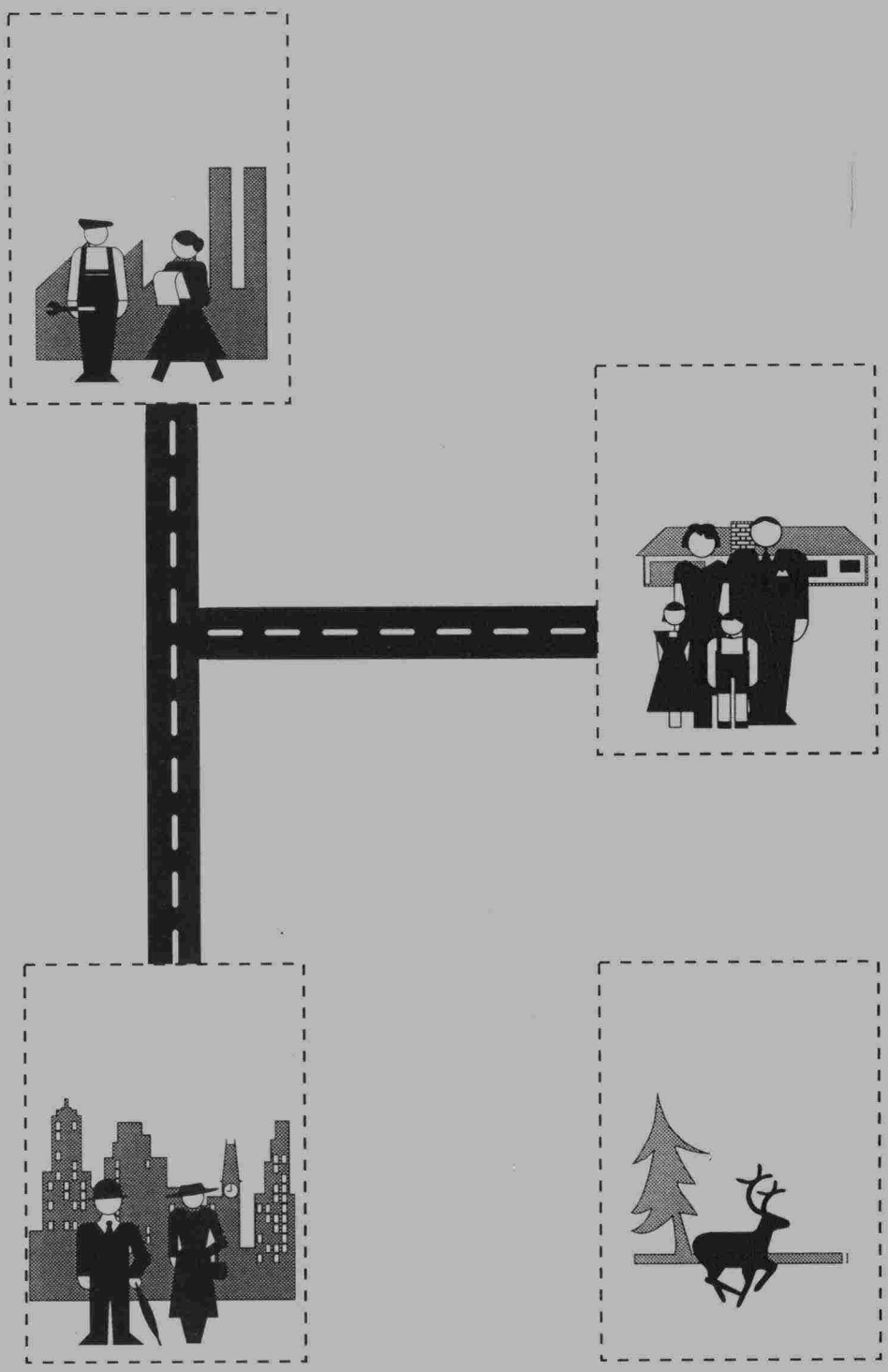
Tielaitos

HLFM-maankäyttömalli

Toimintaperiaatteet ja suomalainen sovellusesimerkki



Tielaitoksen selvityksiä

69/1993

Helsinki 1993

Keskushallinto

Tielaitoksen selvityksiä
69/1993

HLFM-maankäyttömalli

Toimintaperiaatteet ja suomalainen sovellusesimerkki

Tielaitos
Keskushallinto

Helsinki 1993

ISSN 0788-3722
ISBN 951-47-8120-1
TIEL 3200194
Painatuskeskus Oy
Helsinki 1993

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

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

HLFM-maankäyttömalli, toimintaperiaatteet ja suomalainen sovellusesimerkki. Helsinki 1993, Tielaitos. Tielaitoksen selvityksiä 69/1993, 32 s. + liitt. 19 s., TIEL 3200194

Asiasanat maankäyttömalli, väestö- ja työpaikkaennuste, liikenne-ennuste

Tiivistelmä

Highway Land Use Forecasting Model (HLFM) on Yhdysvalloissa kehitetty mikrotietokoneissa toimiva maankäytön ennusteohjelmisto, joka ennustaa liikennejärjestelmässä tapahtuvien muutosten vaikutukset alueelliseen maankäyttöön.

HLFM-maankäyttömalli ja siihen liittyvä liikennemalli soveltuvat keskisuurten kaupunkien (50 000-200 000 asukasta) maankäytön ja liikenteen ennustamiseen. Mallin etuina ovat lähtötietojen keräämisen helppous ja itse malliajojen nopeus eri toimenpide-ehdotuksia vertailtaessa.

Mallin lähtökohtina ovat tarkasteltavan alueen väestö- ja sosioekonomiset tiedot, liikennejärjestelmä, nykyinen kaavoitustilanne sekä tuleva kaavavaranto. HLFM-maankäyttömallin tulosteina saadaan väestön, kokonaistyöpaikkojen ja palvelutyöpaikkojen alueellinen ennuste.

HLFM-mallin sovellusesimerkiksi valittiin Kuopio. Kuopion sisäisen rakenteen ennustetarkasteluun vuodelle 2005 valittiin kolme maankäyttö- ja liikennejärjestelmävaihtoehtoa.

Malli saatiin toimivaksi ja sen ennustamat maankäyttömuutosten suunnat olivat loogisia. Näin ollen malli antaa perustellut suuntaviivat tarkasteltaessa eri liikennejärjestelmä- ja/tai maankäyttömuutosten vaikutuksia väestö- ja työpaikkakehitykseen.

Summary

Highway Land Use Forecasting Model (HLFM) is an American microcomputer software which specializes in land use forecasting and identifies the developmental land use impacts on urban areas owing to the improvements in highway system.

HLFM land use model and its traffic module can be applied to the land use and traffic forecasts of medium-sized cities (50 000 - 200 000 persons). The advantages of the model include rapid data collection and ease of operation when comparing alternative policies.

The data input consists of zonal socioeconomic and traffic data as well as existing and potential floorspace devoted to residential and service development. The data output includes zonal forecasts of total population and employment as well as service employment.

HLFM land use model was applied to the City of Kuopio. Three land use and highway system alternatives were selected for which the magnitude and location of impacts on population and employment were predicted.

The model was successfully calibrated and the land use forecasts were valid and logical. Consequently, the redistribution of population and employment as the model output owing to the changes in zonal attraction potential and highway system was relevant.

Esipuhe

Liikenteen ja maankäytön vuorovaikutus on noussut keskeiseksi mielenkiinnon alueeksi yhdyskuntasuunnittelussa. Tiehallituksen teettämässä "Liikenne ja maankäyttö" -esiselvityksessä (TIEL 3200079) määriteltiin aihepiiriin liittyviä tutkimustarpeita, joiden pohjalta muodostettiin liikenteen ja maankäytön painopistealueelle strateginen projekti vuonna 1993. Tämä työ toteuttaa tutkimusohjelmaa liikenteen ja maankäytön vuorovaikutusmallien selvittämisen osalta.

Selvityksessä on tutkittu Yhdysvalloissa kehitetyn HLFM (Highway Land Use Forecasting Model) -maankäyttömallin toimintaperiaatteita ja soveltuvuutta Suomen oloihin. Sovellusesimerkkinä on ollut Kuopion kaupungin maankäytön ennustaminen mallin avulla.

Selvitystyöstä on LT-Konsultit Oy:ssä vastannut fil.lis Antti Meriläinen. Projektiryhmään ovat kuuluneet myös dipl.ins. Björn Silfverberg ja dipl.ins. Harri Lahelma. Maankäyttömalliasiantuntijana on toiminut HT Olli Wuori.

Kuopion kaupungin edustajina ovat projektissa olleet mukana yleiskaavaarkkitehti Leo Kosonen, toimistoinsinööri Pekka Mustonen, kaavainsinööri Kalle Pöllänen ja suunnittelija Sirpa Lätti-Hyvönen. Kuopion tiepiirin edustajana on ollut suunnittelupäällikkö Esko Sirvio ja Pohjois-Savon liiton edustajana suunnittelupäällikkö Martti Salminen.

Työtä ovat tilaajan puolelta valvoneet arkkitehti Ulla Priha ja suunnittelija Riitta Viren.

Helsinki, lokakuussa 1993

Tielaitos
Keskushallinto

Sisältö

1 JOHDANTO 11

2 OHJELMISTON PERUSRAKENNE 12

2.1 Yleistä 12
2.2 Mallin lähtötiedot 12
2.3 Mallin kalibrointiparametrit 13
2.4 Mallin toimintaperiaatteet 14
2.5 Mallitulosteet 17
2.6 Tekniset tiedot 17

3 ENNUSTEPROSESSIN VAIHEET 18

3.1 Lowry-Garin -maankäyttömalli HLFM-ohjelmiston perusmallina 18

3.1.1 Yleistä 18
3.1.2 Economic base -teoria maankäytön ennustajana 18
3.1.3 Gravitaatiomalli matkojen jakajana 20

3.2 Maankäytön sijoittumista säätelevät tekijät 22

3.2.1 Asuntotuotannon säätelytekijät 22
3.2.2 Palvelutuotannon säätelytekijät 22

3.3 Maankäyttömallin ja liikennemallin välinen vuorovaikutus 23

4 KUOPION MAANKÄYTÖN KEHITYS 25

4.1 Kuopion maankäytön yleinen kehitys 25
4.2 Lähtötiedot ja mallin estimointi nykytilanteessa 25
4.3 Tarkasteltavat maankäyttö- ja liikennejärjestelmä-vaihtoehdot 26
4.4 Perusennuste ja eri vaihtoehtojen malliennusteet 27

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET 30

Kirjallisuus 32

Liitteet

1 JOHDANTO

Highway Land Use Forecasting Model (HLFM) on Yhdysvalloissa kehitetty mikrotietokoneissa toimiva maankäytön ennusteohjelmisto, joka ennustaa liikennejärjestelmässä tapahtuvien muutosten vaikutukset alueelliseen maankäyttöön. HLFM-ohjelmisto perustuu Lowry-Garin maankäyttömalliin ja tuottaa pääasiassa keskipitkän (< 10 v) ja pitkän aikavälin (> 10 v) alueellisen maankäyttöennusteen.

HLFM-maankäyttömalli ja siihen liittyvä liikennemalli soveltuvat keskisuurten kaupunkien (50 000-200 000 asukasta) maankäytön ja liikenteen ennustamiseen. Alueellisen maankäyttöennusteen ohella voidaan mallia käyttää myös liikenne-ennusteen tekemiseen, jossa maankäyttömallin antamat tulosteet toimivat lähtötietoina. Mallin etuina ovat lähtötietojen keräämisen helppous ja itse malliajojen nopeus eri toimenpide-ehdotuksia vertailtaessa.

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää HLFM-mallin toimintaperiaate, mallin ennusteprosessin vaiheet ja saatavat tulosteet sekä testata mallin toimivuutta suomalaisen sovellusesimerkin avulla. Työn pääpaino on ollut maankäyttömallissa, liikennemallin toimintaperiaatteet muistuttavat Suomessakin hyvin tunnettua neliporrasmallia. Esimerkkikaupungiksi valittiin Kuopio, johon malli estimoitiin ja ennustettiin eräiden keskeisten liikennejärjestelmässä ja maankäytössä tapahtuvien muutosten vaikutuksia alueelliseen maankäyttöön.

2 OHJELMISTON PERUSRAKENNE

2.1 Yleistä

HLFM-mallin alueellinen maankäyttöennuste perustuu useisiin eri tekijöihin, joista tärkeimmät ovat perussektorin työpaikkojen jakautuminen, tavoitettavuus liikenneverkolla, eri toimintoihin varattu maa-ala sekä väestön ja työpaikkojen palveluhakuisuus. Alueellinen maankäyttöennuste perustuu Lowry-Garin menetelmään pohjautuvan maankäyttömallin ja liikennemallin väliseen vuorovaikutukseen. Useiden iteraatiokierrosten kautta malli pyrkii maankäytön ja liikenteen väliseen tasapainotilaan, jossa maankäytön alueellinen jakautuminen ja alueiden väliset matkat ovat tasapainossa ja vastaavat alueiden välisiä edullisimman reitin matka-aikoja sekä linkkien liikennemääriä.

Alueellisen maankäyttöennusteen lisäksi HLFM-mallia voidaan myös käyttää liikenne-ennusteen tekemiseen, mutta liikennemallin pääasiallinen tarkoitus on huomioida alueiden välisten matka-aikojen vaikutus toimintojen alueelliseen jakautumiseen. HLFM-mallin versiolla 1.0 ei kuitenkaan voida arvioida joukkoliikenteen palvelutason vaikutusta maankäytön alueelliseen sijoittumiseen. Suomen oloissa joukkoliikenteellä on kuitenkin oma merkityksensä maankäytön sijoittumiseen nimenomaan vahvojen joukkoliikennekäytävien vaikutuspiirissä. Mallin seuraava versio, joka julkaistaneen vuoden 1994 aikana, sisältää kuitenkin joukkoliikenteen huomioivan tavoitettavuustekijän.

2.2 Mallin lähtötiedot

HLFM-mallin peruslähtökohtana on liikenneverkko, joka muodostetaan verkkoeditorin avulla. Lisäksi tarkasteltavalle alueelle määritetään aluejako sillä tarkkuudella, kuin lähtötiedot on saatavissa ja tulosteet halutaan. Kutakin aluetta liikenneverkossa kuvaa aluekeskus, johon alueen lähtötiedot syötetään. Liikenneverkko muodostetaan alueiden välisistä pääliikneväylistä. Alueiden väliset edullisimmat reitit optimoidaan.

Mallin edellyttämät osa-alueittaiset lähtötiedot ovat seuraavat:

- perussektorin työpaikat (katso määritelmä s. 18-19)
- väestön ja työvoiman suhde
- asuntokuntien keskikoko
- asuntotuotantoon käytettävä maapinta-ala
- palveluihin käytettävä maapinta-ala
- alueen sisäinen keskimääräinen matka-aika

sekä valinnaisina lähtötietoina

- ruokakuntien keskimääräiset vuositulot / autonomistus

tai
- keskimääräiset matkatuotoskertoimet

Liikenteen ruuhkavaikutuksen huomioimiseksi voidaan kullekin linkille määrittää seuraavat lähtötiedot:

- linkin kapasiteetti
- nopeus mitoitetussa kapasiteetissa
- linkin ajoaika
- ajoaika ruuhkattomissa olosuhteissa.

2.3 Mallin kalibrointiparametrit

HLFM-mallissa on lukuisia parametrejä, joiden avulla malli estimoidaan vastaamaan kohdealueen olosuhteita. Näiden parametrien avulla malli kalibroidaan yleensä nykytilannetta vastaavaksi. Tärkeimmät koko tutkimusaluetta koskevat kalibrointiparametrit, jotka vaikuttavat eniten malliennusteeseen, ovat:

- palvelutyöpaikkojen työpaikkoja palvelevan osan ja kokonaistyöpaikkojen välinen suhde (service to total employment ratio)
- palvelutyöpaikkojen väestöä palvelevan osan ja kokonaistyöpaikkojen välinen suhde (service to population ratio)
- vähittäiskaupan työpaikkojen ja palvelutyöpaikkojen välinen suhde (retail / service employment)
- vähittäiskaupan työpaikkojen ja perussektorin työpaikkojen välinen suhde (retail / basic employment)
- palvelutyötekijöiden vaatima maapinta-ala (area / service employee)
- ajan arvo (value of time)

Em. kalibrointiparametrit ajan arvoa lukuunottamatta voidaan myös erikseen määritellä kullekin osa-alueelle, mikä mahdollistaa maankäytön kehitysnäkymiltään erilaisten alueiden yksityiskohtaisen kalibroinnin.

Lisäksi matkojen jakautumiseen eri matkaryhmiin vaikuttavat väestön sijoittumista (residential location parameter), palvelujen sijoittumista väestön suhteen (residence serving parameter) ja palveluiden sijoittumista työpaikkojen suhteen kuvaavat (employee serving parameter) etäisyysfunktiot, jotka voidaan erikseen määritellä koko tutkimusalueelle.

HLFM-mallissa voidaan myös tarvittaessa osa-aluekohtaisesti määrittää maksimiarvot väestön ja työpaikkojen suhteen.

2.4 Mallin toimintaperiaatteet

Mallin lähtökohtina ovat tarkasteltavan alueen väestö- ja sosioekonomiset tiedot, liikennejärjestelmä sekä nykyinen ja tuleva kaavoitustilanne ja kaavavaranto. Lowry-Garin maankäyttömallista poiketen HLFM-mallin maankäyttöennuste sekä alueiden väliset liikennemäärät ovat tasapainotilassa keskenään. Tämä tasapainotila, jossa alueiden väliset matka-ajat eivät enää muutu eivätkä näin ollen enää vaikuta maankäytön alueelliseen jakautumiseen, saavutetaan useampien iteraatiovaiheiden kautta (kuva 1).

Malli laskee ensin kaikkien osa-alueiden väliset matka-ajat ja matkakustannukset liikenneverkkokuvauksen perusteella. Tämän jälkeen malli ennustaa väestön ja työpaikkojen alueellisen jakauman matkojen jakeluyhtälöiden ja Lowry-Garin maankäyttömallin perusteella. Tätä ennustettua maankäytön alueellista jakaumaa käytetään lähtötietona ajettaessa liikennemalli uudelleen, jolloin saadaan liikenteen ruuhkavaikutus huomioitua alueiden välisissä matka-ajoissa. Näitä käytetään jälleen lähtötietoina ajettaessa maankäyttömalli uudelleen ja tätä iteraatiota toistetaan, kunnes saavutetaan tasapainotila.

Tarkempi kuvaus väestön ja työpaikkojen jakamisesta osa-alueille on esitetty kuvassa 2. Kokonaistyöpaikkojen, palvelusektorin työpaikkojen ja kokonaisväestön jakaminen osa-alueille tapahtuu matkaryhmittäin gravitaatiomallin avulla. Matkaryhminä erotetaan kotiperäiset työmatkat, kotiperäiset muut matkat ja ei-kotiperäiset matkat.

Kokonaistyöpaikkojen ja -väestön ennustaminen noudattelee Lowry-Garin maankäyttömallin periaatteita, jonka mukaan mallissa erotetaan neljä maankäyttöluokkaa: asunnot, perussektorin työpaikat sekä erikseen väestöä ja työpaikkoja palvelevat palvelusektorin työpaikat.

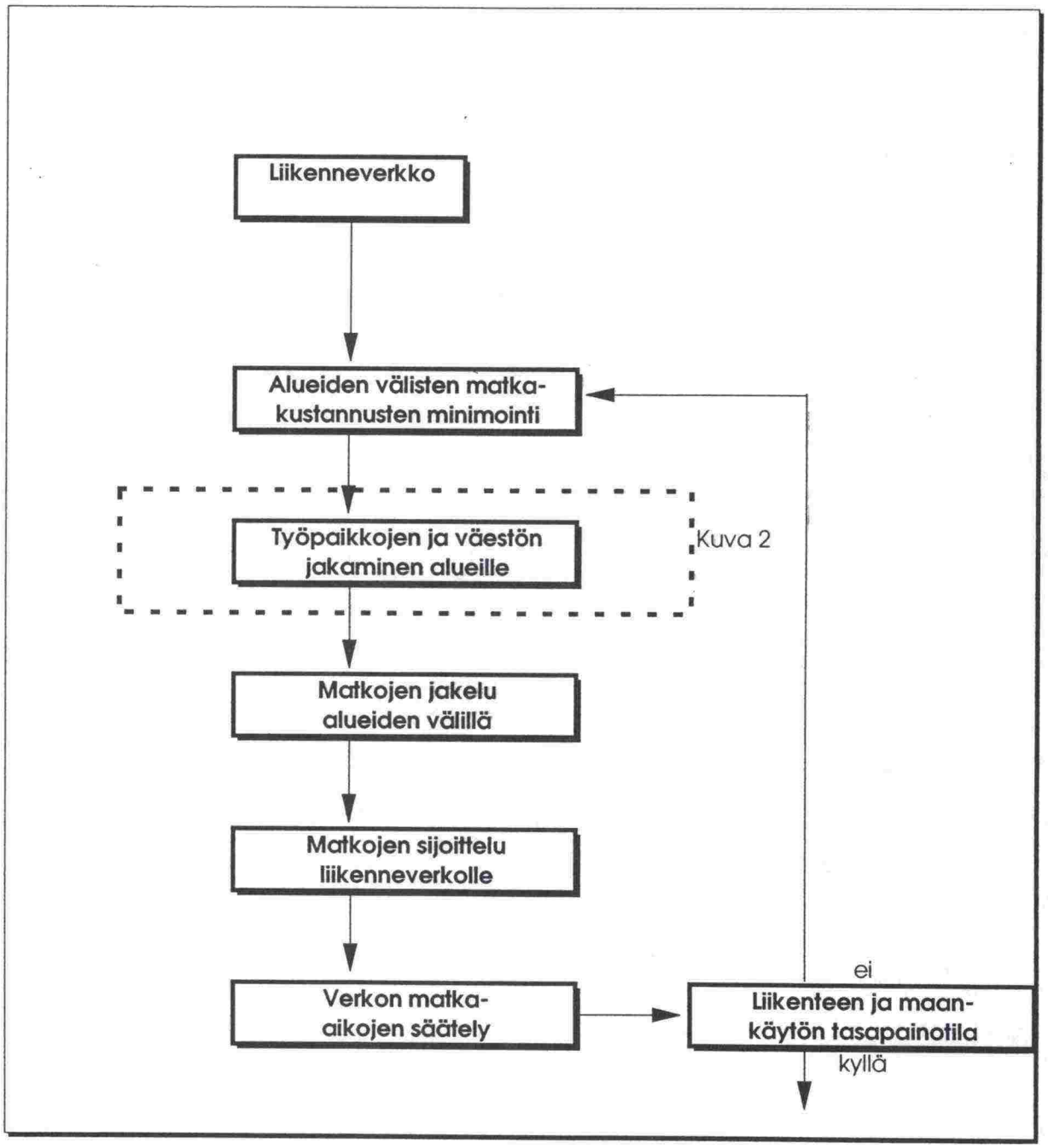
Perusteollisuuden työpaikat arvioidaan osa-alueittain ja annetaan malliin lähtötietoina.

Palvelusektorin työpaikkoja palveleva osa määritetään kokonaistyöpaikoista työpaikkojen ja palvelujen välisen tavoitettavuuden sekä kalibrointiparametrin (service to total employment ratio) avulla.

Palvelusektorin väestöä palveleva osa määritetään kokonaisväestöstä palvelujen ja kodin välisen tavoitettavuuden sekä kalibrointiparametrin (service to population ratio) avulla.

Väestömäärä määritetään kokonaistyöpaikoista työpaikkojen ja kodin välisen tavoitettavuuden sekä kalibrointiparametrin (population/employment) avulla.

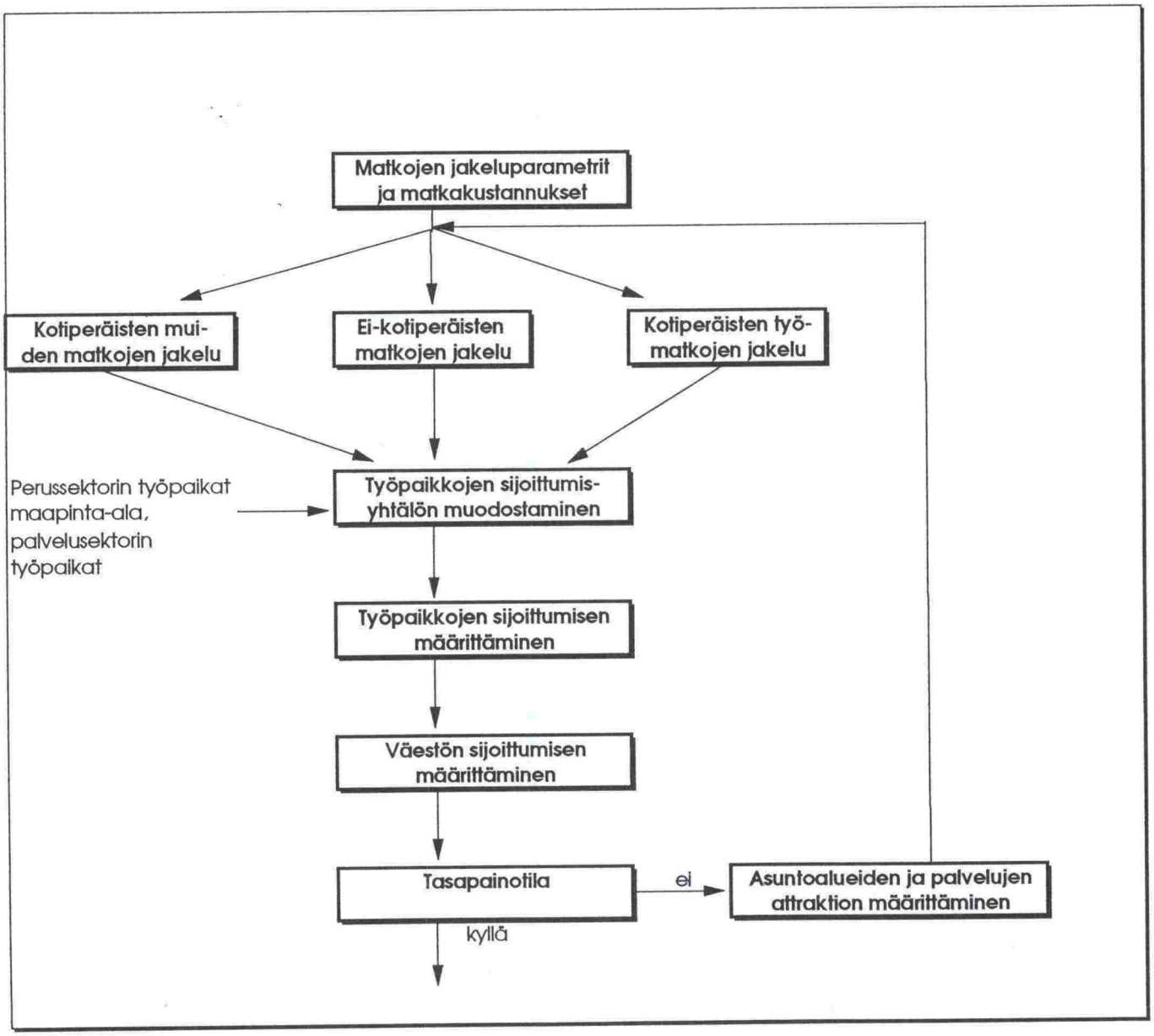
Ennustettu maankäyttö em. luokissa jaetaan osa-alueille matkojen jakeluyhtälöiden sekä asunto- ja palvelutuotantoon varatun maapinta-alan perusteella.



Kuva 1. HLFM-maankäyttömallin iteraatiovaiheet.

Väestön ja työpaikkojen jakamista alueille jatketaan usean iteraatiokierroksen ajan, kunnes aluekohtainen vetovoima ja maankäytön sijoittuminen ovat tasapainotilassa.

Yksityiskohtaisempi kuvaus väestön ja työpaikkojen määrittämisestä sekä niiden jakamisesta alueille on esitetty kappaleissa 3.1.2 ja 3.1.3.



Kuva 2. HLFM-maankäyttömallin väestö- ja työpaikkojen ennustamisvaiheet.

2.5 Mallitulosteet

HLFM:n maankäyttömallin tulosteina saadaan väestön, kokonaistyöpaikkojen ja palvelutyöpaikkojen alueellinen ennuste.

HLFM:n liikennemallin tulosteina saadaan matkaryhmittäiset alueittaiset tuotokset ja attraktiot, osa-alueiden väliset ja sisäiset matkat, matkojen etäisyys- ja pituusjakauma, liikennemäärät linkeillä sekä kääntyvät liikennevirrat pääristeyksissä. Lisäksi mallista saadaan useita välitulosteita kuten esim. matka-aikamatriisit, edullisimman etäisyyden linkit sekä kunkin malliajon perustiedot jne.

Liikennemallin avulla voidaan myös tehdä erilaisia verkollisia vaikutustarkasteluja, kuten päästömäärien arviointia ja liikennetaloudellisia laskelmia.

2.6 Tekniset tiedot

HLFM toimii sekä OS/2 että MS-DOS käyttöjärjestelmissä. MS-DOS käyttöjärjestelmä on kuitenkin suositeltavampi, jos liikenneverkko ei ylitä MS-DOS käyttöjärjestelmän rajoituksia. MS-DOS käyttöjärjestelmän avulla voidaan käsitellä liikenneverkkoja, joissa on enintään 175 osa-aluetta, 1750 solmua ja 2500 linkkiä.

Lisäksi MS-DOS versio vaatii vähintään kiinteän levyaseman ja yhden tavallisen levyaseman. Lisäksi vaaditaan 512 Kb keskusmuisti sekä IBM yhteensopiva näyttöpääte (CGA, EGA tai VGA).

HLFM -malli on yhteensopiva Quick Response System (QRS) liikennesuunnitteluohjelmiston kanssa ja kaikki mallin vaatimat lähtötiedot syötetään QRS:n verkkoeditoria (GNE) käyttäen. Uusin GNE-versio toimii Windows-ympäristössä, mikä mahdollistaa nopean ja interaktiivisen liikenneverkon muodostamisen ja lähtötietojen syötön.

3 ENNUSTEPROSESSIN VAIHEET

3.1 Lowry-Garin maankäyttömalli HLFM-ohjelmiston perusmallina

3.1.1 Yleistä

HLFM-maankäytön ennusteohjelmisto perustuu 1960-luvulla kehitettyyn Lowry-Garin maankäyttömalliin. Perustietoina Lowry-Garin maankäyttömalliin annetaan tiedot väestö- ja sosioekonomisista tekijöistä, liikennejärjestelmästä sekä olemassaolevasta ja suunnitellusta maankäytöstä. HLFM- mallissa voidaan Lowry-Garin- mallista poiketen antaa maankäytön rajoituksia esim. asunto- ja palvelutuotannolle sekä ylläpitää ennustetun maankäytön ja liikennemäärien välistä tasapainoa.

Perusluonteeltaan Lowry-Garin malli on tasapainomalli, jossa kysynnän ja tarjonnan oletetaan olevan tasapainossa. Malli ennustaa alueellisen väestön ja työpaikkojen jakautumisen, mutta ei ole varsinainen kaupungin kasvumalli.

Lowry-Garin-tyyppisessä maankäytön ennustemallissa käytetään vuorotellen ns. economic base- teoriaa ja gravitaatiomallia (liite 1). Väestö- ja työpaikkamäärät ennustetaan economic base-teorian avulla ja nämä jaetaan alueille gravitaatiomallin avulla. Maankäytön ennusteprosessi on iteroiva eli väestö- ja työpaikkamäärien laskeminen ja niiden alueellinen sijoittaminen jatkuvat, kunnes saavutetaan tasapainotila.

3.1.2 Economic base-teoria maankäytön ennustajana

Lowry-Garin maankäyttömallin lähtökohdan muodostaa ns. laajennetun economic base-teorian mukainen työpaikkojen sijoittumisyhtälö, jonka perusteella määritetään perus- ja palvelutyöpaikkojen määrä sekä väestö.

Työpaikkojen sijoittumisyhtälö on muotoa:

$$E = E_B + E_R + E_W$$

jossa

E = kokonaistyöpaikat
E_B = perussektorin työpaikat
E_R = palvelusektorin työpaikkojen väestöä palveleva osa
E_W = palvelusektorin työpaikkojen työpaikkoja palveleva osa

Perussektorin työpaikkoihin Lowry katsoi kuuluvan sellaisen teollisuuden, liikkeenharjoittamisen ja hallinnolliset palvelut, joiden asiakkaat ovat pääosin peräisin alueen ulkopuolelta. Nämä "eksogeeniset", vientiin suuntau-

tuneet toimialat ovat sijainniltaan suhteellisen riippumattomia paikallisista markkinoista ja niillä vallitseva työllisyys riippuu pääosin paikallisen talouselämän ulkopuolisista tapahtumista (Lowry 1964).

Palvelusektorin työpaikat käsittävät vastaavasti ne liikkeenharjoittamisen, hallinnon ja palveluiden alat, joiden toiminta liittyy paikallisiin markkinoihin. Koska toimialojen asiakkaat ovat pääasiassa paikallisia, yritysten sijoittumisen oletetaan riippuvan voimakkaasti palvelujen tavoitettavuudesta. Näillä "endogeenisillä" toimialoilla työllisyyden oletetaan kytkeytyvän kiinteästi paikalliseen väestönkasvuun (Lowry 1964).

Palvelusektorin työpaikat voidaan jakaa väestöä palveleviin ja työpaikkoja palveleviin työpaikkoihin sen mukaan, että osa palveluista liittyy läheisesti kotitalouksien sijaintiin ja määrään sekä osa työpaikkojen sijaintiin ja määrään.

Perussektorin työpaikat (E_B) on siis ns. eksogeeninen muuttuja, joka annetaan HLFM-malliin lähtötietona aluekohtaisesti edellä mainitun määritelmän perusteella. Sen sijaan palvelusektorin työpaikkoja palveleva osa (E_W) määritetään seuraavan yhtälön mukaan:

$$E_W = H \times F \times E$$

jossa

E = kokonaistyöpaikat
F = diagonaalimatriisi, joka kuvaa palvelutyöpaikkojen työpaikkoja palvelevan osan ja kokonaistyöpaikkojen välistä suhdetta (HLFM-mallissa kalibrointiparametri service to total employment ratio)
H = neliömatriisi, joka ilmaisee todennäköisyyden sille, että työpaikat alueella j käyttävät palveluja alueella i eli matriisi kuvaa palvelujen tavoitettavuutta työpaikalta.

Vastaavasti palvelusektorin väestöä palveleva osa (E_B) määritetään seuraavan yhtälön mukaan:

$$E_B = B \times G \times P$$

jossa

P = kokonaisväestö
G = diagonaalimatriisi, joka kuvaa palvelutyöpaikkojen väestöä palvelevan osan ja väestön suhdetta (HLFM-mallissa kalibrointiparametri service to population ratio).
B = neliömatriisi, joka ilmaisee todennäköisyyden sille, että väestö alueella j käyttää palveluja alueella i eli matriisi kuvaa palvelujen tavoitettavuutta kotoa.

Väestömäärä määritetään kokonaistyöpaikoista seuraavan yhtälön mukaan:

$$P = Q \times A \times E$$

jossa

E = kokonaistyöpaikat
Q = diagonaalimatriisi, joka kuvaa väestön ja työvoiman välistä suhdetta (HLFM-mallissa alueellinen kalibrointiparametri population/employment)
A = neliömatriisi, joka ilmaisee todennäköisyyden sille, että alueella j työskentelevä henkilö asuu alueella i eli matriisi kuvaa työpaikan tavoitettavuutta kotoa.

Tavoitettavuusmatriisit A, B ja H lasketaan käyttäen matkojen jakeluyhtälöitä, jotka on selvitetty kappaleessa 3.1.3.

3.1.3 Gravitaatiomalli matkojen jakajana

Matkojen jakelu alueiden välillä tapahtuu HLFM-mallissa matkaryhmittäin gravitaatiomallin avulla. Kotiperäisten työmatkojen alueiden välisen tavoitettavuusmatriisin (A) elementit, joita käytetään väestön ennustamiseen, lasketaan seuraavasta yhtälöstä:

$$a_{ij} = w_i \exp(-u^a c_{ij}) / \Sigma w_i \exp(-u^a c_{ij})$$

jossa

w_i = asuntoalueen attraktio (HLFM-mallissa asuntotuotantoon käytetty huoneistoala, net developable area)
$-u^a c_{ij}$ = eksponentiaalinen etäisyysfunktio alueiden i ja j välillä

jossa

u^a = väestön sijoittumista kuvaava parametri (HLFM-mallin kalibrointiparametri residential location parameter)
c_{ij} = keskimääräinen matkakustannus

Keskimääräinen matkakustannus (c_{ij}) lasketaan seuraavasti:

$$c_{ij} = (1 + y / v)\, t_{ij} + t^Z_{ij}$$

jossa

$y =$ ajoneuvokustannus minuuteissa (automobile cost per minute)
$v =$ ajan arvo (value of time)
$t_{ij} =$ tavallisten linkkien osuus lyhimmästä matka-ajasta
$t^Z_{ij} =$ aluesyöttöjen osuus lyhimmästä matka-ajasta

Vastaavalla tavalla lasketaan alueiden väliset tavoitettavuusmatriisit myös kotiperäisille muille matkoille (B), jota käytetään palvelusektorin työpaikkojen väestöä palvelevan osuuden ennustamiseen, ja ei-kotiperäisille matkoille (H), jota käytetään palvelusektorin työpaikkoja palvelevan osuuden ennustamiseen.

Kotiperäiset muut matkat:

$$b_{ij} = s_i \exp(-u^b c_{ij}) / \Sigma s_j \exp(-u^b c_{ij})$$

jossa

$s_i =$ palvelujen alueellinen attraktiotekijä (HLFM-mallissa palvelutuotantoon käytetty huoneistoala, service developable area)
$u^b c_{ij} =$ eksponentiaalinen etäisyysfunktio alueiden i ja j välillä,

jossa

$u^b =$ palvelujen sijoittumista väestön suhteen kuvaava parametri (HLFM-mallin kalibrointiparametri residence serving parameter)
$c_{ij} =$ keskimääräinen matkakustannus

Ei-kotiperäiset matkat:

$$h_{ij} = s_i \exp(-u^h c_{ij}) / \Sigma s_i \exp(-u^h c_{ij})$$

jossa

$s_i =$ palvelujen alueellinen attraktiotekijä (HLFM-mallissa palvelutuotantoon käytetty huoneistoala, service developable area)
$u^h c_{ij} =$ eksponentiaalinen etäisyysfunktio alueiden i ja j välillä,

jossa

$u^h =$ palvelujen sijoittumista työpaikkojen suhteen kuvaava parametri (HLFM-mallin kalibrointiparametri employee serving parameter)
$c_{ij} =$ keskimääräinen matkakustannus

3.2 Maankäytön sijoittumista säätelevät tekijät

Lowry-Garin maankäyttömallissa ei esiinny maapinta-alaa maankäytön sijoittumisen vetovoimatekijänä, eikä se näin ollen huomioi maa-alan kapasiteettia ja voi siten ennustaa kapasiteetin ylittävää maankäyttöä tietylle alueelle.

HLFM-mallissa osa-alueiden lähtötietoina syötetään asuntoalueisiin ja palveluihin käytetty maapinta-ala, jotka säätelevät alueiden vetovoimaisuutta väestön ja työpaikkojen sijoittumisen suhteen. Matkojen jakeluyhtälöt jakavat maankäyttötoiminnot suoraan asunto- ja palvelutuotantoon käytetyn maapinta-alan suhteessa.

Erotuksena Lowry-Garin maankäyttömalliin, HLFM- malli huomioi myös alueiden maankäyttökapasiteetin ja sijoittaa palveluvaltaisille alueille suhteessa vähemmän asukkaita ja päinvastoin.

3.2.1 Asuntotuotannon säätelytekijät

HLFM malliajossa asuntoalueen attraktio iteraatiovaiheessa n riippuu alueen palveluiden attraktiosta edellisessä iteraatiovaiheessa n-1 seuraavan yhtälön mukaan:

$$w^n = w^1 - z_i (E_R^{n-1} + E_W^{n-1})$$

jossa

w^n= alueen attraktio asuntoalueena iteraatiovaiheessa n
w^1= alueen attraktio asuntoalueena ensimmäisessä iteraatiovaiheessa
z_i = maapinta-alan ja palvelutyöpaikkojen suhde alueella i
E_R^{n-1} = väestöä palvelevien palvelutyöpaikkojen määrä iteraatiovaiheessa n-1
E_W^{n-1}= työpaikkoja palvelevien palvelutyöpaikkojen määrä iteraatiovaiheessa n-1

3.2.2 Palvelutuotannon säätelytekijät

Jopa pienissä kaupungeissa voi esiintyä merkittäviä palvelukeskittymiä, joita Lowry-Garin maankäyttömalli ei huomioi. HLFM-malli sen sijaan huomioi alueelliset palvelukeskittymät korjaamalla palvelujen alueellista attraktiotekijää. Mallioletuksena on, että alueet, jotka houkuttelevat eniten asiakkaita, sijaitsevat kaupungin ydinkeskustan alueella tai lähellä laajoja väestökeskittymiä.

Palvelujen alueellisen attraktion huomioiminen mallissa vaatii vähintään kaksi iteraatiovaihetta, jossa ensimmäisessä määritetään asiakaspotentiaali ja toisessa vaiheessa suoritetaan asiointimatkojen alueellinen jakelu asiakaspotentiaalin mukaan.

Palvelujen alueellinen attraktio määritetään eri iteraatiovaiheissa seuraavasti:

1. iteraatiovaihe

- arvioidaan alueen väestömäärä perussektorin työpaikkojen, väestön ja työvoiman suhteen sekä palvelutyöpaikkojen työpaikkoja palvelevan osan ja kokonaistyöpaikkojen välisen suhteen avulla

- lasketaan alueellinen asiakaspotentiaali palveluihin käytetyn maapintaalan (attraktion), palvelujen tavoitettavuuden ja arvioidun väestömäärän avulla.

2. iteraatiovaihe

- lasketaan uusi palvelujen alueellinen attraktio asiakaspotentiaalin sekä alueen keskeisyyttä kuvaavan parametrin (maankäyttöparametritiedoston "Central tendency parameter") avulla.

Seuraavissa iteraatiovaiheissa määritetään uusi asiakaspotentiaali ja lasketaan uusi palvelujen alueellinen attraktio em. työvaiheiden mukaisesti.

3.3 Maankäyttömallin ja liikennemallin välinen vuorovaikutus

HLFM -malli sisältää maankäyttömallin lisäksi myös liikennemallin. Liikennemallilla kuvataan tarkasteltava liikenneverkko solmuin, linkein ja aluekeskuksin. Liikenneverkon kuvauksen avulla ohjelma määrittää edullisimmat reittipuut alueiden välillä. Tämän jälkeen määritellään asukkaiden ja työpaikkojen alueellinen jakautuminen, kuten kappaleessa 2.4 on esitetty. Seuraavaksi tehdään liikennemodulilla liikenne-ennuste perinteisen neliporrasmallin mukaan lukuunottamatta kulkutapajakoa.

Seuraavassa on lyhyesti selostettu, kuinka reittipuut määritellään ja liikenne-ennuste tehdään.

Reittipuiden määrittäminen

Ohjelma etsii reitin alueelta toiselle siten, että matkavastukset minimoituvat.

Matkatuotosten ja attraktioiden määrittäminen

Matkatuotosten määrittämisessä kullekin osa-alueelle määritetään sieltä alkavien ja sinne päättyvien henkilömatkojen lukumäärä. Alueelta lähteviä matkoja kutsutaan synnytetyiksi matkoiksi ja alueelle saapuvia matkoja vastaanotetuiksi matkoiksi.

Matkatuotokset määritellään kolmelle eri matkatyypille:

1. kotiperäiset työmatkat
2. kotiperäiset muut matkat
3. ei-kotiperäiset matkat

Matkatuotokset ja -attraktiot lasketaan kertoimien avulla.

Matkojen jakelu

Liikennevirtojen määrittäminen tapahtuu vetovoimamallin avulla. Malli ei ota huomioon tarkastelualueen läpi kulkevia ulkoisia matkoja, joiden lähtö- ja määränpäät ovat alueen ulkopuolella. Nämä matkat annetaan ohjelmistolle erikseen joko matriisimuodossa tai asettamalla liikennemäärät suoraan linkille. Vetovoimamallin tarvitsema matkavastus voidaan määrittää vastustaulukkona tai käyttää ohjelmiston valmiita funktioita, kuten eksponentti- ja potenssifunktioita.

Liikenteen sijoittelu

Liikenteen sijoittelu verkon linkeille voidaan tehdä eri sijoittelumenetelmillä riippuen ennusteen luonteesta ja saatavilla olevasta lähtöaineistosta.

Ennen liikenteen verkolle sijoittelua henkilömatkat muutetaan ajoneuvomatkoiksi matkaryhmittäisten keskikuormitusarvojen avulla.

4 KUOPION MAANKÄYTÖN KEHITYS

4.1 Kuopion maankäytön yleinen kehitys

Kuopio oli vielä 1950-luvulla tiivis jalankulkukaupunki, jossa väestö ja työpaikat sijaitsivat keskustan alueella tai sen lähituntumassa. 1960- ja 1970-luvuilla alkanut voimakas asuntotuotanto lähinnä kerrostalorakentamisen muodossa suunnattiin lähiöihin samalla kun keskustan ulkopuolelle alkoi kehittyä suuria työpaikkakeskittymiä ja palvelulaitoksia. 1980-luvulla jatkui voimakas uudisrakentaminen ja omakotirakentamisen osuus kasvoi uusilla alueilla, mikä johti kaupunkialueen laajenemiseen. Samalla lähiöiden palveluvarustus kehittyi ja keskittyi (Kuopion kaupunki 1993).

4.2 Lähtötiedot ja mallin estimointi nykytilanteessa

HLFM-mallin sovellusesimerkiksi valittiin Kuopio ja tutkimusalue rajattiin koskemaan Kuopion keskeistä kaupunkialuetta, josta kaupunkiin kuuluvat maaseutualueet rajattiin pois. Tutkimusalue jaettiin 23 osa-alueeseen. Aluejako on esitetty liitteessä 2.

HLFM-mallin lähtökohtana oli liikenneverkko, joka sisälsi osa-alueiden väliset tärkeimmät tie- ja katuyhteydet. Osa-aluekohtaisina maankäyttötietoina kerättiin seuraavat nykytilanteen lähtötiedot:

- väestön ja työvoiman suhde
- perussektorin työpaikat
- asuntokuntien keskikoko
- osa-alueen sisäinen matka-aika
- asuntojen huoneistoala (m^2)
- toimitilojen huoneistoala (m^2)

Sovellusesimerkissä käytettiin maapinta-alan sijasta asuntojen ja toimitilojen huoneistoaloja, joissa aluetehokkuus tulee otettua huomioon. Osa-alueittaisten perussektorin työpaikkojen osuus kaikista työpaikoista arvioitiin paikallisten asiantuntijoiden kanssa.

Liikennemallissa käytettiin Kuopion autoliikenteen yleissuunnitelman tarkistuksessa (1990) käytettyjä matkatuotoskertoimia.

HLFM-mallin ulkopuolisena tekijänä sovellusesimerkissä huomioitiin myös asuntojen alueellinen hintavaihtelu, joka on merkittävä tekijä asuntoaluetta valittaessa ja alueen vetovoimaa määritettäessä. Hintavaihtelu otettiin mallissa huomioon muodostamalla asuntojen keskimääräistä alueellista hintaeroa kuvaava korjauskerroin kullekin alueelle.

Tärkeimmät mallin kalibrointiparametrit on selvitetty kappaleessa 2.3. Mallin estimoinnissa määriteltiin mallin kalibrointiparametrit siten, että mallin

antamat osa-alueittaiset tulokset (väestö- ja työpaikkatiedot) nykytilanteen lähtötiedoilla vastaavat mahdollisimman tarkasti olemassaolevia osa-alueittaisia väestö- ja työpaikkamääriä.

Mallikalibrointi onnistui hyvin ja suurimmat poikkeamat mallitulosteen ja nykytilanteen tietojen välillä olivat 10-20 %. Yleisenä huomiona kalibroinnista voidaan todeta, että malli pyrkii hieman yliennustamaan työpaikkamäärää ja aliennustamaan väestömäärää. Suurimmat poikkeamat esiintyivät uudisrakennusalueilla, joissa väestö- ja työpaikkarakenne ovat vielä muutostilassa.

4.3 Tarkasteltavat maankäyttö- ja liikennejärjestelmävaihtoehdot

Kuopion sisäisen rakenteen ennustetarkasteluun vuodelle 2005 valittiin kolme maankäyttö- ja liikennejärjestelmävaihtoehtoa. Malliajot suoritettiin kullekin vaihtoehdolle ns. vapaassa ja lukitussa tilanteessa. Ns. vapaassa tilanteessa osa-alueille ei asetettu maankäytön rajoituksia, jolloin väestön ja työpaikkojen vapaa siirtyminen alueiden välillä oli mahdollista.

Ns. lukitussa tilanteessa vanhojen rakennusalueiden väestömäärät "lukittiin" Kuopion kaupungin vuoden 2005 perusennusteen mukaisiksi ja mallin toimintaa testattiin uudisrakennusalueiden maankäyttö- ja liikennejärjestelmävaihtoehtojen osalta.

Lisäksi ennustetilanteessa kaupungin keskusta-alueen osa-aluejakoa muutettiin siten, että ns. uudisrakennusalueet erotettiin omiksi alueiksi (ns. B-alueet). Näin pystyttiin vertailemaan nimenomaan uudisrakennusalueiden välisiä malliennusteita eri vaihtoehdoissa.

Tarkasteltavat maankäyttö- ja liikennejärjestelmävaihtoehdot ns. vapaassa tilanteessa olivat (numero viittaa aluenumeroon):

Vaihtoehto A 1: ("Laivonsaari")

Vaihtoehtoon sisältyvät Laivonsaaren (6) uusi asuntoalue ja tieyhteys sekä Lehtoniemen (21 A) ja Hiltulanlahden (23) asuntoalueiden laajennukset (Liite 3).

Vaihtoehto A 2: ("Rantaväylä")

Vaihtoehtoon sisältyvät Laivonsaaren (6) uusi asuntoalue ja tieyhteys, Keilankannan (21 B) uusi asuntoalue ja tieyhteys keskustan ja Keilankannan välillä (Rantaväylä), sekä Lehtoniemen (21 A) ja Hiltulanlahden (23) asuntoalueiden laajennukset (Liite 4).

Vaihtoehto B: ("Pienalueet")

Vaihtoehtoon sisältyvät Laivonsaaren (6) uusi asuntoalue ja tieyhteys, Lehtoniemen (21 A) ja

Hiltulanlahden (23) asuntoalueiden laajennukset sekä Suurmäen (2 B), Poukaman (5 B) ja Särkilahden (17 B) uudet pienalueet (Liite 5).

Ns. lukitussa tilanteessa tarkasteltiin väestöennusteen osalta samoihin osa-alueisiin kohdistuvia maankäyttö- ja liikennejärjestelmävaihtoehtoja kuin ns. vapaassa tilanteessa sillä erotuksella, että kussakin vaihtoehdossa erotettiin ydinkeskustan satama-alue uudeksi asuntoalueeksi (Liitteet 6-8).

4.4 Perusennuste ja eri vaihtoehtojen malliennusteet

Malli perusennuste ajettiin vuodelle 2005, joka kuvaa Kuopion väestö- ja työpaikkaennustetta tilanteessa, jossa mitään erityisiä maankäyttöön tai liikennejärjestelmään kohdistuvia toimenpiteitä ei tehdä. Mallin perusennuste toimii myös vertailukohtana, johon eri maankäyttö- ja liikennejärjestelmävaihtoehtoja verrattiin.

Verrattaessa malliennustetta ja Kuopion kaupungin väestö- ja työpaikkaennustetta vuodelle 2005 voidaan todeta, että malli ennustaa enemmän väestöä keskustaan painottaen näin keskeisen sijainnin merkitystä (Liitteet 9-11). Saavutettavuuden merkitys näkyy malliennusteessa myös sellaisilla esikaupunkialueilla, joista on hyvät yhteydet kaupungin läpi kulkevalle moottoritielle ja siten myös keskustaan ja muille osa-alueille. Sama ilmiö näkyy myös työpaikkaennusteessa, jossa malli ennustaa enemmän työpaikkoja ydinkeskustan alueelle sekä vähemmän esikaupunkialueille.

Mallin perusennuste noudattelee hyvin kaupungin väestö- ja työpaikkaennustetta ja todistaa näin mallin toimivuuden.

"Vapaa tilanne"

Tutkittaessa mallin avulla väestön ja työpaikkojen alueellista jakautumista ns. vapaassa tilanteessa, voidaan kunkin vaihtoehdon osalta todeta seuraavaa (Liite 12):

Vaihtoehto A 1:
("Laivonsaari")
(Liitteet 13 ja 14)

Laivonsaaren (6) uudelle asuntoalueelle sijoittuu noin 2500 henkeä, Lehtoniemeen (21 A) 6800 henkeä ja Hiltulanlahteen (23) 1200 henkeä. Väestö vähenee eniten keskusta-alueilla (10-13) sekä Kolmisopen (14) ja Litmasen (19) esikaupunkialueilla. Työpaikkamuutokset ovat hyvin pieniä, koska toimitilaneliöt eivät muuttuneet millään osa-alueella. Ainoastaan

Laivonsaareen kaavaillut 5000 toimitilaneliötä tuovat alueelle 25 työpaikkaa kussakin vaihtoehdossa.

Vaihtoehto A 2:
("Rantaväylä")
(Liitteet 15 ja 16)

Väestöennusteessa näkyy selvästi Rantaväylän rakentamisen vaikutus tavoitettavuuden paranemiseen Keilankannan (21 B) alueella, johon sijoittuu 5300 henkeä. Vastaavasti muilla uusilla asuntoalueilla, Laivonsaaressa (6), Lehtoniemessä (21 A) ja Hiltulanlahdessa (23) ennustettu väestömäärä on noin 200-300 henkeä pienempi kuin vaihtoehdossa A 1. Eniten väestö vähenee ydinkeskustan alueella. Toisaalta uusi keskustan ja eteläisten esikaupunkialueiden välinen liikenneyhteys lisää jonkin verran ydinkeskusta-alueen työpaikkamäärää.

Vaihtoehto B:
("Pienalueet")
(Liitteet 17 ja 18)

Vanhoista asuntoalueista lohkotuille uusille pienasuntoalueille sijoittuu yhteensä noin 5000 henkeä, mikä merkitsee sitä, että niille suunniteltu asuntovaranto täyttyy lähes kokonaan. Toisaalta kaikissa kolmessa vaihtoehdossa mukana olleiden uusien asuntoalueiden, Laivonsaaren (6), Lehtoniemen (21 A) ja Hiltulanlahden (23), väestömäärät ovat hieman pienemmät kuin vaihtoehdossa A 1. Väestön alueellisen vähenemisen sekä työpaikkaennusteen suhteen vaihtoehto B muistuttaa vaihtoehtoa A 1.

"Lukittu tilanne"

Ns. lukitussa tilanteessa tutkittiin vain uudisrakennusalueiden välisiä väestöjakautumia suunniteltujen asuntoneliöiden ja ehdotettujen liikennejärjestelmämuutosten seurauksena (Taulukko 1, Liite 19).

Taulukko 1.
Kuopion väestöennuste vuodelle 2005 (Lukittu)

No	Alue	Vaihtoehto A 1 Väestö	Vaihtoehto A 2 Väestö	Vaihtoehto B Väestö
2B	Suurmäki	-	-	1052
5B	Poukama	-	-	2036
6	Laivonsaari	2992	1917	2344
10B	Satama	1153	739	903
17B	Särkilahti	-	-	1492
21A	Lehtoniemi-Rautaniemi	9311	6349	7294
21B	Keilankanta	-	4736	-
23	Kiviharju-Hiltulanlahti	732	469	574

Ns. lukitun tilanteen alueittaiset väestöennusteet olivat noin 10 % suuremmat kuin ns. vapaassa tilanteessa. Tämä johtuu siitä, että uudisrakennusalueiden vetovoiman suhteen ennustettujen väestömäärien lisäksi mallissa ei sallita poismuuttoa vanhoilta asuntoalueilta. Mallin ennustama väestön suhteellinen jakautuminen eri vaihtoehdoissa uusien asuntoalueiden välillä noudattelee loogisesti saavutettavuuden ja asuntoneliöiden välistä suhdetta. Lisäksi ns. lukitussa tilanteessa saadaan selville pelkästään uudisrakennusalueiden "voimasuhteet" sekä pystytään määrittämään ennustetun väestömäärän mukainen kaavavaranto.

Kuopion kaupungin kommentteja

Perusmallin osalta ohjelman väestöennuste vastaa yllättävän hyvin kaupungin omia ennusteita. Virhettä työpaikkaennusteeseen aiheuttaa se, että joillakin alueilla toimitilaa on paljon vajaakäytössä (esim. Niiralassa ja Leväsellä vajaakäyttöistä vanhaa teollisuustilaa). Mallin pitäisi siis tavallaan pitää sisällään näiden vanhojen nykyisin vajaakäyttöisten toimitilojen muuntuminen, jotta ennuste voisi pitää paikkansa.

"Vapaassa" ajossa vanhaa rakennetta väljennetään kaupungin omia ennusteita enemmän. Malleissa A2 ja B, joissa uusien alueiden kapasiteetti on suuri, tyhjenee vanha rakenne erittäin merkittävästi. Esimerkiksi Keskustassa asuntokunnan keskikoko putoaa alle yhden ja myös muilla ns. kalliin hintavyöhykkeen alueilla väljyys kasvaa voimakkaasti. Kuinka kävisi, jos kapasiteettia olisi vielä enemmän? Missä vaiheessa ohjelma lopettaa vanhan rakenteen tyhjentämisen? Asuntojen hintataso on varsin määräävä tekijä alueita tyhjennettäessä, mutta ohjelma ei ota huomioon sitä, että esimerkiksi jos Keskustassa ja muilla ns. kalliin hintatason alueilla alkaa olla huomattava määrä tyhjiä asuntoja, se myös pudottaa alueen hintatasoa.

Kokonaisuudessaan ohjelman tulokset näyttävät johdonmukaisilta lähtötietoihin nähden. Malli antaa kuvan käytettävissä olevien alueiden vetovoimasta, mikäli alueet olisivat vapaasti rakennettavissa ja taloudellisia rajoituksia ei olisi.

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Highway Land Use Forecasting Model (HLFM) on Yhdysvalloissa kehitetty mikrotietokoneissa toimiva maankäytön ennusteohjelmisto, joka ennustaa liikennejärjestelmässä tapahtuvien muutosten vaikutukset alueelliseen maankäyttöön. HLFM-ohjelmisto perustuu Lowry-Garin maankäyttömalliin ja tuottaa pääasiassa keskipitkän (< 10 v) ja pitkän aikavälin (> 10 v) maankäyttöennusteen. Mallin etuina ovat lähtötietojen keräämisen helppous ja itse malliajojen nopeus eri toimenpide-ehdotuksia vertailtaessa.

Malli sopii erityisen hyvin asukasmäärältään 50 000 - 200 000 suuruisten kaupunkien maankäytön ennustamiseen tilanteessa, jossa jokin merkittävä liikennehanke olennaisesti muuttaa kaupungin eri osien tavoitettavuutta.

HLFM-mallin maankäyttöennuste perustuu useisiin eri tekijöihin, joista tärkeimmät ovat perussektorin työpaikkojen jakautuminen, tavoitettavuus liikenneverkolla, eri toimintoihin varattu maa-ala sekä väestön ja työpaikkojen palveluhakuisuus.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää HLFM-maankäyttömallin toimintaperiaatteet ja sen soveltuvuus Suomen oloihin. Mallin lähtökohtina ovat tarkasteltavan alueen väestö- ja sosioekonomiset tiedot, liikennejärjestelmä, nykyinen kaavoitustilanne sekä tuleva kaavavaranto. HLFM maankäyttömallin tulosteina saadaan väestön, kokonaistyöpaikkojen ja palvelutyöpaikkojen alueellinen ennuste.

HLFM-mallin sovellusesimerkiksi valittiin Kuopio ja tutkimusalue rajattiin koskemaan Kuopion keskeistä kaupunkialuetta, josta kaupunkiin kuuluvat maaseutualueet rajattiin pois.

Mallin perusennusteesta voidaan yleisesti todeta, että se noudattelee hyvin kaupungin väestö- ja työpaikkaennustetta vuodelle 2005 ja osoittaa näin mallin järkevän toiminnan.

Kuopion sisäisen rakenteen ennustetarkasteluun vuodelle 2005 valittiin kolme maankäyttö- ja liikennejärjestelmävaihtoehtoa, joissa tutkittiin sekä maankäyttö- että liikennejärjestelmämuutosten vaikutuksia osa-alueittaiseen väestö- ja työpaikkakehitykseen.

Malli on nimenomaan tarkoitettu vaihtoehdon B ("Rantaväylä") mukaiseen tilanteeseen, jossa tarkastellaan uuden merkittävän liikenneväylän vaikutuksia alueelliseen väestö- ja työpaikkaennusteeseen. Mallitulosteet eri vaihtoehdoissa osoittavat, että malli painottaa tavoitettavuutta alueellisena attraktiotekijänä enemmän kuin kaavavarantoa.

Malli on pääasiassa tarkoitettu väestön ja työpaikkojen ennustamiseen tilanteessa, jossa maankäytölle ei ole asetettu alueellisia rajoituksia. Testitoimenpiteet osoittivat kuitenkin, että mallitulokset ovat oikeansuuntaisia myös maankäyttörajoitusten ollessa voimassa.

Malli saatiin toimivaksi ja sen ennustamat maankäyttömuutosten suunnat olivat loogisia. Näin ollen malli antaa perustellut suuntaviivat tarkasteltaessa eri liikennejärjestelmä- ja/tai maankäyttömuutosten vaikutuksia väestö- ja työpaikkakehitykseen.

Jatkotoimenpiteenä mallia voidaan testata laajemmassa seudullisessa tarkastelussa, jossa tutkimusalue sisältäisi kaupungin koko työssäkäyntialueen.

Malli ei nykymuodossaan huomioi joukkoliikennettä tavoitettavuustekijänä. Tämän puutteen merkitystä on harkittava tapauskohtaisesti. Mallin seuraavaan versioon, joka julkaistaneen vuonna 1994, on kuitenkin luvattu sisällyttää joukkoliikenteen tavoitettavuustekijä.

Kirjallisuus

Federal Highway Administration. 1990. Calibration and Adjustment of System Planning Models. Washington. 51 s. (FHWA Publication No. FHWA-ED-90-015)

Horowitz, A. 1989. Highway Land-Use Forecasting Model II, Reference Manual, Version 1. Milwaukee. 142 s.

Horowitz, A. 1992. Quick Response System II for Windows, Reference Manual, Version 3.5. Milwaukee. 192 s.

Horowitz, A. 1992b. Spatial Variations in Traffic. Milwaukee. 55 s.

Kuopion kaupunki. 1993. Kaupunkirakenteen muutos 1960-2005. 2.p. Kuopio. 44 s. (Kuopion kaupunki, yleiskaavatoimisto, YK 1993:5)

Lahelma, H. 1991. Quick Response System II - liikenne-ennusteohjelmisto. Espoo. 43 s. (Liikennetekniikan erikoistyö, Teknillinen Korkeakoulu)

Lowry, I. 1964. A Model of Metropolis. California. 136 s.

Wuori, O. 1986. Kaupunkimalli kaupunkiseudun suunnittelun apuvälineenä. Tampere. 178 s. (Tampereen yliopisto, ser A vol 211). ISBN 951-44-2004-4.

LIITTEET

LIITE 1

LOWRYN MALLIN TOIMINTAPERIAATTEET

Lowryn mallin perustan muodostavat kaupungin perussektorin työpaikat, joiden muodostama perustyövoima sijoitetaan asuinalueille väestöksi. Työntekijästä tulee asukas ja tuotantoon liittyvästä toiminnosta kulutuskysynnän aiheuttaja. Koko väestö ei kuitenkaan ole ammattissatoimivaa, vaan asuinalueille sijoitetut työntekijät elättävät itseään suurempaa väestömäärää, joka aikaansaa palvelujen kysyntää. Näiden kotitalouksista riippuvien palvelutyöpaikkojen lisäksi osan palvelutyöpaikoista muodostavat myös perustyöpaikoista riippuvat palvelutyöpaikat (Wuori 1986).

Malli perustuu iterointiin, jossa edellisellä kierroksella lasketut palvelutyöpaikat toimivat seuraavalla kierroksella perustyöpaikkojen tavoin. Iterointia jatketaan, kunnes väestön ja työpaikkojen lisäykset tulevat merkityksettömän pieniksi ja malli on tasapainotilassa (Wuori 1986).

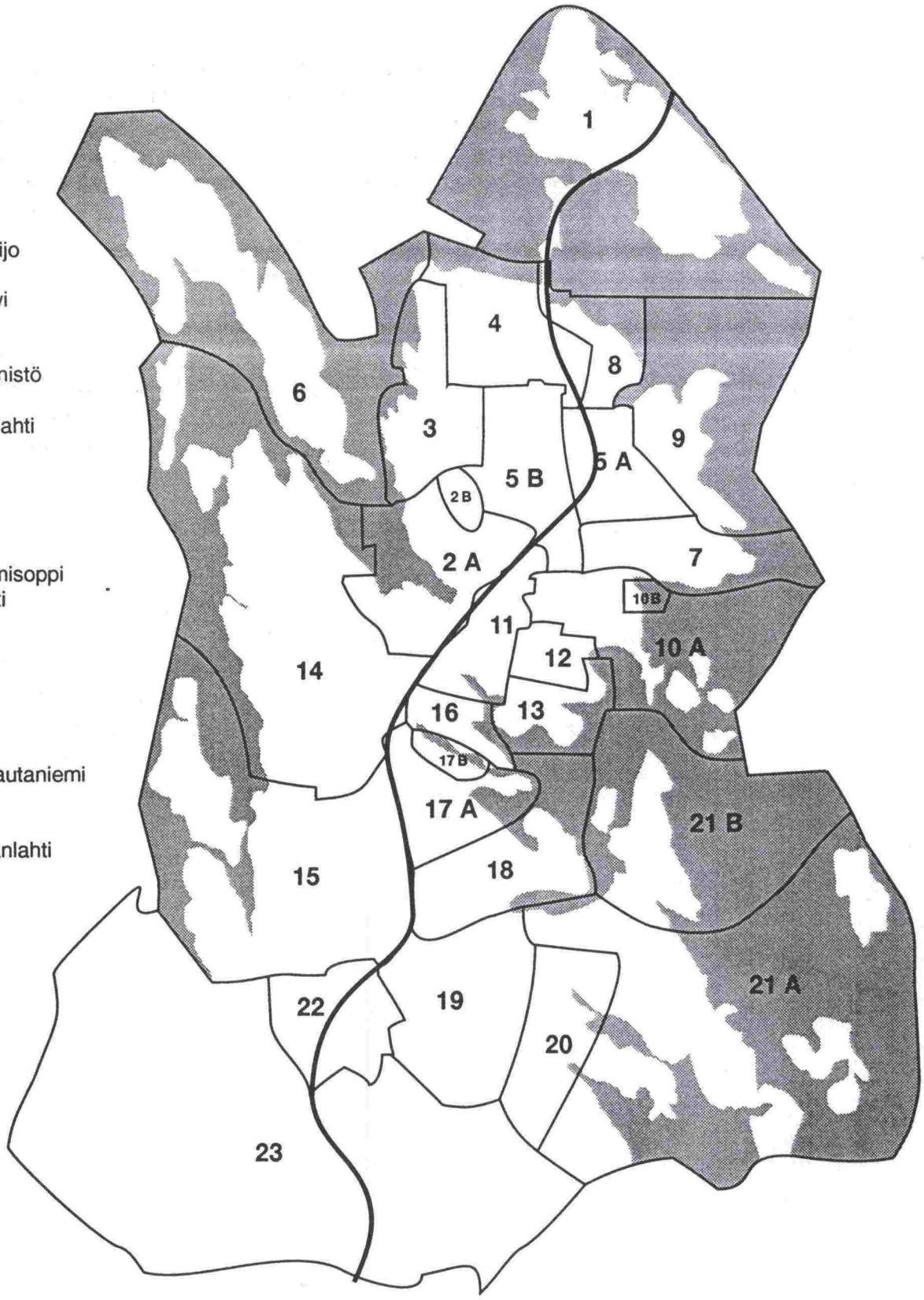
GRAVITAATIOMALLIN TOIMINTAPERIAATTEET

Gravitaatiomallissa eli vetovoimamallissa kahden osa-alueen välinen vuorovaikutus on suoraan verrannollinen alueiden koon (massatekijän) suhteen ja kääntäen verrannollinen alueiden välisen etäisyysfunktion suhteen. Alueiden välistä vuorovaikutusta voidaan mitata esim. liikennevirran suuruudella ja massatekijänä voidaan käyttää esim. asukaslukua, työpaikkamäärää, asunto- tai toimitila-alaa jne. Mallin etäisyysfunktion eksponentti vaihtelee esim. eri matkaryhmien välillä (Wuori 1986).

Liite 2
HLFM-maankäyttömalli, esiselvitys
Kuopion aluejako

OSA-ALUEET

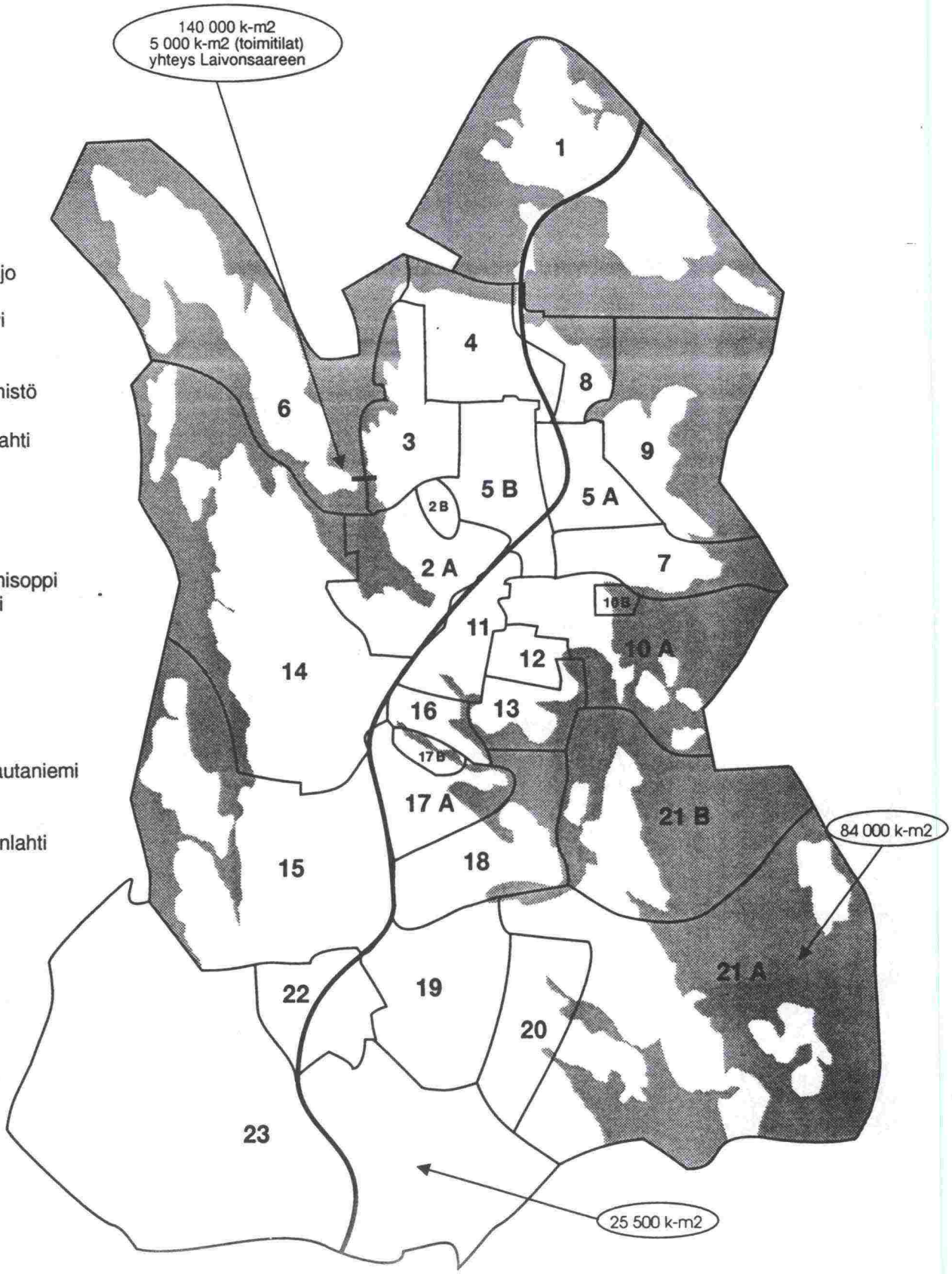
1. Sorsasalo
2 A Puijonlaakso
2 B Suurmäki
3. Julkula-Länsipuijo
4. Puijonsarvi
5 A Puijo-Saarijärvi
5 B Poukama
6. Laivonsaari
7. Itkonniemi-Männistö
8. Kettulanlahti
9. Kelloniemi-Likolahti
10 A Keskusta
10 B Satama
11. Niirala
12. Haapaniemi
13. Siikalahti
14. Neulamäki-Kolmisoppi
15. Pieni Neulamäki
16. Särkiniemi
17 A Levänen
17 B Särkilahti
18. Jynkkä
19. Litmanen
20. Pirtti
21 A Lehtoniemi-Rautaniemi
21 B Keilankanta
22. Pitkälahti
23. Kiviharju-Hiltulanlahti



Liite 3
HLFM-maankäyttömalli, esiselvitys
Vaihtoehto A 1 ("Laivonsaari")

OSA-ALUEET

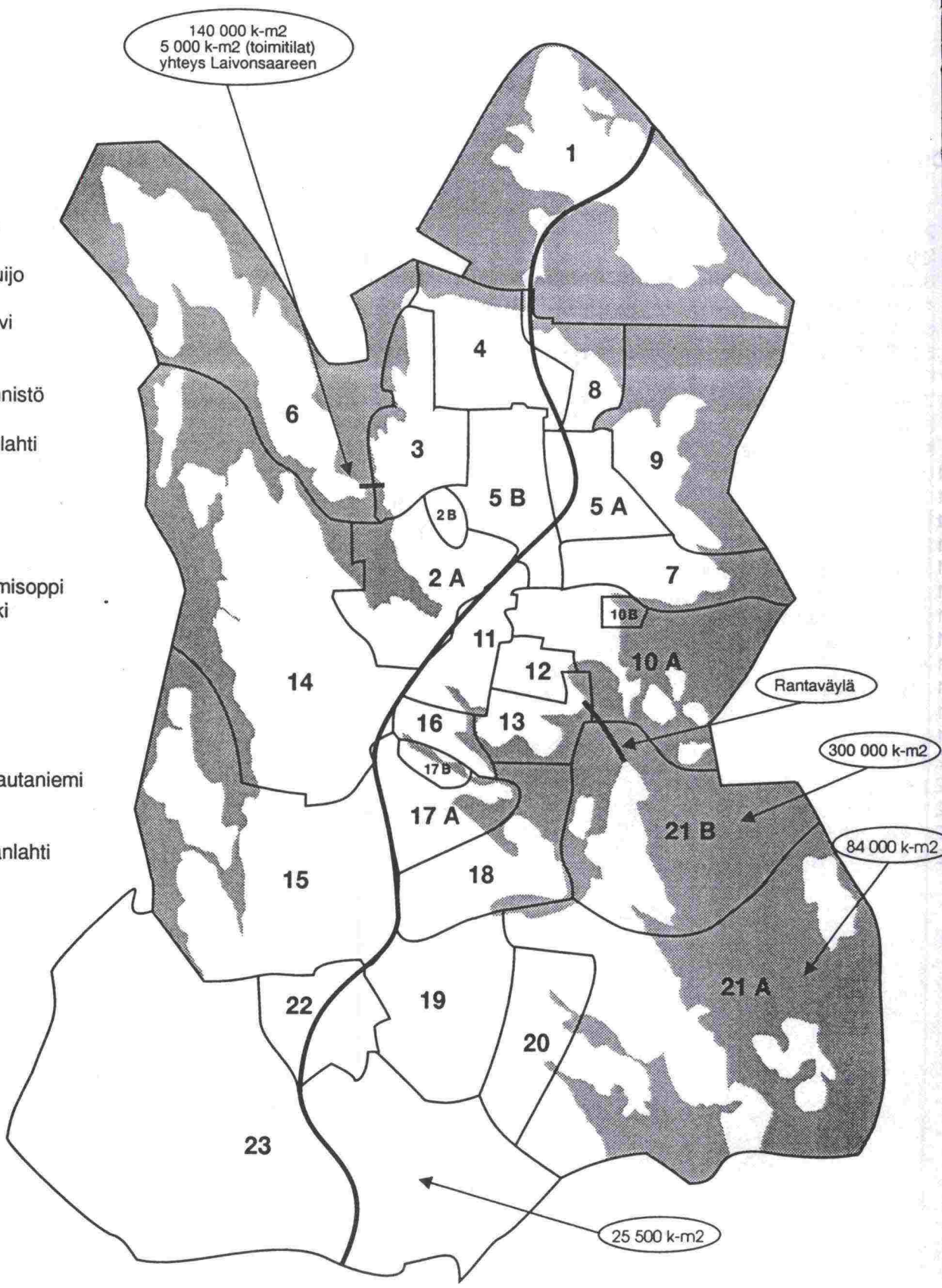
1. Sorsasalo
2 A Puijonlaakso
2 B Suurmäki
3. Julkula-Länsipuijo
4. Puijonsarvi
5 A Puijo-Saarijärvi
5 B Poukama
6. Laivonsaari
7. Itkonniemi-Männistö
8. Kettulanlahti
9. Kelloniemi-Likolahti
10 A Keskusta
10 B Satama
11. Niirala
12. Haapaniemi
13. Siikalahti
14. Neulamäki-Kolmisoppi
15. Pieni Neulamäki
16. Särkiniemi
17 A Levänen
17 B Särkilahti
18. Jynkkä
19. Litmanen
20. Pirtti
21 A Lehtoniemi-Rautaniemi
21 B Keilankanta
22. Pitkälahti
23. Kiviharju-Hiltulanlahti



Liite 4
HLFM-maankäyttömalli, esiselvitys
Vaihtoehto A 2 ("Rantaväylä")

OSA-ALUEET

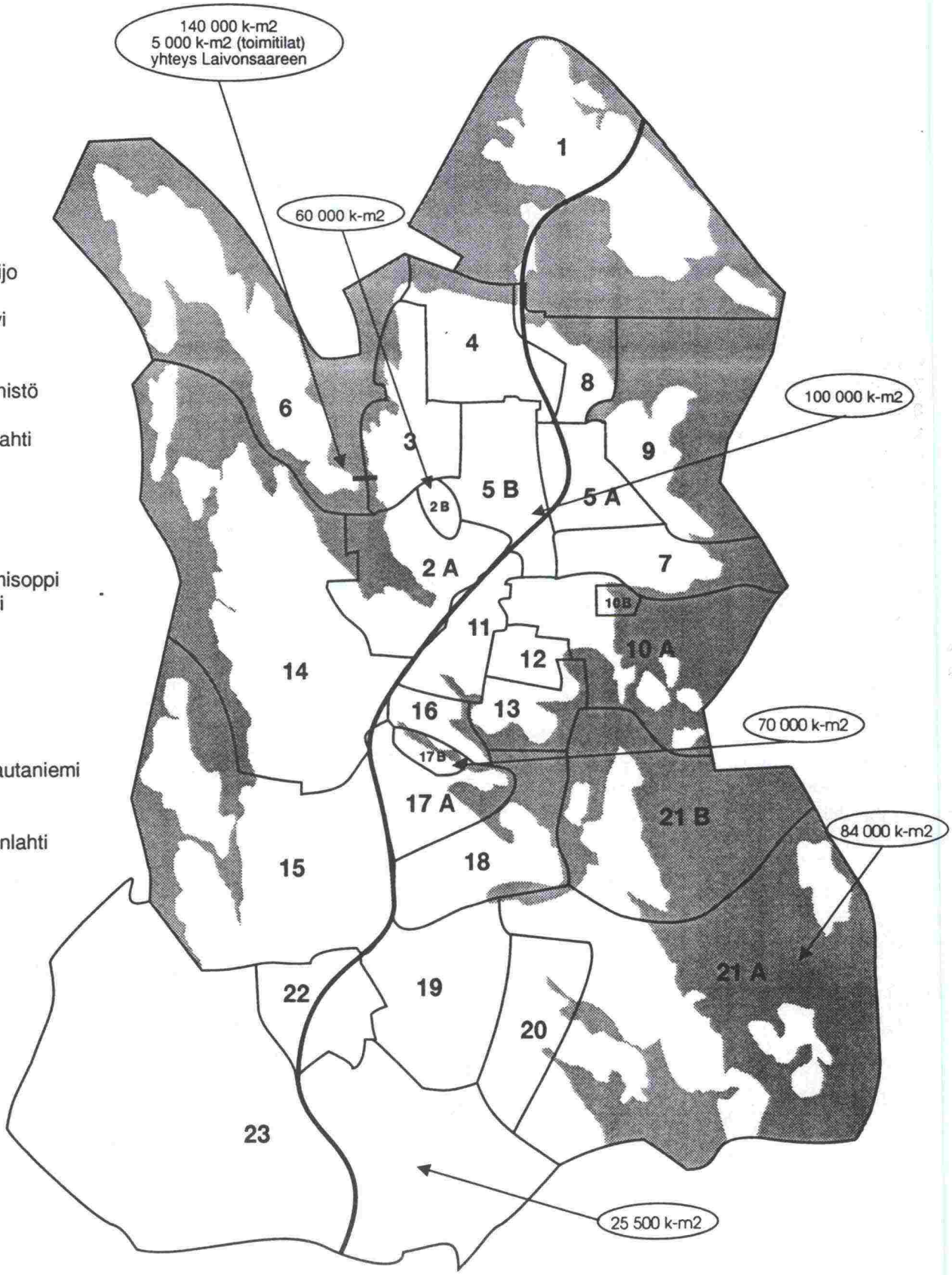
1. Sorsasalo
2 A Puijonlaakso
2 B Suurmäki
3. Julkula-Länsipuijo
4. Puijonsarvi
5 A Puijo-Saarijärvi
5 B Poukama
6. Laivonsaari
7. Itkonniemi-Männistö
8. Kettulanlahti
9. Kelloniemi-Likolahti
10 A Keskusta
10 B Satama
11. Niirala
12. Haapaniemi
13. Siikalahti
14. Neulamäki-Kolmisoppi
15. Pieni Neulamäki
16. Särkiniemi
17 A Levänen
17 B Särkilahti
18. Jynkkä
19. Litmanen
20. Pirtti
21 A Lehtoniemi-Rautaniemi
21 B Keilankanta
22. Pitkälahti
23. Kiviharju-Hiltulanlahti



Liite 5
HLFM-maankäyttömalli, esiselvitys
Vaihtoehto B ("Pienalueet")

OSA-ALUEET

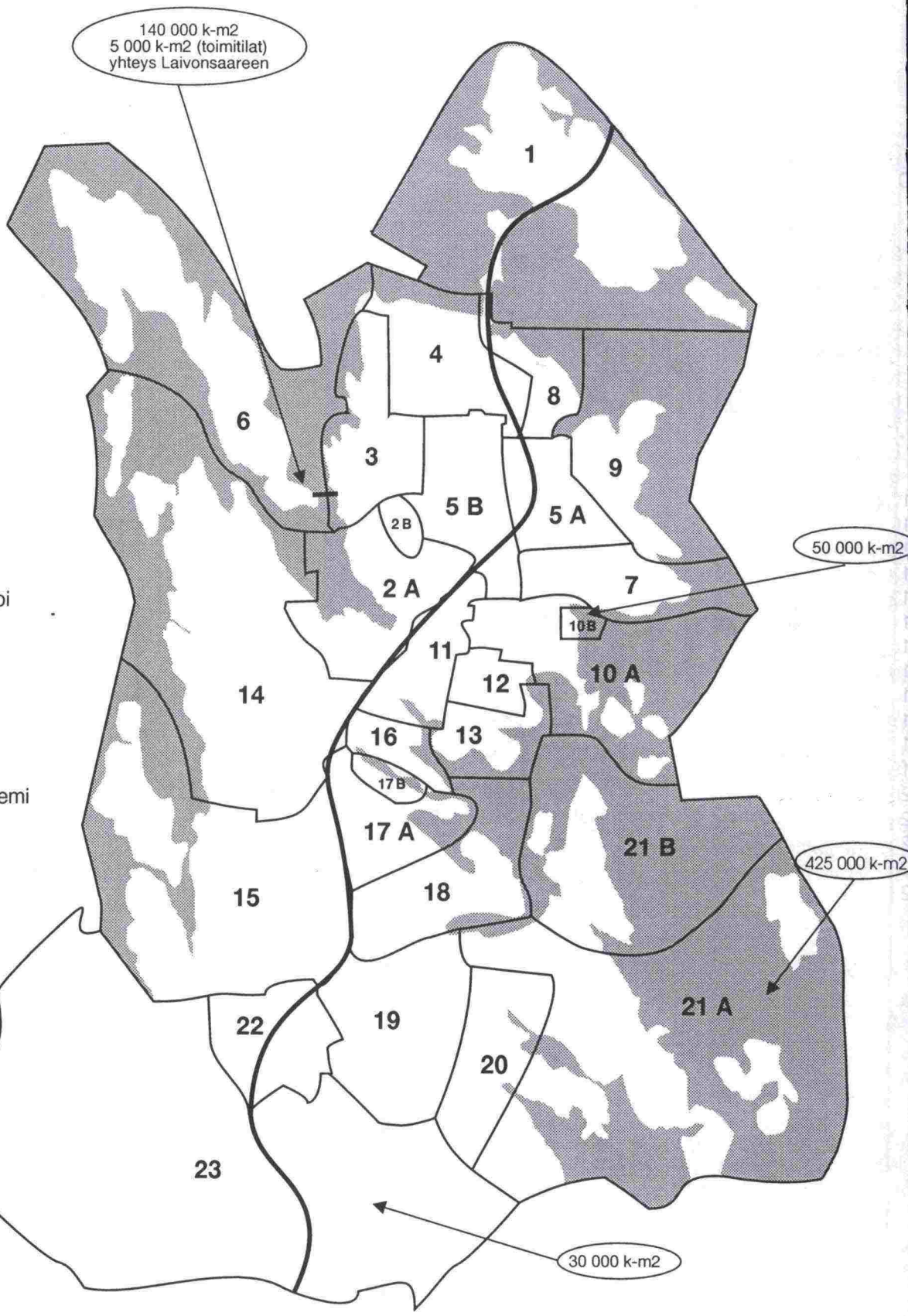
1. Sorsasalo
2 A Puijonlaakso
2 B Suurmäki
3. Julkula-Länsipuijo
4. Puijonsarvi
5 A Puijo-Saarijärvi
5 B Poukama
6. Laivonsaari
7. Itkonniemi-Männistö
8. Kettulanlahti
9. Kelloniemi-Likolahti
10 A Keskusta
10 B Satama
11. Niirala
12. Haapaniemi
13. Siikalahti
14. Neulamäki-Kolmisoppi
15. Pieni Neulamäki
16. Särkiniemi
17 A Levänen
17 B Särkilahti
18. Jynkkä
19. Litmanen
20. Pirtti
21 A Lehtoniemi-Rautaniemi
21 B Keilankanta
22. Pitkälahti
23. Kiviharju-Hiltulanlahti



Liite 6
HLFM-maankäyttömalli, esiselvitys
Vaihtoehto A 1 (Lukittu)

OSA-ALUEET

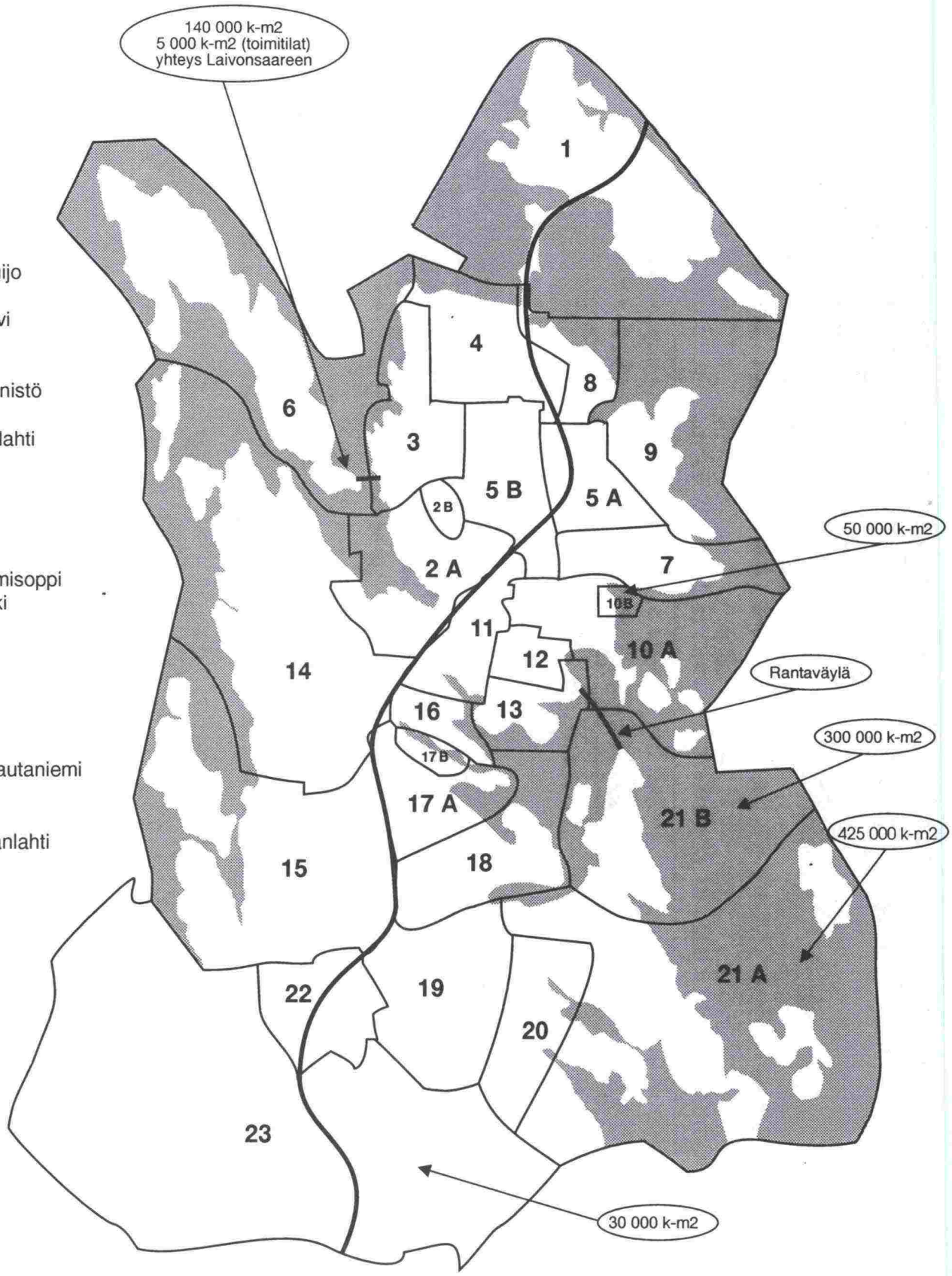
1. Sorsasalo
2 A Puijonlaakso
2 B Suurmäki
3. Julkula-Länsipuijo
4. Puijonsarvi
5 A Puijo-Saarijärvi
5 B Poukama
6. Laivonsaari
7. Itkonniemi-Männistö
8. Kettulanlahti
9. Kelloniemi-Likolahti
10 A Keskusta
10 B Satama
11. Niirala
12. Haapaniemi
13. Siikalahti
14. Neulamäki-Kolmisoppi
15. Pieni Neulamäki
16. Särkiniemi
17 A Levänen
17 B Särkilahti
18. Jynkkä
19. Litmanen
20. Pirtti
21 A Lehtoniemi-Rautaniemi
21 B Keilankanta
22. Pitkälahti
23. Kiviharju-Hiltulanlahti



Liite 7
HLFM-maankäyttömalli, esiselvitys
Vaihtoehto A 2 (Lukittu)

OSA-ALUEET

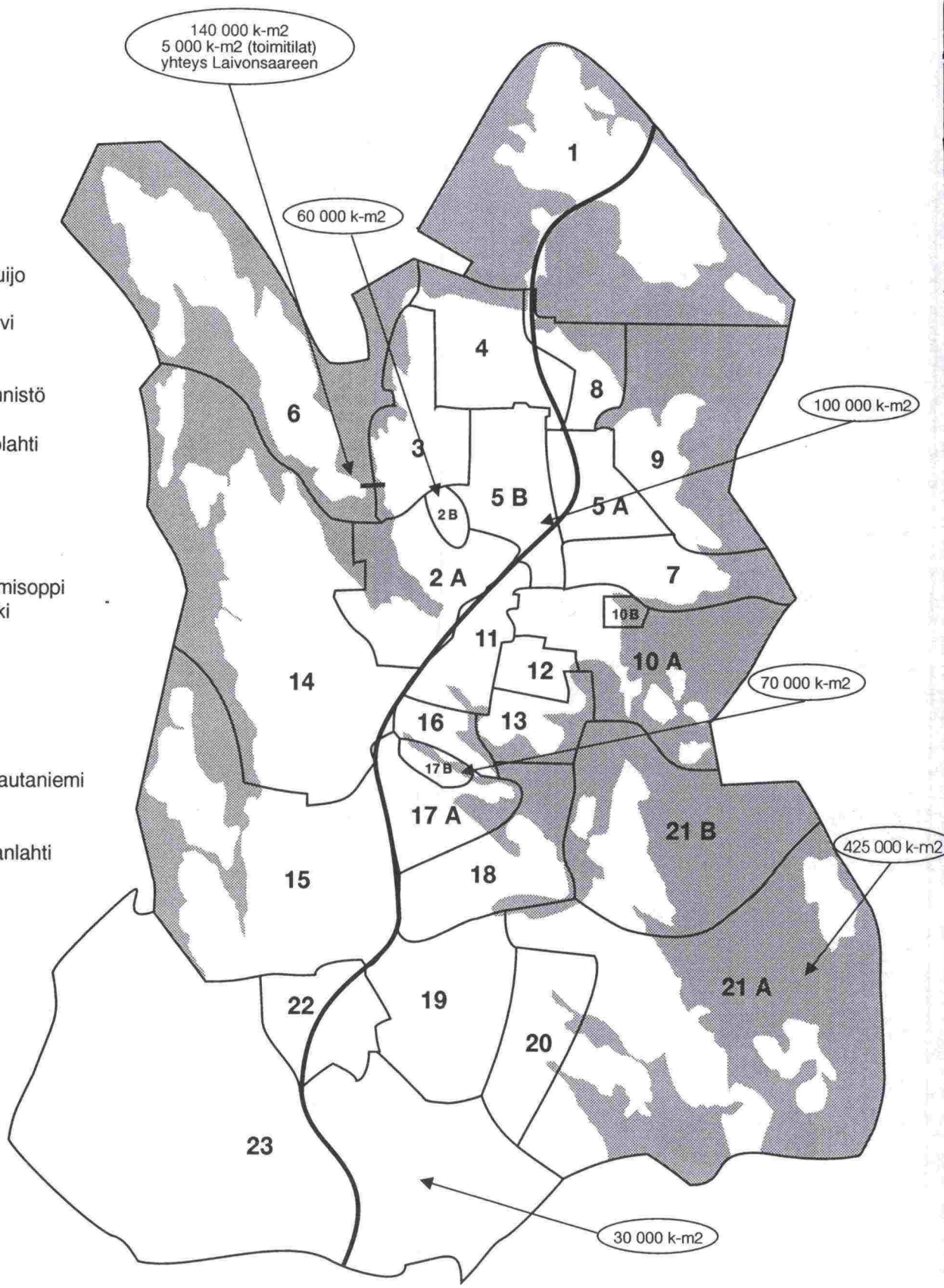
1. Sorsasalo
2 A Puijonlaakso
2 B Suurmäki
3. Julkula-Länsipuijo
4. Puijonsarvi
5 A Puijo-Saarijärvi
5 B Poukama
6. Laivonsaari
7. Itkonniemi-Männistö
8. Kettulanlahti
9. Kelloniemi-Likolahti
0 A Keskusta
0 B Satama
1. Niirala
2. Haapaniemi
3. Siikalahti
4. Neulamäki-Kolmisoppi
5. Pieni Neulamäki
6. Särkiniemi
7 A Levänen
7 B Särkilahti
8. Jynkkä
9. Litmanen
20. Pirtti
21 A Lehtoniemi-Rautaniemi
21 B Keilankanta
22. Pitkälahti
23. Kiviharju-Hiltulanlahti



Liite 8
HLFM-maankäyttömalli, esiselvitys
Vaihtoehto B (Lukittu)

OSA-ALUEET

1. Sorsasalo
2 A Puijonlaakso
2 B Suurmäki
3. Julkula-Länsipuijo
4. Puijonsarvi
5 A Puijo-Saarijärvi
5 B Poukama
6. Laivonsaari
7. Itkonniemi-Männistö
8. Kettulanlahti
9. Kelloniemi-Likolahti
10 A Keskusta
10 B Satama
11. Niirala
12. Haapaniemi
13. Siikalahti
14. Neulamäki-Kolmisoppi
15. Pieni Neulamäki
16. Särkiniemi
17 A Levänen
17 B Särkilahti
18. Jynkkä
19. Litmanen
20. Pirtti
21 A Lehtoniemi-Rautaniemi
21 B Keilankanta
22. Pitkälahti
23. Kiviharju-Hiltulanlahti



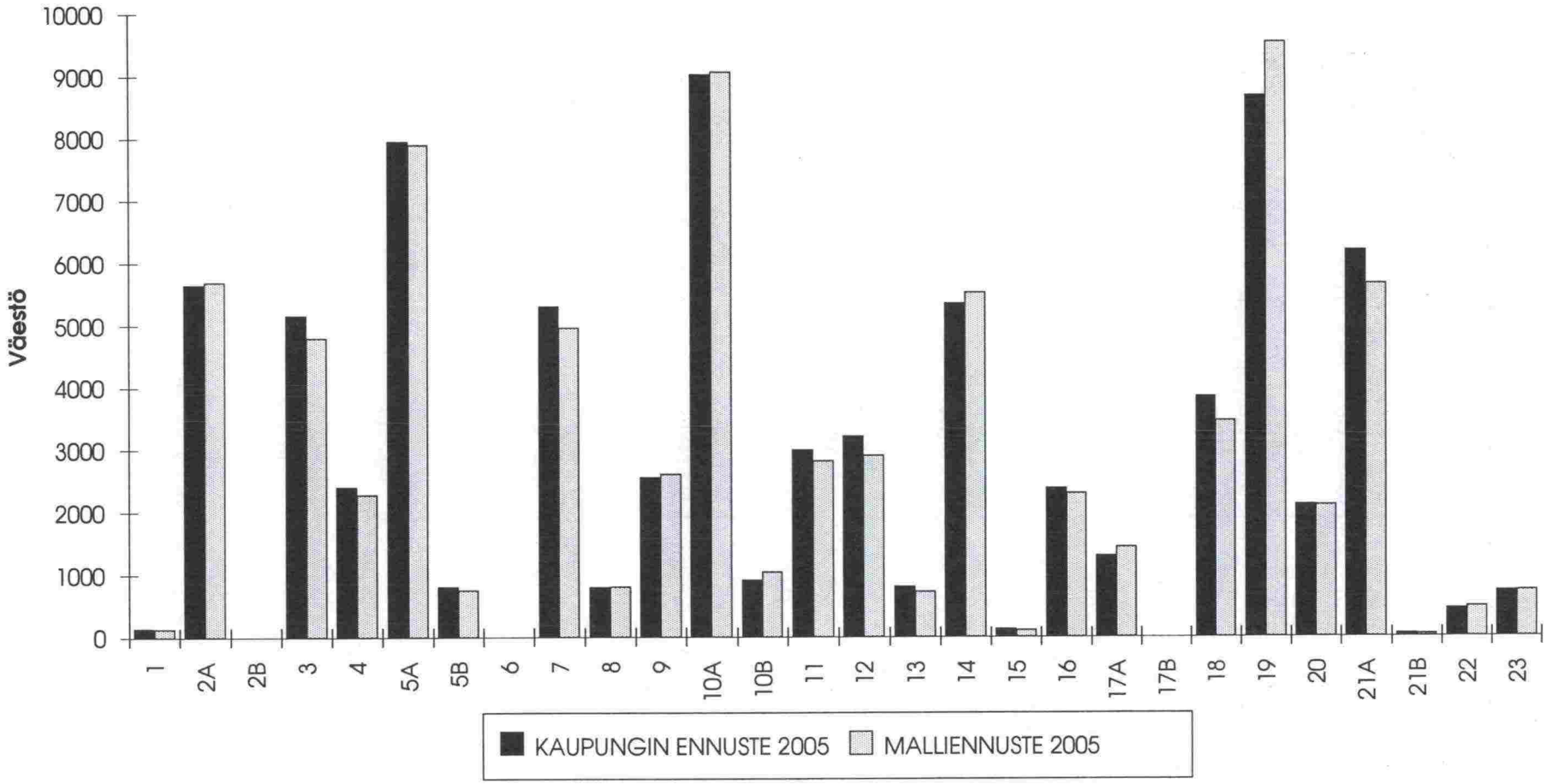
Liite 9

Kuopion perusennuste vuodelle 2005.

No	Alue	Perusennuste (kaupunki)		Perusennuste (malli)	
		Väestö	Työpaikat	Väestö	Työpaikat
1	Sorsasalo	134	680	132	671
2A	Puijonlaakso	5638	6610	5680	6268
2B	Suurmäki	0	0	0	0
3	Julkula-Länsipuijo	5145	685	4791	653
4	Puijonsarvi	2393	250	2273	248
5A	Puijo-Saarijärvi	7945	470	7886	490
5B	Poukama	798	30	740	14
6	Laivonsaari	0	0	0	0
7	Itkonniemi-Männistö	5289	1740	4949	2110
8	Kettulanlahti	792	330	794	440
9	Kelloniemi-Likolahti	2548	1330	2598	1599
10A	Keskusta	9011	9210	9048	10376
10B	Satama	905	230	1032	195
11	Niirala	2983	1250	2812	2117
12	Haapaniemi	3207	860	2894	1075
13	Siikalahti	799	2000	717	2323
14	Neulamäki-Kolmisoppi	5336	1530	5503	1741
15	Pieni Neulamäki	123	700	101	825
16	Särkiniemi	2374	140	2294	461
17A	Levänen	1285	1100	1427	1449
17B	Särkilahti	0	0	0	0
18	Jynkkä	3834	240	3454	371
19	Litmanen	8664	955	9524	842
20	Pirtti	2104	360	2097	405
21A	Lehtoniemi-Rautaniemi	6181	100	5648	60
21B	Keilankanta	41	60	36	59
22	Pitkälahti	440	1200	470	1140
23	Kiviharju-Hiltulanlahti	713	570	725	330

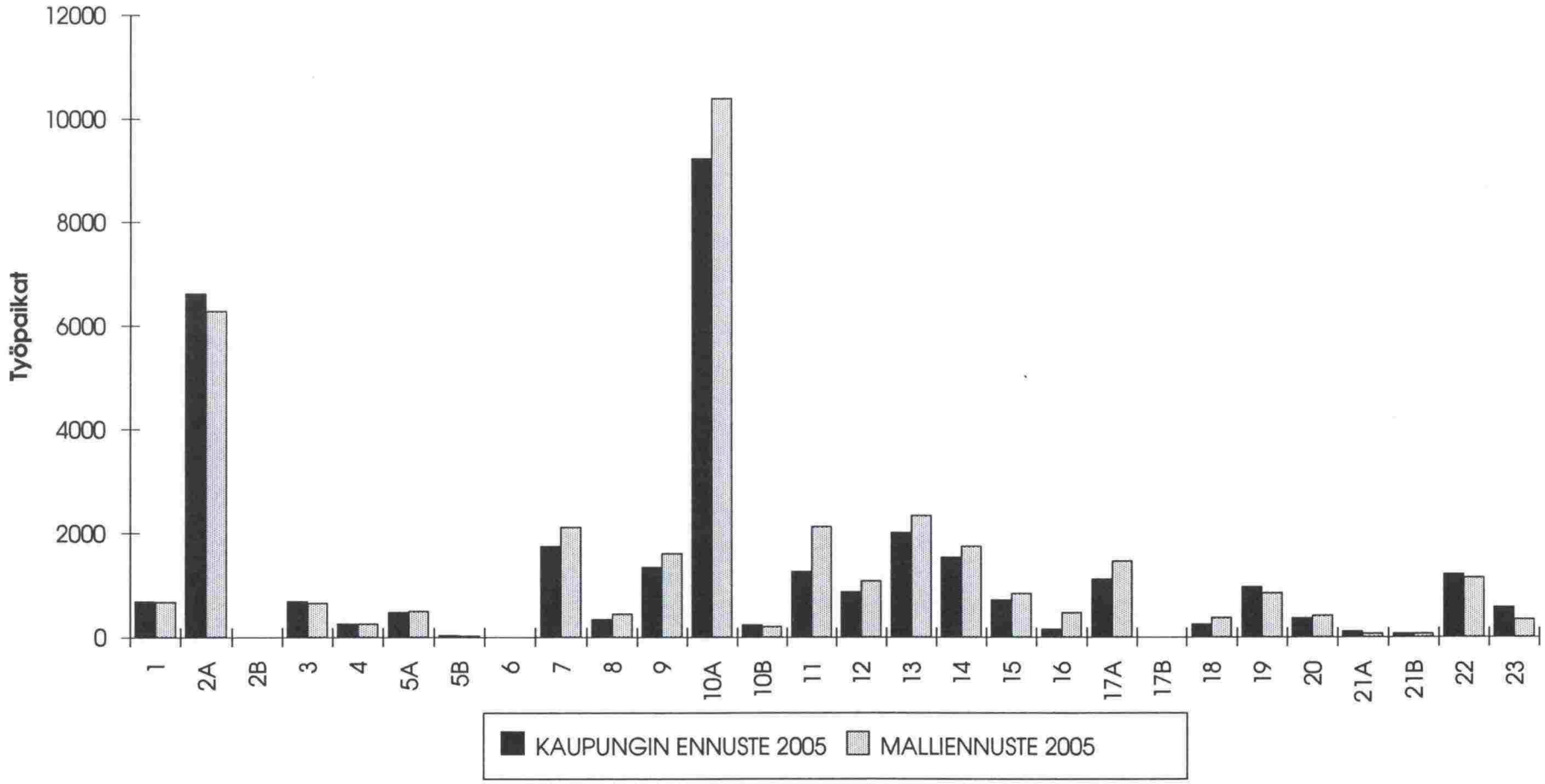
LIITE 10

Kuopion väestöennuste vuodelle 2005



LIITE 11

Kuopion työpaikkaennuste vuodelle 2005



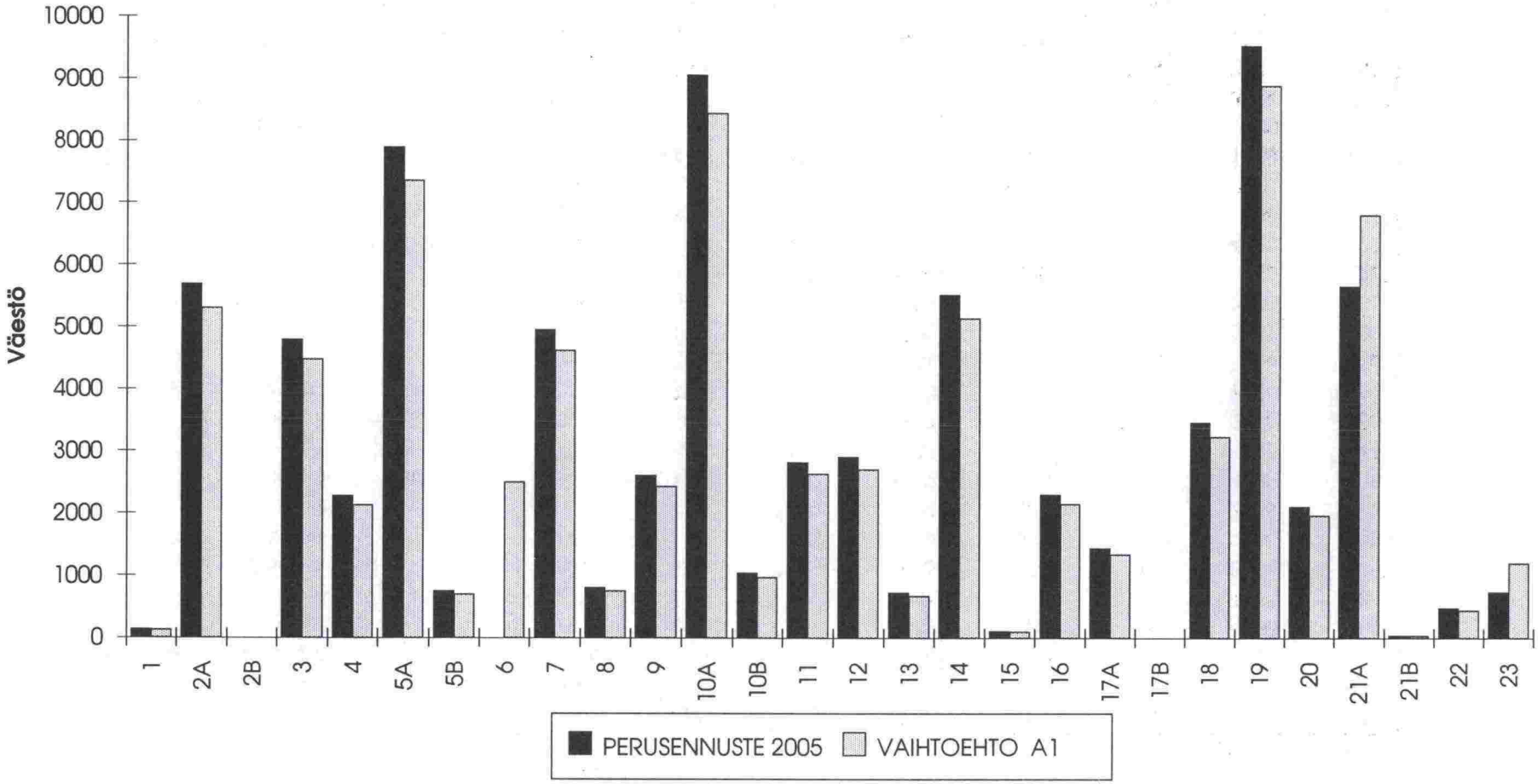
Liite12

Kuopion väestö- ja työpaikkaennuste eri vaihtoehdoissa vuonna 2005.

No	Alue	Perusennuste (malli)		Vaihtoehto A1		Vaihtoehto A2		Vaihtoehto B	
		Väestö	Työpaikat	Väestö	Työpaikat	Väestö	Työpaikat	Väestö	Työpaikat
1	Sorsasalo	132	671	123	665	111	643	115	665
2A	Puijonlaakso	5680	6268	5295	6312	4790	6126	4974	6336
2B	Suurmäki	0	0	0	0	0	0	1054	0
3	Julkula-Länsipuijo	4791	653	4467	672	4039	648	4196	666
4	Puijonsarvi	2273	248	2119	251	1917	236	1991	248
5A	Puijo-Saarijärvi	7886	490	7349	485	6649	464	6903	488
5B	Poukama	740	14	690	14	624	14	2500	15
6	Laivonsaari	0	0	2490	24	2252	22	2339	23
7	Itkonniemi-Männistö	4949	2110	4612	2072	4175	1998	4332	2057
8	Kettulanlahti	794	440	740	431	670	412	695	441
9	Kelloniemi-Likolahti	2598	1599	2421	1567	2190	1498	2275	1605
10A	Keskusta	9048	10376	8432	10258	7642	10513	7920	10218
10B	Satama	1032	195	962	194	872	193	904	194
11	Niirala	2812	2117	2621	2096	2375	2354	2462	2092
12	Haapaniemi	2894	1075	2697	1066	2443	1051	2533	1061
13	Siikalahti	717	2323	668	2280	606	2535	628	2263
14	Neulamäki-Kolmisoppi	5503	1741	5130	1735	4641	1720	4819	1733
15	Pieni Neulamäki	101	825	95	825	85	763	89	841
16	Särkiniemi	2294	461	2138	458	1935	459	2009	465
17A	Levänen	1427	1449	1330	1465	1201	1228	1249	1457
17B	Särkilahti	0	0	0	0	0	0	1490	0
18	Jynkkä	3454	371	3221	381	2907	268	3024	368
19	Litmanen	9524	842	8880	838	8019	774	8339	822
20	Pirtti	2097	405	1956	420	1791	343	1836	412
21A	Lehtoniemi-Rautaniemi	5648	60	6802	62	6564	56	6388	61
21B	Keilankanta	36	59	33	64	5371	51	31	62
22	Pitkälahti	470	1140	439	1139	396	1063	412	1123
23	Kiviharju-Hiltulanlahti	725	330	1195	331	1079	327	1122	330

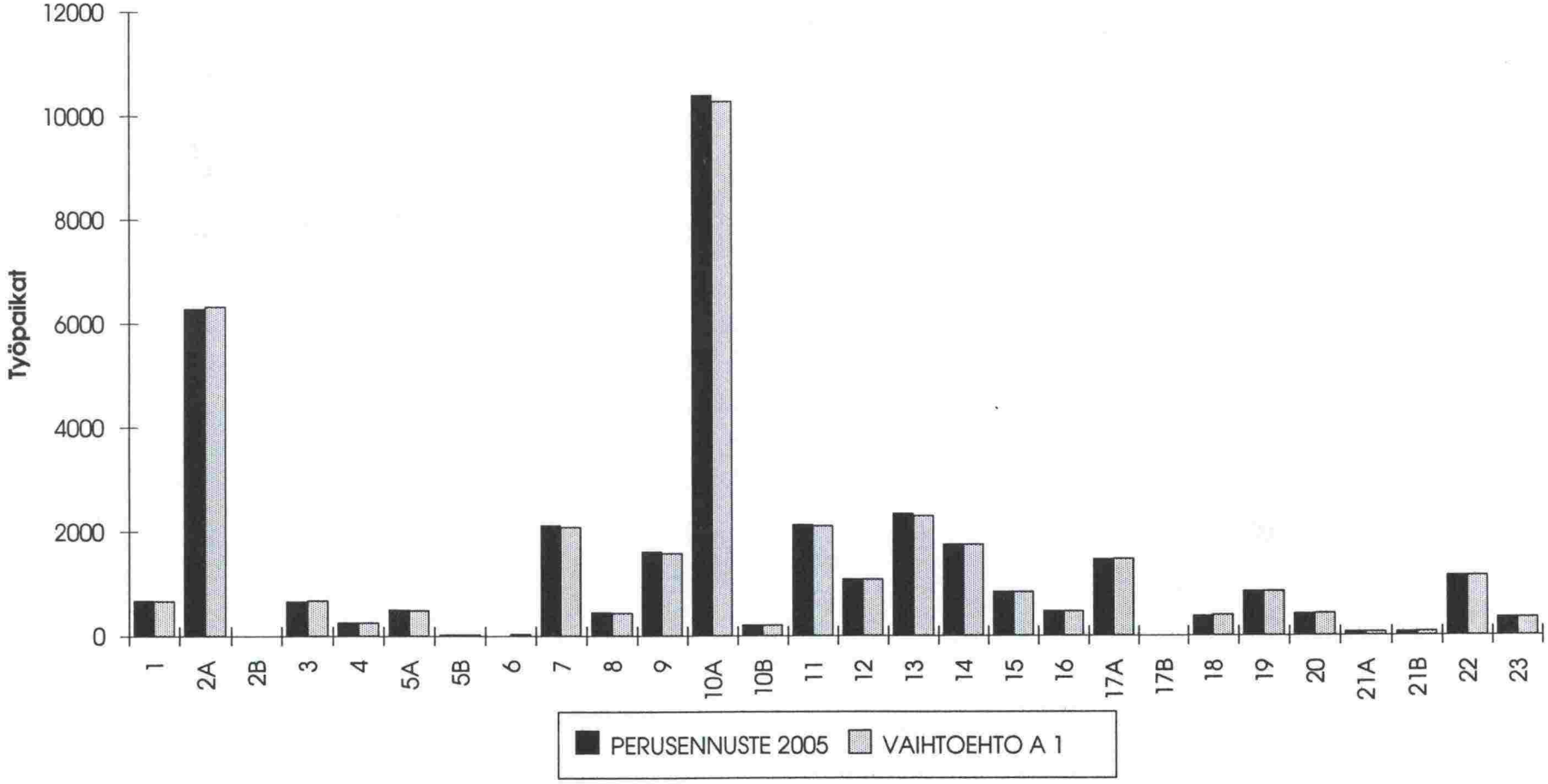
LIITE 13

Kuopion väestöennuste vuodelle 2005 (Vaihtoehto A 1)



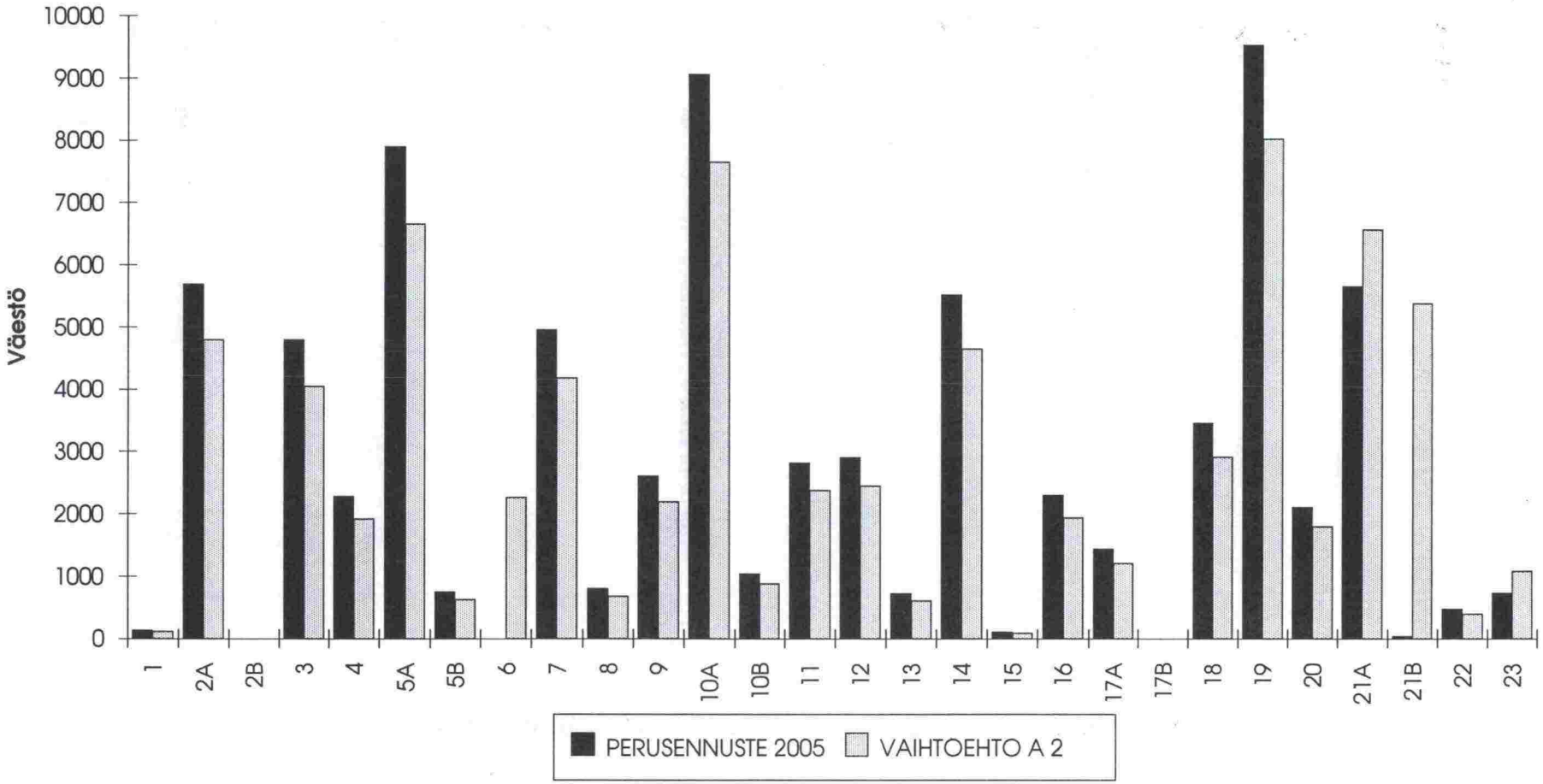
LIITE 14

Kuopion työpaikkaennuste vuodelle 2005 (Vaihtoehto A 1)



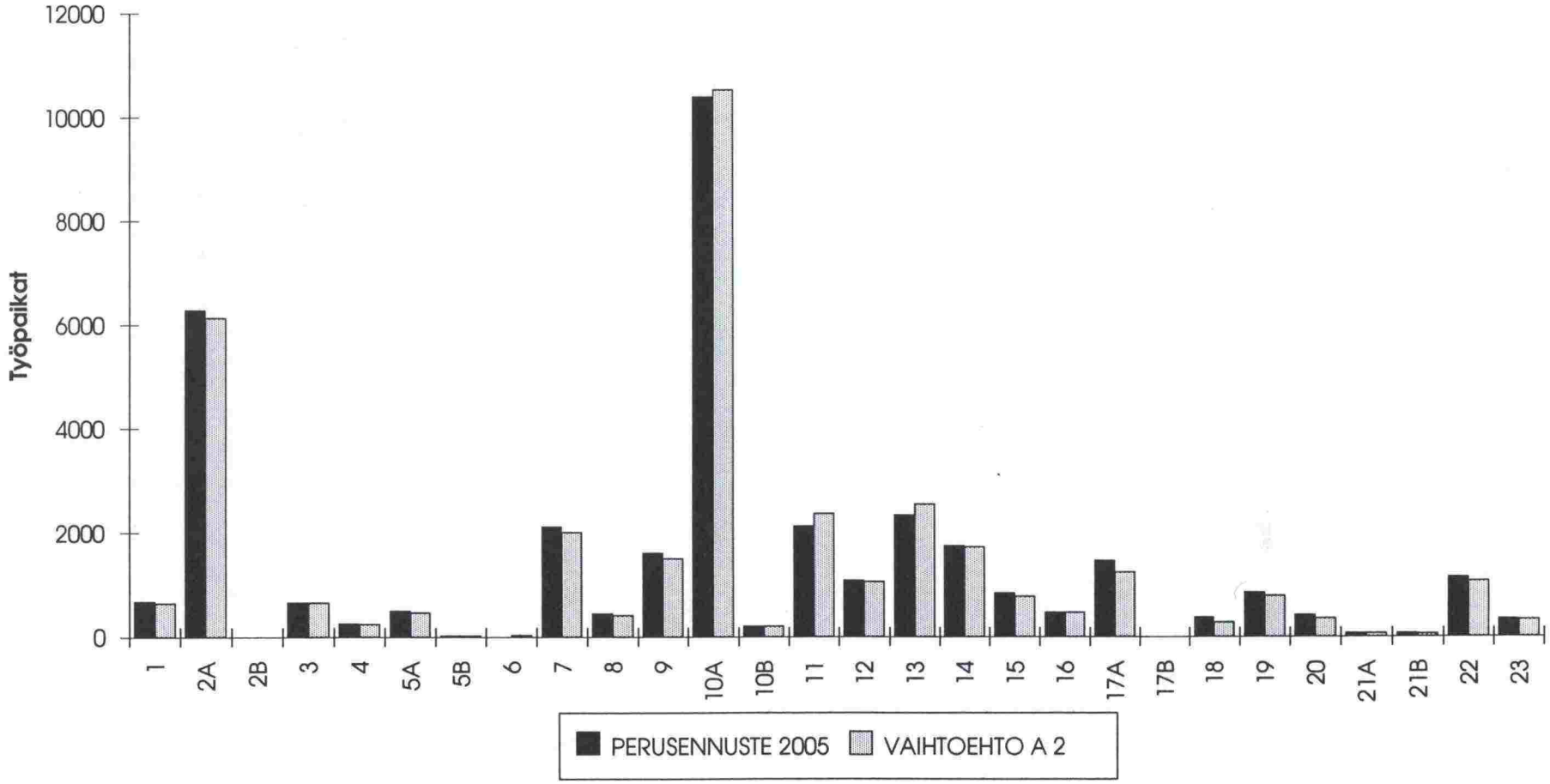
LIITE 15

Kuopion väestöennuste vuodelle 2005 (Vaihtoehto A 2)



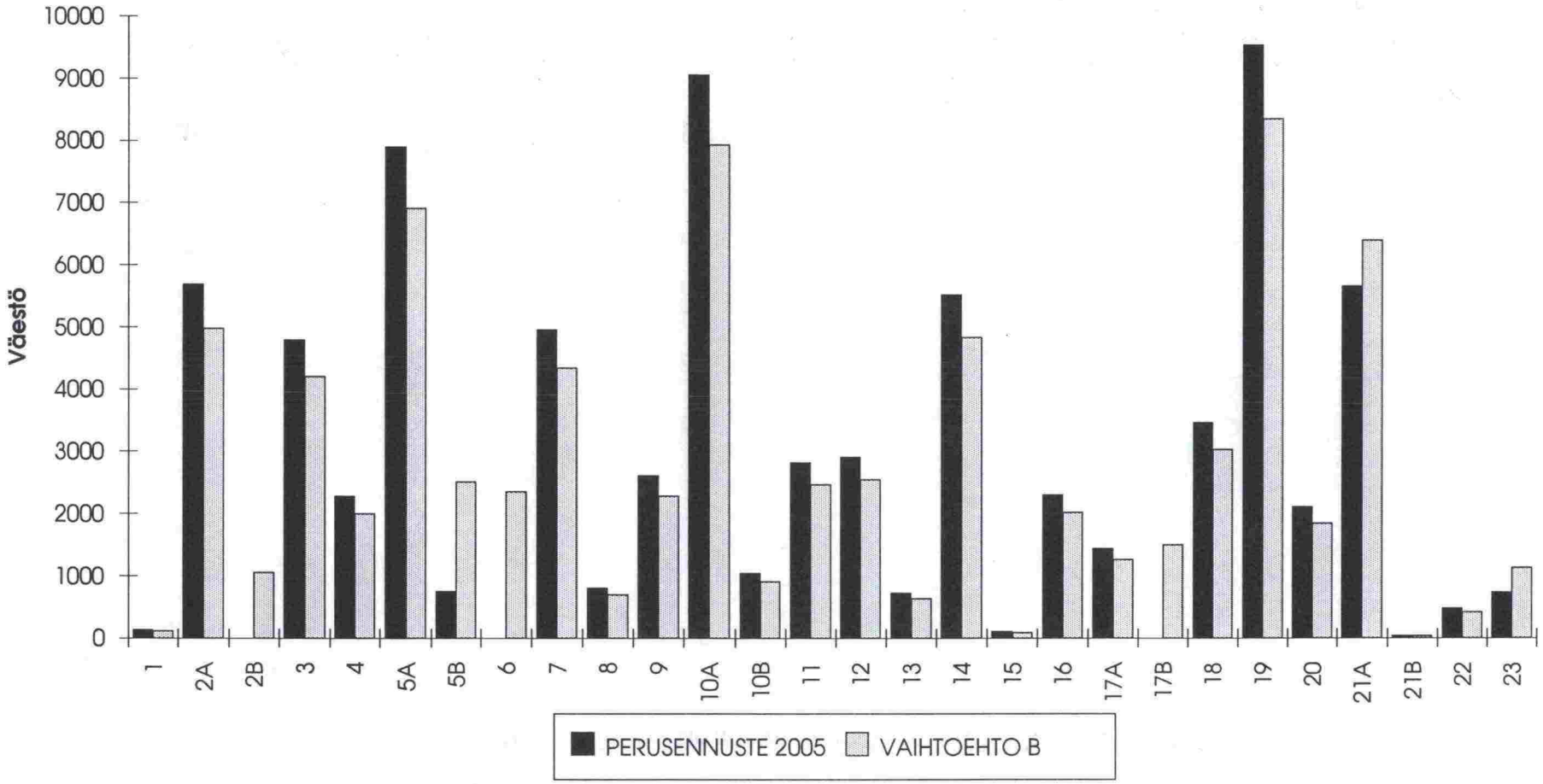
LIITE 16

Kuopion työpaikkaennuste vuodelle 2005 (Vaihtoehto A 2)



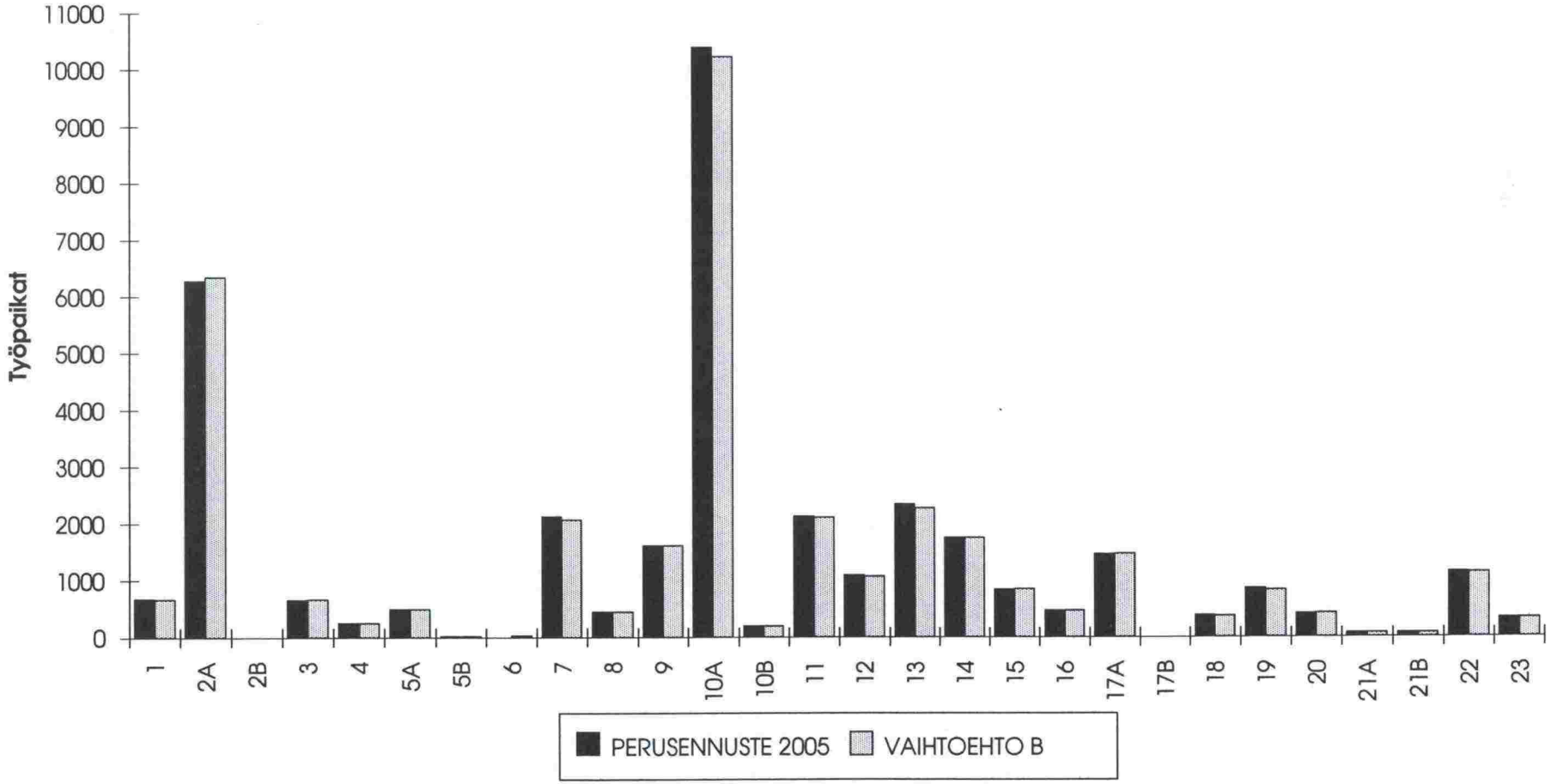
LIITE 17

Kuopion väestöennuste vuodelle 2005 (Vaihtoehto B)



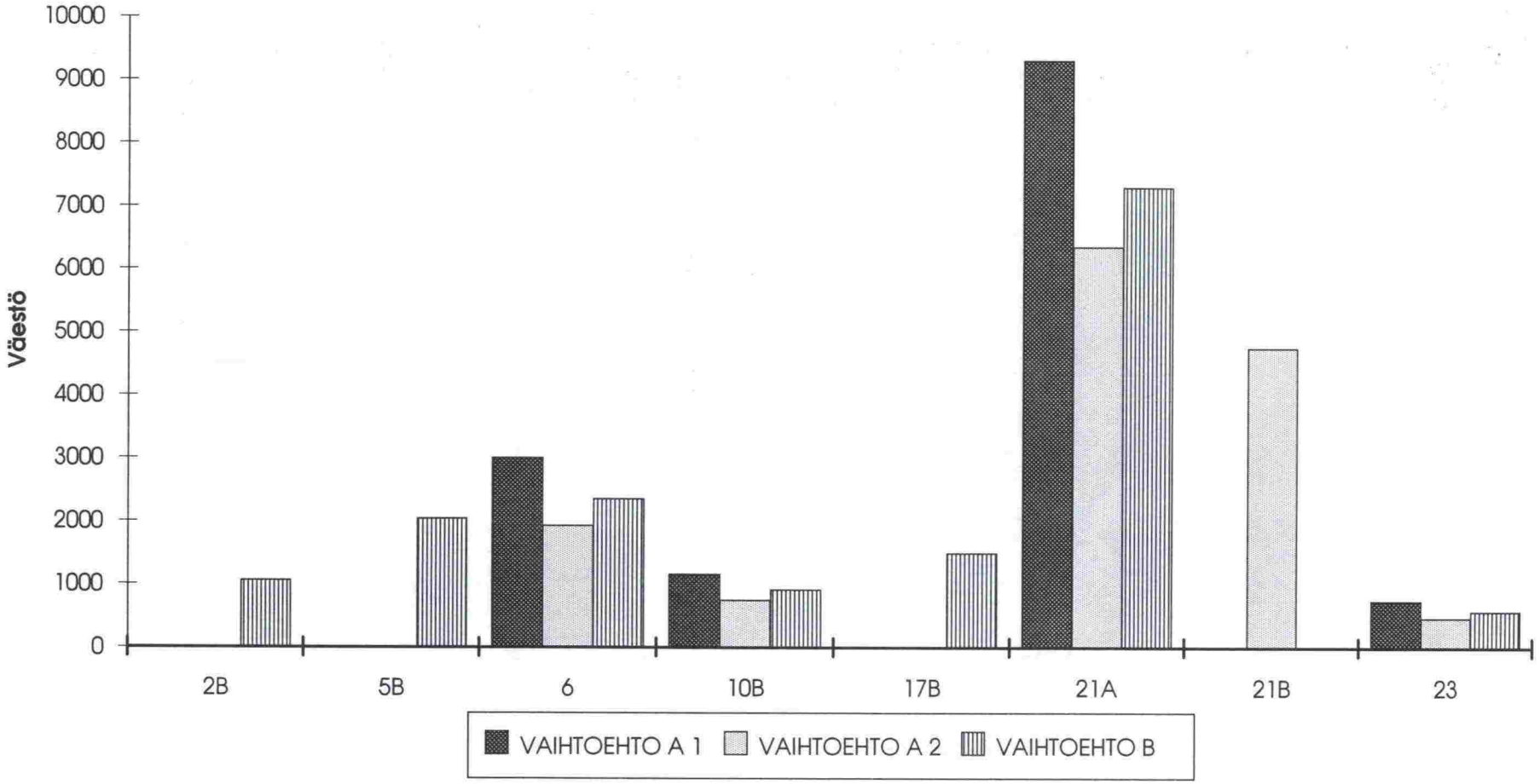
LIITE 18

Kuopion työpaikkaennuste vuodelle 2005 (Vaihtoehto B)



LIITE 19

Kuopion väestöennuste vuodelle 2005 (Lukittu)



TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

45/1993 Talvirengastutkimus; Talvirenkaiden käyttö ja kunto sekä kuljettajien arviot talvirenkaistaan talvikaudella 1992-1993. TIEL 3200170

46/1993 Tieympäristön pehmentämisen turvallisuusvaikutukset. TIEL 3200171

47/1993 Väsymissuorat tierakenteen mitoitusta varten. TIEL 3200172

48/1993 Tietullit ja käyttömaksut; Asennoituminen tie- ja automaksuihin. TIEL 3200173

49/1993 Tiesuolaus ja pohjavedet; nykytilan selvitys. TIEL 3200174

50/1993 Ympäristöpainotteinen taajamatie Ylistarossa; Yleissuunnittelun arviointi. TIEL 3200175

51/1993 Liikenteen informaatiopalvelujen käyttötutkimus. TIEL 3200176

52/1993 Road Condition Measurement and Pavement Management in Finland. TIEL 3200177E

53/1993 Pikavuorojen reitti-, liityntäliikenne- ja pysäkkijärjestelyjen kehittämminen. TIEL 3200178

54/1993 Pietarsaaren keskustauudistus; Saavutettavuuden ja vähittäiskaupan analyysi. TIEL 3200179

55/1993 Valtatie 3, vuoropuhelun arviointi. TIEL 3200180

56/1993 Betonipäällysteen valinta ja talous. TIEL 3200181

57/1993 Rakennuttamiskulttuuri; I - vaiheen raportti. TIEL 3200182

58/1993 Henkilöliikennetutkimus 1992. TIEL 3200183

59/1993 Valtatien 3 routamitoitus routanousun mukaan välillä Riihimäki P-Virala. TIEL 3200184

60/1993 Jännitys- ja muodonmuutosmittaukset tierakenteessa 1991-1992; Pohjaveden pinnan vaikutus, tienpinnan taipumamittaus eri lämpötiloissa, vartailu standardi paripyörä-Neste Oy:n kantavuusradan pyörä. TIEL 3200185

61/1993 Ylistaron keskustateiden suunnittelu asukkaiden näkökulmasta. TIEL 3200186

62/1993 Teknologian siirto; Yhteystiedot lähialueyhteistyössä. TIEL 3200187

63/1993 Nastallisten ja nastattomien talvirenkaiden pitotutkimus. TIEL 3200188

64/1993 Pellon kuivatus tien kohdalla. TIEL 3200189

65/1993 Tiesuolan pohjavesivaikutukset - kulkeutumismekanismien moni-ilmiömallinnus. TIEL 3200190

66/1993 Kokemuksia Japanin nastattomasta talviliikenteestä. TIEL 3200191

67/1993 Liikenneturvallisuus ja suolan käytön vähentäminen; Väliraportti väestön asenteista Kuopion läänin kokeiluun talvikaudella 1992-1993. TIEL 3200192

68/1993 Kuitukankaat tienrakennuksessa; Uudistetun VTT-GEO luokituksen mukaiset laatuvaatimukset. TIEL 3200193

ISSN 0788-3722
ISBN 951-47-8120-1
TIEL 3200194