

Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 29/2000

S 12 Pääteiden parantamisratkaisut

Pääteiden liittymätyyppien liikennetaloudelliset käyttöalueet

Tielaitos
TIEHALLINTO

Helsinki 2000

TIEL 4000249

Helsinki 2000

Julkaisua myy:

Tielaitos, julkaisumyynti

Telefaksi 0204 22 2652

Tielaitos

TIEHALLINTO

Tie- ja liikennetekniikka

Opastinsilta 12 A

PL 33

0521 HELSINKI

Puhelinvaihte 0204 22 150

Tuomas Ranta-Pere: Pääteiden liittymätyyppien liikennetaloudelliset käyttöalueet.
Helsinki 2000. Tielaitos, tiehallinto, tie- ja liikennetekniikka. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja
29/2000. 30 s + liitt. TIEL 4000249.

Asiasanat Liikennetalous, liikenneturvallisuus, liittymät, päätiet

Aiheluokka: 02, 31, 82

Tiivistelmä

Liittymätyyppien valinta on perinteisesti tehty tarkastelemalla liittymän toimivuutta ja turvallisuutta. Tämän selvityksen tarkoituksena oli tutkia eri liittymätyyppien taloudellisia käyttöalueita.

Työtä varten kehitetyssä laskentamenetelmässä arvioitiin ajoneuvo- ja aikakustannukset IVAR-ohjelmiston avulla ja onnettomuuskustannukset sen lisäksi TARVA -ohjelmistolla. Välituloksena saatiin eri liittymätyyppien ajokustannukset eri liikennemäärillä. Investointikustannukset arvioitiin RAKUSTI -ohjelmiston ja tiepiireille tehdyn kyselyn perusteella. Liittymätyyppien valinnan tarkasteluun käytettiin ensimmäisen vuoden tuottoastetta, jonka raja-arvoina olivat 6 ja 10 %.

Eri nopeusrajoituksille ja tuottoasteille haettiin eri liittymätyyppien välille rajaliikennemäärät, joita suuremmilla liikennemäärillä liittymän parantaminen olisi keskimääräisesti ajatellen kannattavaa. Työn pääasialliset tulokset on esitetty nomogrammeissa, joiden tärkein käyttöalue on parantamistarpeiden määrän arvioimiseen liittyvinä puutekriteereinä. Yksittäisen liittymän tyyppien valintaan nomogrammit soveltuvat vain rajoitetusti.

Parhaimman kuvan tuloksista antaa nopeusrajoitukselle 80 km/h ja tuottoastevaatimukselle 10 % tehty nelihaaraliittymien käyrästä. Kanavoimaton liittymä on näissä olosuhteissa edullisin ratkaisu vain vähäisillä liikennemäärillä. Se on kannattava, kun päätien liikennemäärä (KVL) on 4000 ajon/vrk ja sivuteiden n. 1000 ajon/vrk. Valo-ohjauksinen liittymä tai kiertoliittymä on edullinen, kun sivuteiden liikenne ylittää n. 2000 ajon/vrk. Porrastettu liittymä on edullisimmillaan kun päätien liikennemäärä ylittää 8000 ajon/vrk ja sivuteilla ei ole kovin paljon liikennettä. Eritasoliittymä on taloudellisesti kannattava vasta kun liikennemäärät ovat esim. päätien osalta tasolla 9000 ajon/vrk ja sivuteiden n. 4000 ajon/vrk.

Alempi nopeusrajoitus edellyttää yleensä suurempia liikennemääriä, alempi tuottoastevaatimus taas alhaisempia. T-liittymien ja monikaistaisten teiden liittymien osalta tarkasteltiin vain osaa edellä mainituista liittymätyypeistä.

Tuloksia verrattiin myös 80-luvulla tehtyihin ns. THYKS –suunnitelman puutekriteereihin. Kanavoidun ja eritasoliittymän kannattavuusalue alkaa 10 % tuottoasteen mukaan hieman suuremmilla liikennemäärillä kuin THYKSin puutekriteerien perusteella voitiin päätellä.

Herkyystarkasteluna tarkasteltiin lisäksi investointikustannusten merkitystä eritasoliittymän ja kiertoliittymän kannattavuusalueeseen. Eritasoliittymän kustannukset vaikuttivat selvästi tarvittaviin liikennemääriin, mutta rajakäyrän muoto pysyi samana. Kiertoliittymän osalta myös raja-arvokäyrän muoto muuttui kustannusten mukaan.

ALKUSANAT

Tielaitoksen strategisen projektin S12 Pääteiden parantamisratkaisut yleisenä tavoitteena on selvittää, millä tavoin nykyisiä pääteitä on järkevintä parantaa ottaen huomioon tienpidon alentunut rahoitus ja tienpidon toimintalinjojen muutokset erityisesti turvallisuuden osalta.

S12-projektin yhtenä osa-alueena ovat päätien liittymästandardit ja uudet liittymäratkaisut. Tämän osaselvityksen tavoitteena oli tutkia pääosin IVAR -ohjelmiston avulla, miten eri liittymäratkaisuja voitaisiin arvioida paremmin useista eri näkökulmista. Tarkasteluissa on kiinnitetty päähuomio suoranaisten toimivuuden tunnuslukujen sijaan eri liittymäratkaisusta tienkäyttäjille koituihin lisäkustannuksiin. Jokaiselle liittymätyypille on laskettu liikennetaloudelliset käyttöalueet eri nopeusrajoituksilla. Liittymätyypin valinta perustuu ensisijaisesti paikallisiin olosuhteisiin, mutta tämän selvityksen avulla voidaan päätellä minkälaisia ratkaisuja kannattaisi taloudellisin perustein suosia, kun verrataan taloudellisia käyttöalueita suureen joukkoon olemassa olevia liittymiä.

Työn tilaajana toimi Tielaitoksen keskushallinnon Tie- ja liikennetekniikka, jossa yhteyshenkilönä oli dipl. ins. Matti Vehviläinen. Selvityksen toteuttamisesta on vastannut Tielaitoksen tuotanto, jossa projektipäällikkönä toimi dipl. ins. Jukka Ristikartano. Varsinaisen selvitystyön on tehnyt tekn. yo Tuomas Ranta-Pere.

Helsingissä joulukuussa 2000

Tielaitos
Tie- ja liikennetekniikka

Sisältö

1	JOHDANTO	9
2	MENETELMÄKUVAUS	9
3	LIITTYMÄTYYPIT	15
3.1	Avoin liittymä	15
3.2	Kanavoitu liittymä	15
3.3	Porrastettu liittymä	16
3.4	Valo-ohjattu liittymä	16
3.5	Kiertoliittymä	16
3.6	1-ramppinen eritasoliittymä	17
3.7	2-ramppinen eritasoliittymä	17
3.8	Mo-tason eritasoliittymä	17
4	LIITTYMÄTYYPPIEN LIIKENNETALOUELLINEN VERTAILU	18
4.1	Kolmihaaraiset liittymät	18
4.1.1	Nopeusrajoitus 100 km/h	18
4.1.2	Nopeusrajoitus 80 km/h	19
4.1.3	Nopeusrajoitus 60 km/h	20
4.1.4	Nopeusrajoitus 50 km/h	20
4.2	Nelihaaraiset liittymät	21
4.2.1	Nopeusrajoitus 100 km/h	21
4.2.2	Nopeusrajoitus 80 km/h	22
4.2.3	Nopeusrajoitus 60 km/h	23
4.2.4	Nopeusrajoitus 50 km/h	24
4.3	Kaksiajorataiset tiet	25
5	VERTAILU AIEMPIIN OHJEISIIN	26
6	TULOSTEN HERKKYYSTARKASTELUA	26
7	YHTEENVETO	28
8	VIITTEET	29
9	LIITTEET	30

1 JOHDANTO

Liittymätyyppien valinta on perinteisesti tehty tarkastelemalla liittymän toimivuutta ja turvallisuutta. Laajempi näkökulma asiaan saadaan kun tarkastellaan liittymien liikennetaloudellisia vaikutuksia. Tässä työssä on laskettu yksiajorataisella perusverkolla eri liittymätyypeistä aiheutuvat vuotuiset ajokustannukset ja verrattu niitä investointikustannuksiin, jolloin on voitu määrittää kullekin liittymätypille liikennetaloudellisesti järkevä käyttöalue sekä verrata eri liittymätyyppiä toisiinsa. Suppeampi tarkastelu on tehty myös kaksiajorataisen päätien tapauksesta.

Tämä työ on tehty päätieverkon liittymästandardien selvitystyötä varten, jolloin tavoitteena on ollut laajan liittymäjoukon samanaikainen käsittely. Menetelmät ja tulokset eivät sellaisenaan sovellu yksittäisen liittymän käsitteelyyn, vaan niitä koskevat tarkastelut on syytä tehdä yksilöllisesti.

2 MENETELMÄKUVAUS

Eri liittymätyyppien vuotuiset ajokustannukset (ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannukset) on laskettu IVAR -ohjelmistolla, jonka mallit ottavat liikennemäärien lisäksi monia muitakin asioita huomioon. IVAR -ohjelmiston malleja muodostettaessa pää- ja sivuteiden liikennevirrat on jaettu useaan eri tarkasteluryhmään tuntiliikenteiden perusteella. Sivutietä suoraan ajavien ja kaikkien kääntyvien virtojen osuus sivuteiden liikenteestä on malleissa kuitenkin vakioitu.

Kullekin tuntiliikenneryhmälle on erikseen määritelty suuntajakautumat liikennevirroittain. Kokonaisvaikutukset on laskettu ja mallinnettu näissä ryhmissä todettujen vaikutusten liikennemäärillä painotettujen keskiarvojen avulla.

Tässä työssä on pyritty tarkastelemaan keskimääräistä tilannetta. Vaikuttaville tekijöille on annettu mahdollisimman tyypilliset arvot ja ne ovat samat liittymätyyppistä toiseen, joten ne vaikuttavat lopputulokseen vain hyvin vähän. Paikalliset olosuhteet vaikuttavat luonnollisesti paljon esimerkiksi investointi- ja onnettomuuskustannuksiin, mutta keskimääräinen kannattavuus antaa suuntaviivoja liittymätyyppien valinnalle. Jos esimerkiksi onnettomuuskustannukset ovat paikallisten olosuhteiden vuoksi keskimääräistä korkeammat, kannattaa korkealuokkaisempi liittymä paremmin kuin tässä tarkastelussa.

Ajoneuvo- ja aikakustannukset on laskettu suoraan IVARin mallien avulla (vuoden 1995 ajokustannukset). Nämä mallit perustuvat alunperin ruotsalaiseen välityskyvyn laskentamenetelmään (CAPCAL), jota myös käytetään varsin yleisesti liittymien toimivuusarvioinneissa. IVAR -ohjelmistoon on laadittu mallit eri liittymätyypeille, joissa ensin arvioidaan liittymässä hidastamaan ja pysähtymään joutuvien ajoneuvojen osuudet. Kääntyvien virtojen määrät on arvioitu keskimääräisesti, mutta vuoden tunnit on jaettu liikennemäärän perusteella useaan luokkaan. Liittymän läpiajaville autoille on näin saatu 3 erilaista ajotapaa (vapaa, hidastava ja pysähtyvä), ja kullekin osuudet koko liittymän suoritteesta. Liittymän geometriatietojen avulla lasketaan

kullekin ajotavalle liittymästä aiheutuva ylimääräinen polttoaineenkulutus ja ajanhukka. Näiden avulla voidaan arvioida ajoneuvo- ja aikakustannukset. Mallit ovat osoittautuneet normaaleissa liikennetilanteissa suhteellisen luotettaviksi, mutta joissain ylikuormitustilanteissa tai poikkeuksellisilla liikennevirtajakautumilla mallien toimivuus on ollut kyseenalainen.

Onnettomuuskustannuksissa on käytetty apuna TARVA -ohjelmistoa (Turvallisuusvaikutusten arviointi vaikutuskertoimilla, versio 3.1). Toimenpiteiden vaikutukset on arvioitu ohjelmiston sisältämien kertoimien avulla, koska IVARin onnettomuusmallit eivät tarkastele kaikkien liittymätyyppien turvallisuutta yhtäläisillä menetelmillä. Osa IVARin turvallisuusmalleista ottaa huomioon eri liittymähaarojen liikennemäärät, osa taas pelkästään kokonaisliikenteen. Niitä käyttäen tuloksiin voisi vaikuttaa liian paljon käytetyn mallin laskentatapa, eivätkä todelliset liikenneolosuhteet. TARVA -ohjelmiston mallit perustuvat kertoimiin, jolloin niiden luotettavuus tämällyyppisissä tarkasteluissa on helpommin arvioitavissa.

Ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannusten lisäksi muita kustannuksia (esim. kunnossapitokustannuksia) ei ole huomioitu.

Kolmihaaraisista liittymistä on tarkasteltu avoimia, pääsuunnassa kanavoituja, valo-ohjattuja ja kiertoliittymiä, nelihaarisista näiden lisäksi porrastettuja ja eritasoliittymiä. Tarkastellut päätien nopeusrajoitukset ovat 100, 80, 60 ja 50 km/h, sivutien nopeusrajoitukset ovat vastaavasti 80, 60 ja 50 km/h. Valo-ohjatuilla liittymillä käytettyä nopeusrajoitusta 70 km/h ei ole tarkasteltu, koska sitä ei käytetä muiden liittymätyyppien yhteydessä. Lisäksi joissakin tapauksissa on tarkasteltu pistekohtaisia nopeusrajoituksia 100/80 ja 80/60 km/h. Valo-ohjatussa liittymässä nopeusrajoituksen ollessa 80 km/h on pistekohtainen nopeusrajoitus 60 km/h, kiertoliittymissä pistekohtainen nopeusrajoitus on aina 50 km/h. Raskaiden ajoneuvojen osuus tarkastelussa oli 13 % sekä pää- että sivutiellä.

Laskentatapa

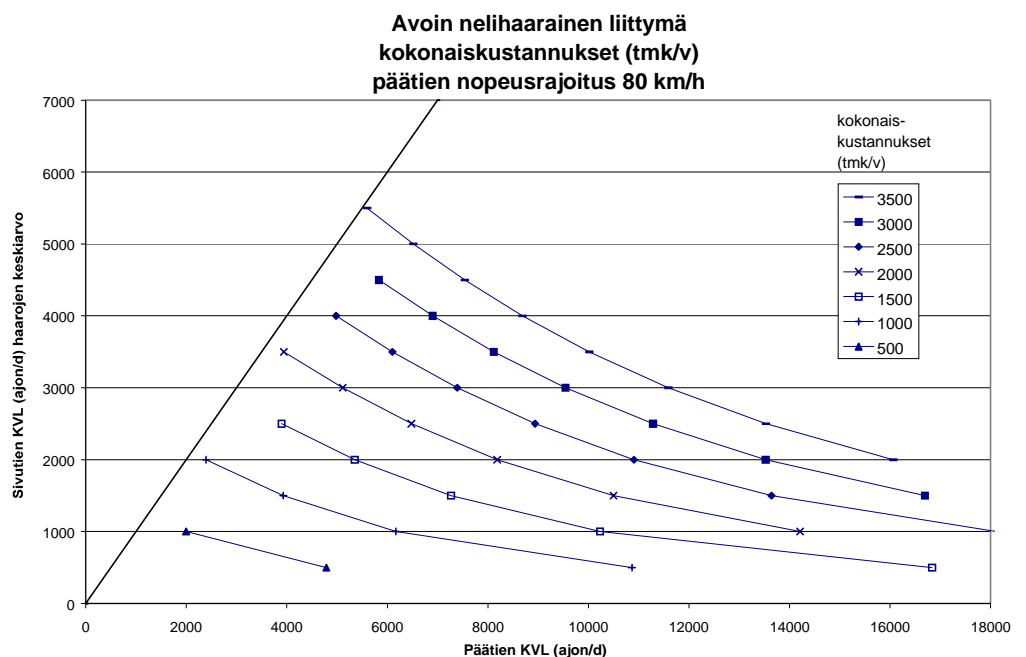
Ajoneuvo- ja aikakustannukset sekä avoimien liittymien onnettomuuskustannukset laskettiin IVARilla siten, että päätien liikennemäärän annettiin vaihdella välillä 1000–19000 ajon/d ja sivutien 500–8500 ajon/d. Nelihaarisissa liittymissä toisen sivutien haaran liikenne on kaksinkertainen toiseen verrattuna, kuvissa ja taulukoissa ilmoitettu KVL on näiden keskiarvo.

Muiden kuin avoimien liittymien onnettomuuskustannukset laskettiin avoimien liittymien onnettomuuskustannusten ja TARVAN kertoimien avulla. Avoimen liittymän kustannukset siis kerrottiin TARVAN kertoimilla ja näin saatiin kunkin liittymätyypin onnettomuuskustannukset. Käytetyt kertoimet ovat taulukossa 1.

Taulukko 1. TARVA -kertoimet.

Liittämätyyppi	Kerroin
Nelihaaraiset liittymät	
mo-tason eritasoliittymä	0,5
2-ramppinen eritasoliittymä	0,6
1-ramppinen eritasoliittymä	0,7
kiertoliittymä	0,7
valo-ohjattu liittymä	0,7
porrastettu liittymä	0,8
kanavoitu liittymä	0,9
Kolmihaaraiset liittymät	
valo-ohjattu liittymä	0,9
kanavoitu liittymä	0,95

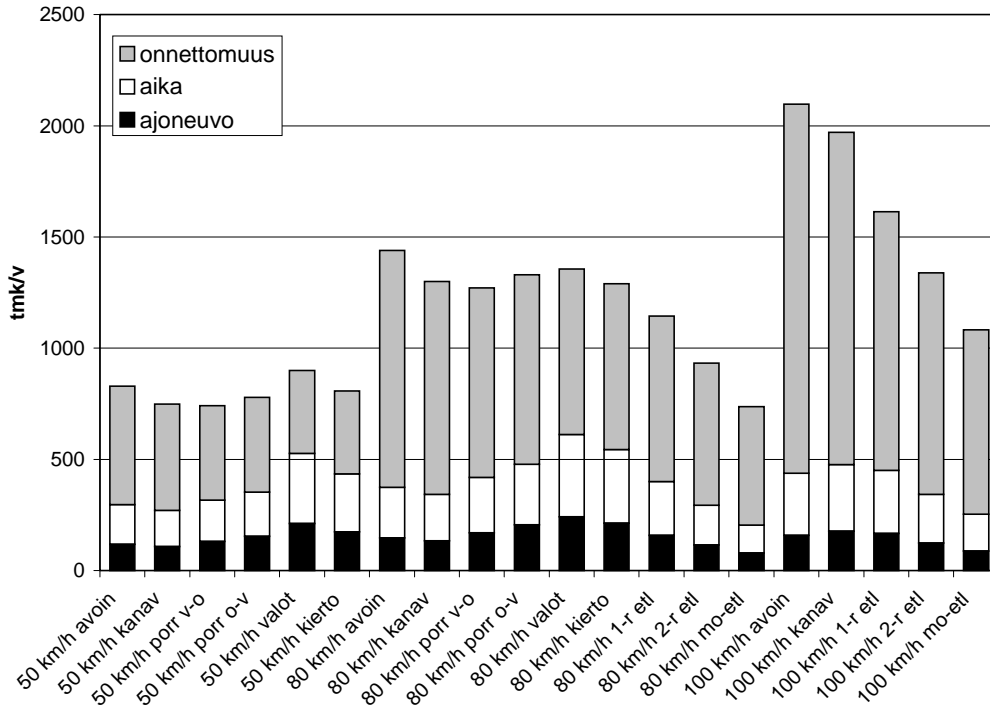
Eri kustannuserät laskettiin yhteen ja tuloksista piirrettiin kustannusten tasa-arvokäyrät kuvaajaan, jossa akseleina ovat päätien ja sivutien KVL (ilmoitettuna liittymähaarojen keskiarvona). Kuvassa 1 on esimerkki kokonaiskustannuksista.



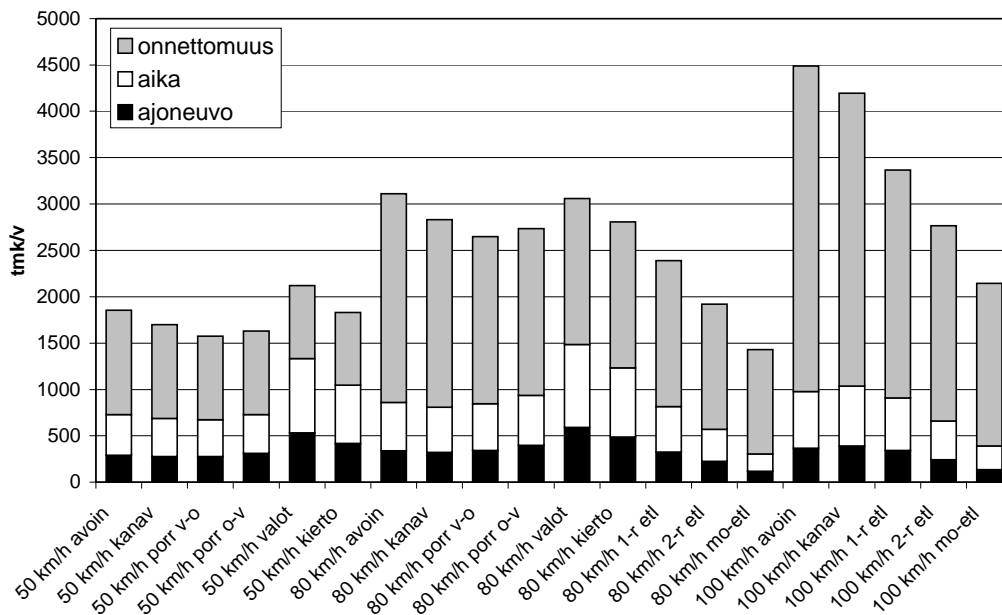
Kuva 1. Esimerkki kokonaiskustannuksista.

Ohessa on myös esimerkit eri liittymätyyppien kokonaiskustannuksista kahdella liikennemäärällä (päätien/sivutien KVL 5000/2000 ja 10000/3000).

Nelihaaraisista liittymistä aiheutuvat ajokustannukset (tmk/v)
Päätien KVL 5000, sivutien KVL 2000



Nelihaaraisista liittymistä aiheutuvat ajokustannukset (tmk/v)
Päätien KVL 10000, sivutien KVL 3000



Taulukossa 2 on esitetty eri liittymätyyppien keskimääräiset investointikustannukset, joilla laskennat on tehty. Ne perustuvat RAKUSTI -ohjelmiston tuloksiin ja piireille tehtyyn kyselyyn. Laskentaan sisältyvät liittymätyypit on esitetty kuvina kohdassa 3.

Taulukko 2. Liittymätyyppien keskimääräiset investointikustannukset.

Liittymätyyppi	50 km/h	60 km/h	80 km/h	100 km/h
Nelihaaraiset liittymät				
Mo-tason eritasoliittymä	-	-	20	20
2-ramppinen eritasoliittymä	-	-	13	13
1-ramppinen eritasoliittymä	-	-	10	10
Kiertoliittymä	2,0	2,0	2,0	2,0
Valo-ohjattu liittymä	1,1	1,1	1,1	-
Porrastettu liittymä vasen-oikea	1,2	1,2	1,2	1,2
Porrastettu liittymä oikea-vasen	2,2	2,2	2,4	2,7
Kanavoitu liittymä	0,6	0,7	0,8	0,8
Avoin liittymä	0,055	0,055	0,055	0,055
Kolmihaaraiset liittymät				
Kiertoliittymä	1,7	1,7	1,7	-
Valo-ohjattu liittymä	0,85	0,85	0,85	-
Kanavoitu liittymä	0,35	0,35	0,5	0,5
Avoin liittymä	0,03	0,03	0,03	0,03
2-ajorataiset tiet				
Mo-tason eritasoliittymä	-	-	21	-
2-ramppinen eritasoliittymä	-	-	14	-
Kiertoliittymä, 2-kaistainen	-	-	3,0	-
Valo-ohjattu liittymä	-	-	1,2	-

Kokonaiskustannusten ja investointikustannusten avulla voitiin laskea kunkin liittymätyypin ensimmäisen vuoden tuottoaste eli se osuus investoinnista, joka saadaan ensimmäisenä vuotena takaisin ajokustannusten säästöinä verrattaessa avoimeen liittymään. On huomattava, että liikennemäärien kasvu seuraavina vuosina antaa yhä enemmän säästöjä eli että toisen vuoden tuottoaste on lähes aina suurempi kuin ensimmäisen vuoden.

Ensimmäisen vuoden tuottoaste laskettiin seuraavalla kaavalla:

$$1. \text{ vuoden tuottoaste} = \frac{(K_a - K_i)}{(I_i - I_a)} \cdot 100 \%$$

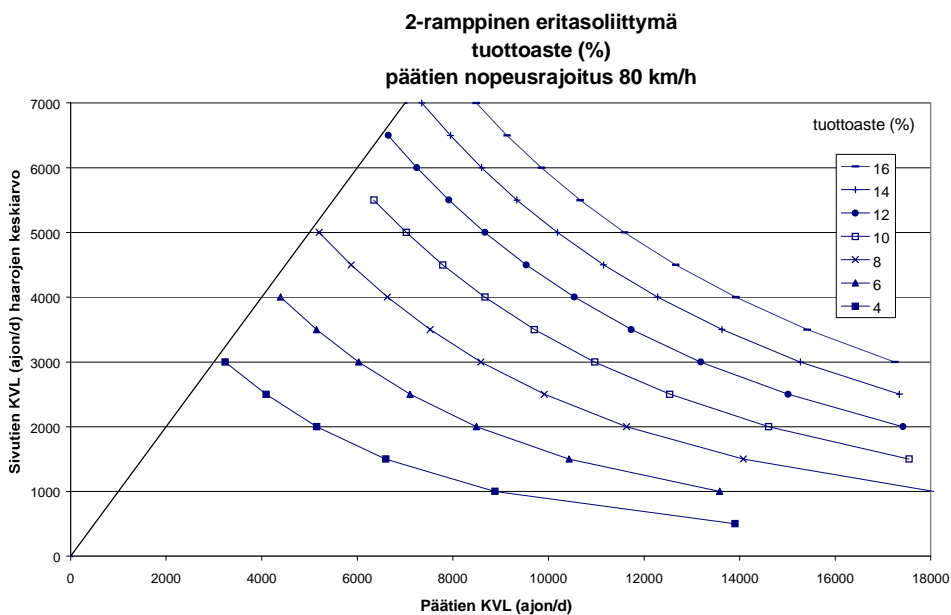
K_a = avoimen liittymän kokonaiskustannukset

K_i = tarkasteltavan liittymän kokonaiskustannukset

I_i = tarkasteltavan liittymän investointikustannukset

I_a = avoimen liittymän investointikustannukset

Ensimmäisen vuoden tuottoasteet piirrettiin vastaavanlaiseen kuvaajaan kuin kokonaiskustannukset, esimerkki tästä kuvassa 2.



Kuva 2. Esimerkki ensimmäisen vuoden tuottoasteesta

3 LIITTYMÄTYYPIT

Seuraavissa taulukoissa on esitetty tarkasteltavat liittymät eri nopeusrajoituksilla:

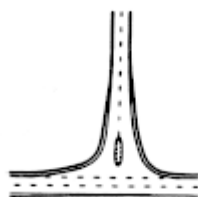
Taulukko 3. Tarkasteltavat liittymät

Kolmihaaraiset liittymät	100	100/80	80	80/60	60	50
Avoin	x	x	x	x	x	x
Kanavoitu	x	x	x	x	x	x
Valo-ohjattu				x	x	x
Kiertoliittymä				80/50	60/50	x

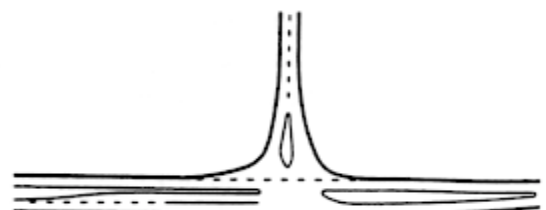
Nelihaaraiset liittymät	100	100/80	80	80/60	60	50
Avoin	x	x	x	x	x	x
Kanavoitu	x	x	x	x	x	x
Porrastettu		x	x	x	x	x
Valo-ohjattu				x	x	x
Kiertoliittymä				80/50	60/50	x
1-ramppinen etl	x	x	x	x		
2-ramppinen etl	x	x	x	x		
Mo-tason etl	x		x			

2-ajorataiset tiet nelihaaraiset liittymät	80	80/60
Kanavoitu	x	
Valo-ohjattu		x
Kiertoliittymä, 2-kaistainen		80/50
2-ramppinen etl	x	
Mo-tason etl	x	

3.1 Avoin liittymä



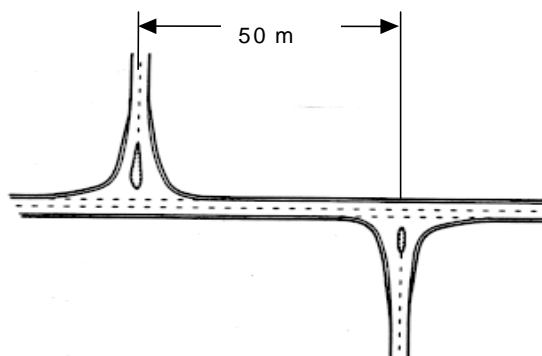
3.2 Kanavoitu liittymä



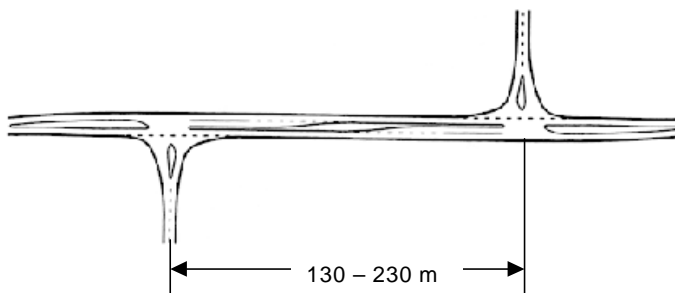
3.3 Porrastettu liittymä

Porrastettu liittymä on mallinnettu siten, että on asetettu peräkkäin kaksi kolmihaaraista liittymää, laskettu yhteen niistä aiheutuvat ajoneuvo- ja aikakustannukset sekä lisätty niihin sivutietä suoraan ajavien lisämatkasta aiheutuvat kustannukset. Suoraan ajavien osuudeksi on oletettu 1/3 sivutien haarojen keskiarvosta. Porrastettuja liittymiä on kahta tyyppiä: vasen-oikea -porrastus ja oikea-vasen -porrastus. Vasen-oikea -porrastuksen liittymien välimatkaksi on valittu 50 m ja liittymät ovat tulppaliittymiä. Oikea-vasen -porrastuksen liittymien välimatkoina on käytetty nopeusrajoituksen mukaan seuraavia arvoja: rajoituksella 100 km/h liittymien välimatka on 230 m, rajoituksella 80 km/h 180 m ja rajoituksilla 50 km/h ja 60 km/h välimatka on 130 m. Oikea-vasen -porrastetut liittymät ovat kanavoituja.

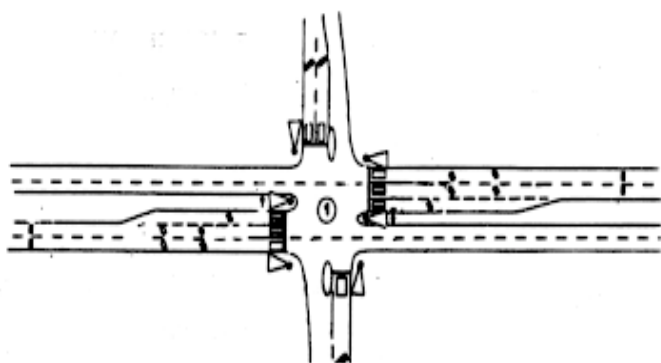
Vasen-oikea -porrastus



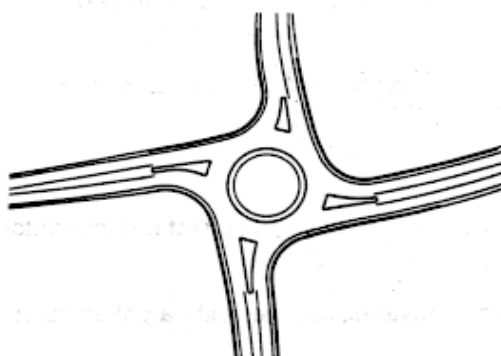
Oikea-vasen -porrastus



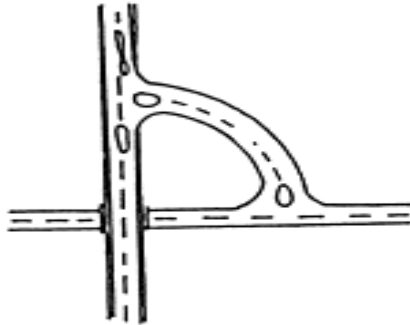
3.4 Valo-ohjattu liittymä



3.5 Kiertoliittymä



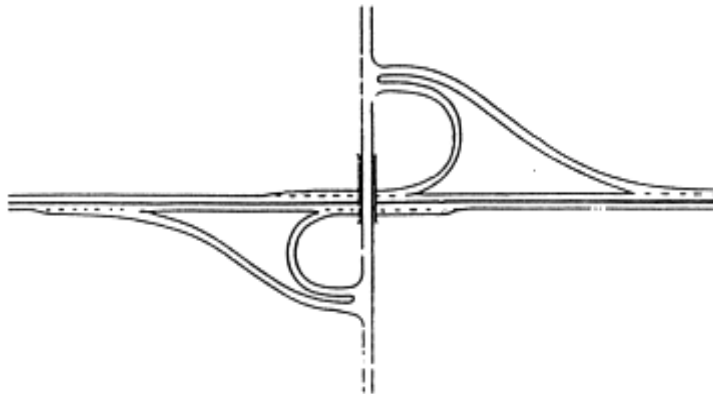
3.6 1-ramppinen eritasoliittymä



3.7 2-ramppinen eritasoliittymä



3.8 Mo-tason eritasoliittymä



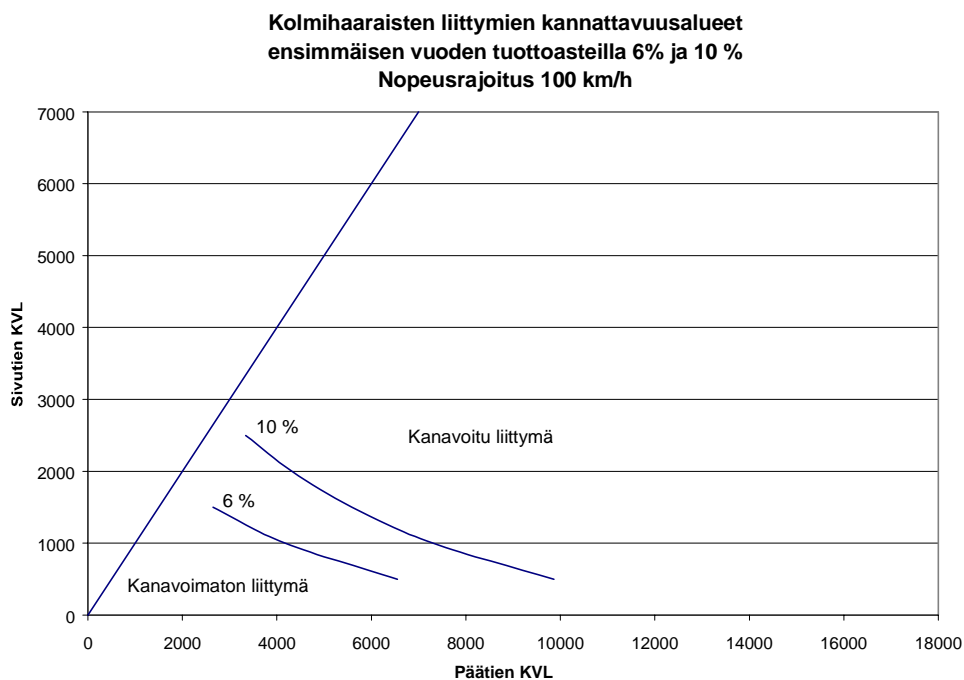
4 LIITTYMÄTYYPPIEN LIIKENNETALOUELLINEN VERTAILU

Liittymätyyppien vertailu on tehty ensisijaisesti ensimmäisen vuoden tuottoasteella 10 %, joissakin tapauksissa on käytetty myös arvoa 6 %. Seuraavassa on esitetty lyhyt kuvaus tuloksista. Kolmihaaraliittymien osalta tarkasteluun ei sisälly eritasoliittymiä, koska IVAR -ohjelmistossa ei ole käytettävissä tähän tarpeeseen soveltuvia malleja.

4.1 Kolmihaaraiset liittymät

4.1.1 Nopeusrajoitus 100 km/h

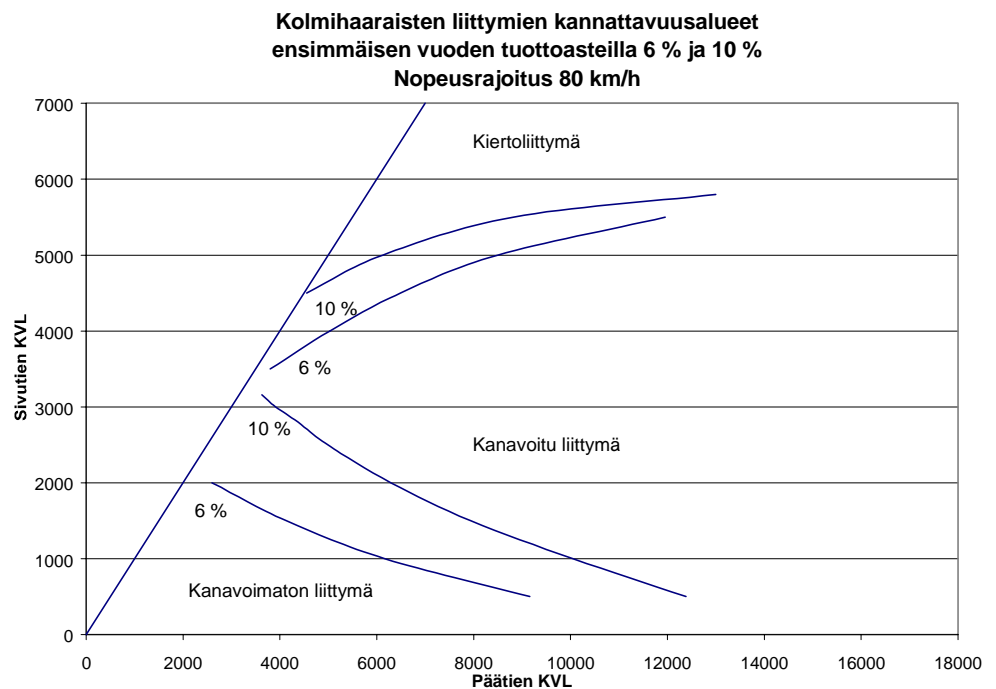
Nopeusrajoituksella 100 km/h on tarkasteltu vain avointa ja kanavoitua liittymää. Kanavoitun liittymän taloudellinen käyttöalue alkaa 10 prosentin ensimmäisen vuoden tuottoasteella liikennemäärillä (päätie/sivutie) 3000/2500 tai 10000/500.



Kuva 3. Kolmihaaraisien liittymien kannattavuusalueet nopeusrajoituksella 100 km/h. Liite 1.

4.1.2 Nopeusrajoitus 80 km/h

Nopeusrajoituksella 80 km/h on tarkasteltu avointa, kanavoitua, kiertoliittymää sekä valo-ohjausta. Kanavoitu liittymä alkaa kannattaa liikennemäärillä 4000/3000 tai 8000/1500. Kiertoliittymä kannattaa kun sivutiellä on paljon liikennettä, kannattavuusalue alkaa kohdasta 4600/4600 tai 10000/5700. Valo-ohjauksen käyttöalue on suurelta osin yhtenäinen kiertoliittymän käyttöalueen kanssa, jolloin se voi olla vaihtoehtoinen ratkaisu. Useimmissa tilanteissa kiertoliittymä oli kuitenkin edullisempi vaihtoehto.

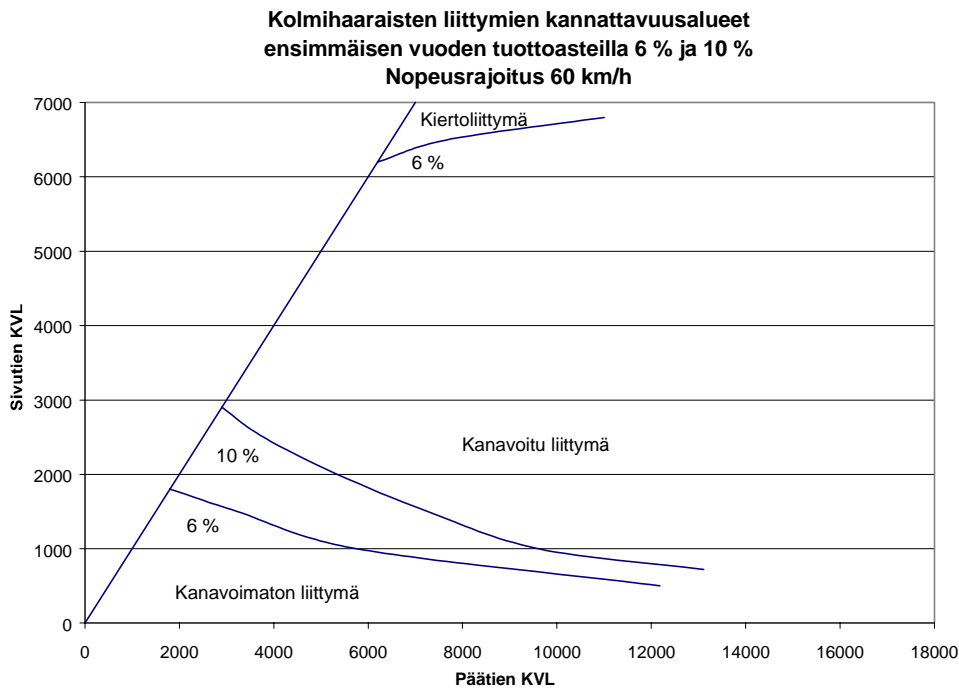


Kuva 4. Kolmihaaraisen liittymien kannattavuusalueet nopeusrajoituksella 80 km/h. Liite 2.

Ensimmäisen vuoden tuottoasteella 6 % kanavoidun liittymän alue kasvaa jonkin verran, mutta kiertoliittymän kannattavuusalue muuttuu vain vähän. Kanavoitu liittymä alkaa kannattaa liikennemäärillä 2500/2000 tai 6000/1000.

4.1.3 Nopeusrajoitus 60 km/h

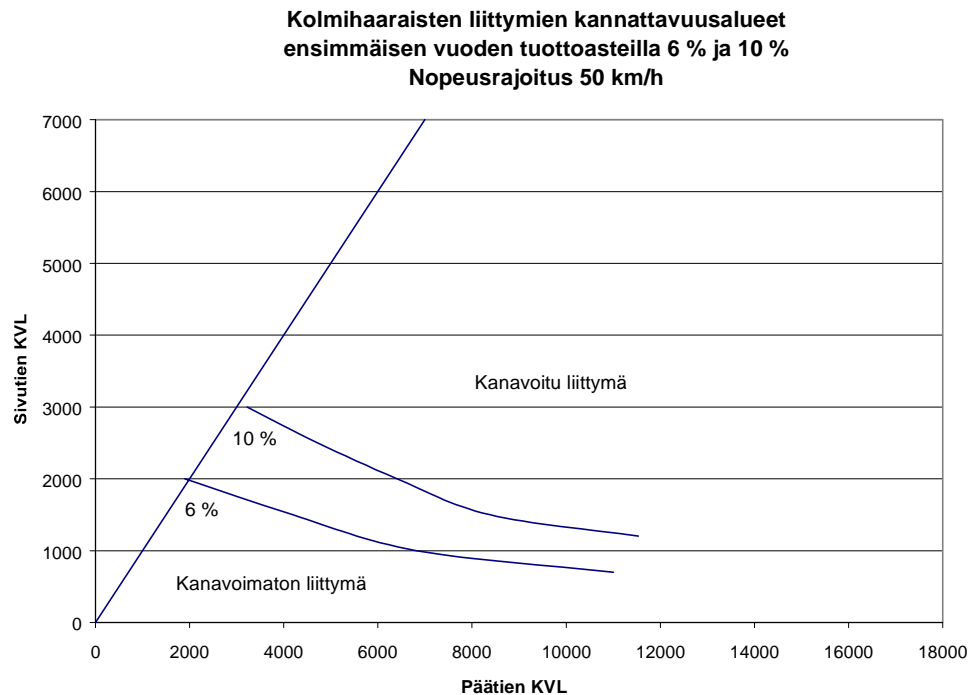
Nopeusrajoituksella 60 km/h tilanne on melko samanlainen kuin nopeusrajoituksella 80 km/h, kiertoliittymän kannattavuus tosin on selvästi heikompi, se kannattaa tarkastellulla alueella vain 6 % tuottoasteella suurilla sivutien liikennemäärillä.



Kuva 5. Kolmihaaraisten liittymien kannattavuusalueet nopeusrajoituksella 60 km/h. Liite 3.

4.1.4 Nopeusrajoitus 50 km/h

Nopeusrajoituksella 50 km/h kanavoitu liittymä kannattaa kuten edellä, kiertoliittymä sen sijaan ei enää kannata tarkastellulla alueella lainkaan.



Kuva 6. Kolmihaaraisten liittymien kannattavuusalueet nopeusrajoituksella 50 km/h. Liite 4.

4.2 Nelihaaraiset liittymät

4.2.1 Nopeusrajoitus 100 km/h

Nopeusrajoituksella 100 km/h on tarkasteltu avoimia, kanavoituja ja kaikkia eritasoliittymiä (1-ramppinen, 2-ramppinen ja mo -tasoinen) sekä pistekohdaisella nopeusrajoituksella 80 km/h lisäksi porrastettuja liittymiä.

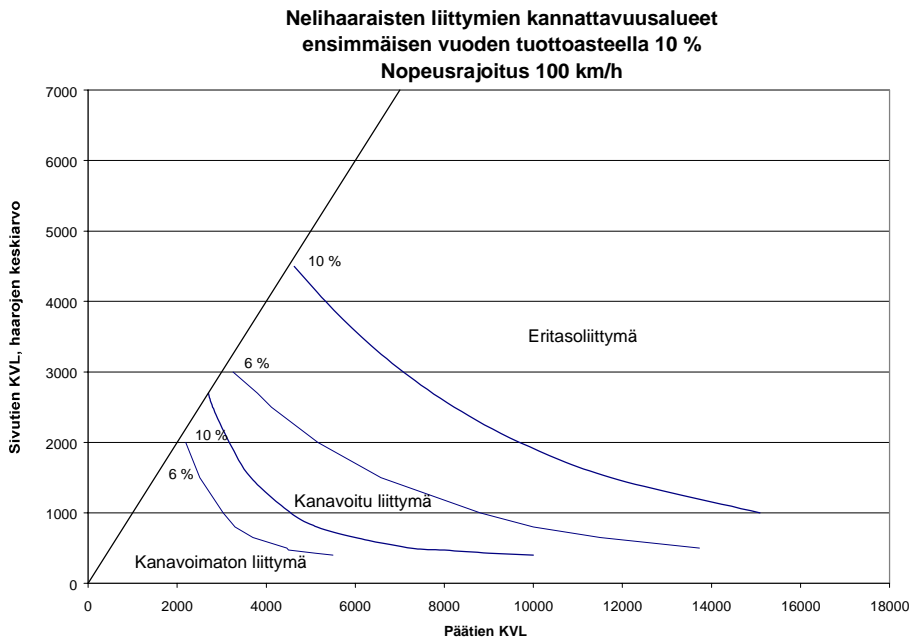
Avoin liittymä kannattaa vähäisillä liikennemäärillä. Kun liikennemäärät kasvavat, alkaa seuraavaksi kannattaa kanavoitu liittymä.

Kanavoidun liittymän taloudellinen alue rajautuu 10 % ensimmäisen vuoden tuottoasteella liikennemäärien 2500/2500 ja 7500/500 yläpuolelle, eritasoliittymät alkavat kannattaa liikennemäärillä 6100/3500 tai 11800/1500 käytettäessä kaksiramppista eritasoliittymää. Yksiramppinen ja mo -tasoinen eritasoliittymä alkavat kannattaa hieman suuremmilla liikennemäärillä. Suurta eroa ei kuitenkaan ole, joten riittävällä tarkkuudella voidaan käyttää vain yhtä eritasoliittymän kuvaajaa.

Kaksiramppinen eritasoliittymätyyppi oli kannattavin kaikilla nopeusrajoituksilla, myös 2-ajorataisten teiden tapauksessa. Eri eritasoliittymien kannattavuuserot olivat niin ikään pieniä kaikilla nopeusrajoituksilla.

Ensimmäisen vuoden tuottoasteella 6 % niin kanavoidun kuin eritasoliittymienkin kannattavuusalue alkaa aiemmin. Liikennemäärät, joilla kanavoitu liittymä alkaa kannattaa ovat 2300/2000 tai 4500/500. Eritasoliittymien kannattavuusalue alkaa liikennemäärillä 4000/2500 tai 8800/1000.

Pistekohtaisella nopeusrajoituksella 80 km/h kuvaan tulee mukaan porrastettu liittymä, joka kannattaa kun sivutiellä on vähän liikennettä ja päätiellä on vähintään 8700 ajon/d. (Kuva liitteessä 5b.)



Kuva 7. Nelihaaraisten liittymien kannattavuusalueet nopeusrajoituksella 100 km/h. Liite 5a.

4.2.2 Nopeusrajoitus 80 km/h

Nopeusrajoituksella 80 km/h on tarkasteltu avoimia, kanavoituja, porrastettuja, valo-ohjattuja, kierto- sekä eritasoliittymiä.

Avoin liittymä kannattaa kun liikennemäärät ovat vähäiset.

Kanavoidun liittymän kannattavuusalue alkaa liikennemäärillä 2300/1500 tai 8500/500.

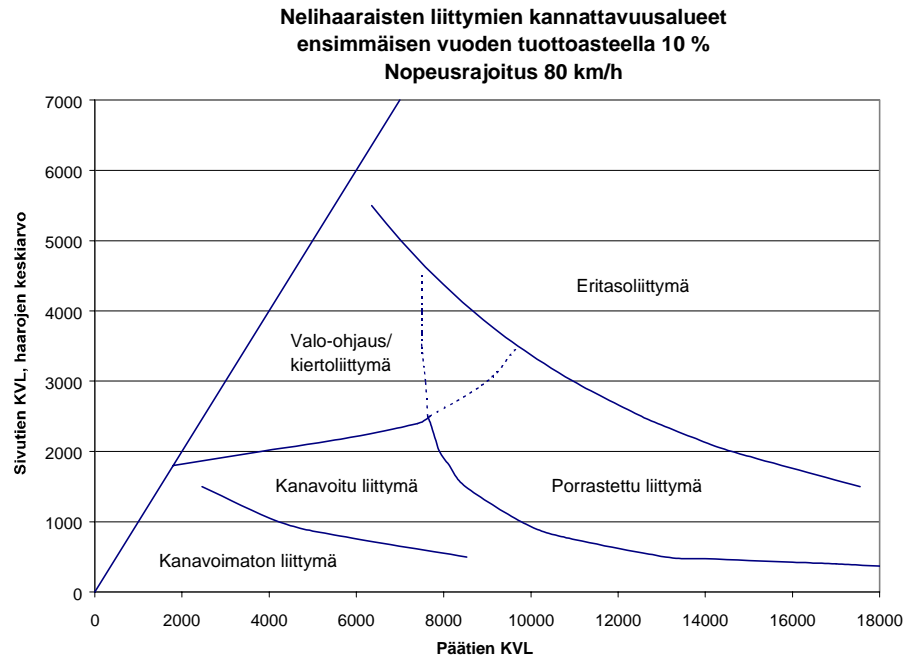
Porrastettu liittymä kannattaa kun sivutiellä ei ole paljoa liikennettä ja päätiellä on vähintään 8000 ajon/d.

Valo-ohjaus ja kiertoliittymä kannattavat kun sivutien liikennemäärä on lähellä päätien liikennemäärää. Kannattavuusalue rajautuu liikennemäärien 3000/2000, 7500/2500, 9000/3700 ja 6000/6000 väliin jäävälle alueelle.

Liikennemäärät, joilla eritasoliittymät alkavat olla kannattavia, ovat 6000/6000, 9000/3700 tai 12500/2500.

Ensimmäisen vuoden tuottoasteella 6 %, kannattavuus muuttuu siten, että kaikkien paitsi eritasoliittymien kannattavuusalueet pienenevät tasaisessa suhteessa. Eritasoliittymien kannattavuusalue vastaavasti kasvaa, ne alkavat kannattaa liikennemäärillä 5000/3500 tai 10200/1500. (Kuva liitteessä 6b.)

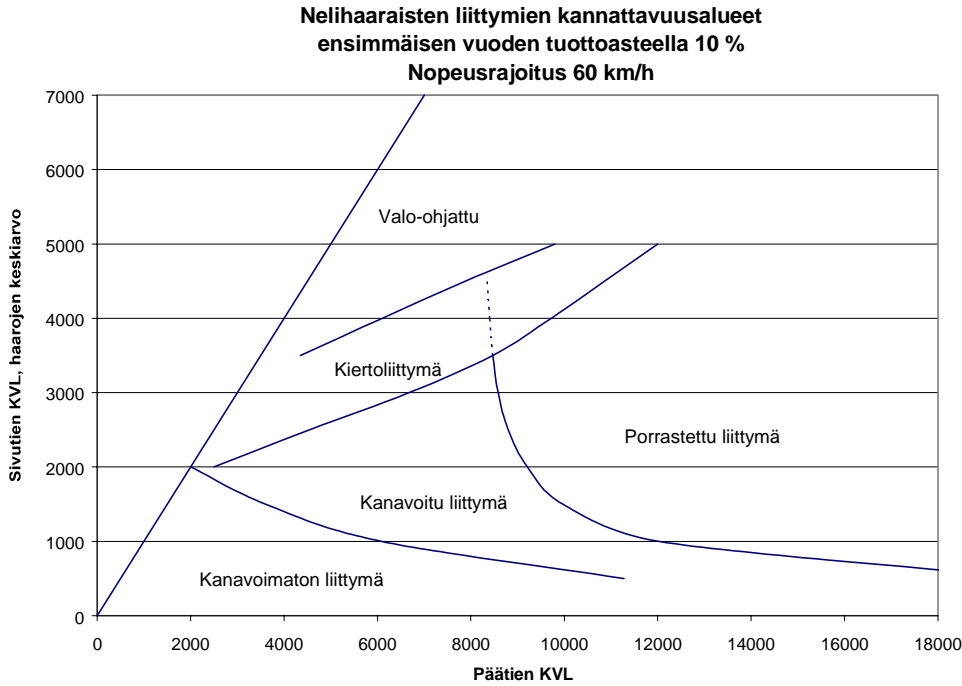
Pistekohtaisella nopeusrajoituksella 60 km/h porrastetut liittymät alkavat kannattaa huomattavasti aiemmin, alkaen päätien KVL:stä 5700 ajon/d. Kanavoidun liittymän kannattavuusalue jää pieneksi, valo-ohjaus, kiertoliittymä tai porrastettu liittymä tulee nopeasti kannattavammaksi kuin kanavoitu liittymä. (Kuva liitteessä 6c.)



Kuva 8. Nelihaaraisten liittymien kannattavuusalueet nopeusrajoituksella 80 km/h. Liite 6a.

4.2.3 Nopeusrajoitus 60 km/h

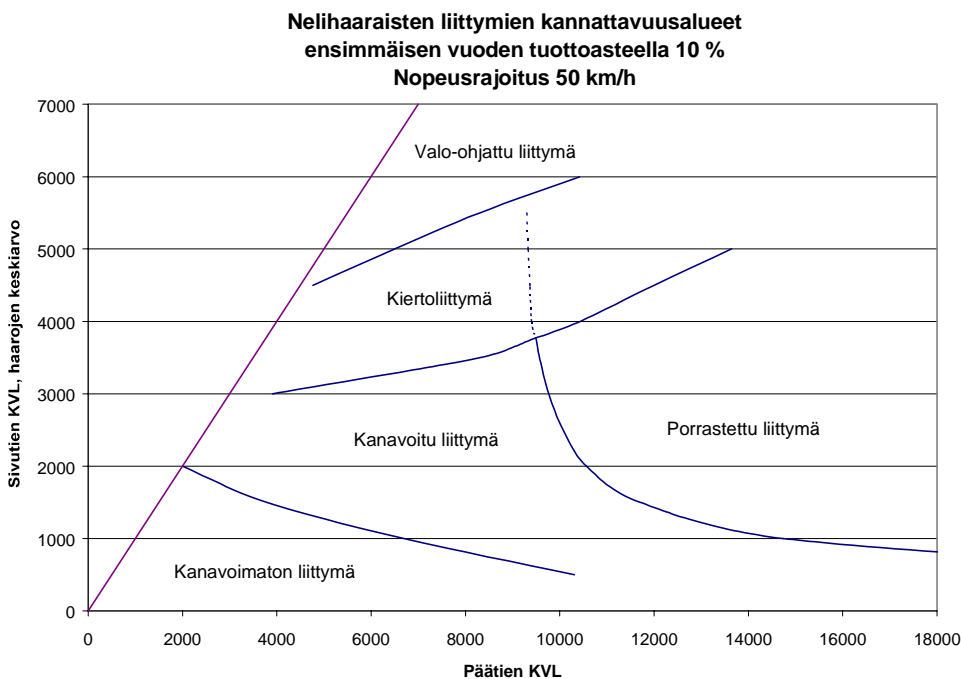
Nopeusrajoituksella 60 km/h kiertoliittymän ja valo-ohjauksen kannattavuusalueet ovat sen verran toisistaan erillään, että niitä on tarkasteltu kumpaakin erikseen. Kiertoliittymä kannattaa aiemmin kuin valo-ohjaus, mutta useimmissa tapauksissa ne ovat vaihtoehtoisia ratkaisuja. Porrastetun, kanavoidun ja avoimen liittymän kannattavuusalueet ovat saman tyyppiset kuin edellä.



Kuva 9. Nelihaaraisten liittymien kannattavuusalueet nopeusrajoituksella 60 km/h. Liite 7.

4.2.4 Nopeusrajoitus 50 km/h

Nopeusrajoituksella 50 km/h kannattavuusalueet ovat hyvin saman tyyppiset kuin nopeusrajoituksella 60 km/h, kanavoidun ja kiertoliittymän kannattavuusalueet ovat suuremmat ja valo-ohjauksen vastaavasti pienempi. Porrastettu liittymä alkaa kannattaa vasta päätien liikennemäärällä 9500 ajon/d.



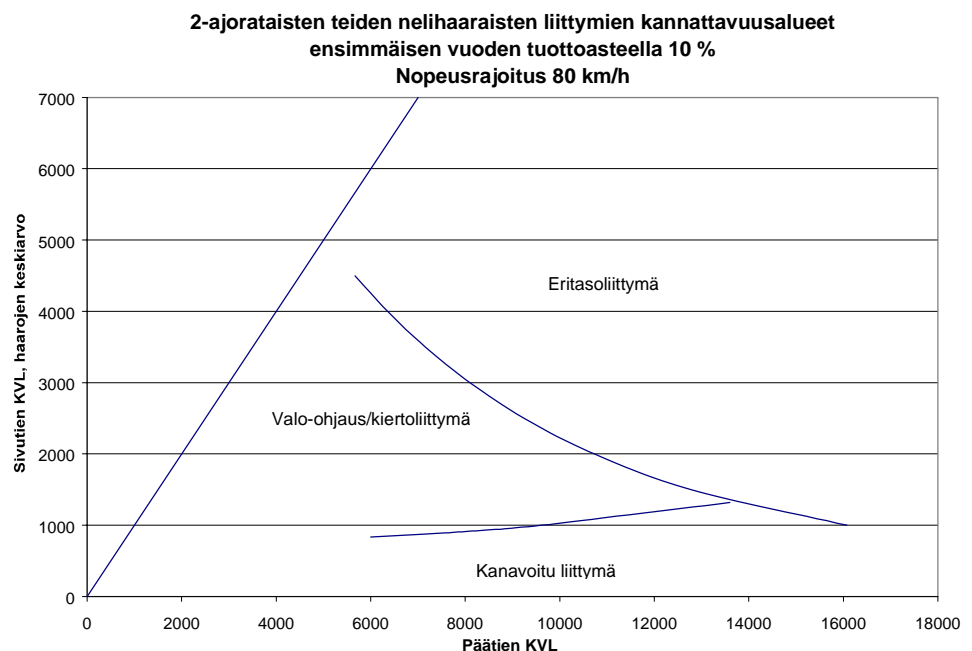
Kuva 10. Nelihaaraisten liittymien kannattavuusalueet nopeusrajoituksella 50 km/h. Liite 8.

4.3 Kaksiajorataiset tiet

Kaksiajorataisten teiden liittymiä tutkittiin nopeusrajoituksella 80 km/h. Vertailtavat nelihaaraiset liittymät olivat kanavoitu liittymä, 2-kaistainen kiertoliittymä, 2-ramppinen eritasoliittymä sekä mo-tason eritasoliittymä. Tässä tapauksessa muita liittymiä verrattiin kanavoituun liittymään, koska katsottiin, että kanavoimaton liittymä 2-ajorataisella tiellä on lähinnä teoreettinen vaihtoehto. Onnettomuuskustannukset otettiin kuitenkin avoimesta liittymästä, koska ne ovat osoittautuneet IVARissa kaikkein luotettavimmiksi. Eri liittymien onnettomuuskustannukset saatiin kertomalla avoimen liittymän onnettomuuskustannukset TARVA -kertoimilla, jotka tässä oletettiin samoiksi kuin 1-ajorataisessa tapauksessa.

Tarkastelut on tehty ensimmäisen vuoden tuottoasteella 10 %. Kiertoliittymän ja valo-ohjatun liittymän kannattavuusalueet ovat sen verran lähellä toisiaan, ettei niitä ole eroteltu. Liitteessä 9 olevassa kuvassa näkyy valo-ohjatun liittymän kannattavuusalue. Kiertoliittymän kannattavuusalue alkaa todellisuudessa hieman korkeammalta, mutta kuitenkin varsin läheltä valo-ohjauksen kannattavuusaluetta. Valo-ohjauksen/kiertoliittymän kannattavuusalue alkaa kohdasta 5000/800 tai 9600/1000.

Eritasoliittymän taloudellinen käyttöalue alkaa liikennemäärillä 6400/ 4000 tai 12800/1500. Kyseessä on kaksiramppinen eritasoliittymä, mo-tasoisen eritasoliittymän kannattavuusalue alkaa hieman kauempaa.

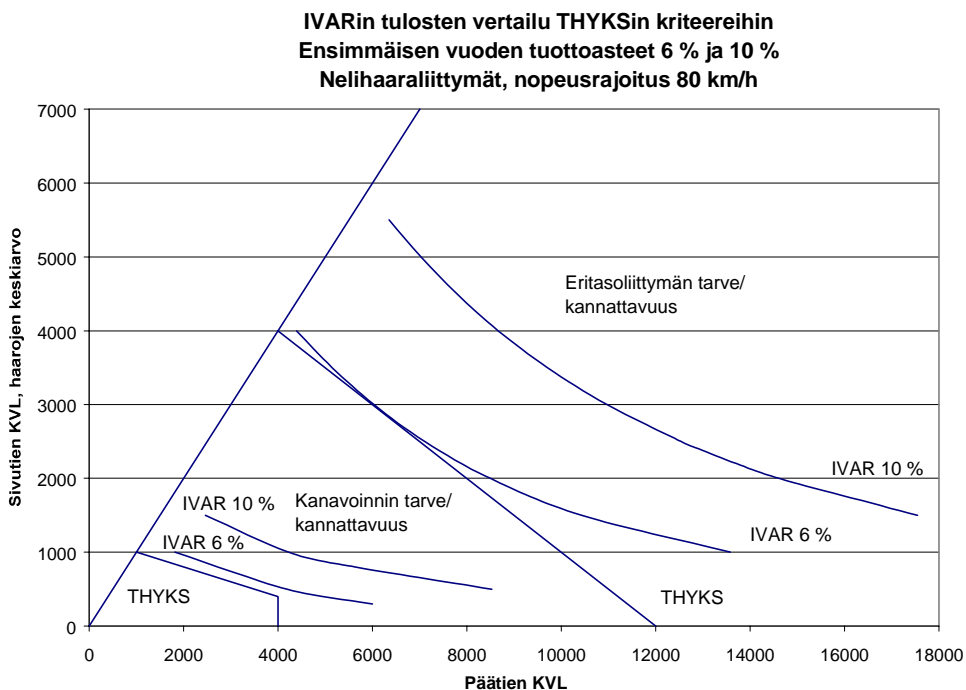


Kuva 11. Kaksiajorataisten teiden nelihaaraliittymien kannattavuusalueet nopeusrajoituksella 80 km/h. Liite 9.

5 VERTAILU AIEMPIIN OHJEISIIN

Aikaisemmin 1980-luvulla käytettiin vastaavantyyppisiä karkeita liikennemääräkriteerejä pääsuunnassa kanavoidun ja eritasoliittymän tarpeen arviointiin laadittaessa pitkän aikavälin ns. THYKS-suunnitelmaa. Seuraavassa on verrattu nyt saatuja tuloksia näihin kriteereihin.

IVAR -ohjelmalla laskettu eritasoliittymän kannattavuusalue alkaa suuremmilla liikennemäärillä kuin THYKSin puutekriteerien perusteella voitiin päätellä. Samoin kanavoitiin pitäisi IVARin mukaan olla enemmän liikennettä.

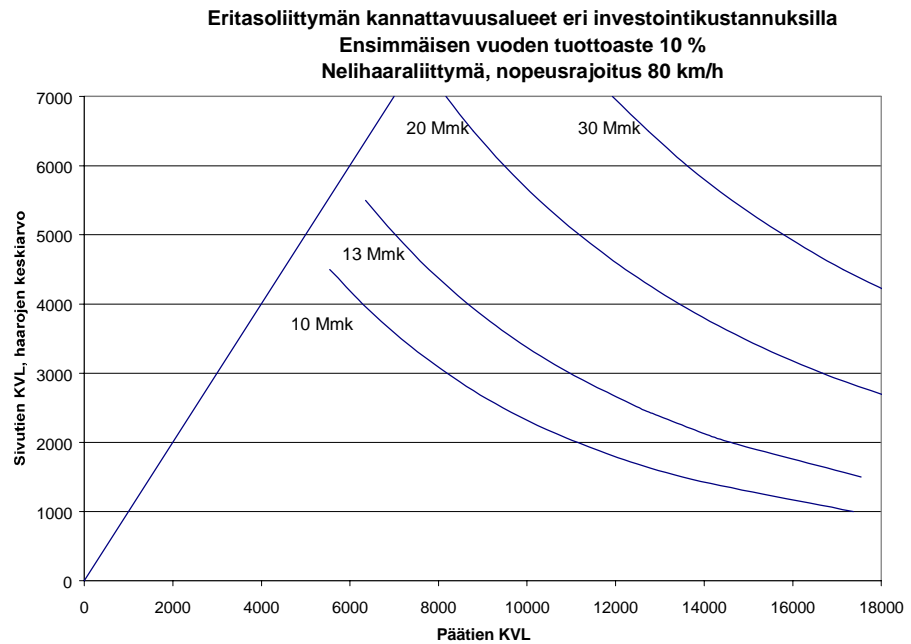


Kuva 12. IVARin tulosten vertailu THYKSin kriteereihin.

6 TULOSTEN HERKKYYSTARKASTELUA

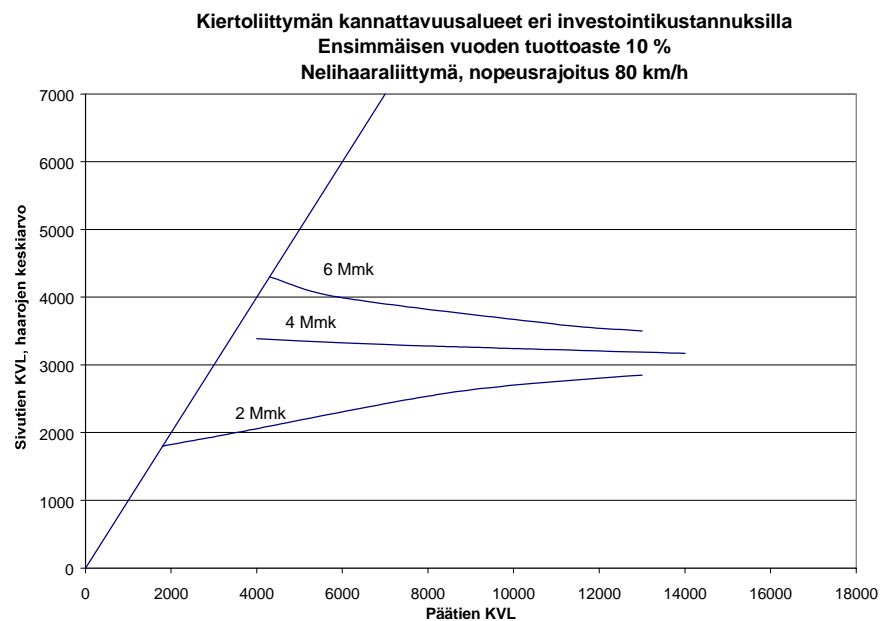
Koska ensimmäisen vuoden tuottoaste on kääntäen verrannollinen investointikustannuksiin, on tutkittu, miten paljon investointikustannusten muutos vaikuttaa kannattavuusalueisiin. Seuraavassa on tarkasteltu (2-ramppisen) eritasoliittymän ja kiertoliittymän kannattavuusalueita muutamalla eri investointikustannuksella.

Eritasoliittymän investointikustannuksina käytettiin edellisten kannattavuus-tarkastelujen kustannusarvion 13 Mmk ohella 10, 20 ja 30 Mmk. Kuvassa 13 on esitetty eritasoliittymän kannattavuusalueet näillä investointikustannuksilla. Kuvan perusteella voidaan todeta, että kannattavuusalueet ovat samanmuotoisia, mutta investointikustannusten kasvu nostaa tarvittavaa liikennemäärää varsin paljon. Kun 13 Mmk:n kustannuksilla eritasoliittymän kannattavuusalue alkoi kokonaisliikenteellä 12000 (6500/5500), tarvitaan 30 Mmk:n kustannuksilla liikennettä vähintään 19000 (12000/7000).



Kuva 13. Eritasoliittymän herkkyystarkastelu

Kiertoliittymän tarkastellut investointikustannukset olivat 2 (alkuperäinen), 4 ja 6 Mmk. Kuvassa 14 on esitetty kierto liittymän kannattavuusalueet näillä kustannuksilla. Kannattavuusalueiden muoto muuttuu jonkin verran: kun 2 Mmk:n kustannuksilla päätien liikenteen kasvaessa tarvittiin sivutiellä yhä enemmän liikennettä, 6 Mmk:n tapauksessa asia on päinvastoin. Tämä tarkoittaa, että kun sivutien liikennemäärä on suuri suhteessa päätien liikennemäärään, kustannukset vaikuttavat kannattavuuteen melko paljon. Kun päätiellä on paljon liikennettä, kustannusten nousu ei vaikuta alueisiin paljoakaan. Kokonaisuudessaan kuitenkin eritasoliittymä on herkempi kustannusten vaihtelulle kuin kierto liittymä.



Kuva 14. Kiertoliittymän herkkyystarkastelu.

7 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli selvittää ensisijaisesti IVAR -ohjelmiston mallien avulla, miten eri liittymäratkaisuja voitaisiin paremmin arvioida eri näkökulmista. Tarkasteluissa kiinnitettiin päähuomio suoranaisten toimivuuden tunnuslukujen sijaan eri liittymätyypeistä tienkäyttäjille koituviin lisäkustannuksiin.

Tielaitoksen yleisesti käyttämän IVAR -ohjelmiston avulla laskettiin eri liittymätyyppien aiheuttamat ajoneuvo- ja aikakustannukset eri liikennemäärillä. Turvallisuusvaikutukset arvioitiin TARVA -ohjelmiston vaikutuskertoimien avulla ja investointikustannukset mm. RAKUSTI -ohjelmiston avulla.

Yhdistämällä eri kustannuskomponentit voitiin arvioida eri liittymätyyppien keskinäistä taloudellisuutta. Vaikka tarkastelut tehtiinkin yksinkertaistamalla varsin suuri osa tarkasteluihin vaikuttavista tekijöistä, voidaan saatujen tulosten avulla arvioida kullekin liittymätypille keskimäärin soveltuvia käyttöalueita. Varsinaiset tulokset on esitetty luvussa 4 sekä liitekuviissa.

Vertailuperusteena käytettiin ensimmäisen vuoden tuottoastetta ja sen raja-arvoja 10 % ja 6 %. Merkittävässä tiehankkeissa 10 %:n tuottoaste vastaa useimmiten hyötykustannussuhteen arvoa 2 ja 6 %:n tuottoaste h/k-arvoa 1. Yksittäisten liittymien parantamisessa on useimmiten edellytetty ensimmäisen vuoden tuottoasteelta jonkin verran suurempaa arvoa kuin isoissa tiehankkeissa.

Tuloksia verrattiin myös 1980-luvulla tehtyihin puutekriteereihin. Nyt saadut tulokset edellyttivät 10 %:n tuottoastevaatimuksella laskettuna jonkin verran suurempia liikennemääriä vertailuille toimenpiteille kuin aiemmin oli käytetty.

Herkkyystarkastelujen avulla selvitettiin myös investointikustannusten merkitystä taloudelliseen kannattavuusalueeseen kahden liittymätypin osalta. Näiden perusteella voidaan arvioida, että vaadittaessa suurempaa 10 %:n tuottoastetta, säästöt kattavat varsin hyvin myös mahdolliset investointikustannuksissa olevat virhearviot.

Eri nopeusrajoituksia verrattaessa voidaan todeta, että yleisiin puutekriteereihin parhaiten soveltunevat nopeusrajoitukselle 80 km/h tehdyt kannattavuusrajat. Nopeusrajoituksella 100 km/h voidaan helposti yliarvioida saatavat hyödyt, jolloin kannattavuusraja saattaa olla liian alhaalla. Näissä tilanteissa voi usein olla edullisempaa alentaa rajoitusta kuin parantaa liittymää. Alempiin nopeusrajoituksiin liittyy usein merkittäviä kevyeen liikenteeseen ja ympäristöön liittyviä tekijöitä, joita ei tässä tarkastelussa ole otettu huomioon, mikä vähentää saatujen tulosten käytettävyyttä yleisinä puutekriteereinä.

Hankekohtaisten tarkastelujen osalta näitä tuloksia kannattaa käyttää vain rajoitetusti. Yksittäisen hankkeen osalta on aina selvitettävä todellinen kustannusarvio, arvioidut turvallisuusvaikutukset ottamalla huomioon myös tapahtuneet onnettomuudet sekä tarvittaessa myös eri liikennevirtojen suhteelliset osuudet kokonaisliikenteestä. Nämä tekijät vaikuttavat yhdessä niin merkittävästi, että luotettavan kannattavuusarvion tekeminen edellyttää lähes aina erillisiä selvityksiä.

8 VIITTEET

RAKUSTI – Tiehankkeen rakennuskustannusten arviointiohjelma, Uudenmaan tiepiiri 1995, LT-Konsultit Oy

Turvallisuusvaikutusten arviointi vaikutuskertoimilla – Käyttöohje, TARVA 3.1, Tielaitos, Hallinto-osasto 1997

IVAR – Investointihankkeiden vaikutusten arviointiohjelma, tuotantoversio 1.2, korjattu systeemimääritelmä, Tielaitos, Tie- ja liikennetekniikka, SysOpen Yhtiöt Oy, Inframan Oy, 1998, julkaisematon

IVAR -ohjelmiston käyttäjän opas, Tielaitos, 1998, julkaisematon

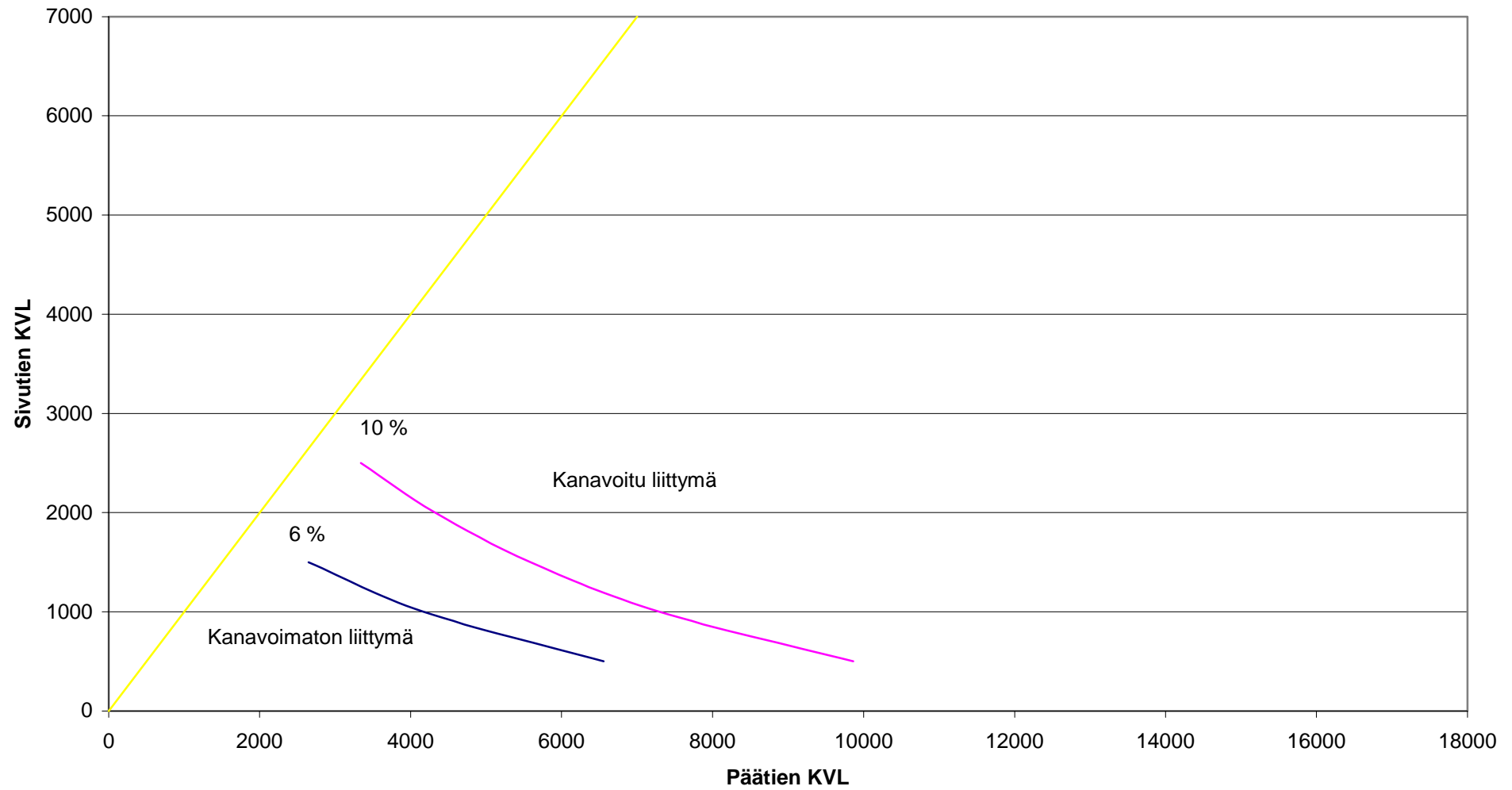
IVAR -ohjelmiston mallien liikennetekninen kehittäminen, Tielaitos, Tie- ja liikennetekniikka, 1998, julkaisematon

Liittymien viivytys- ja polttoaineenkulutussmallit, diplomityö, Hanna Kari, 1993

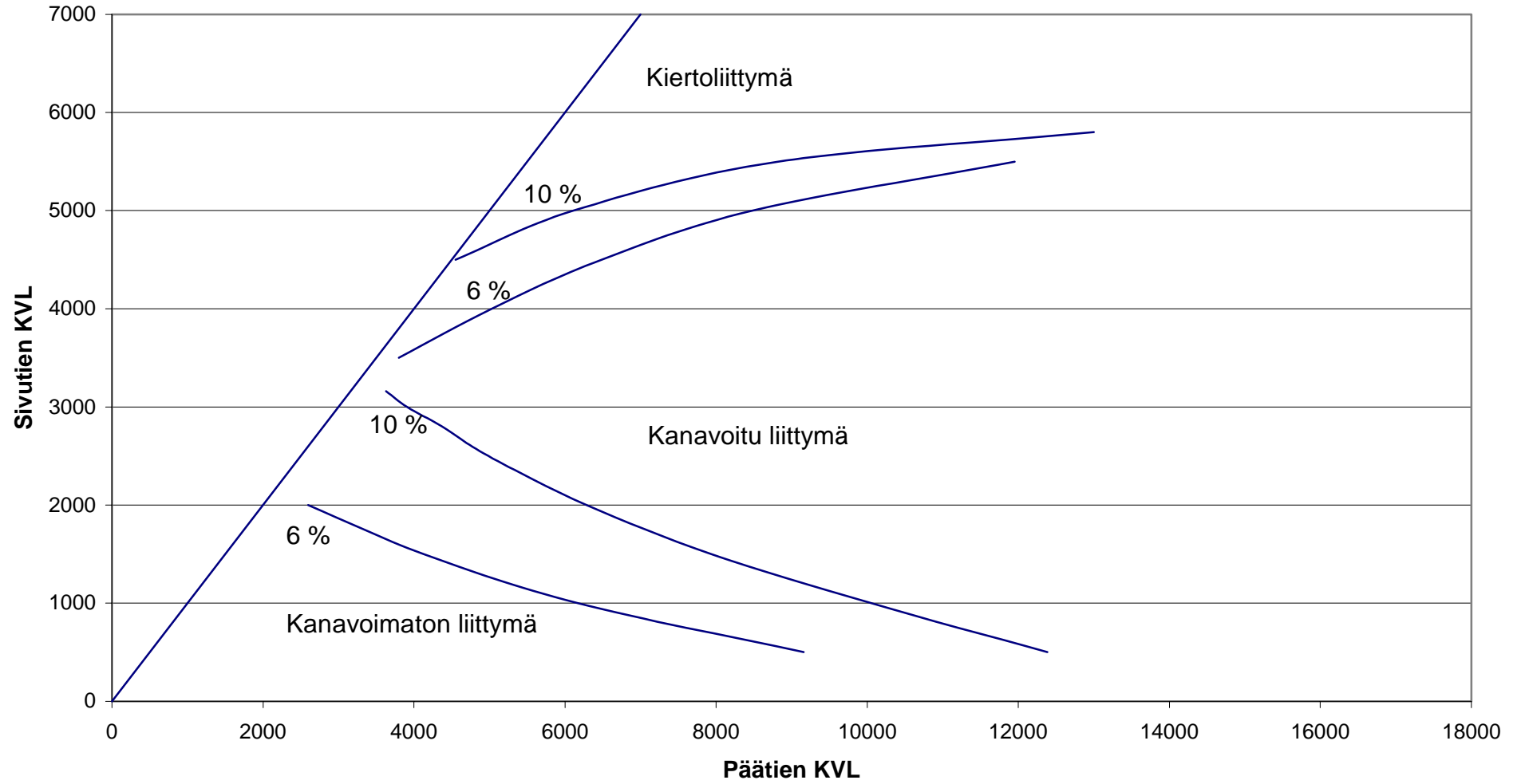
9 LIITTEET

- Liite 1.* Kolmihaaraiset liittymät, 100 km/h
- Liite 2.* Kolmihaaraiset liittymät, 80 km/h
- Liite 3.* Kolmihaaraiset liittymät, 60 km/h
- Liite 4.* Kolmihaaraiset liittymät, 50 km/h
- Liite 5a.* Nelihaaraiset liittymät, 100 km/h
- Liite 5b.* Nelihaaraiset liittymät, 100/80 km/h
- Liite 6a.* Nelihaaraiset liittymät, 80 km/h, 1. vuoden tuottoaste 10 %.
- Liite 6b.* Nelihaaraiset liittymät, 80 km/h, 1. vuoden tuottoaste 6 %.
- Liite 6c.* Nelihaaraiset liittymät, 80/60 km/h
- Liite 7.* Nelihaaraiset liittymät, 60 km/h
- Liite 8.* Nelihaaraiset liittymät, 50 km/h
- Liite 9.* Kaksiajorataiset tiet, nelihaaraiset liittymät, 80 km/h

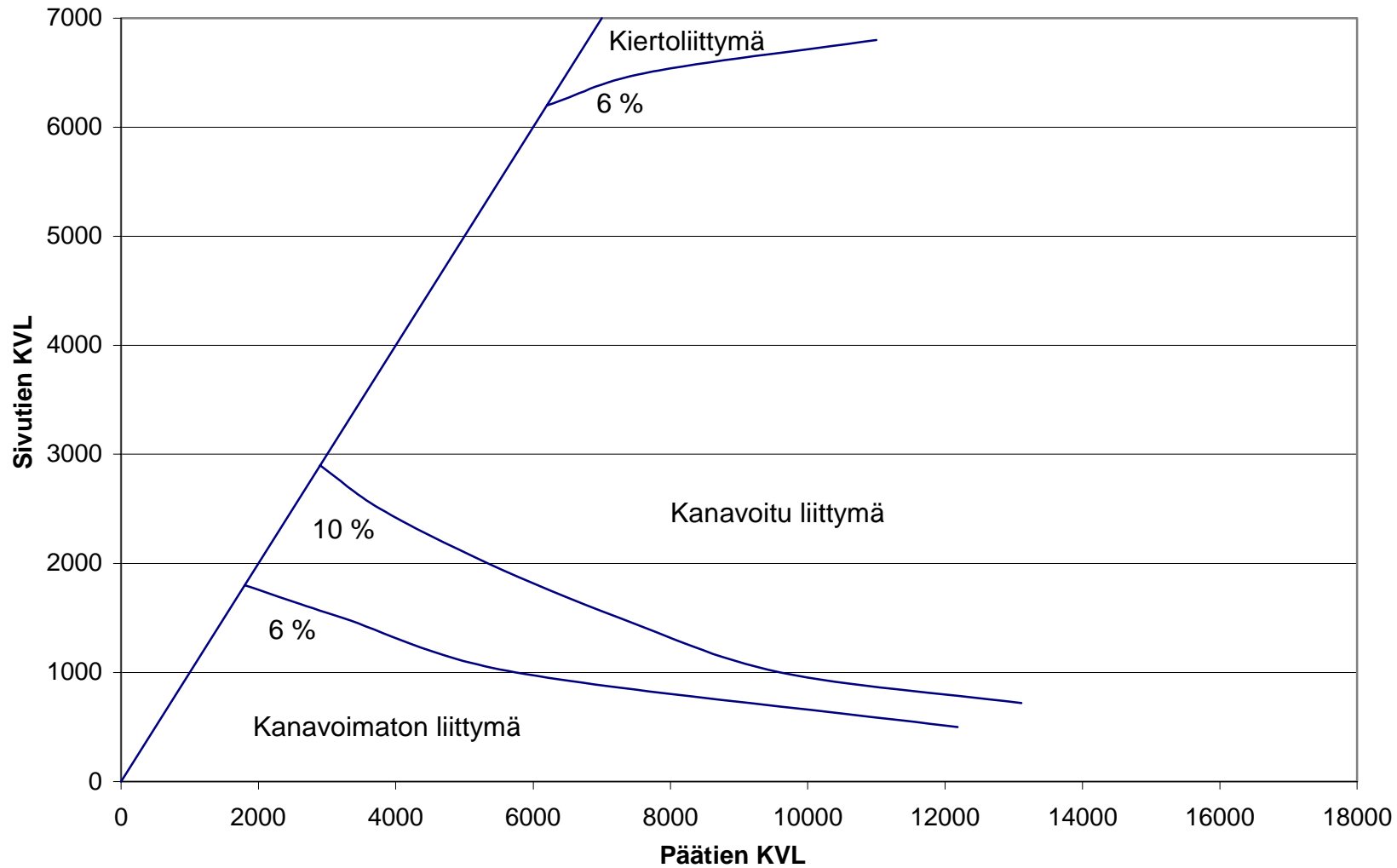
**Kolmihaaraisten liittymien kannattavuusalueet ensimmäisen vuoden tuottoasteilla 6% ja 10 %
Nopeusrajoitus 100 km/h**



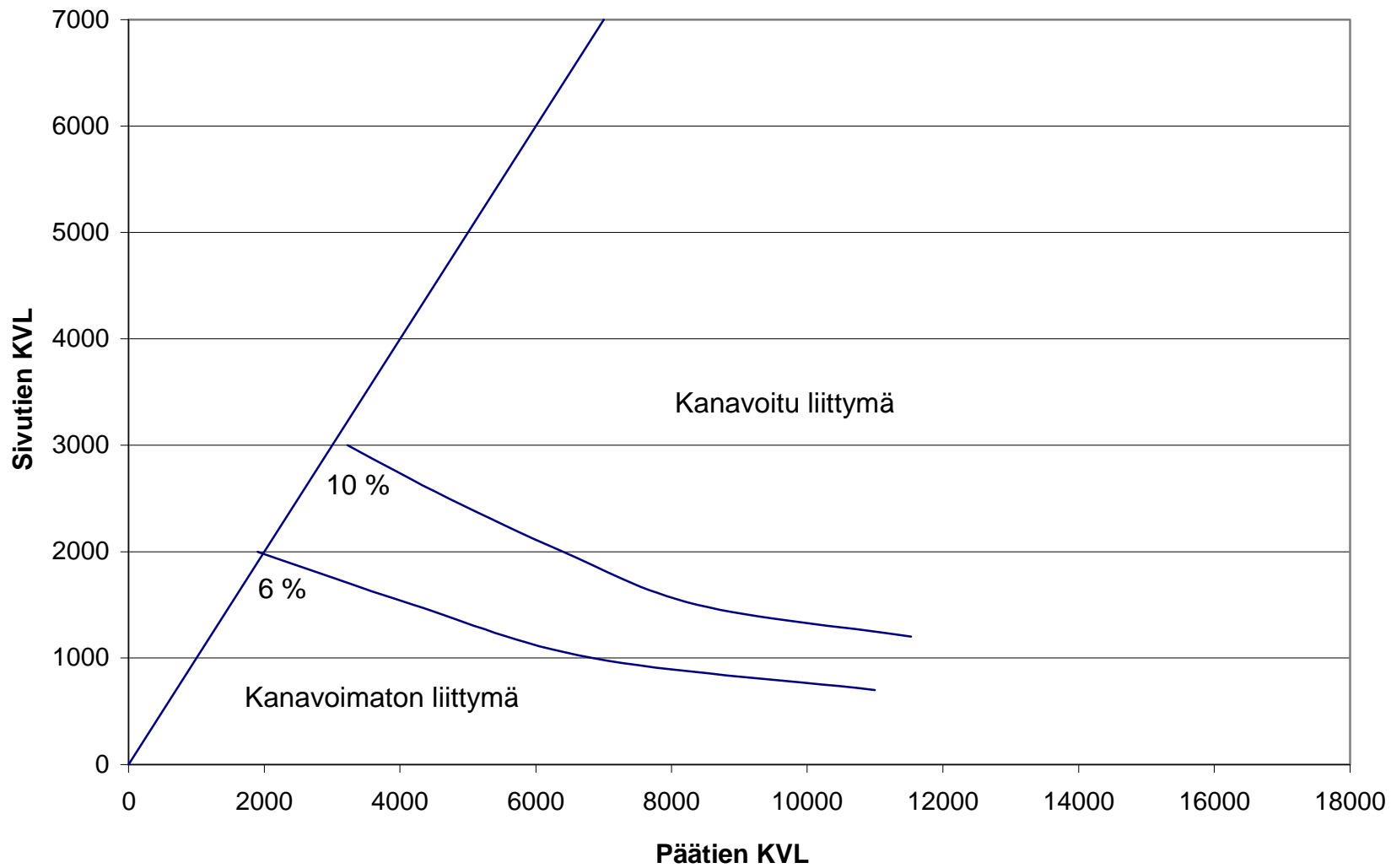
**Kolmihaaraisten liittymien kannattavuusalueet ensimmäisen vuoden tuottoasteilla 6 % ja 10 %
Nopeusrajoitus 80 km/h**



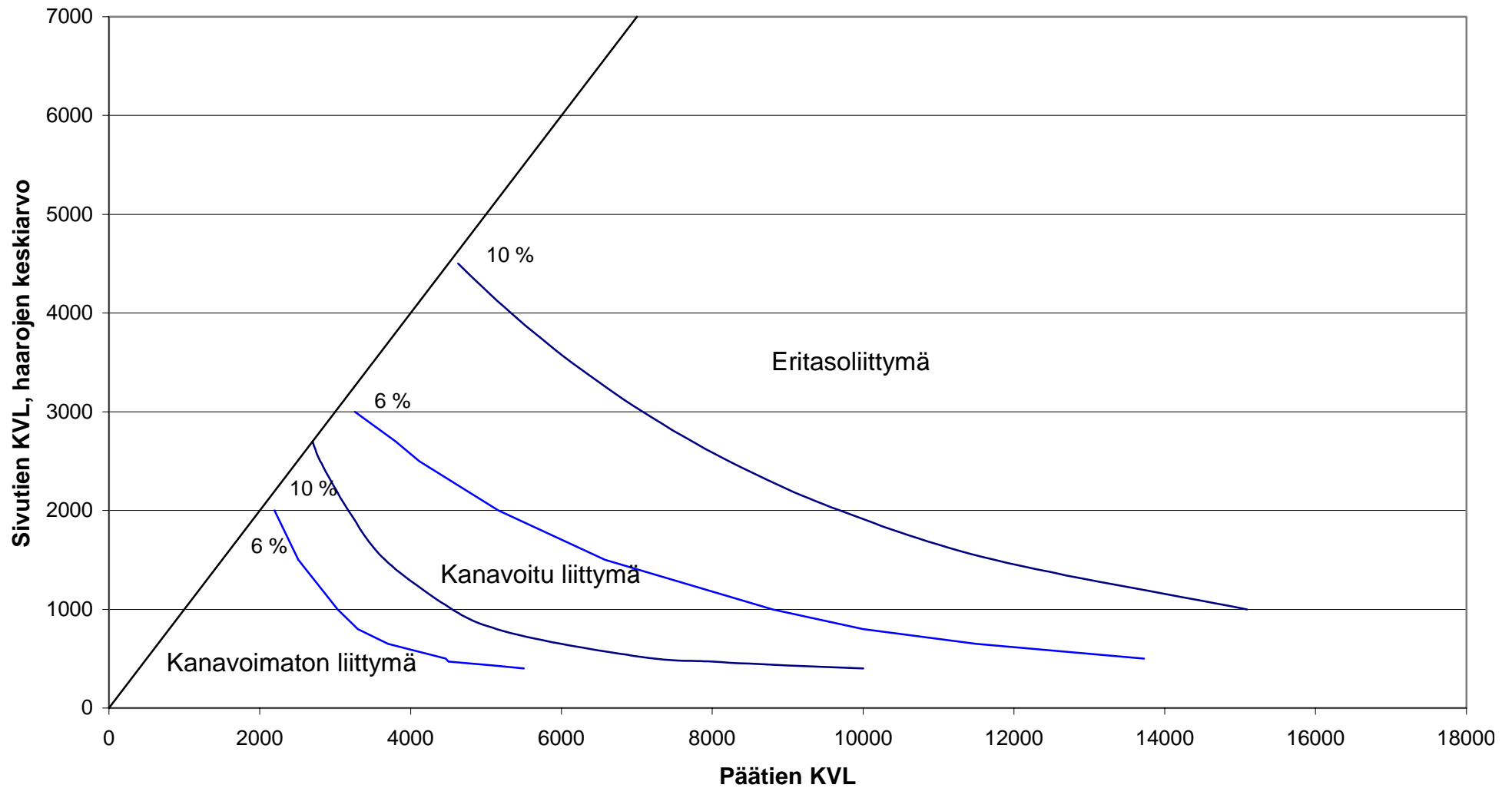
**Kolmihaaraisten liittymien kannattavuusalueet
ensimmäisen vuoden tuottoasteilla 6 % ja 10 %
Nopeusrajoitus 60 km/h**



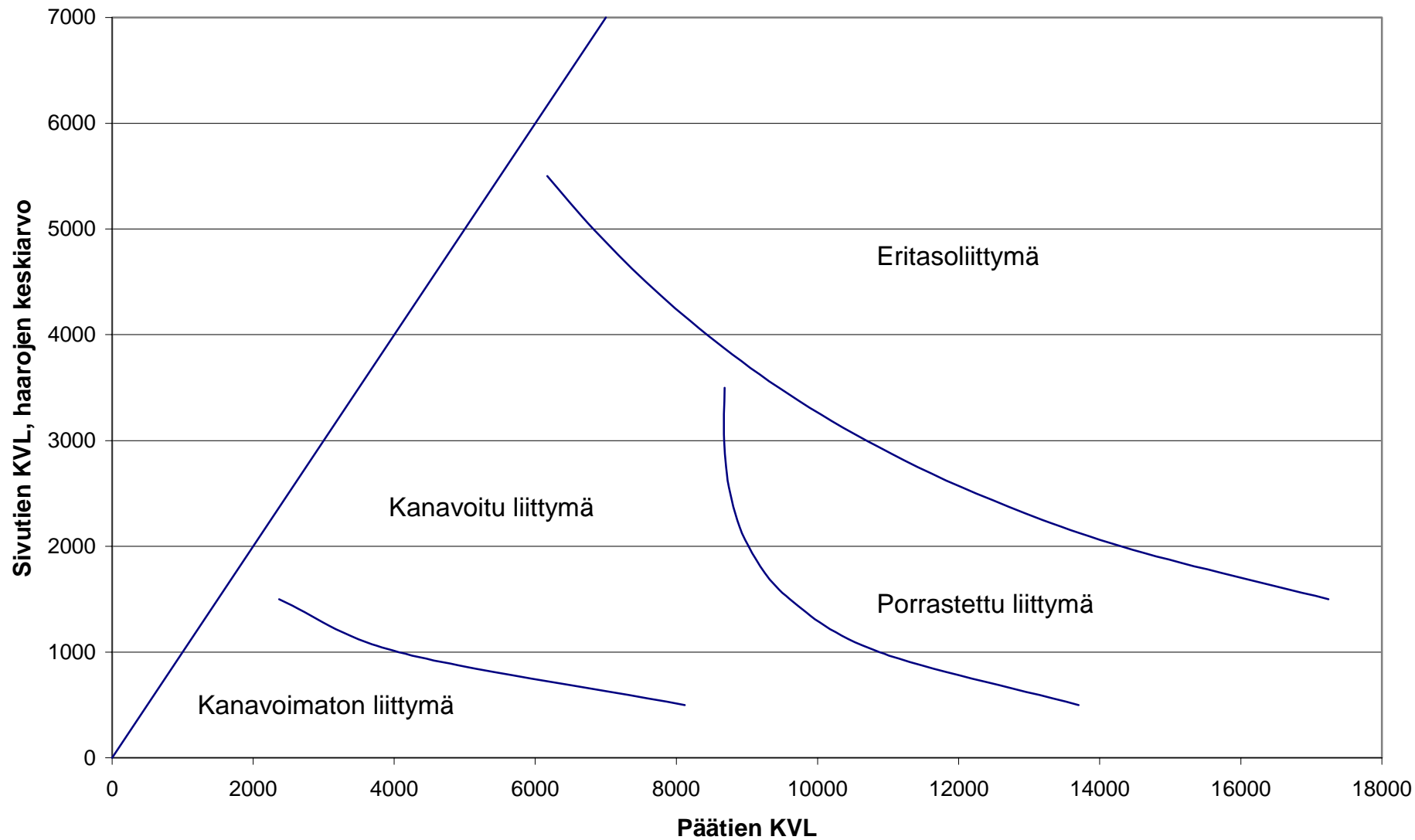
**Kolmihaaraisten liittymien kannattavuusalueet
ensimmäisen vuoden tuottoasteilla 6 % ja 10 %
Nopeusrajoitus 50 km/h**



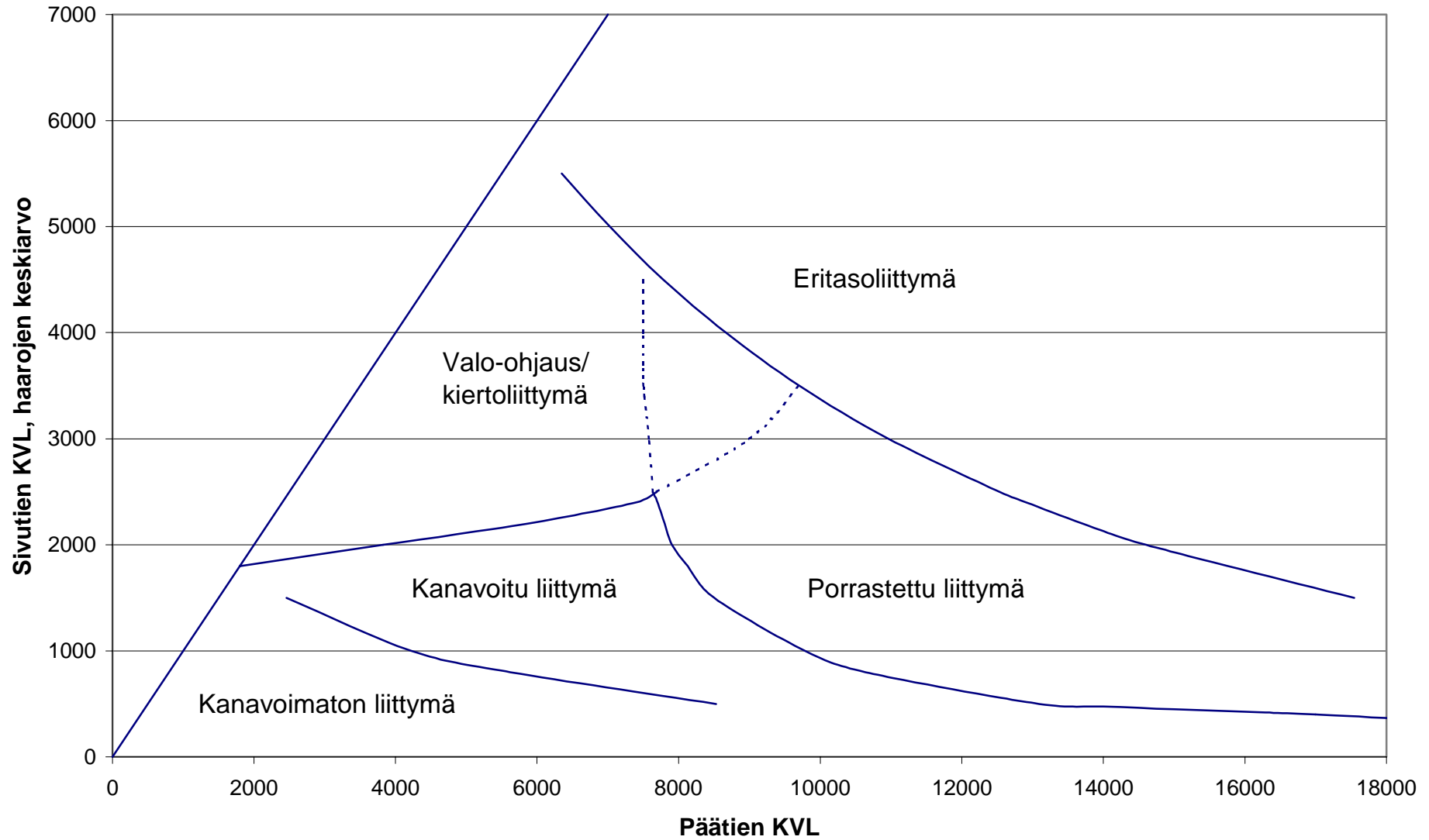
**Nelihaaraisten liittymien kannattavuusalueet ensimmäisen vuoden tuottoasteella 10 %
Nopeusrajoitus 100 km/h**



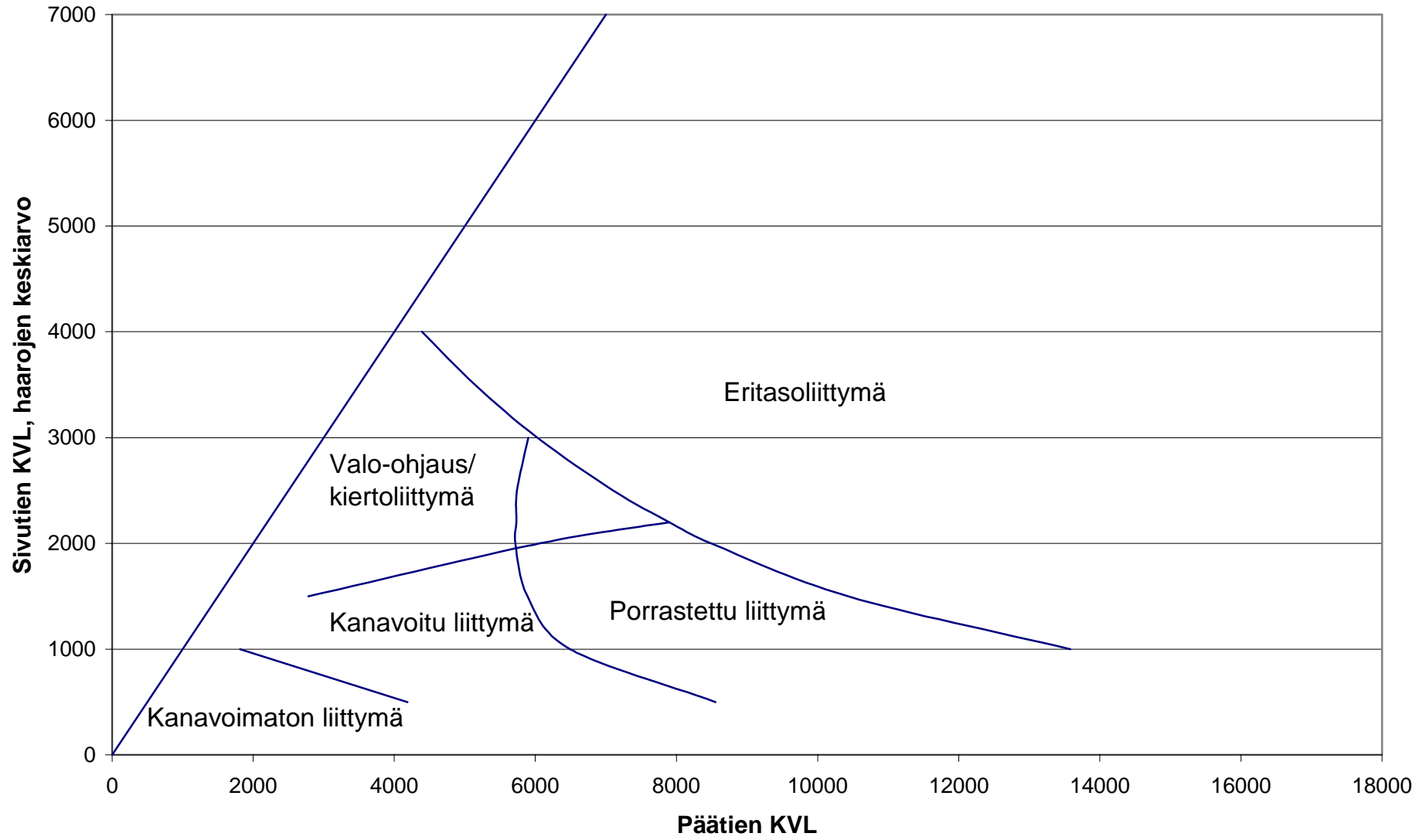
**Nelihaaraisten liittymien kannattavuusalueet ensimmäisen vuoden tuottoasteella 10 %
Nopeusrajoitus 100 km/h, pistekohtainen nopeusrajoitus 80 km/h**



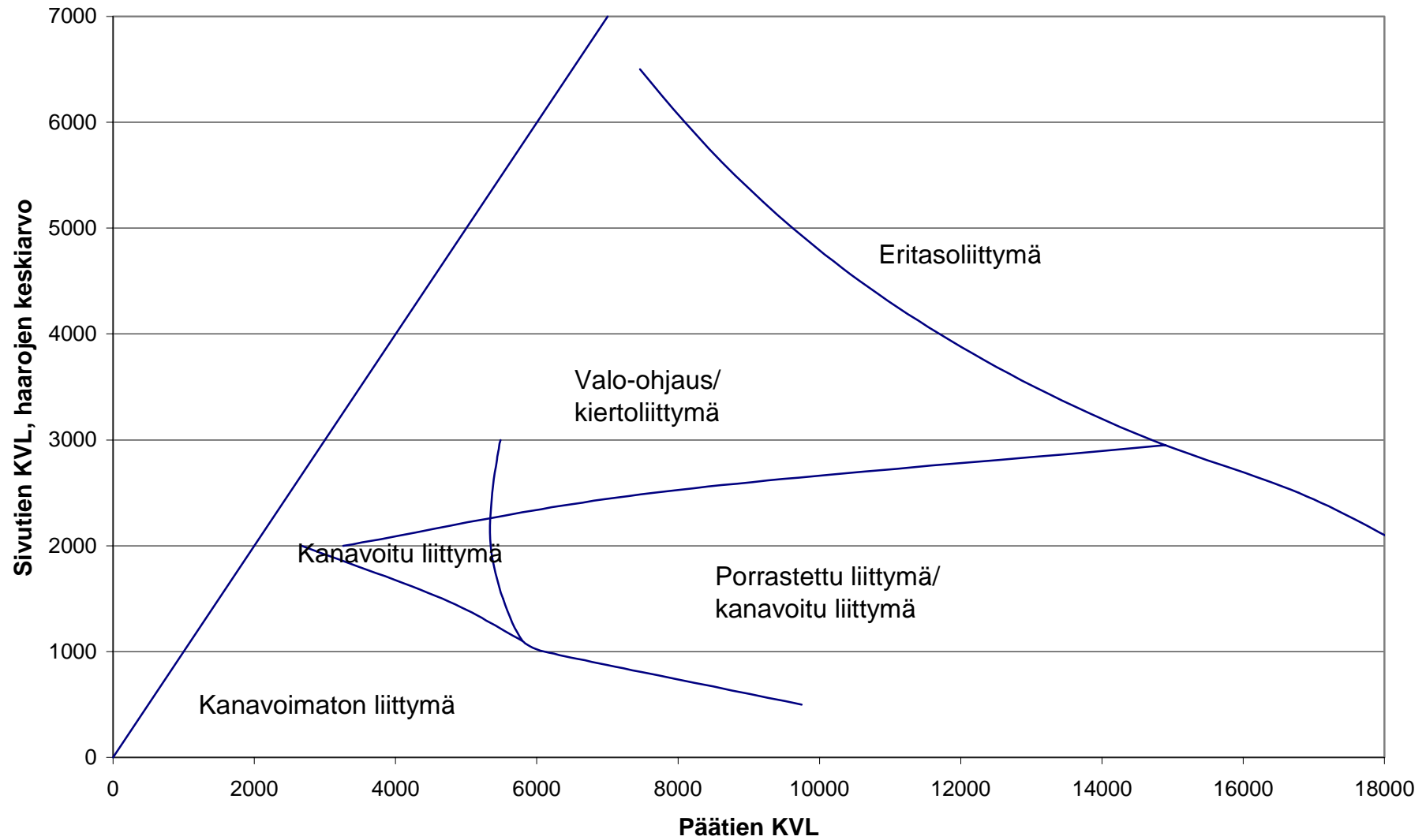
**Nelihaaraisten liittymien kannattavuusalueet ensimmäisen vuoden tuottoasteella 10 %
Nopeusrajoitus 80 km/h**



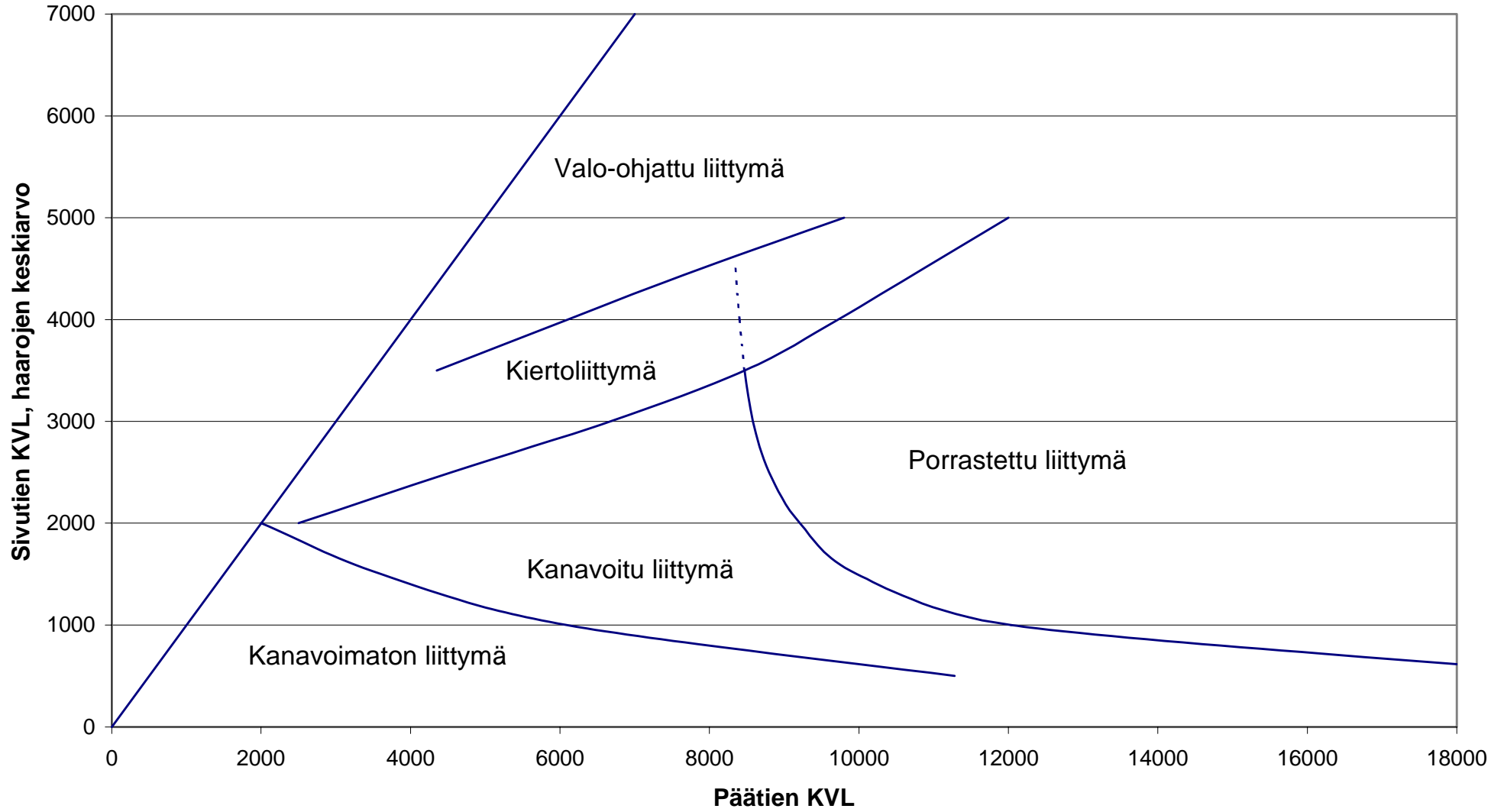
Nelihaaraisten liittymien kannattavuusalueet ensimmäisen vuoden tuottoasteella 6 %
Nopeusrajoitus 80 km/h



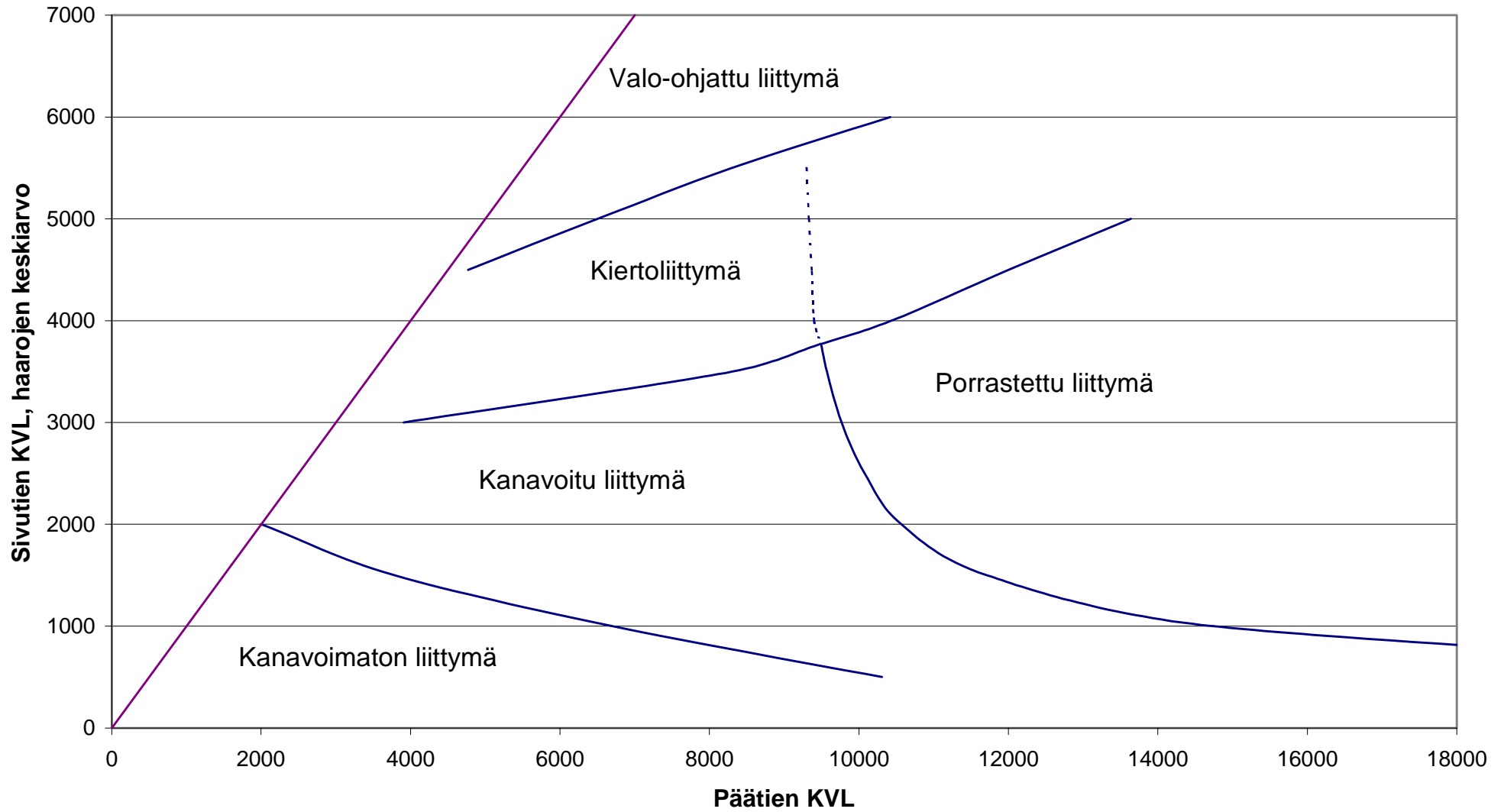
**Nelihaaraisten liittymien kannattavuusalueet ensimmäisen vuoden tuottoasteella 10 %
Nopeusrajoitus 80 km/h, pistekohtainen nopeusrajoitus 60 km/h**



Nelihaaraisten liittymien kannattavuusalueet ensimmäisen vuoden tuottoasteella 10 %
Nopeusrajoitus 60 km/h



**Nelihaaraisten liittymien kannattavuusalueet ensimmäisen vuoden tuottoasteella 10 %
Nopeusrajoitus 50 km/h**



2-ajoratainen tie
Nelihaaraisten liittymien kannattavuusalueet ensimmäisen vuoden tuottoasteella 10 %
Nopeusrajoitus 80 km/h

