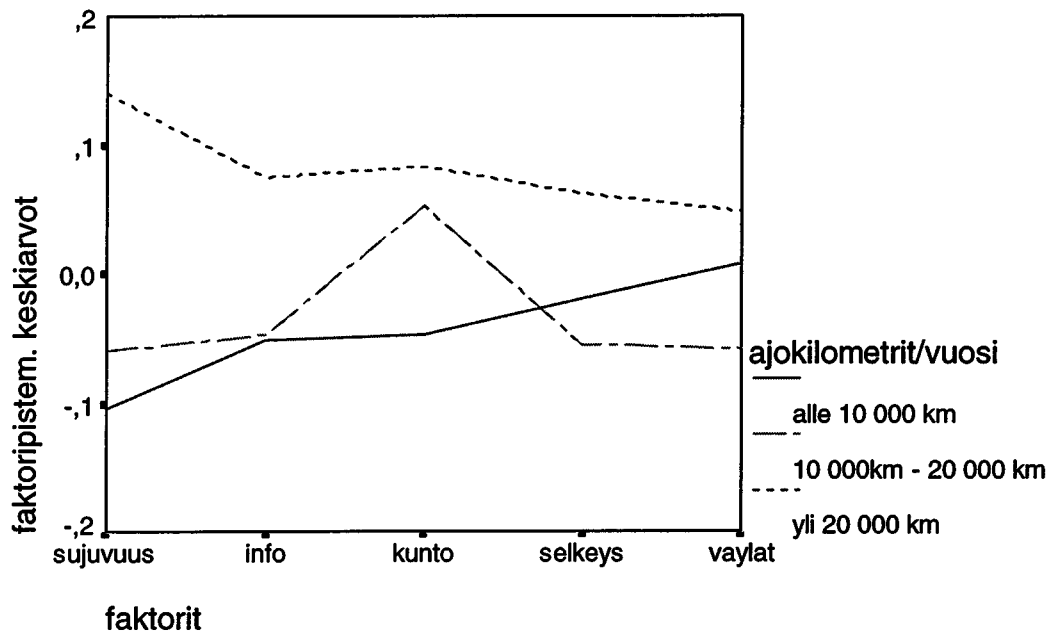
Kuviosta 5 käy ilmi, että keskimäinen ikäryhmä sekä miehillä että naisilla suhtautuu melko samalla tavalla kehittämistarpeisiin, jotka liittyvät faktoriin *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu*. Sen sijaan vanhimmassa ja nuorimmassa ikäryhmässä naisilla on selvästi enemmän väylien kehittämistarpeita kuin miehillä. Kuvioiden 4 ja 5 perusteella voidaan päätellä, että iällä ja sukupuolella oli yhdysvaikutus faktoreiden *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* ja *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu* kanssa.

Seuraavaksi testattiin tilastollisesti sukupuolen ja iän yhdysvaikutusta kaksisuuntaisella varianssianalyysillä. Nollahypoteesina oli, ettei sukupuolella ja iällä ole yhdysvaikutusta. Faktorin *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* kohdalla nollahypoteesi hylättiin, sillä  $p = .046 < .05$ , joten tilastollinen ero oli melkein merkitsevä ja voitiin todeta, että ryhmittelevillä muuttujilla (ikä ja sukupuoli) oli yhdysvaikutus. Faktorin *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu* kohdalla nollahypoteesi hylättiin, sillä  $p = .041 < .05$ , joten testitulokset olivat tilastollisesti melkein merkitseviä. Sukupuolella ja iällä oli yhdysvaikutus, joka aiheutti ongelmia tulkittaessa profiilianalyysin testituloksia.

#### 4.3.4 Taustamuuttujana ajokilometrit vuodessa

Oletettavaa oli myös, että arvostukset vaihtelisivat sen mukaan, kuinka paljon henkilöt joutuivat ajamaan autoa vuosittain. Tarkastelua varten henkilöautonkuljettajat jaettiin kolmeen ryhmään sen perusteella, kuinka paljon heille oli kertynyt ajokilometrejä vuodessa seuraavasti: ryhmä1) alle 10000 km/v, ryhmä 2) 10000 km - 20000 km/v, ryhmä3) yli 20000km/v. Lisäksi jäi ryhmä muut, jotka eivät olleet vastanneet kysymyksen vuosittaisesta ajomäärästä. Heitä ei ole mukana graafisessa esityksessä.

##### *Profiilianalyysi*



KUVIO 6. Miten ajokilometrit vaikuttavat arvostuksiin; ryhmien keskiarvoprofiilit faktoreilla

Kuvion 6 perusteella tuntuu todennäköiseltä, että ajokilometrien ja faktoreiden välillä olisi interaktiota, sillä ryhmien keskiarvoprofiilit näyttävät selvästi eri suuntaisilta. Suurimmat erot ryhmien välillä näkyvät faktorin *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus*

kohdalla. Eniten ajavilla näyttäisi olevan eniten kehittämistarpeita ja vähiten ajavilla vähiten, mikä tuntuukin luonnolliselta, sillä väittämät ”Nopeusrajoituksen pitäisi olla korkeampi, jotta matkaani kuluisi vähemmän aikaa” ja ”Pitäisi päästä ajamaan niin, ettei autojono pysähtelee” korreloivat voimakkaasti faktorille. Selvää onkin, että nopeusrajoituksen nostaminen ja ruuhkattomuus vaikuttaisi eniten matka-aikaan niillä, jotka ajavat eniten.

Tilastollinen testaus aloitettiin monimuuttujaisella varianssianalyysillä. Kovarianssimatriisien yhtäsuuruuden testauksessa saatiin tulokseksi  $\chi^2(30) = 57.85, p = .002$  joten kovarianssimatriiseja ei voida pitää yhtäsuurina.

Hypoteesi yhdensuuntaisuudesta hyväksytään,  $p = .380$ . Kuvion 6 perusteella faktori-pistemäärien keskiarvoprofiilit ovat erisuuntaisia, joten vaikka monimuuttujainen varianssianalyysi ei antanut vahvistusta interaktiosta ajomäärien ja faktoreiden välillä, suoritettiin yksisuuntaiset varianssianalyysit faktoreittain.

Yksisuuntaisten varianssianalyysien testitulosten perusteella ei kuitenkaan voida tilastollisesti osoittaa, että ajomäärä vaikuttaisi suhtautumiseen info-, kunto-, selkeys- ja väylät -faktoreiden osoittamiin kehittämistarpeisiin, vaikka kuvion 6 perusteella voisi olettaa niin olevan.

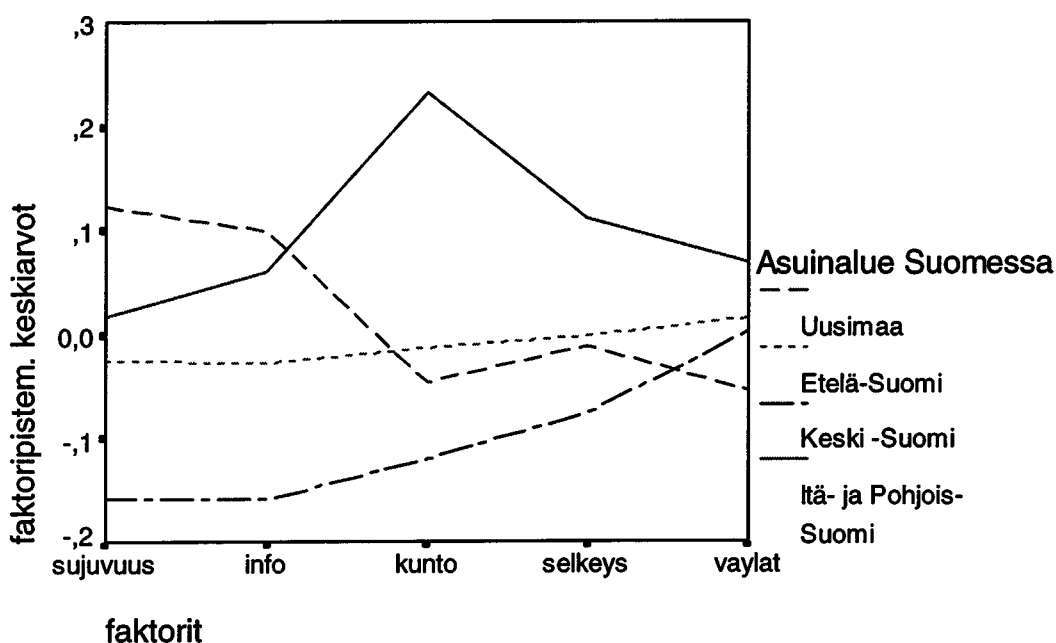
Faktorin *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* ajajaryhmien keskiarvojen yhtäsuuruuden testitulokseksi saatiin  $F(2,771) = 5.1, p = .0059 < .01$ , joten ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero. Ajokilometrien määrä vaikuttaa siis sujuvuuden ja ruuhkattomuuden arvostukseen. Myös monivertailutesti vahvistaa, että eniten ajavat arvostavat sujuvuutta ja ruuhkattomuutta tilastollisesti enemmän kuin muut ryhmät.

Levenen testin mukaan varianssien yhtäsuuruus eri ryhmillä toteutui arvolla  $p = .219$ .

### 4.3.5 Taustamuuttujana asuinalue Suomessa

Eri osissa Suomea ovat sää- ja muut olosuhteet erilaiset. Kuljettajat jaettiin asuinpaikan perusteella neljään ryhmään, jotta voitiin tarkastella heidän suhtautumistaan kehittämistarpeisiin eri osissa maata. Suomi jaettiin neljään osaan, joissa autoilijoiden asuinpaikat sijaitsevat. Ne olivat: 1) Uusimaa, 2) Etelä-Suomi, 3) Keski-Suomi ja 4) Itä- ja Pohjois-Suomi.

*Profiilianalyysi* aloitettiin tarkastelemalla graafisesti keskiarvoprofiileja faktoreilla.



KUVIO 7. Eri osissa Suomea asuvien faktoripistemäärien keskiarvoprofiilit

Kuviosta 7 nähdään, että taustamuuttujien ja faktoreiden välillä on yhdysvaikutusta. Lisäksi voidaan nähdä, että Itä- ja Pohjois-Suomessa asuvat kuljettajat kokivat eniten tieolosuhteissa kehittämistarpeita pääteillä. Heille näyttäisi olevan erityisen tärkeä *Tien kunto ja tieympäristön hoito*, jolle talviolosuhteita koskevat väittämät voimakkaasti korreloivat. Uusmaalaisille näyttää tärkeintä olevan *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* ja sen kehittäminen ja he haluaisivat myös lisää liikenneinformaatiota ja palveluita.

Keskisuomalaisten ja Etelä-Suomessa asuvien pääteiden kehittämistarpeet näyttävät olevan vähäisempiä kuin Uudellamaalla ja Itä- ja Pohjois-Suomessa asuvien.

Monimuuttujainen varianssianalyysi aloitettiin kovarianssimatriisien yhtäsuuruuden testauksella ja testitulokseksi saatiin:  $\chi^2(45)=104.73$ ,  $p=.000$ , joten kovarianssimatriiseja ei voida pitää yhtäsuurina.

Yhdensuuntaisuustestin mukaan ryhmillä ja faktoreilla oli tilastollisesti erittäin merkitsevä yhdysvaikutus,  $p=.001$ .

Tarkastelua jatkettiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä faktoreittain. Tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmäkeskiarvoissa ei löytynyt faktoreilla *Liikennejärjestelyiden ja opasteiden selkeys* ja *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu*.

Faktorilla *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* keskiarvojen yhtäsuuruuden testaus antoi testitulokseksi  $F(3,774) = 3.38$ ,  $p = .018 < .05$ , joten ryhmien välillä oli melkein merkitsevä tilastollinen ero. Monivertailutestin perusteella tilastollisesti merkitsevä ero löytyi uusmaalaisten ja keskisuomalaisten väliltä. Faktorille korreloivat voimakkaasti väittämät nopeusrajoituksista ja ruuhkista, joten on ymmärrettävää, että kehittämistarpeita oli eniten juuri Uudellamaalla ja erityisesti pääkaupunkiseudulla.

Faktorilla *Liikenneinformaatio ja palvelut* testitulokseksi saatiin  $F(3,774) = 3.14$ ,  $p = .025 < .05$ , joten erot maan eri osissa olivat tilastollisesti melkein merkitseviä. Monivertailutesti osoitti, että tilastolliset erot löytyivät uusmaalaisten ja keskisuomalaisten sekä itä- ja pohjois-suomalaisten ja keskisuomalaisten väliltä. Eniten liikenneinformaatiota ja palveluita kaivattiin Uudellamaalla, mutta myös Itä- ja Pohjois-Suomessa asuville ne olivat selvästi tärkeämpiä kuin eteläisessä Suomessa asuville. Vähiten liikenneinformaatiota ja palveluita arvostivat keskisuomalaiset.

Faktorin *Tien kunto ja tieympäristön hoito* keskiarvojen yhtäsuuruuden testaus antoi tulokseksi  $F(3,774) = 4.479$ ,  $p = .0040 < .01$ , joten eri osissa Suomea asuvien välillä on tilastollisesti merkitsevä ero suhtautumisessa teiden kuntoon ja ympäristön hoitoon.

Monivertailutesti osoitti, että Itä- ja Pohjois-Suomessa asuvilla oli eniten kehittämistarpeita pääteiden kunnan suhteen talvella. Faktorille korreloivat voimakkaasti väittämät ”Tien pitäisi olla nykyistä harvemmin liukas” ja ”Tien pitäisi olla useammin lumeton ja sohjoton”, joka tekee asian helposti ymmärrettäväksi.

#### **4.4 Henkilöauton kuljettajien mielipiteiden tiivistäminen kesäfaktoreiksi**

Henkilöauton kuljettajille esitettiin 25 väittämää pääteiden kehittämistarpeista kesällä. Väittämistä puuttui kaksi talvikunnossapitoa koskevaa väittämää, muuten ne olivat samoja kuin talviajan kehittämistarpeita koskevat väittämät. Eksploratiivisen faktorianaalysin suorituksessa meneteltiin samalla tavoin kuin talviväittämiä käsiteltäessä. Niiden henkilöiden vastaukset, joista puuttui tietoja, poistettiin listwise menettelyllä. Haastateltuja oli 964 ja menettelyn jälkeen jäi korrelaatiomatriisiin laskemiseksi 804 kuljettajan vastaukset. Otokorrelaatiomatriisin (liite 6) determinantin arvo oli .000 0019 ja Kaiser-Meyer-Olkin mitta .92 sekä Barlettin testisuureta vastaava  $p$ -arvo .00. Kaikki nämä arvot ilmaisivat, että muuttujien välillä oli korrelaatiota, joten faktorianalyysin suoritukselle oli edellytykset. Ominaisarvoista viisi ylitti ykkösen, joten viisi faktoria näytti sopivalta määrältä. Myös kokeilut osoittivat, että tulkinnallisesti hyvä ratkaisu saataisiin viidellä faktorilla. Viiden faktorin selitysosuus kokonaisvarianssista oli 61.1% (Taulukko 5).



TAULUKKO 5. Pääteiden kehittämistarpeet kesällä: korrelaatiomatriisin ominaisarvot faktoreiden lukumäärän arviointia varten.

Initial Statistics: Kommunaliteettien alkuestimaatit			korrelaatiomatriisin ominaisarvot ja niiden prosentuaaliset osuudet			
Variable	Communality	* *	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
29A1	,36574	*	1	9,64435	38,6	38,6
29A10	,44783	*	2	2,21488	8,9	47,4
29A11	,49076	*	3	1,37850	5,5	53,0
29A12	,36334	*	4	1,03739	4,1	57,1
29A13	,33339	*	5	1,01045	4,0	61,1
29A14	,42879	*	6	,88590	3,5	64,7
29A15	,51103	*	7	,84371	3,4	68,1
29A16	,71812	*	8	,75499	3,0	71,1
29A17	,70102	*	9	,67138	2,7	73,8
29A18	,57869	*	10	,64833	2,6	76,4
29A19	,79179	*	11	,64375	2,6	78,9
29A2	,37558	*	12	,56891	2,3	81,2
29A20	,79769	*	13	,54907	2,2	83,4
29A21	,47367	*	14	,49315	2,0	85,4
29A22	,42383	*	15	,46367	1,9	87,2
29A23	,49620	*	16	,43519	1,7	89,0
29A24	,53363	*	17	,40915	1,6	90,6
29A25	,51180	*	18	,39024	1,6	92,2
29A3	,54786	*	19	,37903	1,5	93,7
29A4	,50509	*	20	,36797	1,5	95,2
29A5	,30392	*	21	,32859	1,3	96,5
29A6	,56519	*	22	,30180	1,2	97,7
29A7	,45991	*	23	,29594	1,2	98,9
29A8	,50105	*	24	,17103	,7	99,5
29A9	,46630	*	25	,11265	,5	100,0

PAF extracted 5 factors. 11 iterations required.

Kun faktoreiden lukumäärä oli selvitetty, suoritettiin alustava faktorointi. Tulkinallisesti paremman latausrakenteen saamiseksi kesäfaktoreille tehtiin vinokulmainen rotaatio (direct oblimin), jotta faktorilataukset saatiin sisällöllisesti paremmin tulkittavaan muotoon. Lataukset olivat negatiivisia saadussa rotatoidussa latausmatriisissa faktoreilla info, kunto, selkeys ja väylät, joten niillä suoritettiin etumerkin vaihto tulkinnan selkeyttämiseksi. (Taulukko 6)

Eksploratiivisen faktorianalyysin tuloksena saadut viisi faktoria kesäajan kehittämistarpeista sekä väittämät, jotka niille korreloivat :

### **1. Liikennejärjestelyiden selkeys ja matkustamisen mukavuus (selkeys)**

- 29A9 Samanaikaista seuraamista vaativia asioita pitäisi olla vähemmän.
- 29A10 Opasteiden ja liikennejärjestelyiden tulisi olla selkeämpiä.
- 29A11 Tietyömailla tulisi turvallisuuden vuoksi olla selkeämmät liikennejärjestelyt.
- 29A12 Tievalaistuksen pitäisi olla nykyistä parempi.
- 29A21 Levähdysalueita ilman varsinaisia palveluja pitäisi olla enemmän.
- 29A22 Tien varrella tulisi olla enemmän palveluja esim. huoltoasemia, ruokapaikkoja jne.

### **2. Liikenneinformaatio (info)**

- 29A19 Liikenne- ja kelitietoa esim. ruuhkat, onnettomuudet, vaihtoehtoiset reitit; kelin vaihtelun pitäisi olla tiedossa jo *ennen matkaa*.
- 29A20 *Matkan aikana* tulisi saada paremmin liikenne- ja kelitietoa.
- 29A23 Matkalle lähdön ajankohta tulisi voida päättää muiden syiden kuin ruuhkien esiintymisen perusteella.

### **3. Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus (sujuvuus)**

- 29A13 Nopeusrajoituksen pitäisi olla korkeampi, jotta matkaani kuluisi vähemmän aikaa.
- 29A14 Nopeusrajoitus ei saisi vaihdella muutaman kilometrin välein.
- 29A16 Pitäisi päästä ajamaan niin, ettei joudu ajamaan jonossa.
- 29A17 Pitäisi päästä liikkumaan niin, ettei autojono pysähtele.
- 29A18 Liikenteen tulisi tietyömailla joutua odottelemaan nykyistä vähemmän.

### **4. Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu (väylät)**

- 29A1 Tieyhteiden matkakohteeseeni tulisi olla suurempi eli matkaltaan lyhyempi.
- 29A2 Tieympäristön tulisi olla hoidetumpi.
- 29A3 Ajokaistojen tulisi olla leveämpiä.
- 29A4 Tienpientareiden tulisi olla leveämpiä.
- 29A5 Jalankulkijoille ja pyöräilijöille pitäisi olla omat väylät.
- 29A6 Tien pitäisi olla ohitusmahdollisuuksien lisäämiseksi vähemmän mutkainen ja mäkinen.
- 29A7 Tiellä pitäisi olla määrävälein ohituspaikkoja, joissa vastaantuleva liikenne ei estä ohittamista.
- 29A8 Tien sivuille tulisi olla parempi näkyvyys asutuksen ulkopuolella.

### **5. Tien kunto(kunto)**

- 29A15 Tien pinnassa ei saisi olla kuoppia.
- 29A24 Tien pitäisi pysyä samantyyppisenä mahdollisimman suuren osan matkasta.
- 29A25 Tien päällysteen pitäisi olla nykyisiä vähemmän urautunut.

TAULUKKO 6. Direct Oblimin- rotaation tuottama ratkaisu latausmatriisille:  
henkilöauton kuljettajien kesäfaktorit.

Pattern Matrix:						
	<b>selkeys</b>	<b>info</b>	<b>sujuvuus</b>	<b>väylät</b>	<b>kunto</b>	<b>kommunali- teetti</b>
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	h <sup>2</sup>
29A10	<b>,65750</b>	-,00294	,06817	,01545	,04721	,49679
29A9	<b>,61619</b>	-,00713	,13050	-,08265	-,02625	,50287
29A11	<b>,48563</b>	,11186	,12433	,17905	,24965	,48958
29A21	<b>,48517</b>	,24498	-,01928	-,08118	-,03463	,43810
29A22	<b>,40206</b>	,24254	-,11215	-,07523	,09629	,36540
29A12	<b>,35609</b>	,14604	,02319	-,26867	-,03306	,37024
29A20	,03192	<b>,92018</b>	,03636	-,00792	-,06058	,87512
29A19	-,01324	<b>,87257</b>	,05878	-,01115	,01889	,81832
29A23	,06463	<b>,41618</b>	,34379	,00393	,05099	,51138
29A16	-,06336	,03402	<b>,85339</b>	-,10067	,04406	,81564
29A17	,01014	,11477	<b>,76795</b>	,06631	,08198	,71782
29A14	,12511	,06867	<b>,39976</b>	-,09614	,13140	,40635
29A13	,11982	,03713	<b>,36604</b>	-,11783	,04126	,29108
29A18	,29066	,19124	<b>,33291</b>	,16212	,27189	,58116
29A4	-,13458	,06600	-,03475	<b>,72051</b>	,12757	,55732
29A3	-,00259	,01415	,05295	<b>,68723</b>	,09680	,58925
29A6	,12790	-,02327	,21381	<b>,63236</b>	-,05392	,59246
29A8	,22404	-,05703	,01927	<b>,49004</b>	,18392	,52762
29A7	,08866	,04907	,31161	<b>,45947</b>	-,08329	,44866
29A5	,00123	,08443	-,03749	<b>,41166</b>	,12915	,25741
29A1	,27660	-,08648	,05502	<b>,40074</b>	,03915	,35075
29A25	-,06134	,02378	,08587	,07435	<b>,74178</b>	,64936
29A15	,07763	-,06070	,07586	,13624	<b>,62854</b>	,58029
29A24	-,00357	,07749	,17378	,34194	<b>,36691</b>	,55886
29A2	,24208	,10015	-,10496	,25640	<b>,26903</b>	,38128

TAULUKKO 7. Kesäfaktoreiden korrelaatiomatriisi

Factor Correlation Matrix					
	<b>selkeys</b>	<b>info</b>	<b>sujuvuus</b>	<b>väylät</b>	<b>kunto</b>
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
Factor 1	1,00000				
Factor 2	,54033	1,00000			
Factor 3	,44960	,46453	1,00000		
Factor 4	,42485	,24623	,36593	1,00000	
Factor 5	,43275	,37270	,42111	,51880	1,00000

Korrelaatiomatriisista nähdään (taulukko 7), että faktorit korreloivat keskenään. Voimakkainta korrelaatio on faktorin *Liikennejärjestelyiden selkeys ja matkustamisen mukavuus* ja muiden faktoreiden välillä, joten sen voidaan katsoa luonnehtivan kesäajan arvostuksia yleisesti.

TAULUKKO 8. Kesäfaktoreille laskettujen faktoripistemäärämuuttujien estimoitu kovarianssimatriisi

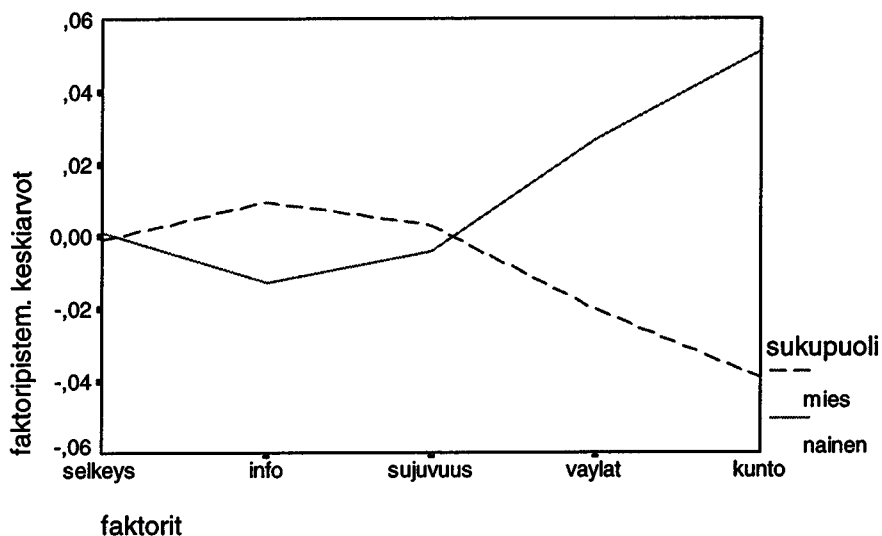
Covariance Matrix for Estimated Regression Factor Scores:					
	<b>selkeys</b>	<b>info</b>	<b>sujuvuus</b>	<b>väylät</b>	<b>kunto</b>
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
Factor 1	<b>,81250</b>				
Factor 2	,54260	<b>,92025</b>			
Factor 3	,45490	,47393	<b>,88294</b>		
Factor 4	,43038	,24944	,37855	<b>,85504</b>	
Factor 5	,44622	,36705	,43921	,53051	<b>,79947</b>

Kovarianssimatriisin diagonaalilla olevat varianssit osoittavat, että reliabiliteetit ja selitysprosentit ovat korkeita, joten estimoidut faktorit selittävät hyvin teoreettisia vastineitaan.. *Liikenneinformaation* reliabiliteetti on .9203. Prosentteina ilmaistuna se on 92.03%.

#### 4.4.1 Taustamuuttujana sukupuoli

Kun kesäfaktoreilla oli estimoitu haastatelluille faktoripistemäärät, aloitettiin jatkotarkastelut taustamuuttujilla sukupuoli, ikä, ajokilometrit vuodessa ja asuinalue Suomessa. Tarkastelut tehtiin samalla tavalla kuin talvifaktoreillakin. Ensimmäiseksi tarkasteltiin eroja miesten ja naisten välillä.

*Profilianalyysi* aloitettiin ryhmäkeskiarvojen graafisella tarkastelulla



KUVIO 8. Miesten ja naisten faktoripistemäärien keskiarvoprofiilit faktoreilla.

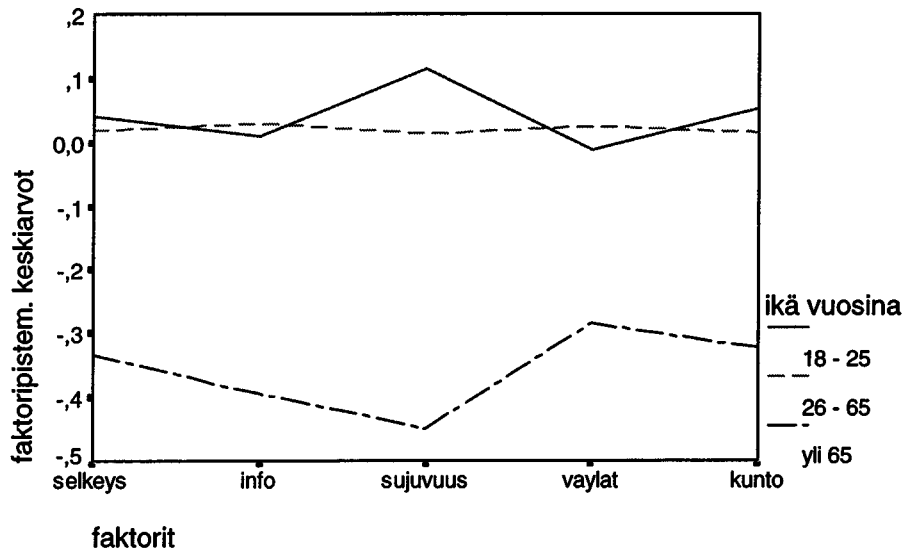
Kuvion 8 perusteella näyttäisi siltä, että sukupuolen ja faktoreiden välillä on voimakas yhdysvaikutus, sillä miesten ja naisten keskiarvoprofiilit kulkevat ristiin. Näyttäisi myös siltä, että naiset kokevat enemmän kehittämistarpeita pääteiden kunnossa kesällä kuin miehet.

Tilastollinen testaus aloitettiin monimuuttujaisella varianssianalyysillä. Kovarianssimatriisien yhtäsuuruus testaus antoi tulokseksi  $\chi^2(15) = 14.11$ ,  $p = .517$ , joten kovarianssimatriiseja voidaan pitää yhtäsuurina ja oletukset olivat tältä osin voimassa.

Yhdensuuntaisuustestin neljä testisuureen perusteella hypoteesi yhdensuuntaisuudesta on voimassa,  $p = .497$ . Sukupuolen omavaikutukselle saatiin  $p$ -arvo  $.668$ , joten sukupuolten välillä ei ole myöskään tasoeroa. Se että kuvion 8 perusteella yhdysvaikutusta näytti olevan, johtui graafisen esityksen skaalauksesta: faktoripistemäärien keskiarvojen erot ovat kuviossa 8 vain pisteen sadasosia, joten todellisuudessa ne ovat hyvin pieniä. Myöskään yksisuuntaisen varianssianalyysin perusteella ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja sukupuolten väliltä.

#### 4.4.2 Taustamuuttujana ikä

Iän vaikutusta suhtautumisessa kehittämistarpeisiin tarkasteltiin jakamalla aineisto kolmeen ikäryhmään samoin kuin talvifaktoreiden tarkasteluissa. *Profilianalyysi* aloitettiin piirtämällä ikäryhmien keskiarvoprofiilit faktoreilla.



KUVIO 9. Eri ikäryhmien faktoripistemäärien profiilit faktoreilla.

Kuvion 9 perusteella näyttäisi nuorimman ja keskimmäisen ikäryhmän välillä esiintyvän interaktiota. Myös selvä tasoero vanhimman ja kahden muun ryhmän välillä on havaittavissa. Vanhimmalla ikäryhmällä näyttäisi olevan selvästi vähemmän kehittämistarpeita pääteillä kesäolosuhteissa kuin kahdella muulla ikäryhmällä.

Tilastollinen testaus monimuuttujaisella varianssianalyysillä aloitettiin kovarianssimatriisien yhtäsuuruustestauksella. Tuloksen  $p = .000$  perusteella kovarianssimatriisit eivät ole yhtäsuuria, joten testin oletukset eivät olleet voimassa siltä osin.

Yhdensuuntaisuustestauksen neljä testisuureta antoivat saman tuloksen ja hypoteesi yhdensuuntaisuudesta jäi voimaan, sillä  $p = .756$ .

Tuloksista nähdään nyt myös, että iällä on erittäin merkitsevä omavaikutus  $p$ -arvolla .001. Nuorinta ja vanhinta ikäryhmää vertailtaessa  $p$ -arvoksi saadaan .00081, joten ero on tilastollisesti erittäin merkitsevä. Myös vertailu keskimmäisen ja vanhimman ikäryhmän välillä antaa  $p$ -arvoksi .00029, joten ero on tilastollisesti erittäin merkitsevä.

Testattaessa yksisuuntaisella varianssianalyysillä faktoreittain saatiin kuitenkin tulokseksi, ettei ikäryhmillä ollut faktorilla *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu* tilastollisesti merkitsevää eroa, sillä  $p$ -arvoksi saatiin .0698.

Yksisuuntainen varianssianalyysi faktorilla *Liikennejärjestelyiden selkeys ja matkustamisen mukavuus* antoi tulokseksi  $F(2,801) = 3.80$ ,  $p = .0226 < .05$ , joten ero ryhmien välillä oli tilastollisesti melkein merkitsevä. Monivertailutestin perusteella tilastollisesti merkitsevä ero löytyi vanhimman ja kahden nuoremman ikäryhmän väliltä. Tulosten perusteella nuorin ikäryhmä arvosti eniten selkeyttä ja mukavuutta. Ero keskimmäiseen ikäryhmään ei ollut suuri, mutta ero vanhimpaan ikäryhmään, joka arvosti selkeyttä ja mukavuutta vähiten, oli tilastollisesti kummallakin muulla ryhmällä merkitsevä. Kesäfaktoreista *Liikennejärjestelyiden selkeys ja matkustamisen mukavuus* oli kesäarvostuksia yleisesti kuvaava faktori. Tässä se näkyy siten, että vanhimmalla ikäryhmällä, joka vähiten arvostaa tätä faktoria, oli myös kauttaaltaan vähiten kehitystarpeita.

Faktorilla *Liikenneinformaatio* testitulokseksi saatiin  $F(2,801) = 4.67$ ,  $p = .0096 < .01$ , joten tulos on tilastollisesti merkitsevä ja ryhmien keskiarvoja voidaan pitää eri suurina. Monivertailutestin mukaan tilastollisesti merkitsevät erot löytyivät vanhimman ja kahden nuoremman ikäryhmän väliltä: nuorin ja keskimäinen ikäryhmä arvostivat merkittävästi enemmän liikenneinformaatiota kuin vanhin ikäryhmä.

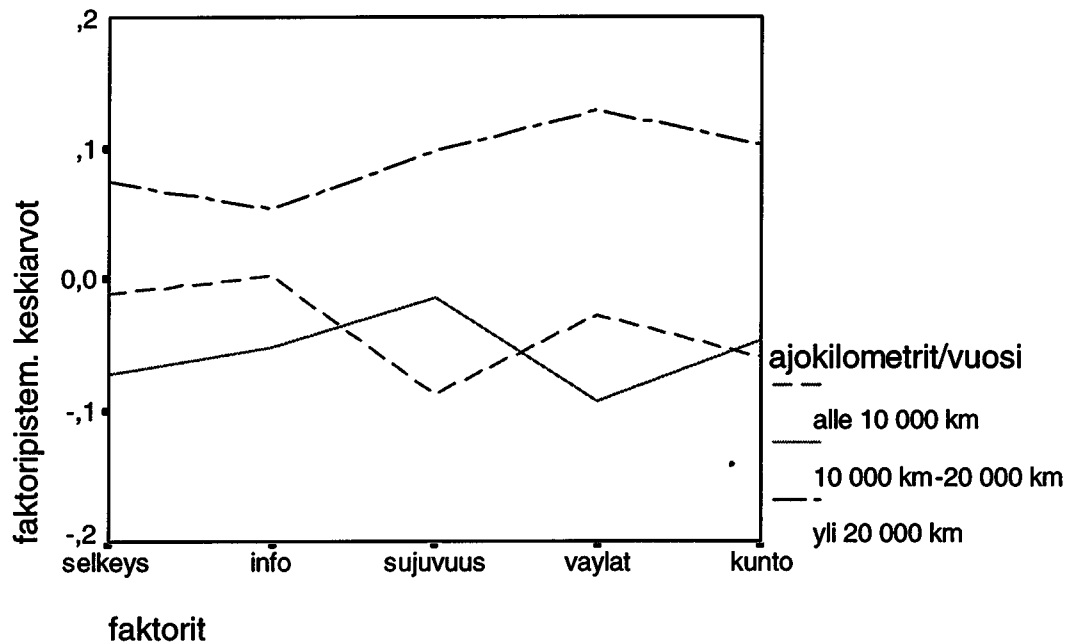
Faktorilla *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* testitulokseksi saatiin  $F(2,801) = 6.88$ ,  $p = .001 < .01$ , joten eroa ikäryhmien välillä voidaan pitää tilastollisesti merkitseväenä. Monivertailutestit osoittivat, että tilastollisesti merkitsevät erot löytyvät taas vanhimman ja kahden muun ikäryhmän väliltä.

Faktorilla *Tien kunto* saatiin yksisuuntaisen varianssianalyysin tulokseksi  $F(2,801) = 3,66$ ,  $p = .026 < .05$ , joten tulos oli tilastollisesti melkein merkitsevä ja ryhmien keskiarvoja voidaan pitää eri suurina. Monivertailutestillä tilastollisesti merkitsevät erot löytyivät vanhimman ja kahden muun ryhmän väliltä. Nuorin ikäryhmä arvosti eniten teiden kuntoa, mutta myös keskimmäisen ja vanhimman ikäryhmän välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero siten, että vanhin ikäryhmä arvosti vähiten teiden kuntoa.

Levenen testin mukaan vaatimus varianssien yhtäsuuruudesta täyttyy faktorilla *Tien kunto*,  $p = .430$ . Faktoreilla *Liikennejärjestelyiden selkeys ja matkustamisen mukavuus*,  $p = .018$ , *Liikenneinformaatio*,  $p = .022$  ja *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus*,  $p = .001$  vaatimukset varianssien yhtäsuuruudesta eivät sen sijaan olleet voimassa.

#### 4.4.3 Taustamuuttujana ajokilometrit

Kun haluttiin tarkastella, miten henkilön vuotuiset ajomäärät vaikuttavat kehittämistarpeisiin, jaettiin aineisto kolmeen osaan samalla tavalla kuin talvifaktoreiden kohdalla. *Profilianalyysi* aloitettiin tarkastelemalla graafisesti keskiarvoprofiileja faktoreilla.



KUVIO 10. Faktoripistemäärien keskiarvojen profiilit faktoreilla ajokilometrien mukaan määriteltynä.



Kuvion 10 perusteella ikäryhmien ja faktoreiden välillä on yhdysvaikutusta. Näyttää myös siltä, että eniten ajavilla oli myös selvästi eniten kehittämistarpeita.

Monimuuttujaisessa varianssianalyysissä kovarianssimatriisien yhtäsuuruustestauksessa saatiin  $\chi^2(30) = .347$ , joten testin oletukset olivat tältä osin voimassa.

Yhdensuuntaisuustestin neljä testisuureta antoivat  $p = .551$ , joten hypoteesi yhdensuuntaisuudesta jää testituloksen perusteella voimaan.

Testitulos osoitti myös, että ajokilometreillä oli vaikutusta, sillä ajokilometrien oma-vaikutuksen  $p$ -arvoksi saatiin  $.035$ , joten tulos on tilastollisesti melkein merkitsevä. Edelleen testitulokset osoittivat, että eniten ajavien ja vähiten ajavien välillä oli tilastollinen melkein merkitsevä ero, sillä  $p$ -arvoksi saatiin  $.039$ . Keskimmaisella ja eniten ajavalla ryhmällä oli tilastollisesti melkein merkitsevä ero  $p$ -arvolla  $.017$ .

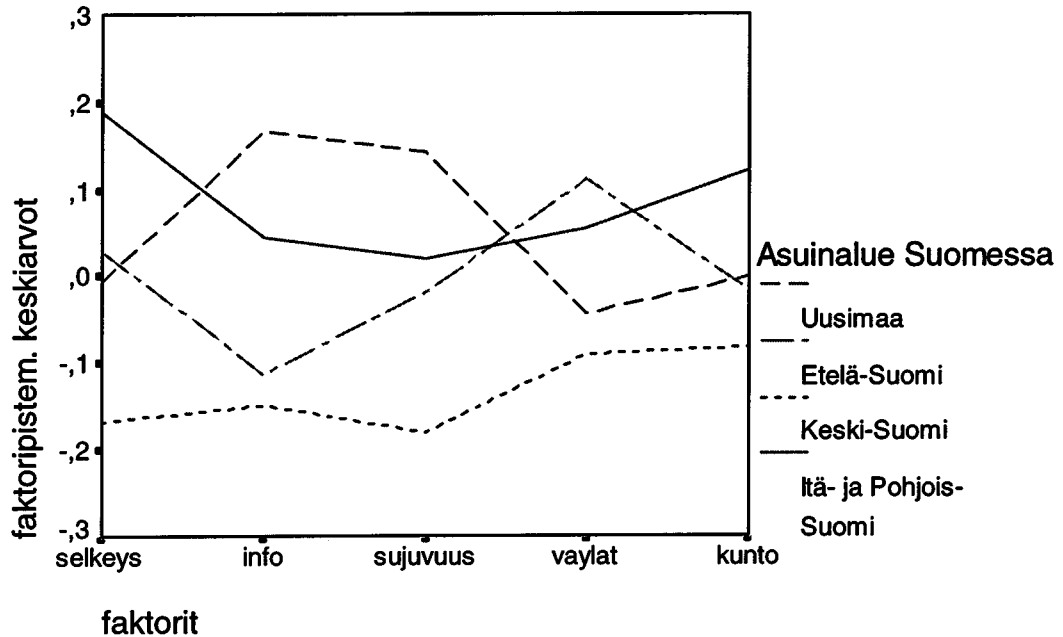
Kun eroja testattiin faktoreittain, yksisuuntaisissa varianssianalyysissä ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja faktoreilla *Liikennejärjestelyiden selkeys ja matkustamisen mukavuus* ja *Liikenneinformaatio, Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* ja *Tien kunto*.

Faktorilla *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu* saatiin testitulokseksi  $F(2,795) = 4.10$ ,  $p = .0168$ , joten ero ryhmien välillä oli tilastollisesti melkein merkitsevä. Monivertailutestin avulla ero paikallistettiin eniten ajavien ja keskimmaisen ryhmän väliseksi. Eniten ajavilla oli eniten kehittämistarpeita pääteiden väylien suhteen kesällä keskimmaisella ryhmällä vähiten.

Levenen testin mukaan vaatimus varianssien yhtäsuuruudesta täyttyi faktoreilla *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu*,  $p = .964$ .

#### 4.4.4 Taustamuuttujana asuinalue Suomessa

Aineisto jaettiin neljään osaan kuljettajan asuinpaikan mukaan samalla tavalla kuin tehtiin talvifaktoreita tarkasteltaessa. *Profilianalyysi* aloitettiin tarkastelemalla graafisesti ryhmien keskiarvoprofiileja faktoreilla yhtä-aikaisesti.



KUVIO 11. Eri osissa Suomea asuvien faktoripistemäärien keskiarvojen profiilit faktoreilla.

Kuvion 11 perusteella nähdään, että asuinalueella ja faktoreilla oli yhdysvaikutusta.

Lisäksi näyttää siltä, että keskisuomalaisilla on vähiten kehittämistarpeita ja itäisessä ja pohjoisessa Suomessa asuvilla eniten kehittämistarpeita pääteiden kesäolosuhteissa.

Monimuuttujainen varianssianalyysi aloitettiin kovarianssimatriisien yhtäsuuruustestuksella. Testin tulos  $\chi^2(45) = 149,81$ ,  $p = .000$  osoittaa, ettei yhtäsuuruus vaatimus ole voimassa. Yhdensuuntaisuustestin neljän testisuureen tulos  $p = .000$  osoitti kuitenkin tilastollisesti erittäin merkitsevästi, että yhdensuuntaisuushypoteesi ei ole voimassa.

Seuraavaksi siirryttiin testaamaan faktoreita yksi kerrallaan. Faktoreilla *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu* ja *Tien kunto* ei löydetty tilastollisesti merkitseviä eroja eri asuinalueiden välillä.

Faktorilla *Liikennejärjestelyiden selkeys ja matkustamisen mukavuus* yksisuuntaisen varianssianalyysin tulos oli  $F(3,800) = 4.82, p = .0024 < .01$ , joten ero ryhmien keskiarvojen välillä oli tilastollisesti merkitsevä. Monivertailutesti osoitti, että ero oli tilastollisesti merkitsevä Itä- ja Pohjois-Suomessa asuvien ja muualla Suomessa asuvien välillä. Itäisessä ja pohjoisessa Suomessa asuvat arvostivat eniten selkeyttä ja mukavuutta.

Faktorilla *Liikenneinformaatio* saatiin testitulokseksi  $F(3,800) = 5.28, p = .0013 < .01$ , joten tulos on tilastollisesti merkitsevä ja hypoteesi keskiarvojen yhtäsuuruudesta hylätään. Monivertailutestin perusteella tilastollisesti merkittävät erot paikallistettiin Uudellamaalla ja Keski-Suomessa asuvien ja Uudellamaalla ja Etelä-Suomessa asuvien väliseksi. Uusmaalaiset halusivat eniten liikenneinformaatiota ja keskisuomalaiset vähiten.

Faktorilla *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* yksisuuntainen varianssianalyysi antoi tulokseksi  $F(3,800) = 4.60, p = .0034 < .01$ , joten ryhmien keskiarvojen välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero. Monivertailutesti osoitti, että tilastollisesti merkitsevä ero löytyi Uudellamaalla ja Itä- ja Pohjois-Suomessa asuvien ja Keski-Suomessa asuvien väliltä. Keskisuomalaiset näyttivät arvostavan vähiten sujuvuutta ja ruuhkattomuutta, kun taas uusmaalaiset arvostivat eniten.

Levenen testin mukaan varianssien yhtäsuuruus ei ollut voimassa faktorilla *Liikennejärjestelyiden selkeys ja matkustamisen mukavuus*,  $p = .001$  eikä faktorilla *Liikenneinformaatio*,  $p = .000$ . Faktorilla *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* sen sijaan oli  $p = .579$ , joten vaatimus täyttyi.

## 4.5 Kuorma-auton kuljettajien talvifaktorit

Kuorma-auton kuljettajille esitettiin samat väittämät pääteiden kehittämistarpeista kuin henkilöauton kuljettajillekin. Haastateltuja kuljettajia oli 329. Kun puutteellisia vastauksia antaneet oli poistettu aineistosta, jäi faktorianalyysiin 291 kuorma-auton kuljettajan mielipiteet talvifaktoreita määriteltäessä. Mielipiteet kehittämistarpeista latautui neljälle faktorille, joille tehtiin direct-oblimin rotaatio tulkinan selkeyttämiseksi. Faktorit ja niille latautuneet väittämät olivat:

### 1. Ajon turvallisuus ja mukavuus

- 15A9 Samanaikaista seuraamista vaativia asioita pitäisi olla vähemmän (esim. liikennemerkkit, muu).
- 15A10 Opasteiden ja liikennejärjestelyiden tulisi olla selkeämpiä.
- 15A11 Tietyömailla tulisi turvallisuuden vuoksi olla selkeämmät liikennejärjestelyt.
- 15A12 Tievalaistuksen pitäisi olla nykyistä parempi.
- 15A13 Nopeusrajoituksen pitäisi olla korkeampi, jotta matkaani kuluisi vähemmän aikaa.
- 15A14 Nopeusrajoitus ei saisi vaihdella muutaman kilometrin välein.
- 15A20 Liikenteen tulisi tietyömailla joutua odottelemaan nykyistä vähemmän.
- 15A21 Liikenne- ja kelitietoa, esim ruuhkat, onnettomuudet, vaihtoehtoiset reitit; kelin vaihtelu pitäisi olla tiedossa jo *ennen matkaa*.
- 15A22 *Matkan aikana* tulisi saada paremmin liikenne- ja kelitietoa.
- 15A23 Levähdysalueita ilman varsinaisia palveluja pitäisi olla enemmän.
- 15A24 Tien varrella tulisi olla enemmän palveluja, esim. huoltoasemia, ruokapaikkoja jne.

### 2. Tien kunto

- 15A15 Tien pitäisi olla nykyistä harvemmin liukas.
- 15A16 Tien pitäisi olla useammin lumeton ja sohjoton.
- 15A17 Tien pinnassa ei saisi olla kohoumia ja kuoppia.
- 15A27 Tien päällysteen pitäisi olla nykyistä vähemmän urautunut.
- 15A2 Tieympäristön tulisi olla hoidetumpi.

### 3. Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu

- 15A1 Tieyhteyden matkakohteeseen tulisi olla suurempi eli matkaltaan lyhyempi.
- 15A3 Ajokaistojen tulisi olla leveämpiä.
- 15A4 Tienpientareiden pitäisi olla leveämpiä.
- 15A5 Jalankulkijoille ja pyöräilijöille pitäisi olla omat väylät.
- 15A6 Tien pitäisi olla ohitusmahdollisuuksien lisäämiseksi vähemmän mutkainen ja mäkinen.
- 15A7 Tiellä pitäisi olla määrävälein ohituspaikkoja, joissa vastaantuleva liikenne ei estä ohittamista.
- 15A8 Tien sivuille tulisi olla parempi näkyvyys asutuksen ulkopuolellaliikenne

### 4. Ruuhkattomuus ja ajon tasaisuus

- 17A18 Pitäisi päästä liikkumaan niin, ettei joudu ajamaan jonossa.
- 17A19 Pitäisi päästä liikkumaan niin, ettei autojono pysähtele.
- 17A25 Matkalle lähdön ajankohta tulisi voida päättää muiden syiden kuin ruuhkien esiintymisen perusteella.
- 17A26 Tien pitäisi pysyä samantyyppisenä (leveys jne.) mahdollisimman suuren osan matkasta.

## 4.6 Kuorma-auton kuljettajien kesäfaktorit

Kun puutteelliset vastaukset oli poistettu, jäi jäljelle 297 kuorma-auton kuljettajan mielipiteet määriteltäessä kesäfaktoreita. Kuljettajien mielipiteet latautuivat neljälle kesäfaktorille, joille tehtiin direct-oblimin rotaatio. Faktorit ja väittämät, jotka niille latautuivat:

### 1. Korkeatasoinen liikenneympäristö

- 26A1 Tieyhteyden matkakohteeseen tulisi olla suurempi eli matkaltaan lyhyempi.
- 26A2 Tieympäristön tulisi olla hoidetumpi.
- 26A8 Tien sivuille tulisi olla parempi näkyvyys asutuksen ulkopuolella.
- 26A9 Samanaikaista seuraamista vaativia asioita pitäisi olla vähemmän.
- 26A12 Tievalaistuksen pitäisi olla nykyistä parempi.
- 26A21 Levähdysalueita ilman varsinaisia palveluja pitäisi olla enemmän.
- 26A22 Tien varrella tulisi olla enemmän palveluja esim. huoltoasemia, ruokapaikkoja jne.

### 2. Ajon turvallisuus ja mukavuus

- 26A3 Ajokaistojen tulisi olla leveämpiä.
- 26A4 Tienpientareiden tulisi olla leveämpiä.
- 26A5 Jalankulkijoille ja pyöräilijöille pitäisi olla omat väylät.
- 26A6 Tien pitäisi olla ohitusmahdollisuuksien lisäämiseksi vähemmän mutkainen ja mäkinen.
- 26A7 Tiellä pitäisi olla määrävälein ohituspaikkoja, joissa vastaantuleva liikenne ei estä ohittamista.
- 26A15 Tien pinnassa ei saisi olla kuoppia.
- 26A24 Tien pitäisi pysyä samantyyppisenä mahdollisimman suuren osan matkasta.
- 26A25 Tien päällysteen pitäisi olla nykyistä vähemmän urautunut.

### 3. Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus

- 26A13 Nopeusrajoituksen pitäisi olla korkeampi, jotta matkaani kuluisi vähemmän aikaa.
- 26A14 Nopeusrajoitus ei saisi vaihdella muutaman kilometrin välein.
- 26A16 Pitäisi päästä ajamaan niin, ettei joudu ajamaan jonossa.
- 26A17 Pitäisi päästä liikkumaan niin, ettei autojono pysähtele.
- 26A18 Liikenteen tulisi tietyömailla joutua odottelemaan nykyistä vähemmän.
- 26A23 Matkalle lähdön ajankohta tulisi voida päättää muiden syiden kuin ruuhkien esiintymisen perusteella.

### 4. Liikennejärjestelyiden selkeys ja liikenneinformaatio

- 26A10 Opasteiden ja liikennejärjestelyiden tulisi olla selkeämpiä.
- 26A11 Tietyömailla tulisi turvallisuuden vuoksi olla selkeämmät liikennejärjestelyt.
- 26A19 Liikenne- ja kelitietoa esim. ruuhkat, onnettomuudet, vaihtoehtoiset reitit; kelin vaihtelun pitäisi olla tiedossa jo *ennen matkaa*.
- 26A20 *Matkan aikana* tulisi saada paremmin liikenne- ja kelitietoa.

Myös kuorma-auton kuljettajien talvi- ja kesäfaktorit korreloivat keskenään vinokulmaisen rotaation jälkeen melko voimakkaasti siten, että ensimmäinen faktori korreloi eniten muiden faktoreiden kanssa. Kuorma-autoilijoiden faktoreille ei tehty jatkotarkasteluja.

## 5 Tulosten tarkastelua

Tarkasteltavana oli 964 henkilöauton ja 329 kuorma-auton kuljettajan vastaukset pääteiden kehittämistä koskeviin väittämiin. Haastattelussa kysyttiin erikseen mielipiteitä talvi- ja kesäolosuhteista. Aluksi poistettiin listwise- menetelmällä kaikki vastaukset selvaisilta henkilöiltä, jotka olivat jättäneet vastaamatta yhteenkin väittämään. Näin menetellen jäi talvifaktoreita muodostettaessa analyysiin mukaan alkuperäisistä 964 haastattelusta 778 henkilöauton kuljettajan vastaukset Kesäfaktoreiden kohdalla vastaava luku henkilöauton kuljettajilla oli 804. Kuorma-auton kuljettajilta mukaan tuli talvifaktoreita määriteltäessä 291 haastattelun ja kesäfaktoreita määriteltäessä 297 haastattelun vastaukset. Myös pairwise- menetelmää kokeiltiin, mutta analyysiin ei jäänyt lukumääräisesti enempää henkilöitä kuin listwise- menetelmälläkään. Kun tarkasteltiin analyysista poisjääneiden henkilöiden taustoja, todettiin että poisjääminen oli satunnaista taustaryhmittäin. Voitiin siis olettaa, ettei kadolla ollut suurta merkitystä tulosten kannalta.

Eksploratiivisen faktorianalyysin tuloksena saatiin henkilöauton kuljettajien mielipiteistä tiivistettyä viisi talvifaktoria ja viisi kesäfaktoria. Talvifaktoreiksi saatiin *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus, Liikenneinformaatio ja palvelut, Tien kunto ja tieympäristön hoito, Liikennejärjestelyiden ja opasteiden selkeys ja Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu*. Kesäfaktoreiksi saatiin *Liikennejärjestelyiden selkeys ja matkustamisen mukavuus, Liikenneinformaatio, Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus, Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu ja Tien kunto*.

Kuorma-auton kuljettajien mielipiteet latautivat neljälle talvi- ja kesäfaktorille. Talvifaktoreiksi saatiin *Ajon turvallisuus ja mukavuus, Tien kunto, Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu ja Ruuhkattomuus ja ajon tasaisuus*. Kesäfaktorit olivat *Korkeatasoinen liikenneympäristö, Ajon turvallisuus ja mukavuus, Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus ja Liikennejärjestelyiden selkeys ja liikenneinformaatio*. Kuorma-auton kuljettajille ei laskettu faktoripistemääriä jatkotarkasteluja varten.

Sisällöllisen tulkinnan selkeyttämiseksi tehtiin alustaville latausmatriiseille rotaatio. Vinokulmaisen rotaation tuloksena faktorit korreloivat melko voimakkaasti keskenään.

Erityisen voimakasta muiden faktoreiden kanssa oli korrelaatio ensimmäisillä faktoreilla. Voidaankin sanoa, että ne heijastavat kehittämistarpeita yleisesti. Henkilöauton kuljettajien talvifaktoreista *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* ja kesäfaktoreista *Liikennejärjestelyjen selkeys ja matkustamisen mukavuus* ovat tällaisia kehittämistarpeita yleisesti kuvaavia faktoreita. Vastaavasti kuorma-auton kuljettajien talvifaktoreista *Ajon turvallisuus ja mukavuus* ja kesäfaktoreista *Korkeatasoinen liikenneympäristö* ovat kehittämistarpeita yleisesti kuvaavia faktoreita.

Jatkotarkasteluja varten laskettiin haastatelluille henkilöauton kuljettajille faktoripistemäärät, jonka jälkeen tarkasteltiin profiilianalyysillä taustamuuttujien (sukupuoli, ikä, ajokilometrimäärä ja asuinalue Suomessa) ryhmien keskiarvojen välisiä eroja. Tilastollisena oletuksena oli muuttujien multinormaalisuus ja kovarianssimatriisien yhtäsuuruus eri ryhmissä. Kun tutkimuksen alussa tarkasteltiin eri väittämiin annettujen vastausten jakaumia, todettiin että jakaumat olivat vinoja. Syynä saattoi olla se, että asteikko 1,...,10 oli liian erotteleva ja haastatelluille siten liian vaikea. Olisi ollut ehkä helpompi vastata esimerkiksi asteikolla 1,...,5, jolloin vastausten jakaumat olisivat voineet olla lähempänä normaalijakaumaa. Nyt myös faktoripistemäärämuuttujien jakaumat olivat vinoja. Testitulokset profiilianalyysissä olivat usein kuitenkin tilastollisesti erittäin merkitseviä, joten profiilianalyysin käyttöä pidettiin perusteltuna. Faktoripistemäärien ryhmäkeskiarvojen avulla piirretyt profiilit vahvistivat myös käsitystä tilastollisista eroista ryhmien suhteen.

Myös varianssianalyyseissa oli tilastollisina oletuksina muuttujien normalisuus ja vertailtavien ryhmien varianssien yhtäsuuruus. Kuten edellä normalisuusoletukset eivät täyttyneet, mutta koska varianssianalyysien testitulokset kuitenkin olivat tilastollisesti selvästi merkitseviä, meneteltiin kuten profiilianalyysissäkin. Apuna tarkasteluissa käytettiin graafisia esityksiä.

Taustamuuttujien väliltä löytyi yhdysvaikutuksia, jotka tekivät tulosten tulkinnan vaikeaksi; esimerkiksi sukupuolen ja iän välinen yhdysvaikutus. Yhdysvaikutus todettiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä tilastollisesti merkitseväksi ja sen luonnetta arvioitiin keskiarvojen graafisten esitysten avulla. Ongelmalta olisi vältytty, jos aineisto olisi

jaettu kahtia siten, että miesten ja naisten testituloksia olisi tarkasteltu erikseen. Ruotsissa liikennetutkimuksissa yleensä menetellään siten, koska on todettu että miesten ja naisten asenteet ovat erilaisia liikenteessä (Dahlstedt 1994, I).

Aikaisemmasta tutkimuksesta (Rämä & al, 1997) poiketen voitiin tässä tutkimuksessa profiilianalyysin avulla tarkastella taustamuuttujien ryhmiä yhtä aikaa kaikilla faktoreilla, jolloin ryhmien erot olivat helposti havaittavissa. Käyttämällä graafisia esityksiä faktoripistemäärien keskiarvoprofiileista voitiin tarkastella koko kehittämistarpeita koskevan haastattelun antamaa informaatiota yhdellä kertaa.

### **Henkilöauton kuljettajien päätteiden kehittämistarpeet talvella**

Talvifaktoria *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* voitiin pitää kehittämistarpeista yleisesti kertovana faktorina. Ryhmillä joilla oli kehitystarpeita tällä faktorilla, oli yleensä kehitystarpeita myös muuten. Faktorilla oli myös kaikkien taustamuuttujien ryhmien välillä eniten tilastollisesti merkitseviä eroja. Sukupuolen ja iän välillä oli yhdysvaikutus, joka häiritsi tulkintaa. Keskiarvoprofiilien perusteella naisilla oli faktorilla enemmän kehittämistarpeita kuin miehillä. Naisilla oli myös kolmella muulla faktorilla enemmän kehitystarpeita kuin miehillä. Tarkasteltaessa ajokilometrien vaikutusta asenteisiin sujuvuuden ja ruuhkattomuuden suhteen saatiin tulokseksi, että eniten ajava ryhmä (yli 20000 km/v) odotetusti arvosti eniten sujuvuutta ja ruuhkattomuutta. Heillä oli eniten kehitystarpeita myös muilla faktoreilla. Uudellamaalla asuvat arvostavat eniten sujuvuutta ruuhkattomuutta ja Keski-Suomessa asuvat vähiten. Myös Pohjoisessa ja itäisessä Suomessa asuvilla oli kehitystarpeita sujuvuuden ja ruuhkattomuuden suhteen. Asia voitaneen tulkita siten, että varsinkin Helsingin seudulla ruuhkat pidentävät matka-aikaa nopeusrajoitusten lisäksi. Pohjoisessa ja itäisessä Suomessa taas etäisyydet ovat pitkiä, joten siellä toivottaisiin nopeusrajoitusten nostamista, jotta matka-aikaa voitaisiin lyhentää. Keski-suomalaisilla sen sijaan ei näyttänyt olevan kehitystarpeita. Myös aikaisemmissa tutkimuksissa, esimerkiksi Tielaitoksen tekemissä asiakastytyväisyystutkimuksissa Turun ja Lapin tiepiireistä 1995, kävi ilmi kriittisyys nopeusrajoituksia kohtaan.



*Tien kunto ja ympäristön hoito* oli myös faktori, jolla oli merkitseviä eroja taustamuuttajien ryhmien välillä. Naiset arvostivat tien kuntoa ja hoidettua ympäristöä enemmän kuin miehet. Nuoret ja keski-ikäiset kokivat enemmän kehitystarpeita teiden kunnan suhteen kuin vanhin ikäryhmä. Pohjois-Suomessa asuvilla oli alueellisesti eniten kehitystarpeita teiden kunnan suhteen talviolosuhteissa. Aoraus ja liukkauden poisto on talvella ymmärrettävästi tärkeämpi Pohjois- ja Itä-Suomessa kuin muissa osissa maata.

Faktorilla *Liikenneinformaatio ja palvelut* eroja kehittämistarpeissa löytyi eri osissa Suomea asuvilla. Sekä Uudellamaalla asuvilla että itäisessä ja pohjoisessa Suomessa asuvat arvostivat informaatiota ja palveluita enemmän kuin Keski-Suomessa asuvat. Merja Penttisen tutkimuksesta *Autonkuljettajien informaatiotarpeet* käy ilmi, että tärkeinä pidetään sää- ja kelitiedotuksia. Tärkeimpinä sää- ja kelitietoina pidetään taas tietoja tien liukkaudesta, jäisyydestä, sohjoisuudesta ja polanteisuudesta. Myös liikenteen sujumista koskevia tietoja pidetään tärkeinä. Pohjois- ja Itä-Suomessa etenkin kelitietojen tärkeys korostuu ymmärrettävästi talvella. Uudellamaalla ja varsinkin Helsingin seudulla kaivataan ilmeisesti ruuhkien vuoksi myös tietoja liikenteen sujumisesta. Keskiarvoprofiileista nähdään, että naiset arvostavat miehiä enemmän informaatiota ja palveluita; nuoret näyttäisivät arvostavan enemmän informaatiota ja palveluita kuin muut ikäryhmät, samoin eniten ajavat enemmän kuin muut ryhmät.

Faktorilla *Liikennejärjestelyiden ja opasteiden selkeys* ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja minkään taustamuuttujan ryhmien välillä. Testitulosten perusteella näytti siltä, että kaikki taustamuuttajaryhmät olivat olivat melko tyytyväisiä, eikä faktorilla ollut paljoakaan kehittämistarpeita. Sama on tullut ilmi aikaisemmissa tutkimuksissa. Tielaitoksen Suomen Gallupilla teettämän haastattelututkimuksen ”Tielaitoksen virasto- ja palvelukuva 1966” mukaan kuljettajien mielestä liikennemerkkien ja opasteiden näkyvyys ja selkeys on hyvä ja he ovat melko tyytyväisiä vakinaisiin liikennemerkkeihin ja opasteisiin.

Talvifaktorilla *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu* merkitseviä eroja löytyi naisten ja miesten sekä eri ikäryhmien väliltä. Naisilla oli enemmän kehittämistarpeita väylien suhteen kuin miehillä. Samoin vanhimmalla ikäryhmällä enemmän kuin nuo-

remmilla ikäryhmillä. Kaksisuuntainen varianssianalyysi osoitti, että faktorilla oli sukupuoli ja iän välillä tilastollisesti merkitsevä yhdysvaikutus. Faktorille korreloi myös väittämä ”Jalankulkijoille ja pyöräilijöille pitäisi olla omat väylät”, joka selittää sen, että vanhin ikäryhmä arvostaa tämän faktorin esiin tuomia kehittämistarpeita.

### **Henkilöauton kuljettajien pääteiden kehittämistarpeet kesällä**

Kesäfaktorit eivät paljon eronneet talvifaktoreista. Faktoria *Liikennejärjestelyjen selkeys ja matkustamisen mukavuus* voidaan pitää yleisesti kesän kehitystarpeita kuvaavana faktorina. Sille latautui esimerkiksi väittämä ’Tietyömailla tulisi turvallisuuden vuoksi olla selkeämmät liikennejärjestelyt’, mikä voidaan ymmärtää siten, että kesällä kuljettajilla on kehitystarpeita liikennejärjestelyiden ja opasteiden suhteen. Kesällä tehdään paljon perusparannus- ja päällystystöitä ja tietyömailla on tilapäisiä järjestelyjä. Kesämatkat ovat myös usein lomamatkoja eikä aikataulut ole yhtä kiireisiä kuin talvella. Kesällä halutaan välillä pysähtyä ja arvostukset liittyvät ajomatkan mukavuuteen. Faktorille latautuivat väittämät ”Tien varrella tulisi olla enemmän palveluja, esim. huolto-asemia, ruokapaikkoja jne.” ja ”Levähdysalueita ilman varsinaisia palveluja tulisi olla enemmän”. Faktorille latautui myös väittämä ”Tievalaistuksen pitäisi olla nykyistä parempi”, mikä saattaisi aiheuttaa loppukesän pimeistä öistä hirvivaaroinen.

Kesäfaktorilla *Liikenneinformaatio* oli eroja sekä ikäryhmien että eri puolilla Suomea asuvien välillä. Vanhin ikäryhmä arvosti vähemmän liikenneinformaatiota kuin kaksi nuorempaa ikäryhmää. Uusmaalaiset ja Itä- ja Pohjois-Suomessa asuvat arvostivat liikenneinformaatiota enemmän kuin Keski-Suomessa ja Etelä-Suomessa asuvat kuten talvellakin.

*Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus* oli kesälläkin mielipiteitä jakava faktori. Miehet ja naiset suhtautuivat kuitenkin kesällä sujuvuuteen jotakuinkin samalla tavalla. Ikäryhmistä nuorin arvosti eniten ja vanhin ikäryhmä vähiten sujuvuutta ja ruuhkattomuut-

ta. Samoin kuin talvella myös eniten ajavat arvostivat eniten ja vähiten ajavat vähiten sujuvuutta ja ruuhkattomuutta. Kehittämistarpeita faktorilla oli eniten Uudellamaalla ja Itä- ja Pohjois- Suomessa ja vähiten Keski-Suomessa kuten talvellakin.

Kesäfaktorilla *Korkeatasoiset väylät ja kulkutapojen erottelu* eniten ajavilla oli eniten väylien kehittämistarpeita vähiten oli keskimmaisella ryhmällä samoin kuin talvella. Muiden taustamuuttujien ryhmien välillä ei löytynyt merkitseviä eroja.

Myös kesällä oli kehitystarpeita faktorilla *Tien kunto*, vaikka ei yhtä paljoa kuin talvella. Ikäryhmistä nuorimmalla ja eniten ajavilla oli eniten kehitystarpeita tien kunnon suhteen. Kesällä kehitystarpeet liittyivät päällysteen uraisuuteen ja tien pinnan kuoppaisuuteen.

Kesäarvostuksia kuvasi yleisesti faktori *Liikennejärjestelyiden selkeys ja matkustamisen mukavuus*. Erityisesti kesällä arvostettiin liikennejärjestelyiden ja opasteiden selkeyttä. Syynä lienee se, että kesällä tietyömaiden tilapäisissä liikennejärjestelyissä ja opasteissa oli kehittämistarpeita. Myös lehdistössä on kiinnitetty asiaan huomiota. Suomessa on toistaiseksi välttytty sellaisilta ketjukolareilta, joita on tapahtunut Keski-Euroopassa. Väliaikaisiin liikennemerkkeihin ja varoituksiin tulisi kuitenkin kiinnittää enemmän huomiota, sillä ne ovat yhtä tärkeitä kuin vakinaiset merkinnät. Sekavat merkinnät häiritsevät autoilijoiden keskittymistä. (Helsingin Sanomat 1998, Ryhtiä tietyömerkintöihin, pääkirjoitus 16.8.98).

## 6 Johtopäätökset

Autoilijoiden mielipiteet teiden kehittämistarpeista jäsenyivät eksploratiivisen faktori-analyysin avulla faktoreiksi, jotka kuvaavat niitä arvostuksia, joita autoilijoilla on pääteiden liikenneolosuhteista. Autoilijoille esitetyt väittämät latautuivat kukin selkeästi yhdelle faktorille, joten ratkaisun sisällöllinen tulkinta oli rotaation jälkeen mahdollista. Voidaan siis sanoa, että faktorianalyysi sopi hyvin autoilijoiden arvostusten tutkimiseen. Jatkotarkastelut tehtiin profiilianalyysillä, jonka avulla voitiin kaikkia faktoreita tarkastella yhtä aikaa kunkin taustamuuttujan ryhmissä. Ryhmäkeskiarvojen graafisen kuvan avulla voitiin koko mielipiteiden antamaa informaatiota tarkastella yhdellä kertaa. Haittana oli joissain tapauksissa tilastollisten oletusten paikkansapitämättömyys ja epätarkkuus faktoripistemäärien laskemisessa. Mikäli halutaan, voisi autoilijoiden arvostuksien rakenteita tutkia jatkossa konfirmatorisen faktorianalyysin avulla, jolloin jatkotarkastelut voitaisiin suorittaa laskematta faktoripistemääriä.

Sujuvuus ja mukavuus tulivat hyvin esille faktoreiden tulkinnoissa. Kaikista faktoreista löytyy kuitenkin taustalta myös turvallisuus- ja ympäristökysymykset. Parhaiten ne tulevat esille faktorissa *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus*, jolla löytyi myös eniten eroja taustamuuttujien ryhmien välillä. Faktorille latautuivat nopeusrajoituksia koskevat väittämät. Nopeusrajoitukset vaikuttavat turvallisuuteen, mutta myös ympäristön pilaantumiseen. Kun valtioneuvosto asetti tavoitteeksi liikenneturvallisuuden jatkuvan parantamisen, periaatepäätökseen sisältyi myös toimenpiteitä liikenteen kasvun hillitsemiseksi ja taajamien turvallisuuden parantamiseksi. Turvallisuuskysymykset laajentuvat puolestaan siis koko yhteiskunnan rakennetta koskeviksi kysymyksiksi. *Liikenteen sujuvuus ja ruuhkattomuus*, joka luonnehti henkilöautoilijoiden talviajan asenteita, sisältää myös monia osa-alueita, jotka vaativat laajaa yhteiskunnallista keskustelua.

## Lähteet

- Anderson, T.W. (1984): *An Introduction to Multivariate Statistical Analysis*, Second Edition. New York: John Wiley & sons, inc.
- Dahlstedt, Sven. (1994): *Ett försök till strukturering av svenska trafik- och trafiksäkerhets- attityder, En LISREL- analys av Sartre-materialet*. Linköping: VTI (meddelande 749.)
- Halla, Nils (1994): *Kestävän kehityksen toteutuminen liikenteessä; esiselvitys*. Helsinki: Tielaitos, (Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 17/94.)
- Lawley, D.N. & Maxwell, A.E. (1971): *Factor Analysis as a Statistical Method*. London: Butterworth & Co Ltd.
- Leppänen, A., Byckling, T. (1994): *Talviliikenteen järjestelyjen painopisteet*. Helsinki: Tielaitos, (Tielaitoksen selvityksiä 70/1994.)
- Leskinen, Esko. (1987): *Faktorianalyysi, Konfirmatoristen faktorimallien teoria ja rakentaminen*. Jyväskylä: Jyväskylän yliopiston tilastotieteenlaitoksen julkaisuja 1/1987.
- Morrison, Donald F. (1976): *Multivariate Statistical Methods*. Second Edition. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.
- Nummenmaa, T., Konttinen, R., Kuusinen, J. & Leskinen, E. (1997): *Tutkimusaineiston analyysi*. Porvoo: WSOY.
- Penttinen Merja. (1996): *Autonkuljettajien informaatiotarpeet*. Helsinki: Tielaitos, (Tielaitoksen selvityksiä 73/1996.)
- Rämä, P., Luoma, J. & Penttinen M. (1997): *Tieliikenneolojen kokeminen Suomessa, Henkilö- ja kuorma-autoilijoiden mielipiteet tienpidon kehittämistarpeista*. Helsinki: Tielaitos, (Tielaitoksen selvityksiä 13/1997.)
- Räsänen, Jukka. (1995): *Liikenteen optimaalinen nopeus - onko sellaista?* Helsinki: Tielaitos, (Tielaitoksen selvityksiä 77/1995.)
- Viisikko-Femman Oy Ab. (1996): *Asiakastyytyväisyys Lapin tiepiirissä 1995, haastattelututkimus tienkäyttäjien keskuudessa*. Rovaniemi: Tielaitos, Lapin tiepiiri.
- Viisikko-Femman Oy Ab. (1996): *Asiakastyytyväisyys Turun tiepiirissä 1995, haastattelututkimus tienkäyttäjien keskuudessa*. Turku: Tielaitos, Turun tiepiiri.
- Ryhtiä tietyömerkintöihin*. (1998): Helsingin Sanomat, pääkirjoitus 16.8.1998

**Pääteiden kehittämistarpeet talvella:  
autoilijoille esitetyt väittämät (27 kpl)**

**Liite1**

- 17A1 Tieyhteyden matkakohteeseeni tulisi olla suurempi eli matkaltaan lyhyempi.
- 7A2 Tieympäristön tulisi olla hoidetumpi.
- 17A3 Ajokaistojen tulisi olla leveämpiä.
- 17A4 Tienpientareiden pitäisi olla leveämpiä.
- 17A5 Jalankulkijoille ja pyöräilijöille pitäisi olla omat väylät.
- 17A6 Tien pitäisi olla ohitusmahdollisuuksien lisäämiseksi vähemmän mutkainen ja mäkinen.
- 17A7 Tiellä pitäisi olla määrävälein ohituspaikkoja, joissa vastaantuleva liikenne ei estä ohittamista.
- 17A8 Tien sivuille tulisi olla parempi näkyvyys asutuksen ulkopuolellaliikenne
- 17A9 Samanaikaista seuraamista vaativia asioita pitäisi olla vähemmän (esim. liikennemerkkit, muu).
- 17A10 Opasteiden ja liikennejärjestelyiden tulisi olla selkeämpiä.
- 17A11 Tietyömailla tulisi turvallisuuden vuoksi olla selkeämmät liikennejärjestelyt.
- 17A12 Tievalaistuksen pitäisi olla nykyistä parempi.
- 17A13 Nopeusrajoituksen pitäisi olla korkeampi, jotta matkaani kuluisi vähemmän aikaa.
- 17A14 Nopeusrajoitus ei saisi vaihdella muutaman kilometrin välein.
- 17A15 Tien pitäisi olla nykyistä harvemmin liukas.
- 17A16 Tien pitäisi olla useammin lumeton ja sohjoton.
- 17A17 Tien pinnassa ei saisi olla kohoumia ja kuoppia.
- 17A18 Pitäisi päästä liikkumaan niin, ettei joudu ajamaan jonossa.
- 17A19 Pitäisi päästä liikkumaan niin, ettei autojono pysähtelee.
- 17A20 Liikenteen tulisi tietyömailla joutua odottelemaan nykyistä vähemmän.
- 17A21 Liikenne- ja kelitietoa, esim ruuhkat, onnettomuudet, vaihtoehtoiset reitit; kelin vaihtelu pitäisi olla tiedossa jo *ennen matkaa*.
- 17A22 *Matkan aikana* tulisi saada paremmin liikenne- ja kelitietoa.
- 17A23 Levähdysalueita ilman varsinaisia palveluja pitäisi olla enemmän.
- 17A24 Tien varrella tulisi olla enemmän palveluja, esim. huoltoasemia, ruokapaikkoja jne.
- 17A25 Matkalle lähdön ajankohta tulisi voida päättää muiden syiden kuin ruuhkien esiintymisen perusteella.
- 17A26 Tien pitäisi pysyä samantyyppisenä (leveys jne.) mahdollisimman suuren osan matkasta.
- 17A27 Tien päällysteen pitäisi olla nykyistä vähemmän urautunut.

**Pääteiden kehittämistarpeet kesällä:  
autoilijoille esitetyt väittämät (25 kpl)**

**Liite 2**

- 29A1 Tieyhteyden matkakohteeseeni tulisi olla suurempi eli matkaltaan lyhyempi.
- 29A2 Tieympäristön tulisi olla hoidetumpi.
- 29A3 Ajokaistojen tulisi olla leveämpiä.
- 29A4 Tienpientareiden tulisi olla leveämpiä.
- 29A5 Jalankulkijoille ja pyöräilijöille pitäisi olla omat väylät.
- 29A6 Tien pitäisi olla ohitusmahdollisuuksien lisäämiseksi vähemmän mutkainen ja mäkinen.
- 29A7 Tiellä pitäisi olla määrävälein ohituspaikkoja, joissa vastaantuleva liikenne ei estä ohittamista.
- 29A8 Tien sivuille tulisi olla parempi näkyvyys asutuksen ulkopuolella.
- 29A9 Samanaikaista seuraamista vaativia asioita pitäisi olla vähemmän.
- 29A10 Opasteiden ja liikennejärjestelyiden tulisi olla selkeämpiä.
- 29A11 Tietyömailla tulisi turvallisuuden vuoksi olla selkeämmät liikennejärjestelyt.
- 29A12 Tievalaistuksen pitäisi olla nykyistä parempi.
- 29A13 Nopeusrajoituksen pitäisi olla korkeampi, jotta matkaani kuluisi vähemmän aikaa.
- 29A14 Nopeusrajoitus ei saisi vaihdella muutaman kilometrin välein.
- 29A15 Tien pinnassa ei saisi olla kuoppia.
- 29A16 Pitäisi päästä ajamaan niin, ettei joudu ajamaan jonossa.
- 29A17 Pitäisi päästä liikkumaan niin, ettei autojono pysähtele.
- 29A18 Liikenteen tulisi tietyömailla joutua odottelemaan nykyistä vähemmän.
- 29A19 Liikenne- ja kelitietoa esim. ruuhkat, onnettomuudet, vaihtoehtoiset reitit;  
kelin vaihtelun pitäisi olla tiedossa jo *ennen matkaa*.
- 29A20 *Matkan aikana* tulisi saada paremmin liikenne- ja kelitietoa.
- 29A21 Levähdysalueita ilman varsinaisia palveluja pitäisi olla enemmän.
- 29A22 Tien varrella tulisi olla enemmän palveluja esim. huoltoasemia, ruokapaikkoja jne.
- 29A23 Matkalle lähdön ajankohta tulisi voida päättää muiden syiden kuin ruuhkien esiintymisen perusteella.
- 29A24 Tien pitäisi pysyä samantyyppisenä mahdollisimman suuren osan matkasta.
- 29A25 Tien päällysteen pitäisi olla nykyistä vähemmän urautunut.

**Talvifaktoreiden otoskorrelaatiomatriisi:****Liite 3(1)**

Correlation Matrix:

	VTT17A1	VTT17A10	VTT17A11	VTT17A12	VTT17A13	VTT17A14	VTT17A15
VTT17A1	1,00000						
VTT17A10	,27849	1,00000					
VTT17A11	,20589	,40550	1,00000				
VTT17A12	,18104	,31830	,31002	1,00000			
VTT17A13	,17673	,24832	,19682	,17904	1,00000		
VTT17A14	,24679	,29834	,35807	,25746	,46947	1,00000	
VTT17A15	,28690	,27515	,27379	,34574	,19252	,24239	1,00000
VTT17A16	,26001	,30372	,30411	,34676	,20442	,26954	,77018
VTT17A17	,28184	,33610	,35815	,37006	,26071	,35313	,53952
VTT17A18	,31734	,31839	,33562	,28648	,42641	,42420	,29209
VTT17A19	,24259	,35155	,39394	,27741	,36685	,42012	,29096
VTT17A2	,30824	,25648	,32816	,23675	,17008	,25272	,31846
VTT17A20	,23125	,42215	,59765	,31139	,29435	,41586	,36054
VTT17A21	,24071	,36895	,43432	,33965	,27311	,44324	,25754
VTT17A22	,20023	,36369	,43246	,36194	,24814	,37994	,26267
VTT17A23	,19355	,40712	,33659	,38815	,23762	,33445	,21383
VTT17A24	,21156	,37427	,31336	,37959	,29949	,28592	,30264
VTT17A25	,24480	,28758	,35501	,30558	,24424	,40272	,28626
VTT17A26	,31610	,30210	,32527	,34612	,25958	,42913	,35840
VTT17A27	,23986	,29646	,37024	,36373	,23607	,38494	,38000
VTT17A3	,36621	,28318	,26611	,31591	,20178	,23962	,33651
VTT17A4	,25358	,29525	,17670	,28154	,21844	,21613	,30275
VTT17A5	,13333	,17649	,10857	,30738	,07891	,17573	,27333
VTT17A6	,49161	,31304	,22090	,35498	,24519	,28641	,33619
VTT17A7	,27412	,36061	,27411	,27665	,26336	,36305	,26514
VTT17A8	,38871	,41283	,28943	,34078	,16800	,28991	,34775
VTT17A9	,31034	,50571	,30603	,25195	,16040	,27198	,24974
	VTT17A16	VTT17A17	VTT17A18	VTT17A19	VTT17A2	VTT17A20	VTT17A21
VTT17A16	1,00000						
VTT17A17	,59362	1,00000					
VTT17A18	,31463	,40673	1,00000				
VTT17A19	,30661	,42581	,74131	1,00000			
VTT17A2	,33589	,42576	,23804	,28379	1,00000		
VTT17A20	,38233	,44612	,51492	,58681	,31631	1,00000	
VTT17A21	,30374	,36251	,43879	,47991	,29459	,53840	1,00000
VTT17A22	,27187	,33452	,44784	,44924	,25601	,50081	,81456



## Lite 3(2)

	VTT17A16	VTT17A17	VTT17A18	VTT17A19	VTT17A2	VTT17A20	VTT17A21
VTT17A23	,22512	,25438	,33635	,36047	,20267	,40000	,45996
VTT17A24	,29707	,30644	,33429	,36019	,29151	,37984	,40490
VTT17A25	,27227	,29829	,50640	,54581	,27183	,51971	,52647
VTT17A26	,35844	,48775	,47500	,45089	,30891	,42229	,40938
VTT17A27	,38624	,56182	,40430	,41795	,36630	,39843	,39223
VTT17A3	,27817	,37909	,33757	,27369	,32020	,28378	,19650
VTT17A4	,29599	,31679	,26135	,19871	,30105	,16204	,17513
VTT17A5	,25421	,29521	,20771	,18039	,19578	,16172	,21116
VTT17A6	,32039	,37861	,39713	,32421	,32976	,30249	,26317
VTT17A7	,24716	,35858	,45140	,39728	,31433	,32102	,36196
VTT17A8	,34334	,40756	,33151	,28939	,32085	,30009	,32683
VTT17A9	,24543	,30771	,38027	,36205	,22814	,36833	,33995

	VTT17A22	VTT17A23	VTT17A24	VTT17A25	VTT17A26	VTT17A27	VTT17A3
VTT17A22	1,00000						
VTT17A23	,51956	1,00000					
VTT17A24	,42160	,51869	1,00000				
VTT17A25	,51159	,38958	,41180	1,00000			
VTT17A26	,41461	,33762	,24010	,47934	1,00000		
VTT17A27	,36037	,28042	,29322	,38467	,52779	1,00000	
VTT17A3	,20631	,21983	,21941	,22835	,44621	,38286	1,00000
VTT17A4	,19201	,14894	,17856	,17999	,36474	,32828	,53078
VTT17A5	,22668	,21703	,15630	,15665	,31814	,30003	,31130
VTT17A6	,26874	,28418	,23542	,28484	,46003	,33056	,42377
VTT17A7	,36888	,29576	,31816	,31501	,37581	,39292	,43101
VTT17A8	,32177	,28376	,24577	,32739	,41562	,36981	,37340
VTT17A9	,38759	,38800	,28998	,32971	,32245	,29473	,30285

	VTT17A4	VTT17A5	VTT17A6	VTT17A7	VTT17A8	VTT17A9
VTT17A4	1,00000					
VTT17A5	,38931	1,00000				
VTT17A6	,39885	,32234	1,00000			
VTT17A7	,36086	,29153	,53519	1,00000		
VTT17A8	,42869	,30124	,49163	,45854	1,00000	
VTT17A9	,21721	,21660	,35218	,33166	,34801	1,00000

Determinant of Correlation Matrix = ,0000026

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy = ,92147

Bartlett Test of Sphericity = 9871,9866, Significance = ,00000

## Liite 4

**Talvifaktoreiden väittämien lopulliset kommunaliteetit  
viiden faktorin ratkaisussa**

## Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
VTT17A1	,28811	*	1	9,19091	34,0	34,0
VTT17A10	,51818	*	2	1,63479	6,1	40,1
VTT17A11	,36952	*	3	,99699	3,7	43,8
VTT17A12	,32854	*	4	,77681	2,9	46,7
VTT17A13	,23913	*	5	,52861	2,0	48,6
VTT17A14	,37010	*				
VTT17A15	,67078	*				
VTT17A16	,77288	*				
VTT17A17	,56962	*				
VTT17A18	,68250	*				
VTT17A19	,69284	*				
VTT17A2	,26732	*				
VTT17A20	,58218	*				
VTT17A21	,72429	*				
VTT17A22	,76744	*				
VTT17A23	,46120	*				
VTT17A24	,37101	*				
VTT17A25	,47180	*				
VTT17A26	,52207	*				
VTT17A27	,45525	*				
VTT17A3	,46031	*				
VTT17A4	,44575	*				
VTT17A5	,28396	*				
VTT17A6	,52162	*				
VTT17A7	,44765	*				
VTT17A8	,45616	*				
VTT17A9	,38792	*				

### Talvifaktoreiden faktoripistemäärien painokerroinmatriisi

Factor Score Coefficient Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
VTT17A13	,07156	,01334	,00238	,01424	,00571
VTT17A14	,11355	-,02373	-,00028	,00459	-,01545
VTT17A18	,32006	,08673	,05017	-,00343	-,03158
VTT17A19	,31162	,01743	-,00830	,01113	,07282
VTT17A20	,13007	-,05346	-,07021	,12601	,10013
VTT17A25	,07978	-,07940	-,00740	,00835	,01218
VTT17A26	,07888	-,05736	-,03005	-,12421	-,13315
VTT17A9	,00624	,02086	,00908	,19001	-,02906
VTT17A10	,00162	,02781	-,00597	,36457	-,01372
VTT17A11	,03468	-,02716	-,04307	,08642	,02534
VTT17A12	-,03301	-,07141	-,04135	,03426	-,04801
VTT17A15	-,02378	,02318	-,25993	-,00352	-,03140
VTT17A16	-,04370	,02012	-,47389	-,01021	,04419
VTT17A17	,04174	-,01328	-,15695	-,06622	-,07376
VTT17A27	,04459	-,06747	-,07563	-,08531	-,08402
VTT17A2	,01398	-,00147	-,04330	,02645	-,04946
VTT17A21	,04524	-,31834	-,00222	-,04336	,01407
VTT17A22	-,03867	-,47220	,02108	,02129	,00892
VTT17A23	-,01190	-,10112	,00433	,19127	,00898
VTT17A24	,01361	-,05810	-,02490	,13980	,01780
VTT17A1	,02300	,05510	-,00351	,08606	-,05999
VTT17A3	,01330	,02869	-,02279	,01710	-,18984
VTT17A4	-,02004	,01338	-,01231	-,03431	-,20871
VTT17A5	-,04590	-,04960	-,01802	-,05560	-,11605
VTT17A6	,03372	,06074	,01519	,09668	-,21651
VTT17A7	,03638	,01252	,02212	,04091	-,12798
VTT17A8	-,01400	,00579	-,01376	,08916	-,14930

## Kesäväittämien otoskorrelaatiomatriisi

## Liite 6(1)

Correlation Matrix:

	VTT29A1	VTT29A10	VTT29A11	VTT29A12	VTT29A13	VTT29A14	VTT29A15
VTT29A1	1,00000						
VTT29A10	,31855	1,00000					
VTT29A11	,24396	,51102	1,00000				
VTT29A12	,30435	,38844	,38460	1,00000			
VTT29A13	,26449	,29324	,26668	,23195	1,00000		
VTT29A14	,28082	,32809	,32529	,28513	,48695	1,00000	
VTT29A15	,34361	,31440	,36906	,31933	,26784	,39655	1,00000
VTT29A16	,30927	,34951	,38843	,34051	,44509	,50607	,40135
VTT29A17	,25522	,34006	,40556	,31055	,39069	,47323	,37938
VTT29A18	,26859	,43048	,61961	,33671	,37060	,42949	,40799
VTT29A19	,21797	,39780	,44553	,35102	,31376	,39520	,29903
VTT29A2	,37828	,30906	,31537	,32872	,23193	,29077	,42479
VTT29A20	,20569	,40071	,44624	,38654	,29340	,36421	,24813
VTT29A21	,28113	,39546	,37413	,40614	,27321	,34830	,28069
VTT29A22	,27024	,33983	,36926	,32923	,26858	,26597	,30323
VTT29A23	,20545	,33650	,40410	,37488	,34185	,43128	,29484
VTT29A24	,41351	,31428	,35028	,36003	,35339	,43758	,52983
VTT29A25	,30823	,29433	,35134	,27938	,29447	,37475	,62346
VTT29A3	,44947	,29450	,27249	,38939	,30772	,32499	,45573
VTT29A4	,33829	,21691	,17275	,32686	,22584	,26965	,37291
VTT29A5	,18024	,17225	,21060	,25040	,17936	,22853	,28558
VTT29A6	,50980	,31924	,28161	,39449	,36539	,36153	,44321
VTT29A7	,31323	,28770	,30175	,34201	,27794	,37709	,35759
VTT29A8	,41651	,39926	,28575	,35452	,27403	,35427	,46836
VTT29A9	,35439	,55935	,42386	,42367	,29694	,39655	,31586
	VTT29A16	VTT29A17	VTT29A18	VTT29A19	VTT29A2	VTT29A20	VTT29A21
VTT29A16	1,00000						
VTT29A17	,79983	1,00000					
VTT29A18	,51629	,58415	1,00000				
VTT29A19	,44401	,46431	,52704	1,00000			
VTT29A2	,26839	,28381	,33923	,30609	1,00000		
VTT29A20	,42728	,47165	,51737	,87822	,32380	1,00000	
VTT29A21	,32210	,34477	,37745	,42568	,34286	,45741	1,00000
VTT29A22	,24450	,26711	,38669	,40027	,34981	,39225	,58709
VTT29A23	,51622	,54820	,53297	,57938	,32163	,57856	,37963
VTT29A24	,49572	,40801	,43610	,37030	,38694	,34936	,31951
VTT29A25	,43738	,36975	,40887	,32365	,40698	,29227	,24482
VTT29A3	,37810	,29217	,28573	,25362	,41941	,21524	,21752
VTT29A4	,31247	,23126	,21565	,19696	,35614	,17074	,20327
VTT29A5	,21945	,20828	,24545	,18108	,29027	,17473	,24457
VTT29A6	,45053	,34302	,35237	,29809	,35471	,27924	,31406
VTT29A7	,49699	,41231	,36456	,30562	,28614	,31705	,32561
VTT29A8	,37991	,30366	,33021	,28148	,44774	,25930	,29951
VTT29A9	,37628	,37579	,43020	,38759	,37044	,41173	,41125
	VTT29A22	VTT29A23	VTT29A24	VTT29A25	VTT29A3	VTT29A4	VTT29A5
VTT29A22	1,00000						
VTT29A23	,33258	1,00000					
VTT29A24	,32665	,38994	1,00000				
VTT29A25	,27663	,34146	,56857	1,00000			
VTT29A3	,26687	,28093	,51911	,38244	1,00000		
VTT29A4	,19957	,20092	,47167	,39075	,60341	1,00000	
VTT29A5	,23782	,18550	,31294	,31644	,35018	,48799	1,00000
VTT29A6	,27490	,33001	,52378	,38240	,55843	,45321	,33643
VTT29A7	,27871	,35744	,41010	,33752	,44381	,38335	,33465
VTT29A8	,29526	,25881	,50076	,45587	,52091	,50477	,33978
VTT29A9	,30178	,36409	,35538	,29208	,27629	,22591	,21596

**Liite 6(2)**

	VTT29A6	VTT29A7	VTT29A8	VTT29A9
VTT29A6	1,00000			
VTT29A7	,58827	1,00000		
VTT29A8	,52755	,43855	1,00000	
VTT29A9	,37804	,36222	,44144	1,00000

Determinant of Correlation Matrix = ,0000019

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy = ,92751

Bartlett Test of Sphericity = 10453,451, Significance = ,00000

## Liite 7

**Kesäfaktoreiden väittämien lopulliset kommunaliteetit  
viiden faktorin ratkaisussa**

Final Statistics:

Variable	Communality	*	Factor	Eigenvalue	Pct of Var	Cum Pct
VTT29A1	,35075	*	1	9,19517	36,8	36,8
VTT29A10	,49679	*	2	1,82661	7,3	44,1
VTT29A11	,48958	*	3	,95049	3,8	47,9
VTT29A12	,37024	*	4	,61977	2,5	50,4
VTT29A13	,29108	*	5	,58108	2,3	52,7
VTT29A14	,40635	*				
VTT29A15	,58029	*				
VTT29A16	,81564	*				
VTT29A17	,71782	*				
VTT29A18	,58116	*				
VTT29A19	,81832	*				
VTT29A2	,38128	*				
VTT29A20	,87512	*				
VTT29A21	,43810	*				
VTT29A22	,36540	*				
VTT29A23	,51138	*				
VTT29A24	,55886	*				
VTT29A25	,64936	*				
VTT29A3	,58925	*				
VTT29A4	,55732	*				
VTT29A5	,25741	*				
VTT29A6	,59246	*				
VTT29A7	,44866	*				
VTT29A8	,52762	*				
VTT29A9	,50287	*				

### Kesäfaktoreiden faktoripistemäärien painokerroinmatriisi

Factor Score Coefficient Matrix:

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
VTT29A9	,22691	,02611	-,03281	-,02329	,03316
VTT29A10	,24266	,02109	-,00704	,02099	,00461
VTT29A11	,16646	-,02031	-,01219	,06426	-,08376
VTT29A12	,10252	-,02008	,01311	-,05061	,02097
VTT29A21	,17409	-,05393	,03139	-,02479	,01340
VTT29A22	,11917	-,05236	,03004	-,01750	-,01979
VTT29A13	,02765	-,00319	-,05958	-,00962	-,00182
VTT29A14	,03080	-,00547	-,09818	-,01498	-,02245
VTT29A16	-,08870	,03883	-,52923	-,02844	,05575
VTT29A17	-,00362	-,02122	-,25574	,07000	-,02839
VTT29A18	,11258	-,04143	-,09764	,07801	-,12225
VTT29A19	-,04148	-,31890	,00334	,02684	-,05643
VTT29A20	,04008	-,55500	,03126	,01082	,08839
VTT29A23	,01807	-,07381	-,08057	,01472	-,00729
VTT29A15	,01361	,00940	,00999	-,02347	-,28438
VTT29A24	-,01765	-,00928	-,02111	-,08947	-,14751
VTT29A25	-,06224	-,00754	,02020	-,00789	-,42596
VTT29A1	,07459	,02105	,00585	-,07271	,00119
VTT29A2	,06534	-,01272	,03759	-,05837	-,08147
VTT29A3	-,01049	-,00199	,00685	-,24005	-,03413
VTT29A4	-,07114	-,01825	,04826	-,24889	-,05052
VTT29A5	-,00535	-,02184	,01139	-,07246	-,02566
VTT29A6	,04824	,03048	-,07385	-,23483	,06963
VTT29A7	,01882	-,00099	-,04480	-,10515	,04874
VTT29A8	,07712	,02600	,02567	-,14090	-,05789

## Tilastotoimen menetelmien maisteriohjelman pro gradu -tutkielma sarja

1. Salmikuukka, J. (1997) Aikasarjojen perusrakennemalleista ja niiden soveltaminen Jyväskylän kaukolämmön kulutuksen analysointiin ja ennustamiseen. (76 s., 1 liite) Jyväskylän Energia Oy, Jyväskylä
2. Yrjölä, T. (1997) Lasten päivähoidon tuottavuusvertailu suurissa kaupungeissa DEA-menetelmällä. (72 s., 2 liitettä) Jyväskylän kaupungin terveystoimi, Jyväskylä
3. Ainiala, N. (1997) Helsingin osa-alueiden työvoimatilastojen estimointi pienaluetekniikalla valtakunnallisesta työvoimatutkimuksesta. (73 s., 3 liitettä) Helsingin kaupungin tietokeskus, Helsinki
4. Puhakka, E. (1997) Kiintiöpoiminnan tilastolliset ominaisuudet pk-yritysbarometritutkimuksessa. Sovelluksena 2/1996 aineisto (82 s., 2 liitettä) (salainen) Tietoykkönen, Jyväskylä
5. Salonen, R. (1997) Muutoksen ja tason estimointi ratatoivassa paneeliaineistossa eri estimaattoreiden avulla. Sovellus työvoimatutkimuksen aineistoon. (39 s, 4 liitettä) Tilastokeskus, Helsinki
6. Kunttu, S. (1997) Alueellisen teollisuustuotannon volyymin indeksin estimointi Etelä-Pohjanmaalle. (103 s.) Tilastokeskus, Seinäjoki
7. Koponen, M. (1997) Epätäydelliseen otantakehikkoon perustuvan yritysaineiston estimointi. Käsiteanalyysiä ja soveluksia Tilastokeskuksen järjestäytymättömiä yrityksiä koskevaan palkkatiedusteluun. (56 s., 5 liitettä) Tilastokeskus, Helsinki
8. Kainulainen, P. (1997) Toimialatilastot sanomalehdessä: Monimuuttujaisen rekisteriaineiston havainnollistaminen ja tuotteistaminen (62 s., 6 liitettä) Sanomalehtien liitto, Helsinki
9. Storfors, S. (1998) Toistojen määrän arviointi kokeellisessa tutkimuksessa. (34 s., 3 liitettä) Cultor Oy, Helsinki
10. Peltoniemi-Laajanen, L. (1998) Pääteiden kehittämistarpeet: kuljettajahaastattelun monimuuttuja-analyysi (78 s., 8 liittä) VTT Yhdyskuntatekniikka, Helsinki