

# ARVIOINTI ASFALTTIPÄÄLLYSTEIDEN UUSIMISESTA KESTOIKÄÄN PERUSTUVALLA HANKINTAMENETTELYLLÄ

Ilkka Taipale

Teknillisen korkeakoulun rakennus- ja ympäristötekniikan osastolla professori Terhi Pellisen valvonnassa tehty diplomityö, joka on jätetty opinnäytetyönä tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa varten Espoossa 29.6.2007.

<b>Tekijä:</b>	Ilkka Taipale		
<b>Diplomityö:</b>	Arviointi asfalttipäällysteiden uusimisesta kestoikään perustuvalla hankintamenettelyllä		
<b>Päivämäärä:</b>	29.6.2007	<b>Sivumäärä:</b>	76 s.
<b>Professuuri:</b>	Tietekniikka	<b>Koodi:</b>	Yhd-10
<b>Valvoja:</b>	Professori Terhi Pellinen		
<b>Ohjaaja:</b>	DI Katri Eskola		
<p>Tiehallinnon vuosina 2002–2005 Uudenmaan tiepiirissä käyttämä kestoikäurakka perustuu urautumiseen toiminnallisena vaatimuksena. Kestoikäurakassa urakoitsija tarjoaa päällysteelle tietyn kestoiän, joka saavutetaan kun urasyvyys on saavuttanut 15 mm. Urakka arvostellaan 3 kuluttua päällystystyöstä. Tämän työn tavoitteena oli selvittää saavutettiin kestoikäurakalla parempaa laatua ja kustannustehokkuutta kuin tavanomaisilla kokonaisurakoilla. Lisäksi oli tarkoitus selvittää kestoikäurakan soveltuvuutta eri liikennemäärille ja urakan arvonmuutosperusteita.</p> <p>Tilastollisessa tarkastelussa vuonna 2002 ja 2003 toteutettujen kestoikäurakoiden laatua verrattiin tavanomaisiin päällysteurakoihin. Verrattaessa ominaisurautumista vuosien 2002 ja 2003 kestoikäurakoiden pilottikohteiden ja samojen vuosien vertailu-urakoiden välillä havaittiin vuonna 2002 kestoikäurakassa tehtyjen SMA-päällysteiden kuluva nopeammin sekä LTA että REM-työmenetelmillä kuin vertailu-urakoissa. Vuonna 2003 ei urakoiden välillä ollut merkittävää eroa. Tasaisuutta pilotti- ja vertailukohteiden välillä verrattiin käyttämällä tunnuslukuna IRI4:ä. Vuonna 2002 ei kohteiden välillä ollut suurta eroa ja vuonna 2003 vertailukohteet olivat hieman tasaisempia. Tiehallinnon kestoikäurakoilla ei siis saavutettu parempaa laatua. Vuosikustannuksia laskiessa pilottikohteiden huomattiin olevan pinta-alaan suhteutettuna edullisempia, mikä johtuu suurelta osin pienemmästä päällystepaksuudesta. Kestoikäurakan havaittiin sopivan parhaiten teille, joiden kaistakohtainen liikennemäärä vuorokaudessa on noin 4000-5000 ajoneuvoa tai enemmän.</p> <p>Haastattelututkimuksessa kävi ilmi, että Tiehallinnon kestoikäurakka herätti urakoitsijat tarkastelemaan päällysteen pinnan toiminnallisia ominaisuuksia ja paransi urakoitsijoiden omien tuotteiden tuntemusta. Tämä on tärkeää, koska toiminnallisten ominaisuuksien käyttö yleistyy tulevaisuudessa. Urakassa arvosteltu urautuminen on toiminnallisena vaatimuksena selkeä, yksiselitteinen ja helposti mitattavissa. Tilaajan ja urakoitsijoiden mukaan Tiehallinnon kestoikäurakat eivät ole vielä tuoneet mukanaan uusia innovaatioita päällystystoimintaan eivätkä ne ole vielä parantaneet tilaajan ja urakoitsijan välistä yhteistyötä. Tarjouspyynnöissä tilaajan on kiinnitettävä erityistä huomiota lähtöaineiston laatuun.</p> <p>Tutkimuksen perusteella suositellaan urakan arvonmuutosperiaatteita muutettavaksi siten, että alku-ura huomioidaan laskennassa ja, että arvostelu olisi suoritettava esimerkiksi suhteellisen kestoiän avulla. Tehtyjen päällysteiden tiedot pitäisi tallettaa tarkemmin tulevien urakoiden lähtötiedoiksi sekä päällysteiden seuranta varten. Urakoitsijoiden olisi hyödynnettävä enemmän Tiehallinnon kuntomittauksien aineistoa omien tuotteidensa seurannassa ja heille olisi luotava järjestelmä sitä varten. Myös urasyvyyden mittaustarkkuutta on pyrittävä entisestään parantamaan. Tutkimusta on jatkettava myöhemmin vuosien urakoiden 2004 ja 2005 osalta.</p>			

<b>Author:</b>	Ilkka Taipale		
<b>Thesis:</b>	Assessment of performance based asphalt mixture overlay contracts let by Finnish Road Administration in 2002 and 2003		
<b>Date:</b>	29.6.2007	<b>Number of pages:</b>	76 p.
<b>Professorship:</b>	Highway Engineering	<b>Code:</b>	Yhd-10
<b>Supervisor:</b>	Terhi Pellinen, Professor		
<b>Instructor:</b>	Katri Eskola, M.Sc. (Civ. Eng)		

The Finnish Road Administration (FINNRA) let trial short-term performance based overlay contracts in Uusimaa region during 2002-2005. The surface rutting caused by studded tyres had a leading role in the performance requirements of the contract. Contractors' bids included cost, pavement type, method and a declaration of service life for their product. Service life was the time in years until the rut depth reaches fifteen millimeters. At the end of the three year warranty period the rut depth was measured and penalties and bonuses are assigned at interval of hundred meters. This study considers contracts let in 2002 and 2003 and the aim of the study was to compare quality and costs between performance based and traditional contracts and in addition how contractors have adapted their selves and how this contracting method should be developed. This study is based on literary research, interviews and statistical analysis of existing data obtained from contracting documents and road surface measurements.

As a result of this study the new contracting method did not provide better quality or significantly lower costs, it did not make cooperation between contractors and the administration better and no new innovations were made. The increase of the contractors awareness of performance based thinking was the biggest positive effect of the new contracting method. That is important because the use of performance based contracting will increase in the future.

The rut depth is considered as clear and easy to measure type of functional requirement. In this study the contracting method was found to be suitable for roads that have traffic volume higher than 4000-5000 cars per day per lane. The assessment of the contract for bonuses and penalties should be based on the actual rut depth growth, which is almost linear after initial rut depth. Now the initial rutting caused by deformation is not taken into account. Also the tolerance, when there are no bonuses or penalties should be relative to the declared pavement service life. The initial data and its quality included in tender documents is key to successful bidding. The most important data are features of the old pavement and the amount of traffic on lanes. When new pavements are made the information should be gathered more efficiently for use in the future. The FINNRA measures the condition of the highway network annually. Contractors should use this information more efficiently to follow how their products are performing and a new IT system should be developed to obtain this information more easily. Since this study covered contracts let in 2002 and 2003, a further study should be conducted in couple of years to cover contracts let in 2004 and 2005.

## **Alkusanat**

Jo aloittaessani diplomityöni tammikuussa 2007 tiesin, että aiheeni olisi kiinnostava ja opettavainen. Näin jälkeinpäin ajatellen työhön käyttämäni kuusi kuukautta tuntuvat menneen erittäin nopeasti. Diplomityöni on opettanut minua ajattelemaan asioita eri näkökulmista ja toivon, että työssäni pystyn välittämään ajatukseni lukijoille.

Haluan kiittää Tiehallinnon Uudenmaan, Turun ja Hämeen tiepiirejä sekä PANK ry:tä diplomityöni rahoituksesta ja toivon, että he saavat rahoilleen vastinetta. Haluan kiittää myös ohjaajaani Katri Eskolaa ja muita ohjausryhmän jäseniä eli Tapani Angervuorta, Kalevi Toikkasta, Terhi Pellistä, Jarkko Valtosta, Tero Ahokasta, Anne Valkosta ja Kari Strömmiä työni ohjauksesta. Suuret kiitokset myös kaikille muille työni ohessa haastattelemilleni ja muuten mukana olleille henkilöille.

Erityiset kiitokset Jarkolle ja koko Tielaboratorion väelle mukavasta opiskeluajasta ja työilmapiiristä.

Suuret kiitokset myös vanhemmilleni Liisalle ja Anterolle sekä appivanhemmilleni Marja-Liisalle ja Heikille kaikesta saamastani tuesta.

Lämpimät kiitokset vaimolleni Annalle kaikesta opiskelunaikaisesta tuesta.

Hollolassa 24.6.2007

Ilkka Taipale

## Sisällysluettelo

Tiivistelmä .....	2
Abstract .....	3
Alkusanat .....	4
Sisällysluettelo .....	5
1. Johdanto .....	7
2. Ylläpidon kestoikäurakat Suomessa .....	8
2.1. Päällysteiden ylläpidon hankintamallien kehitys .....	8
2.2. Toiminnalliset vaatimukset - kestoikäurakan perusta .....	9
2.3. Tiehallinto .....	11
2.3.1. Tiehallinnon kestoikäurakan kuvaus .....	11
2.3.2. Tiehallinnon tilaamat kohteet .....	12
2.4. Helsingin kaupunki .....	16
2.5. Mikkelin kaupunki .....	16
3. Laatu ja kustannukset Tiehallinnon kestoikäurakoissa .....	18
3.1. Vertailu-urakat .....	18
3.2. Laadun mittarit .....	19
3.2.1. Yleistä .....	19
3.2.2. Urasyvyys .....	20
3.2.3. Urautumisnopeus .....	22
3.2.4. Tasaisuus .....	24
3.3. Toteutunut päällysteiden laatu tarkasteluajanjaksolla .....	26
3.3.1. Urautuminen .....	26
3.3.2. Tasaisuus .....	29
3.4. Tarkasteluajanjakson perusteella laadittu kestoikäennuste .....	33
3.5. Toteutuneet kustannukset .....	35
3.6. Kestoikämallin soveltuvuus .....	36
3.7. Arvonmuutosmalli .....	39
4. Kokemuksia toimivuusvaatimusurakoista .....	43
4.1. Kotimaiset kokemukset .....	43
4.1.1. Yleistä .....	43
4.1.2. Tilaajat .....	43
4.1.3. Urakoitsijat .....	45
4.2. Ulkomaiset kokemukset .....	48
4.2.1. Yleistä .....	48
4.2.2. Yhdysvallat .....	48
4.2.3. Pohjoismaat .....	58
4.2.4. Muut maat .....	65
4.2.5. Yhteenveto ulkomaisista kokemuksista .....	67
5. Yhteenveto ja suositukset .....	68
5.1. Yhteenveto .....	68
5.2. Suositukset .....	69
6. Lähdeluettelo .....	71

## Käytetyt lyhenteet

DBFO	Design, build, finance and operate
DOT	Department of Transportation
FHWA	Federal Highway Administration
HMA	Hotmixasphalt, kuumasekoitteinen asfaltti
IRI	International roughness index
Kurre	Tiehallinnon kuntotietorekisteri
LAM	Liikenteen automaattinen mittauspiste
LTA	Päällystelaatta
MP	Massapinta
OPS	Offentlig-privat samarbeid
PDI	Pavement distress index
PMMR	Performance-based management and maintenance of roads
PMS	Pavement management system, päällysteiden hallintajärjestelmä
PPC	Pavement performance contract
PPP	Public private partnership
PSMC	Performance specified maintenance contract
PTM	Palvelutasomittaus
REM	Remix-päällystysmenetelmä
RC	Asfalttirouhe
RMS	Root mean square
SMA	Stone mastix asphalt, kivimastikiasfaltti
UREM	URAREM, Uraremix-päällystysmenetelmä

## 1. Johdanto

Tiehallinnon hankintastrategian tavoitteena ovat sellaiset hankintamuodot, joissa tuotteet ovat laadukkaita ja edullisia sekä niitä tuottavat markkinat toimivia. Tiehallinto on perinteisesti hankkinut tiepäällysteiden ylläpidon kokonaisurakoina, mutta nyt ylläpidon hankinnoissa ollaan hankintastrategian mukaisesti siirtymässä toiminnallisiin vaatimuksiin perustuviin hankintamalleihin. Vuonna 2001 Uudenmaan tiepiiri ja Tiehallinnon keskushallinto kehittivät päällysteiden uusimiseen tarkoitettun urakointimuodon, jossa urakoitsijalle annetaan vapaus valita kohteen päällystetyyppi ja työmenetelmä sekä tarjota sille kestoikä. Tätä kestoikäurakaksi nimettyä urakkamuotoa, jossa toiminnallisena vaatimuksena oli urasyvyys, käytettiin osassa Uudenmaan tiepiirin päällystystöistä vuosina 2002–2005. Urakkamuodolla saavutetuista laadullisista tai taloudellisista eduista tilaajalle ei aiemmin ole tehty selvitystä, joten tälle työlle oli olemassa selkeä tarve.

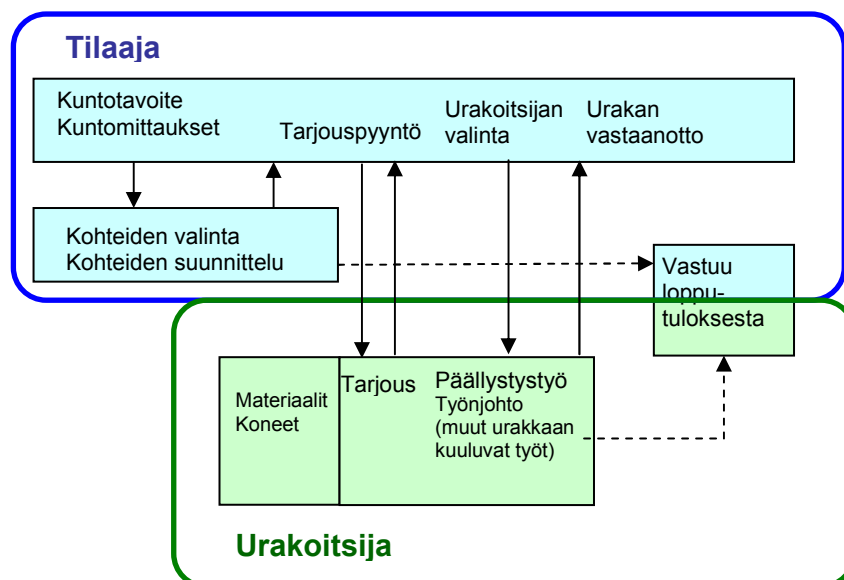
Tämän tutkimuksen tavoite oli selvittää saavutettiinkö vuosina 2002 ja 2003 kestoikäurakkamuodolla parempaa laatua ja kustannustehokkuutta kuin tavanomaisilla kokonaisurakoilla. Lisäksi selvitettiin, miten urakkamuotoon suhtaudutaan urakoita toteuttaneiden urakoitsijoiden joukossa, miten kestoikäurakka soveltuu liikennemäärältään erilaisille teille sekä tutkittiin arvonmuutosperusteiden laskentatapaa. Työhön sisältyy kirjallisuustutkimus ulkomaisista ja kotimaisista kokemuksista erilaisista asfalttipäällysteen pinnan toiminnallisiin ominaisuuksiin kuten urasyvyyteen ja tasaisuuteen perustuvista urakoista. Kirjallisuustutkimusta on täydennetty varsinkin kotimaisten kokemusten osalta eri toimijoiden haastatteluilla. Laatua ja kustannuksia selvitettiin tutkimalla urakka-kansioita ja urakoihin liittyvää muuta aineistoa, kuntotietorekisteritietoja päällystyskohteilta vuosilta 2002 – 2007 sekä liikennemäärätietoja. Tietokannoista saatujen tietojen käsittelyyn käytettiin Excel- ja Statistix-ohjelmia. Tiehallinnon vuosien 2004 ja 2005 kestoikäurakat rajattiin tilastollisen tutkimuksen ulkopuolelle, koska niiden takuuajat eivät vielä olleet päättyneet. Tilastollisen tutkimuksen tulokset pyrittiin esittämään mahdollisimman selkeinä ja vertailukelpoisina tunnuslukuina.

## 2. Ylläpidon kestoikäurakat Suomessa

### 2.1. Päälysteiden ylläpidon hankintamallien kehitys

Valtion tieverkon ylläpitoa ohjaavat muun muassa lait ja asetukset, tienpidon rahalliset resurssit, Liikenne- ja viestintäministeriön ja Tiehallinnon tienpidon strategiat sekä tienkäyttäjien ja toimintaympäristön tarpeet. Tienpidon päätuotteita ovat hoito, ylläpito ja investoinnit. Hoidolla pyritään varmistamaan tieverkon päivittäinen toimivuus ja palvelutaso. Ylläpidolla pyritään puolestaan pitämään yllä tieverkon pääoma-arvoa ja pitkäaikaista palvelutasoa. Ylläpidon toimenpiteet kohdistuvat tierakenteeseen, päälysteeseen, tiemerkinntöihin, siltoihin sekä varusteisiin ja laitteisiin. (Tiehallinto 2006d ja 2006b.) Kunnossapito käsittää sekä hoidon että ylläpidon.

Tiehallinto hankkii suurimman osan päälysteiden ylläpitotöistä kokonaisurakkaa käyttäen (Kuva 1). Kokonaisurakka tarkoittaa sitä, että Tiehallinto suunnittelee kohteet ja tilaa urakoitsijalta työsuorituksen tarvittavine materiaaleineen sisältäen laadun osoittamisen edullisimman hinnan ollessa urakoitsijan valintaperuste. Päälystysurakat sisältävät yleensä ainoastaan päälystystyön mutta joskus myös tiemerkinntämaalaukset. Urakat ovat yleensä yksivuotisia takuuajan ollessa kaksi vuotta. Myös kaksi- tai kolmevuotisia urakoita on kokeiltu. (Tiehallinto 2006a)



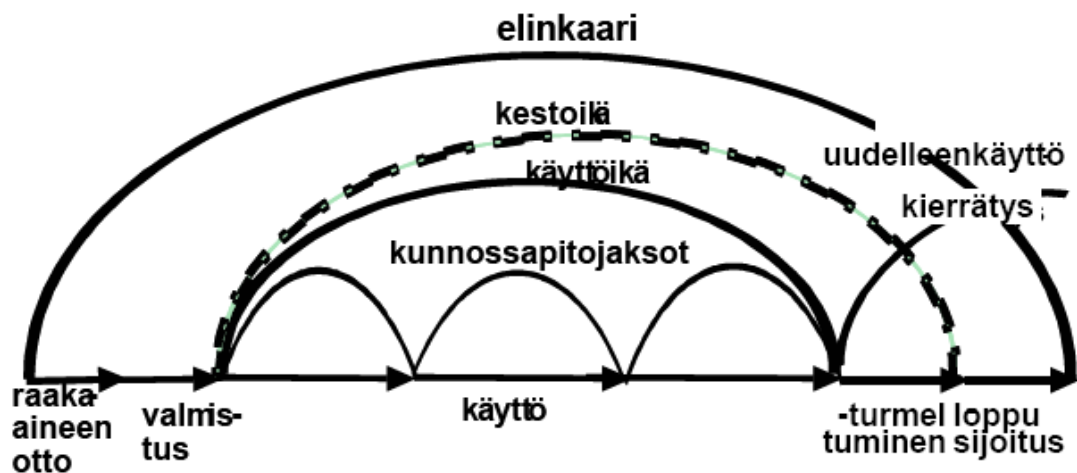
Kuva 1. Eri toimijoiden vastualueet perinteisessä kokonaisurakassa (muokattu lähteestä Sulankivi et al. 2002)



Tiehallinnon tienpidon hankinnan kehittämistä ohjaa hankintastrategia. Hankintastrategia 2010:n keskeisinä tavoitteina on kannustaa palveluntuottajia hyvään tienkäyttäjien palveluun, käyttää sellaisia sopimusmalleja, jotka kannustavat palveluntuottajia kehittämään uusia teknisiä ratkaisuja ja tuotteita ja ennen kaikkea tuottamaan hyvää laatua. Hankintastrategiaan kuuluu muun muassa toimivuusvaatimusten käytön lisääminen siten, että vuonna 2010 valtaosassa hankinnoista käytettäisiin toiminnallisia vaatimuksia urakoiden ollessa pääosin palvelusopimuksia. (Tiehallinto 2006d.) Palvelusopimus on yleisesti kestoltaan useampivuotinen (5-15 vuotta) sopimus, jonka aikana palveluntuottaja tuottaa tilaajalle sopimukseen kuuluvia palveluita. Ylläpidon palvelusopimuksissa keskeisenä tavoitteena on kannustaa palveluntuottajia panostamaan hyvään palveluun liikenteessä, tehostaa liikennejärjestelmän käyttöä, lisätä palveluntuottajien kiinnostusta ja panostusta innovaatiotoimintaan ja osaamisen kehittämiseen sekä luoda edellytyksiä uusille markkinoille. (Tiehallinto 2006a.)

## **2.2. Toiminnalliset vaatimukset - kestoikäurakan perusta**

Toimivuusajattelulla (Performance approach) tarkoitetaan tienpidossa tai rakentamisessa yleensä menettelytapaa, jossa rakentamisen lopputuotteesta kuvataan valintavaiheessa käytönaikaiset ominaisuudet eikä teknistä ratkaisua. Pääpaino on lopputuloksen kuvauksessa eikä teknisissä ratkaisuissa. Toimivuudella (Performance) tarkoitetaan tuotteen käytönaikaista suoriutumista. Toimivuusvaatimuksella (Performance specification), toiminnallisella vaatimuksella, tuotevaatimuksella tai lopputuotevaatimuksella tarkoitetaan vaadittua ominaisuutta, joka esitetään kuvaamatta teknistä ratkaisua. Käyttöikä (Service life) on se aika, jonka rakenne tai sen osa asianmukaisesti huollettuna täyttää sille asetetut vaatimukset. Käyttöikä päättyy, kun rakenne tai sen osa saavuttaa rajatilan jonkin sille asetetun ensisijaisen vaatimuksen suhteen. (Kurki et al. 2004.) Kestoikä tarkoittaa periaatteessa melkein samaa kuin käyttöikä. Yleensä kestoikä ymmärretään kuitenkin ajanjaksoksi, jolloin tuote on vielä käyttökelpoinen, vaikka vaatimukset eivät enää täytyisi. Ehkä käyttöikäurakka olisi linkaarisanastollisesti oikeaoppisempi termi kuin kestoikäurakka. Tosin käytetyllä termillä ei ole suurta merkitystä.



Kuva 2. Periaatekuva tuotteen elinkaaresta. (Korkiala-Tanttu et.al. 2005)

Asfalttipäällysteen toiminnallisten ominaisuuksien toteaminen voidaan Kurjen (Kurki 2002) mukaan tehdä kolmella tavalla:

1. Valmiin päällysteen pinta
2. Näyte valmiin päällysteen pinnasta
3. Asfalttimassasta valmistettu näyte

Lisäksi raaka-aineiden ominaisuuksista voidaan ennustaa valmiin päällysteen ominaisuuksia. Vaadittaessa päällysteeltä tiettyä toiminnallista ominaisuutta on tärkeää, että sitä vaaditaan ainoastaan yhdellä tavalla. (Kurki 2002.)

Toimivuusvaatimukseen perustuvassa ajattelussa ei ole mitään uutta, vaan se on periaatteessa vanhempaa perua kuin tekniset vaatimukset. Esimerkiksi Tsaari Aleksanteri I antoi Suomen tienpidosta aikoinaan seuraavat vaatimukset: Teiden varret on ojitettava, ajoradan pitää olla suora ja tasainen, soiden kohdalla tiepohjaa täytyy erityisesti vahvistaa, jyrkät mäet on leikattava, tiellä ei saa olla kavion jälkiä, turhia mutkia, veden syöpymiä eikä vankkurien uurtamia raiteita ja lisäksi kaiteita on laitettava silloille, jyrkänteisiin ja niin edelleen. (Hiltunen 1987.) Tällaiset toiminnalliset vaatimukset ovat nykyaikaan sovellettuna aivan päteviä.

## 2.3. Tiehallinto

### 2.3.1. Tiehallinnon kestoikäurakan kuvaus

Tiehallinnon tavoite kestoikäurakkamuodolla on kehittää päällystysurakoihin soveltuvaa suunnittele ja toteuta -urakkamuotoa, jota käytetään jo varsin paljon hankittaessa investointeja. Suunnittele ja toteuta -urakkamuoto tarkoittaa sitä, että urakassa urakoitsija vastaa kohteen suunnittelusta ja toteutuksesta. (Eskola 2007, Angervuori 2007)

Kestoikäurakassa urakoitsija, valitsee päällystetyypin, määrittelee kohteiden päällystysmenetelmän ja tarjoaa päällysteelle tietyn kestoian. Kestoikä on se aika kokonaisissa vuosissa, jolloin tien satametrisen päällysteen maksimiurasyvyys on alle 15 mm. (Tiehallinto 2001.) Urakan takuu-aika on kolme vuotta, jonka jälkeen päällysteen kestoikä arvioidaan päällysteen kolmen vuoden aikaisen urautumisen perusteella. Lopulliseen urakkahintaan vaikuttaa urakoitsijan kestoikäarvion toteutuminen. Jos päällysteen kestävyys on arvioitua parempi, saa urakoitsija bonusta ja vastaavasti arvion alittuessa lasketaan arvonvähennys. Vuosien 2002 ja 2003 urakoiden arvonvähennys ja bonus laskettiin seuraavilla kaavoilla:

$$A = 10 \cdot \left(u - \frac{45}{a} - 1\right), \text{ ja} \quad (1)$$

$$B = 10 \cdot \left(\frac{45}{a} - u - 1\right), \text{ missä} \quad (2)$$

$A = \text{arvonvähennys} [\%]$

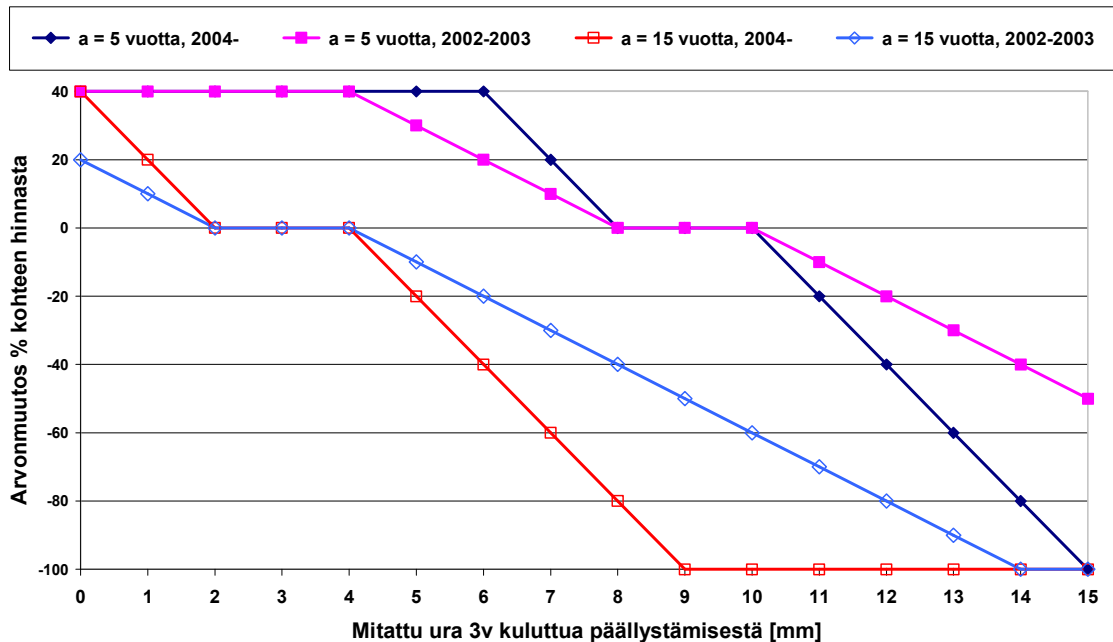
$B = \text{bonus} [\%]$

$a = \text{urakoitsijan tarjoama kestoikä} [\text{vuotta}]$

$u = \text{urasyvyyden } 100 \text{ m keskiarvo } 3 \text{ vuoden kuluttua} [mm]$

Maksimibonus oli 40 % ja maksimi arvonvähennys oli 100 % urakkahinnasta. Mitattu sadan metrin osuuden urasyvyys pyöristetään millimetrin tarkkuudelle ja väli, jolle

arvonmuutoksia ei lasketa on  $\pm 1$  mm. Vuoden 2004 urakkaan arvonmuutosten laskenta muuttui. Kuvassa 3 on esitetty vertailuna arvonmuutokset viiden ja viidentoista vuoden luvutulle kestoikälle. Vuodesta 2004 arvonmuutos on noin kaksinkertainen verrattuna vuosiin 2002 ja 2003. Arvonmuutokset tiukkenivat siis huomattavasti.



**Kuva 3.** Arvonmuutosten vertailu vuosien 2002-2003 ja 2004 välillä, kun tarjottu kestoikä on 5 tai 15 vuotta.

Päällysteiden arvonvähennykset lasketaan normaaleiden uusien päällysteiden arvonvähennysperiaatteiden perusteella. Tyhjätilaa, alkutiivistymistä, kulutuskestävyyttä ja massan koostumusta ei kuitenkaan arvostella, vaan ne korvataan äsken esitetyillä kestoikäarvioon perustuvilla arvonmuutosperiaatteilla. (Mäkinen 2005.)

### 2.3.2. Tiehallinnon tilaamat kohteet

Tiehallinto on käyttänyt kestoikäurakkaa ainoastaan Uudenmaan tiepiirin alueella. Kaikissa kohteissa uudelleenpäällystyksen tarve aiheutui urautumisesta ja kohteina olevien teiden rakenteet ovat sellaisessa kunnossa, etteivät ne vaikuta urautumiseen. Kohteet valittiin vuosittaisesta päällystysohjelmasta ja niistä muodostettiin vuosittain

noin miljoonan euron arvoisia urakoita. Vuonna 2002 tarjouspyyntö lähetettiin yhdelletoista urakoitsijalle, vuonna 2003 kahdeksalle ja 2004 sekä 2005 yhdeksälle. Urakoiden tunnus kaikkina vuosina oli U6. (Tiehallinto 2001, Toikkanen 2007)

## Urakat 2002

Vuoden 2002 urakkaan valittiin kohteiksi vilkkaita valtateitä pääkaupunkiseudun ulkopuolelta. Kohteet on lueteltu taulukossa 1 ja urakkaan saadut tarjoukset taulukossa 2. Tiekohdaiset liikennemäärät kohteilla vaihtelivat välillä 3000 – 15000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Käytetyt päällystetyypit olivat AB16 ja SMA16. AB tarkoittaa perinteistä asfalttibetonia ja SMA kivimastikiasfalttia, jossa suurien kivirakeiden määrää on pyritty maksimoimaan. Luku lyhenteen perässä tarkoittaa kiviaineksen maksimiraekokoa. Käytetyt päällystysmenetelmät olivat LTA ja REM. REM on uusiomenetelmä, jossa vanha päällyste jyrksitään irti, jyrksittyyn massaun lisätään tarpeen mukaan uutta massaa noin 10 – 20 kg/m<sup>2</sup> ja sekoitettu massa levitetään uudestaan tielle. Tässä työssä laatalla (LTA) tarkoitetaan menetelmää, jossa vanhaan päällysteeseen jyrksittyyn laatikkoon (LJYR) tehdään laatta uudesta päällysteestä.

**Taulukko 1. Pilottiurakan U6 kohteet vuonna 2002**

Nro	Tie	Kohteen nimi	KVL (2002)	Pituus [m]	Päällyste	tarj. ikä
1	25	Skogby-Tammisaari	4507	7936	AB16/14/REM	11
2	25	Virkkalan kohta I	6744	4845	SMA16/14/REM	12
4	25	Lohjanharjun kohta	15717	4819	SMA16/70/LTA LJYR	11
5	25	Myllylampi-Nummela	7420	6149	SMA16/70/LTA LJYR	12
6	45	Paijala-Rusutjärvi	7685	3039	SMA16/70/LTA LJYR	12
7	55	Monninkylä-Hänninmäki	2930	3534	AB16/32/REM	12
3	25	Virkkalan kohta II	10403	1595	SMA16/70/LTA LJYR	8

Kohde kolme eli Virkkalan kohta II oli Tiehallinnon määräämä urakan sisäinen vertailukohde. Siinä tilaaja määräsi kestoian, käytettävän päällystetyypin sekä menetelmän. Tästä huolimatta se sisällytetään tarkasteluissa pilottikohteisiin. Kohde neljä jätettiin tarkastelujen ulkopuolelle siitä syystä, että vuonna 2005 liikenteelle avattu moottoritieosuus Lohja-Lohjanharju muutti sivuun jäävän entisen valtatie 25:n yhdystieksi ja vähensi liikennemääriä.

**Taulukko 2. Urakkaan U6/2002 saadut tarjoukset ja niistä laskettu vertailuhinta (Tiehallinto)**

Sijointus	Yritys	Vuosikustannushinta € (ALV 0%)	Pisteet	Vertailuhinta €
1.	Tieliikelaitos	102 649,07	395,0	82 375,88
2.	Skanska-Asfaltti Oy	128 458,23	300,0	113 060,87
3.	Suomen laatuasfaltti Oy	168 643,35	295,0	153 502,61
4.	Interasfaltti Oy	178 936,43	287,5	164 180,63
5.	Lemminkäinen Oyj	197 869,53	322,5	181 317,37
6.	Valtatie Oy	208 327,22	297,5	193 058,17

Urakkaan U6/2002 jätettiin kaikkiaan kuusi tarjousta. Vuosikustannukset laskettiin jakamalla tarjousten kohdekohtaiset kustannukset urakoitsijan kohteelle lupaamalla kestoiaällä. Urakan ratkaiseva vertailuhinta laskettiin kokonaislaatupisteiden, vuosikustannusten ja alimman vuosikustannuksen avulla. Tilaaajan edustajat arvioivat urakoitsijan laatupisteet, joihin vaikuttivat urakoitsijan resurssit, taustatiedot, toiminnan suunnittelu, urakan toteutus ja laadunvarmistus (Tiehallinto 2001). Vuoden 2002 urakan voitti Tieliikelaitos (nykyinen Destia). Tieliikelaitoksen lupaamat kestoajat ja käyttämät päällystymenetelmät on esitetty taulukossa 1. Tarjotut kestoajat vaihtelivat varsin vähän, vaikka liikennemäärät vaihtelivat ja valitut menetelmät olivat erilaisia.

### Urakat 2003

Vuoden 2003 urakkaan valittiin myös moottoriteitä. Tiet olivat myös liikennemäärältään suurempia kuin edellisellä vuonna. Kohteet on lueteltu taulukossa 3 ja saadut tarjoukset taulukossa 4.

**Taulukko 3. Urakan U6 kohteet vuonna 2003**

Nro	Tie	Kohteen nimi	KVL (2003)	Pituus [m]	Päällyste	tarj. ikä
1	1	Bemböle-Ämmässuo	31450	5609	SMA16/70/LTA TJYR	8
3	2	Vuotinainen-Tpr	4418	7698	SMA16/70/LTA TJYR	20
4 A	4	Käpylä-Kivikko	46104	5335	SMA16/70/LTA RC	6
5	25	Noppo-Hyvinkää	8627	5765	SMA16/70/LTA TJYR	20

Urakkaan kuuluivat alun perin myös kohteet 2 ja 4B. Kohde 2 valtatiellä 1 välillä Leppävaara - Tuomarila sisällytettiin toiseen tavanomaiseen urakkaan. Kohde 4B sisälsi moottoritien leveän pientareen uudelleen päällystykseen välillä Käpylä - Kivikko eikä sitä otettu tarkasteluun mukaan. Kohteessa 4A käytetty päällystysmenetelmä LTA RC tarkoittaa, että päällystelaatassa käytettiin jonkin verran kierrätettyä päällysterouhetta.

Suurin muutos urakan sisällössä vuoden 2002 urakkaan verrattuna oli tiemeraintöjen jättäminen urakan ulkopuolelle. Tähän olivat syynä vaikeudet tiemeraintöjen kestoajan määrittämisessä.

**Taulukko 4. Urakkaan U6/2003 jätetyt tarjoukset ja niistä lasketut vuosikustannukset (Tiehallinto)**

Sijoitus	Yritys	Tarjoushinta € (ALV 0%)	Vuosikustannus € (ALV 0%)
1.	Tieliikelaitos	1 115 738,29	105 380,74
2.	Skanska Asfaltti Oy	878 456,93	111 690,18
3.	Lemminkäinen Oyj	817 475,00	156 550,69
4.	Suomen Laatuasfaltti Oy	937 175,58	187 140,54
5.	NCC Roads Oy	782 933,85	205 684,03
6.	Valtatie Oy	970 436,40	207 095,63

Toinen muutos vuoden 2002 urakkaan verrattuna oli urakoitsijoiden laatupisteytyksestä eli vertailuhinnan laskennasta luopuminen. Näin urakkakilpailusta saatiin selkeämpi, koska alin vuosikustannus ratkaisee urakan. Tarjouksia urakkaan U6/2003 jätettiin kuusi. Urakan voitti Tieliikelaitos halvimalla vuosikustannuksella. Tieliikelaitoksen lupaamat kestoajat ja käyttämät menetelmät ovat taulukossa 3. Kohteille kolme ja viisi tarjottiin jopa kahdenkymmenen vuoden kestoikä.

### **Urakat vuosina 2004 ja 2005**

Vuoden 2004 urakkaan arvonmuutosperusteita muutettiin. Vuoden 2004 urakan voitti Tieliikelaitos ja vuonna 2005 Lemminkäinen. Vuoden 2005 kestoikäurakka jäi toistaiseksi viimeiseksi. Urakoihin saadut tarjoukset ovat taulukoissa 5 ja 6.

**Taulukko 5. Urakan U6/2004 tarjoukset ja niistä lasketut vuosikustannukset (Tiehallinto)**

Sijoitus	Yritys	Tarjoushinta € (ALV 0%)	Vuosikustannus (ALV 0%)
1.	Tieliikelaitos	1 168 890,62	161 142,83
2.	Lemminkäinen Oyj	1 686 653,40	279 904,11
3.	Skanska Asfaltti Oy	1 541 433,05	355 264,91
4.	NCC Roads Oy	1 731 937,66	364 713,41
5.	Valtatie Oy	1 606 640,49	383 064,78

**Taulukko 6. Urakan U6/2005 tarjoukset ja niistä lasketut vuosikustannukset (Tiehallinto)**

Sijointus	Urakoitsija	Veroton tarjoushinta	Vuosikustannus
1.	Lemminkäinen Oyj	1.516.362,97 €	252.486,44 €
2.	Valtatie Oy	1.263.950,31 €	279.874,82 €
3.	Suomen Laatuasfaltti Oy	1.200.488,44 €	298.172,10 €
4.	Tieliikelaitos	1.591.356,16 €	301.941,11 €
5.	Skanska Asfaltti Oy	1.409.678,27 €	327.749,40 €

## 2.4.Helsingin kaupunki

Helsingin kaupunki kokeili toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuvaa päällystysurakkaa Pohjoisrannalla vuosina 1998 – 2001. Tavoitteena oli antaa urakoitsijoille mahdollisuus kehittää toimintaansa. ja kokeilla urakkaa, jossa päällysteen ylläpito takuuajana kuuluu urakoitsijalle. Pohjoisranta on tärkeä Helsingin ydinkeskustan sisääntulokatu. Vuonna 2000 Pohjoisrannan KVL oli noin 40 000 ajoneuvoa vuorokaudessa, josta raskaita ajoneuvoja oli neljä prosenttia. Määrääväksi toiminnalliseksi ominaisuudeksi urakkaan asetettiin urasyvyys, jonka piti kolmen vuoden takuuajan päättyessä olla alle 8 mm. Jos arvo olisi ylittynyt, olisi urakoitsijan pitänyt maksaa sakkoo ja urasyvyyden ollessa yli 13 mm olisi kohde pitänyt uusia. Vastaavasti urakoitsijalla oli mahdollisuus myös bonukseen urasyvyyden ollessa pienempi kuin 6 mm. Urakan sai toteutettavakseen Interasfaltti eli nykyinen NCC Roads. (Dolk 2007, Isoniemi 2002)

## 2.5.Mikkelin kaupunki

Mikkelin kaupungissa kokeiltiin toimivuusvaatimukseen perustuvia päällystysurakoita vuosina 2004 ja 2005 yhteensä viidessä kohteessa. Katurakenteiden elinkaari on 30 – 50 vuotta ja päällyste on usein rakenteen kuluvin osa. Kuntien hallinnoimien katujen ylläpidon rahoituksessa on kustannuspaineita ja vähemmällä rahalla pitäisi saada enemmän. Perinteisissä urakkamuodoissa on lisäksi kaikki urakan kohteet tehty samalla tavalla, vaikka eri katujen todelliset toiminnalliset vaatimukset olisivat erilaisia. Toimivuusvaatimusten toivotaankin lisäävän päällystealan innovaatioita. (Väisänen 2005.)



Tarjousmenettelyssä urakoitsija valittiin pienimmän vuosikustannuksen perusteella. Urakoitsijan piti valita sopiva päällystetyyppi ja luvata sille kestoikä. Näissä urakoissa päällysteen kestoikä päättyy, kun urasyvyys on 20 mm. Urakoitsijan on mahdollista saada bonuksia tai sakkoja sen mukaan, mikä uramittausten perusteella arvioitu kestoikä on verrattuna urakoitsijan lupaamaan kestoikään. Kestoikä lasketaan alku-uran ja kolmannen vuoden urasyvyyden avulla olettaen urautumisen jatkuvan lineaarisesti. (Väisänen 2005.) Kestoian laskennassa on tärkeä ero verrattuna Tiehallinnon käyttämään kaavaan. Mikkelin kaupungin menetelmässä alku-urana käytetään todellista mitattua alku-uraa kun taas Tiehallinnon arvovähennyskaavassa alku-uraa ei oteta erikseen huomioon.

Mikkelin urakassa arvomuutokset laskettiin suhteellisen kestoian mukaan. Suhteellinen kestoikä lasketaan kaavalla:

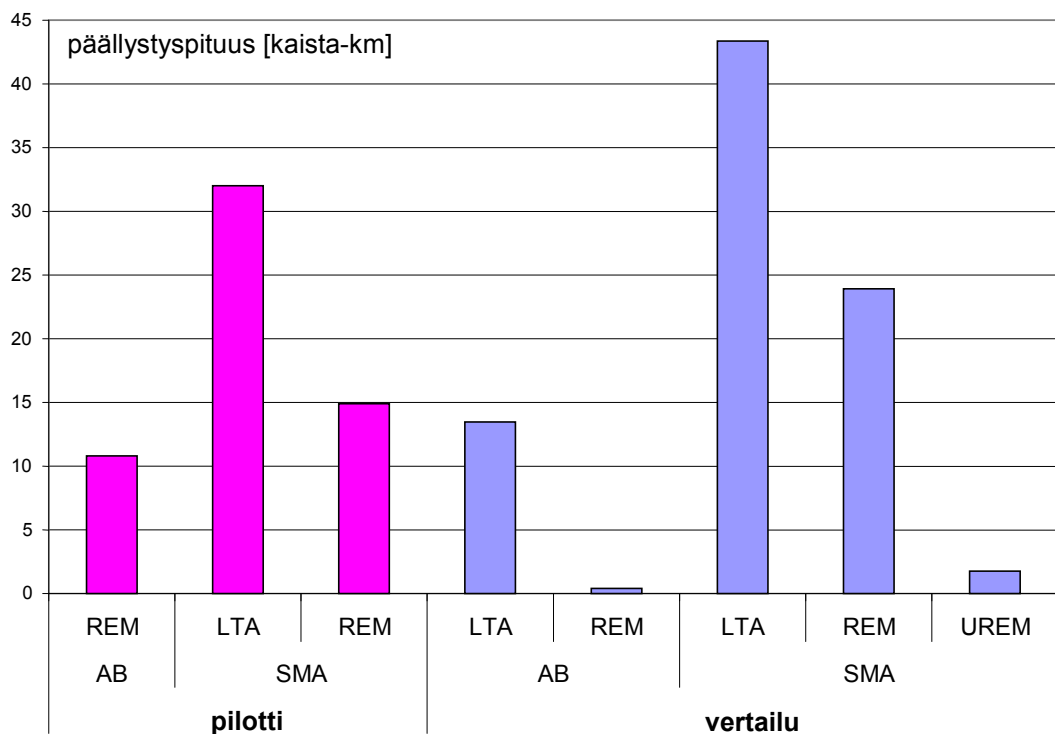
$$\text{Suhteellinen kestoikä} = 100 \cdot \frac{\text{päällysteen arvioitu ikä}}{\text{urakoitsijan tarjoama ikä}} \quad (3)$$

Suhteellisen iän ollessa yhdeksänkymmenen ja sadankymmenen välillä ei arvomuutoksia lasketa. Näistä arvoista arvomuutos kasvaa siten, että suhteellisen kestoian alittaessa 50 on arvovähennyksen määrä 40 %. (Korhonen 2005.)

### 3. Laatu ja kustannukset Tiehallinnon kestoikäurakoissa

#### 3.1. Vertailu-urakat

Tutkimusaineistona oli kuntotietorekisteristä kerättyä kuntotietoa tutkimus- ja vertailukohteista ajanjaksolta 2002-2007. Tutkittaville kestoikäurakan pilottikohteille pyrittiin löytämään sellaisia vertailukohteita, joiden päällysteiden ikä, tyyppi ja työmenetelmä vastaisivat pilottikohteita. Samoin myös teiden, joilla kohteet sijaitsevat pitäisi vastata ominaisuuksiltaan ja asemaltaan pilottikohteita. Vertailukohteiden valinta on reunaehtoisten puitteissa kuitenkin aina kompromissi. Kaikki vertailussa olevat tiet ovat hallinnolliselta luokitukseltaan maanteita. Maantie on tie, joka on luovutettu yleiseen liikenteeseen ja jonka ylläpitämisestä valtio huolehtii. Liikenteellisen merkityksensä mukaan maantiet ovat valtateitä, kantateitä, seututeitä tai yhdysteitä. (Maantielaki 4§.) Taulukossa 7 on esitetty pilotti- ja vertailukohteiden keskinäisiä eroja ja kuvassa 4 aineiston määrää.



Kuva 4. Pilotti- ja vertailukohteiden yhteispituudet vuosina 2002 ja 2003

**Taulukko 7. Taulukko pilotti- ja vertailukohteista**

	kohteet	vuosi (kpl)		pituus	pituus	pinta-ala	KVL	KVL	päällyste	
	(kpl)	2002	2003	yht. (km)	ka. (m)	ka. (m <sup>2</sup> )	2002	kaista	SMA	AB
Pilotti	11	7	4	56	5100	38800	13300	5400	9	2
Vertailu	27	14	13	94	3500	24100	16600	7200	23	4

Vertailukohteet on päällystetty vuosien 2002 ja 2003 urakoissa U2, U4, U7 ja HTU RC. Myös kaikki vertailukohteet sijaitsevat Uudenmaan tiepiirin alueella. Yhteensä vertailukohteita on noin 94 kilometriä ja pilottikohteita 56 kilometriä. Käytännössä vertailussa käytettävät pituudet jäävät hieman noiden lukujen alle, koska joukosta on karsittu alle sata metriä pitkiä osuuksia, liittymäalueita ja osuuksia, joilta ei ollut saatavissa kaikkia tarvittavia tietoja tai tiedoissa oli selkeästi virheitä. Kuvassa (Kuva 4) on esitetty pilotti- ja vertailukohteiden päällystyspituudet päällystetyypin ja työmenetelmän mukaan. Aineisto sopii parhaiten SMA-päällysteiden vertailuun LTA- ja REM-työmenetelmillä.

## 3.2. Laadun mittarit

### 3.2.1. Yleistä

Laadun täsmällinen määrittely on joskus vaikeaa. Päällysteen hyvä laatu edellyttää päällysteen teknisten laatuvaatimusten täyttymistä ja päällysteen toimivuutta kestoikäsopimuksen aikana. Päällysteen laatu heijastuu tietenkin tienkäyttäjätyytyväisyyteen ja urautuminen on merkittävin siihen vaikuttava yksittäinen tekijä. Päällysteen tekninen laatu ei ole kiinnostavin asia tienpitäjän kannalta, vaikka myös teknisten vaatimusten on täytyttävä. Tärkeintä on tienkäyttäjien saama ja kokema palvelutaso. Päällysteen laadun pitäisi kiinnostaa päällystysurakoitsijaa huomattavasti enemmän kuin tienpitäjää. (Tattari 2007.)

Tässä tutkimuksessa kiinnitetään huomiota pääasiassa kahteen toimivuusvaatimukseen eli urasyvyyteen ja päällysteen pituussuunteiseen tasaisuuteen. Tiehallinto tilaa tiestön jokavuotiset palvelutasomittaukset ulkopuoliselta toimijalta. Vuodesta 2003 lähtien

Tiehallinnon mittaukset on suorittanut Ramboll Finland Oy, joka käyttää mittauksissaan kuvan 5 kaltaista lasertekniikkaan perustuvaa RST-mittausautoa. RST-mittausauton tarkkuus on noin kaksinkertainen verrattuna ennen vuotta 2003 käytettyyn ultraääneen perustuvaan mittausautoon. (Iso-Heiniemi 2007) Päätieverkko mitataan kaksi kertaa vuodessa keväällä ja syksyllä. Alemmalla tieverkolla mittauksia suoritetaan harvemmin. Tiehallinnon päällystysurakoissa urakoitsijat osoittavat uuden päällysteen laadun tilaamalla tarvittavat mittaukset hyväksytyiltä toimittajilta. Vilkasliikenteisillä teillä uuden päällysteen pituus- ja poikkisuuntainen tasaisuus osoitetaan palvelutasomittauksin. (Eskola 2007.) Tässä työssä päällysteen laatua tutkittiin kuitenkin Tiehallinnon tilaamien vuosittaisten palvelutasomittausten perusteella.

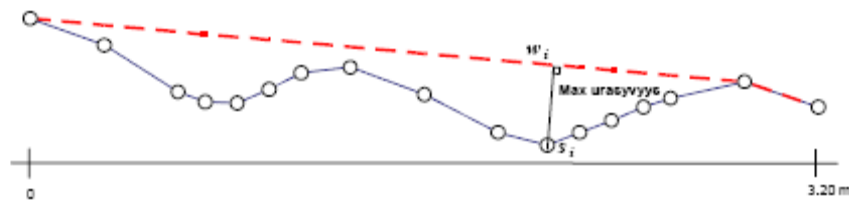


**Kuva 5. Rambollin mittauksissaan käyttämä RST-mittausauto (Ramboll RST 2007)**

### 3.2.2. Urasyyvyys

Urilla tarkoitetaan ajokaistan poikkisuuntaista epätasaisuutta. Urat esiintyvät pääasiassa henkilöautojen raidevälin etäisyydellä toisistaan ja joskus niissä on myös nähtävissä raskaiden ajoneuvojen aiheuttamaa paripyörädeformaatiota. Tienpinnan urautuminen johtuu nastojen aiheuttamasta päällysteen kulumisesta, päällysteen tai rakenteen deformaatiosta tai rakenteen painumisesta. Myös päällystystyön toteuttamiseen liittyvä alku-urautuminen aiheutuu pääasiassa deformaatiosta. (Kurki 2002, Kurki et al 2004, Lampinen 1993)

Urasyyvyyden laskemista varten kaistan poikkiprofiili määritetään 3,2 m leveydeltä 17 mittauspisteen avulla kuvan 6 mukaisesti. Laskettaessa profiilin maksimiurasyvyyttä äärimmäisten mittauspisteiden välille pingotetaan laskennallinen lanka. Maksimiurasyvyys on suurin kohtisuora etäisyys langan ja mittauspisteiden muodostaman poikkiprofiilin välillä. (Ramboll 2005.) Urasyyvyys voidaan laskea myös erikseen oikealle ja vasemmalle uralle. Puhuttaessa pelkästä urasyvyydestä tarkoitetaan yleensä juuri maksimiurasyvyyttä. Yleensä maksimiurasyvyys esitetään sadan metrin jaksoille laskettuina keskiarvoina



$w_i$  = langan korkeus mittauspisteessä  $i$   
 $s_i$  = tien pinnan korkeus mittauspisteessä  $i$   
 $i$  = poikkisuuntaisten mittauspisteiden lukumäärä

**Maksimi urasyvyys** =  $\max(w_i - s_i), i = 1 - 17$

**Kuva 6. Maksimi urasyvyyden laskenta tieprofiilin mittauspisteistä (Ramboll 2005)**

Urautumisen on tärkein syy vilkasliikenteisten teiden päällysteiden uusimiseen Suomessa. Urasyyvyys vaikuttaa tien turvallisuuteen ja ajomukavuuteen. Taulukossa 8 on esitetty maksimi urasyvyyden vaikutus ajomukavuuteen ja turvallisuuteen. Kestoikäurakassa päällysteen kestoiän rajaava 15 mm urasyvyys on taulukon mukaan varsin sopiva raja-arvo.

**Taulukko 8. Maksimi urasyvyyksien luokittelu ja vaikutukset tienkäyttäjien näkökulmasta Tiehallinnon tutkimusten mukaan (Ramboll 2004)**

Maksimi ura-syvyys(mm)	Luokka	Kommentti
< 5	Erittäin hyvä	Tien pinta poikkisuunnassa tasainen, sivukaltevuus kunnossa. Tie urien suhteen lähes uutta vastaavassa kunnossa, värimuutokset ajouran kohdalla mahdollisia.
5 – 10	Hyvä	Tienkäyttäjä ei juurikaan huomaa uria. Urat eivät vaikuta ajolinjoihin, eivätkä ajonopeuksiin.
10 – 15	Tyydyttävä	Tiessä havaittavat urat. Sateisella kelillä vaikuttavat jossain määrin ajolinjojen valintaan ja ajonopeuksiin.
15 – 20	Huono	Tie selvästi urautunut. Urat vaikuttavat sateisella kelillä ajolinjojen valintaan ja ajonopeuksiin ja vesiliirron vaara kohtalainen.
20 –	Erittäin huono	Tie erittäin urainen. Urat vaikuttavat sekä ajolinjojen valintaan että ajonopeuksiin. Sateisella kelillä ajettaessa vesiliirron vaara suuri.

Taulukossa 9 on esitetty Tiehallinnon vuosittaisten palvelutasomittauksien tarkkuusvaatimukset urasyvyyden osalta. Taulukosta käy ilmi, että viidessäkymmenessä prosentissa mittaustuloksista virhe saa olla korkeintaan 0,4 mm ja yhdeksässäkymmenessäviidessä prosentissa korkeintaan 1,5 mm. Vuonna 2006 vaatimukset täyttyivät hyvin. Eräs yleisimpiä syitä yksittäisten urasyvyyksien virheisiin on laitimmaisen lasersäteen osuminen koholla olevaan massamerkintään, kuten reunaviivaan. (Eskola 2007, Iso-Heiniemi 2007)

**Taulukko 9. Tiehallinnon uramittausten tarkkuusvaatimus ja toteuma (Iso-Heiniemi 2007)**

Muuttuja	Vaatimus (hav. määrästä)		Toteuma 2006	
	50 %	95 %	50 %	95 %
Ura [mm]	< 0,4	< 1,5	0,3	1,3

### 3.2.3. Urautumisnopeus

Urautumisnopeudella tarkoitetaan urasyvyyden kasvua ajan funktiona. Urasyyvyyden kasvun oletetaan yleisesti olevan lineaarista tietynsuuruisen alku-urautumisen jälkeen. (Kurki 2002, Tiehallinto 2005b) Käytännössä urautuminen on aluksi hieman nopeampaa mastiksin kuluessa pois päällysteen pinnalta, kunnes kovemmat kivirakeet kuluvat esiin. Urasyyvyyden kasvaessa suureksi urautumisen on todettu hieman nopeutuvan, koska urat ohjaavat kulumisen pienemmälle alueelle ja urissa seisova vesi nopeuttaa päällysteen kulumista ja rapautumista. (Lampinen 2007, Kurki 2007.)

Urautumisnopeutta voidaan arvioida laboratoriomalleilla, tien historiatietoa hyödyntävillä laboratoriomalleilla sekä tiemittauksiin perustuvilla malleilla. (Kurki 2002.) Esimerkiksi urautumisnopeus [mm/a] kestoikäurakan kolmen vuoden takuuajan aikana lasketaan seuraavasti:

$$\text{urautumisnopeus} = \frac{\text{ura}(3a) - \text{ura}(2kk)}{3a} \quad (4)$$

Samalla tavalla urautumisnopeus voidaan laskea myös muun mittaisille ajanjaksoille. Tämä urautumisnopeuden laskentatapa on varsin yksinkertainen. Pisteiden mahdolliset virheet vaikuttavat kahden pisteen perusteella laskettuun urautumisnopeuteen.

Tässä työssä kohteiden arvioinnissa käytettävä urautumisnopeus lasketaan kuitenkin sovittamalla pistejoukkoon pienimmän neliösumman suora, joka on muotoa:

$$\hat{y} = b_1 \cdot x + b_0, \text{ missä} \quad (5)$$

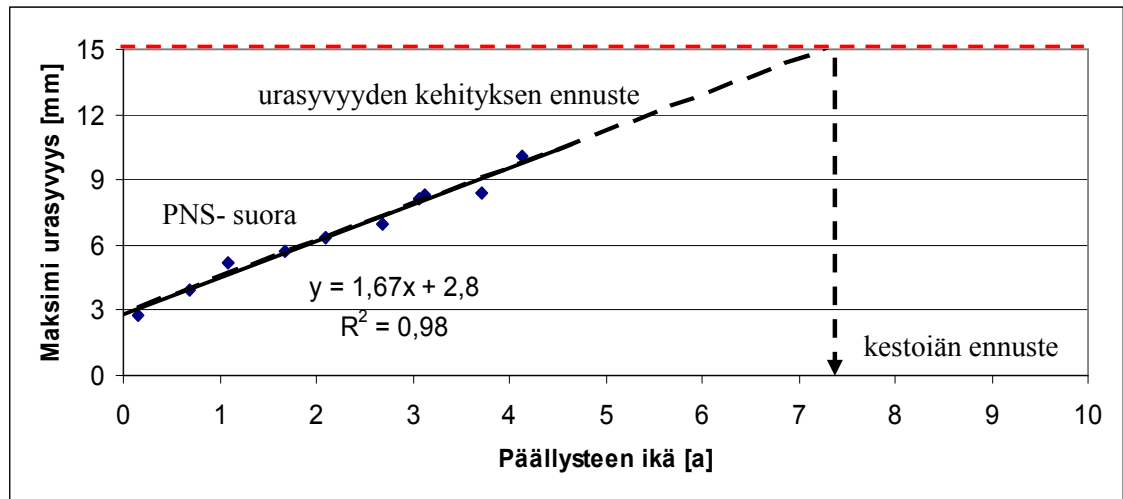
$$\hat{y} = \text{urasyvyyden lineaarinen estimaatti [mm]}$$

$$b_1 = \text{urautumisnopeus [mm/a]}$$

$$x = \text{päällysteen ikä [a]}$$

$$b_0 = \text{laskennallinen alku - ura [mm]}$$

Kuvassa 7 on esitetty esimerkkinä erään tien maksimiuran sadan metrin keskiarvojen mittauspisteisiin sovitettu pienimmän neliösumman suora. Sen mukaan tien urautumisnopeus on 1,7 mm/a. Jos kulumisen oletetaan jatkuvan lineaarisena, saavutetaan 15 mm raja-arvo noin seitsemän vuoden iässä. Lineaarisen mallin sopivuutta mittauspistejoukkoon kuvaa selitysaste  $R^2$ . Se kertoo kuinka suuri osa mittauspisteiden vaihtelusta voidaan selittää lineaarisella mallilla (Laininen 2001). Jos  $R^2$  on esimerkiksi 0,95, selittää lineaarinen malli urasyvyyden muutoksen 95-prosenttisesti.



**Kuva 7. Mittauspistejoukkoon sovitettu pienimmän neliösumman suora ja sen avulla laskettu kestoikäennuste**

Ominaisurautumisella tarkoitetaan päällysteen urasyvyyden muutosta KVL:n tuhatta ajoneuvoa kohti vuodessa (Lampinen 1993). Tässä tutkimuksessa ominaisurautuminen lasketaan kaistakohtaisen KVL:n perusteella. Kaistakohtaiset liikennemäärät on laskettu LAM-verkon kaistakohtaisten liikennemäärätietojen avulla. Siellä missä kaistakohtaista liikennemääräjakaumaa ei ollut saatavilla, käytettiin arvioituja jakaumia. Yksiajorataisilla teillä liikenne jakautui lähes tasan kumpaankin suuntaan vaihdellen eri suuntien osalta välillä 49 – 51 %. Kaksiajorataisilla teillä kaistakohtaiset liikennemäärät olivat kattavan LAM-verkon ansiosta varsin hyvin selvillä.

### 3.2.4. Tasaisuus

Pituussuuntainen tasaisuus, jota mitataan yleisesti IRI-arvolla, vaikuttaa ajokustannuksiin sekä ajomukavuuteen ja sitä kautta tien palvelutasoon. Uusien päällysteiden laadunvalvonnassa käytetään IRI:n muunnelmaa, IRI4:ä, josta on karsittu pitkät, yli neljän metrin aallonpituudet pois. Perusteena on se, että päällystysurakoitsija ei voi vaikuttaa pitkäaaltoisen epätasaisuuksien syihin pelkällä päällystystoimenpiteellä. Sen sijaan aallonpituudeltaan alle neljän metrin epätasaisuudet ovat asfalttilevittimen mitat huomioiden mahdollista poistaa levitystyön yhteydessä. Päällysteiden laadunvalvonnassa käytetään oikeasta ajourasta mitattua IRI4:ä. IRI4:ä ei talleteta kuntotietorekisteriin vuosittaisten palvelutasomittausten yhteydessä. (Kurki 2002,

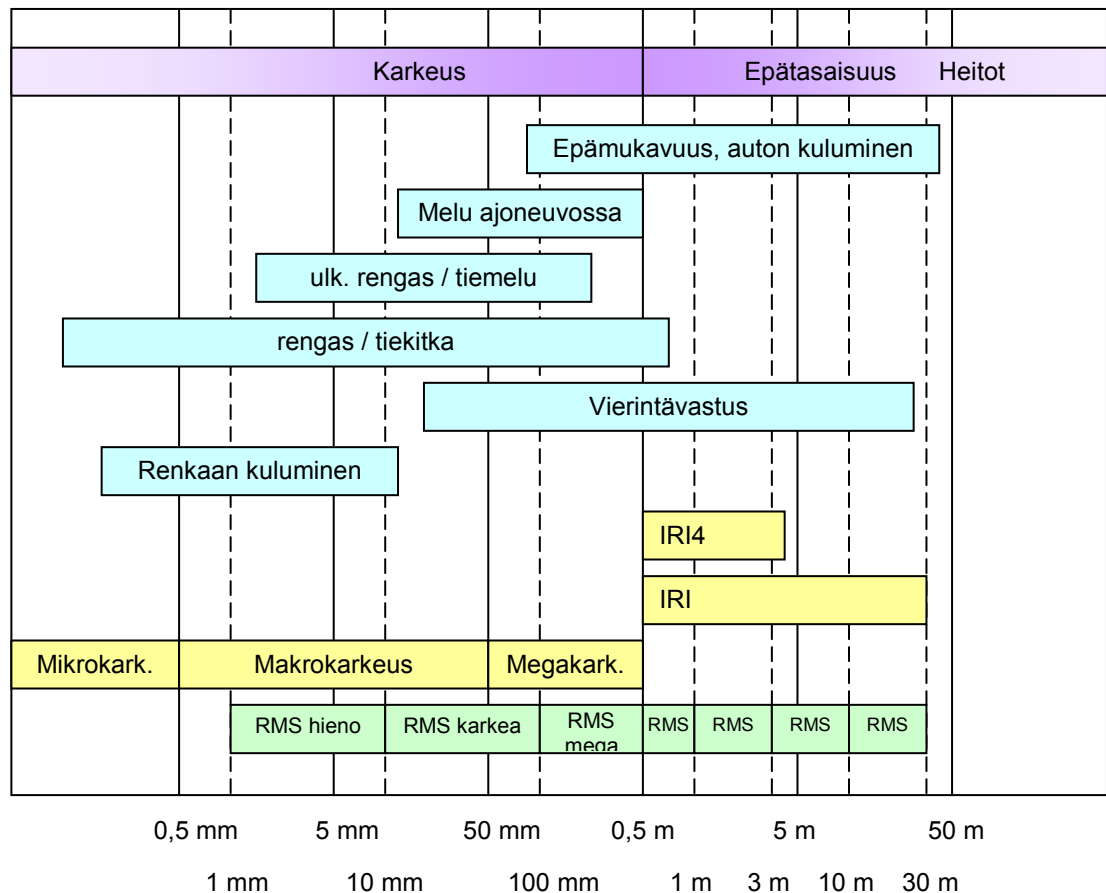


Lampinen 2007.) Asfalttinormien mukaan uusilla päällysteillä IRI4:n laatuvaatimus on AB ja SMA-päällysteiden osalta moottoriteillä 1,0 mm/m ja valta- ja kantateillä 1,1 mm/m.

Tiehallinnon tutkimuksissa tutkittaessa IRI:n vaikutusta ajomukavuuteen ja turvallisuuteen on havaittu, että IRI:n ollessa alle 2,7 mm/m tie on lähes tasainen ja ajettaessa havaitaan lähinnä satunnaisia epätasaisuuksia. IRI:n ylittäessä arvon 4,2 mm/m tie on jonkin verran epätasainen ja matkustusmukavuus on huonompi. (Ramboll 2005.) Kuvassa 8 on vertailtu erilaisia epätasaisuuden aallonpituuksia ja niiden vaikutuksia liikenteeseen. Taulukossa 10 on esitetty Tiehallinnon palvelutasomittausten IRI:ä koskevat tarkkuusvaatimukset ja toteuma vuonna 2006.

**Taulukko 10. Tiehallinnon IRI-mittausten tarkkuusvaatimus ja toteuma (Iso-Heiniemi 2007)**

Muuttuja	Vaatimus (hav. määrästä)		Toteuma 2006	
	50 %	95 %	50 %	95 %
IRI [mm/m]	< 0,05	< 0,4	0,04	0,2



**Kuva 8. Erilaiset tienpinnan epätasaisuuksien mittausalueet ja vaikutukset (muokattu lähteistä Kurki 2002, Ramboll 2005)**

Lyhenne RMS tulee sanoista root mean square. RMS kuvaa tien pituussuuntaista tasaisuutta tietyllä aallonpituusvälillä. Esimerkiksi RMS-mega kuvaa epätasaisuutta, jonka aallonpituus on välillä 0,1–0,5 m. RMS-arvot ilmoitetaan yleisesti sadan metrin osuuksien keskiarvoina.

### 3.3. Toteutunut päällysteiden laatu tarkasteluajanjaksolla

#### 3.3.1. Urautuminen

Kestoikäurakan pilottikohteiden satametrisille laskettiin urautumisnopeudet kuvan (Kuva 7) mukaisesti. Urautumisnopeudesta ja kaistakohtaisesta liikennemäärästä saadaan puolestaan ominaisurautuminen. Ominaisurautumisessa käytetty liikennemäärä on vuodelta 2004. Taulukossa 11 on esitetty pilottikohteiden ja taulukossa 12 vertailukohteiden keskimääräinen urautumisnopeus ja ominaisurautuminen sekä niiden keskihajonnat. Vertailukohteiden ominaisurautuminen on jonkin verran epävarmempi kuin pilottikohteilla, mikä johtuu liikennemäärätietojen huonommasta kattavuudesta.

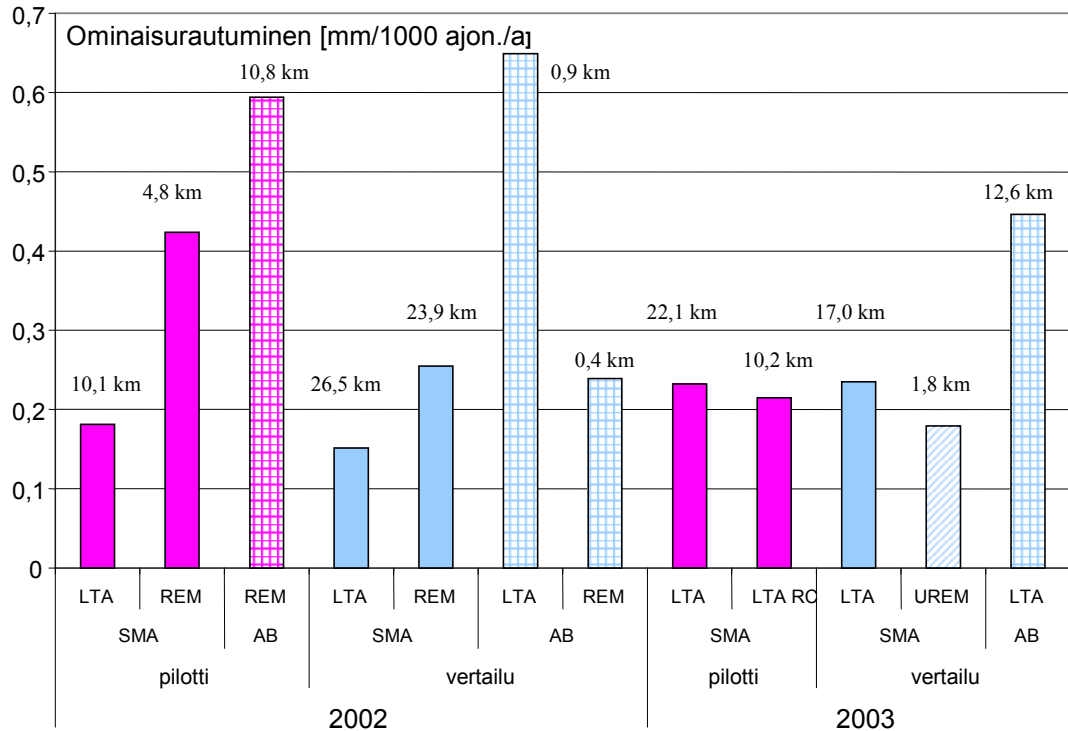
**Taulukko 11. Pilottikohteiden urautumisnopeudet ja ominaisurautuminen kaistakohtaisella liikennemäärällä ajanjaksolla 2002/2003 – 2007.**

Nro	Tie	Päällyste	uraut.nop. [mm/a]		Omin.ur. [mm/1000 ajon./a]	
			ka.	sd.	ka.	sd.
<i>U6/2002</i>						
1	25	AB16/14/REM	1,4	0,3	0,55	0,11
2	25	SMA16/14/REM	1,5	0,2	0,42	0,07
5	25	SMA16/70/LTA	0,8	0,3	0,16	0,05
6	45	SMA16/70/LTA	0,9	0,2	0,22	0,04
7	55	AB16/32/REM	1,0	0,2	0,69	0,24
3	25	SMA16/70/LTA	1,0	0,2	0,20	0,03
<i>U6/2003</i>						
1	1	SMA16/70/LTA	2,3	0,4	0,21	0,03
3	2	SMA16/70/LTA	0,6	0,2	0,26	0,08
4	4	SMA16/70/RC	2,1	1,0	0,22	0,06
5	25	SMA16/70/LTA	0,9	0,3	0,21	0,06

**Taulukko 12. Vertailukohteiden urautumisnopeudet ja ominaisurautuminen kaistakohtaisella liikennemäärällä ajanjaksolla 2002/2003 – 2007**

Nro	Tie	Päällyste	uraut.nop. [mm/a]		Omin.ur. [mm/1000 ajon./a]	
			ka.	sd.	ka.	sd.
2002						
105	7	SMA18/20/REM	1,6	0,4	0,19	0,05
106	3	SMA16/23/REM	2,2	0,6	0,15	0,04
110	170	SMA16/24/REM	1,3	0,2	0,18	0,03
112	140	SMA16/17/REM	1,0	0,2	0,57	0,09
209a	51	SMA90/LTA	0,6	0,1	0,12	0,02
223	51	SMA16/90/LTA	1,3	0,1	0,13	0,01
401	51	SMA16/90/LTA	0,9	0,2	0,15	0,03
401a	51	AB16/15/REM	1,4	0,1	0,23	0,02
403	55	AB16/90/LTA	1,4	0,5	0,65	0,24
501	102	SMA16/100/LTA	2,1	0,5	0,14	0,03
7012	25	SMA16/100/LTA	0,7	0,2	0,17	0,05
7014	7	SMA16/20/REM	0,6	0,2	0,17	0,06
2003						
201	50	SMA16/90/LTA	1,7	0,3	0,19	0,03
208	1	SMA18/90/LTA	2,7	0,3	0,24	0,02
215a	50	SMA16/90/LTA	1,1	0,2	0,23	0,04
226	55	AB16/90/LTA	0,7	0,3	0,55	0,21
231	132	SMA11/70/LTA	2,5	0,3	0,31	
234	4	SMA16/90/LTA	1,4	0,3	0,10	0,02
236	4	SMA16/90/LTA	2,9	0,8	0,18	0,05
237	25	AB16/90/LTA	0,6	0,2	0,12	0,04
407	152	SMA11/90/LTA	2,2	0,3	0,35	0,05
408	170	SMA16/90/LTA	0,5	0,2	0,40	0,13
457	7	SMA16/17/UREM	1,5	0,3	0,18	0,04
461	7	SMA16/19/UREM	1,4	0,3	0,17	0,04

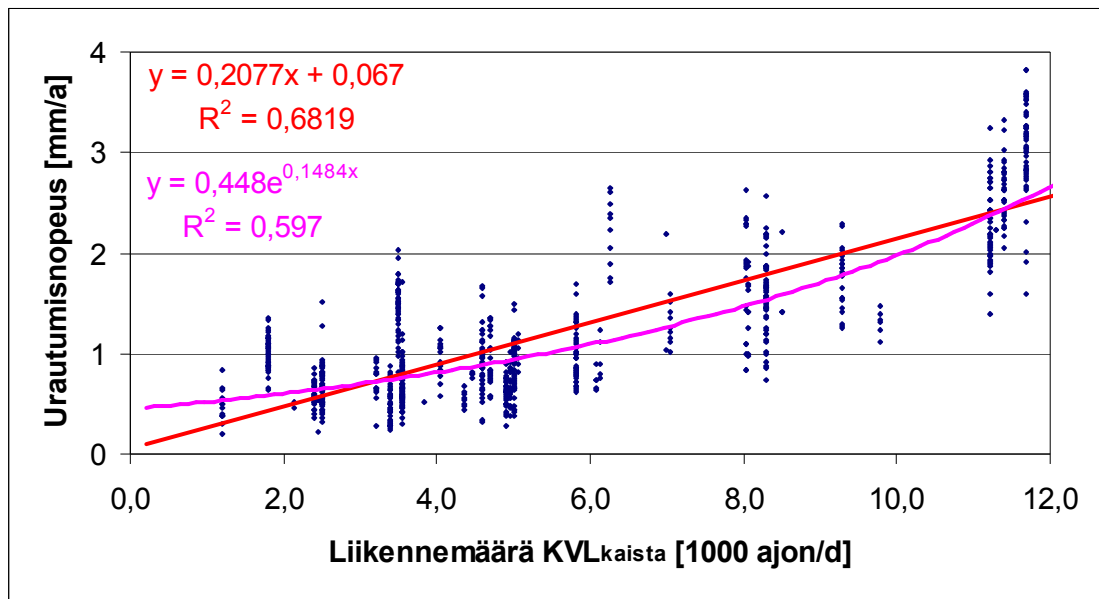
Taulukon 11 tiedoista on nähtävissä, että pilottikohteissa laattana toteutetut SMA-päällysteet kuluvat hitaammin kuin uusiomenetelmillä toteutetut SMA-päällysteet ja AB-päällysteet. Urautumisnopeuksien ja ominaisurautumisen keskihajonnat kuvaavat aineiston hajontaa. Pieni keskihajonta kertoo päällysteen ja olosuhteiden tasalaatuisuudesta. Kun päällyste urautuu tasaisesti, on sen ylläpito myös halvempaa ja helpompaa. Keskihajonnalle ei ole asetettu raja-arvoja. Vuosien 2002 ja 2003 pilottikohteiden ominaisurautumista verrattiin kuvassa 9 päällyste- ja menetelmäkohtaisesti samojen vuosien tavanomaisiin urakoihin.



**Kuva 9. Neljä tai viisi vuotta vanhojen pilotti- ja vertailukohteiden ominaisurautuminen kaistakohtaisella liikennemäärällä laskettuna. Otokset on ilmoitettu kilometreinä.**

Tarkastellaan lähemmin SMA-päällystettä laattana levitettynä vuosien 2002 ja 2003 pilottikohteiden ja vertailukohteiden välillä käyttämällä kahden riippumattoman erotuksen t-testiä 95 % luottamusvälillä. Kyseinen t-testi kertoo aineistojen eron tilastollisen merkitsevyyden. Vuonna 2002 vertailukohteiden ominaisurautuminen oli tilastollisesti merkitsevästi vähäisempää kuin pilottikohteiden. Ero ei tosin ole kovin suuri. Vuonna 2003 vastaavan tyyppisten vertailu- ja pilottikohteiden ominaisurautumiset eivät poikenneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi.

Liikennemäärä on yksi keskeisimmistä urautumiseen vaikuttavista tekijöistä. Kuvassa 10 on esitetty laattana toteutettujen SMA-päällysteiden urautumisnopeuden ja kaistakohtaisen liikennemäärän yhteys. Aineistona ovat sekä pilotti- että vertailukohteet. Pistejoukkoon sovitetuista funktioista parhaan selitysasteen  $R=0,75$  antaa kolmannen asteen polynomi. Kolmannen asteen polynomi ei kuitenkaan ole fysikaalisesti hyvä funktio kuvaamaan ilmiötä. Pistejoukkoon sovitettuna myös eksponenttifunktio ja suora antavat korkeat selitysasteet. Urautumisnopeuden on aiemmin oletettu kasvavan juuri lineaarisesti liikennemäärän suhteen.



Kuva 10. Laattana toteutetun SMA-päällysteen urautumisnopeuden ja kaistakohtaisen liikennemäärän pistejoukkoon on sovitettu suora ja eksponenttifunktio (otoskoko on 915 sadan metrin osuutta)

### 3.3.2. Tasaisuus

Kestoikäurakan pilottikohteiden ja tutkimuksen vertailukohteiden satametrisille laskettiin kuntotietorekisteriaineistosta erilaisia tasaisuuden tunnuslukuja, kuten IRI, IRI4 ja RMS-mega. Taulukoissa 13 ja 14 on esitetty kevään 2007 mittauksista kohteille lasketut tasaisuuden tunnuslukujen keskiarvot ja keskihajonnat.

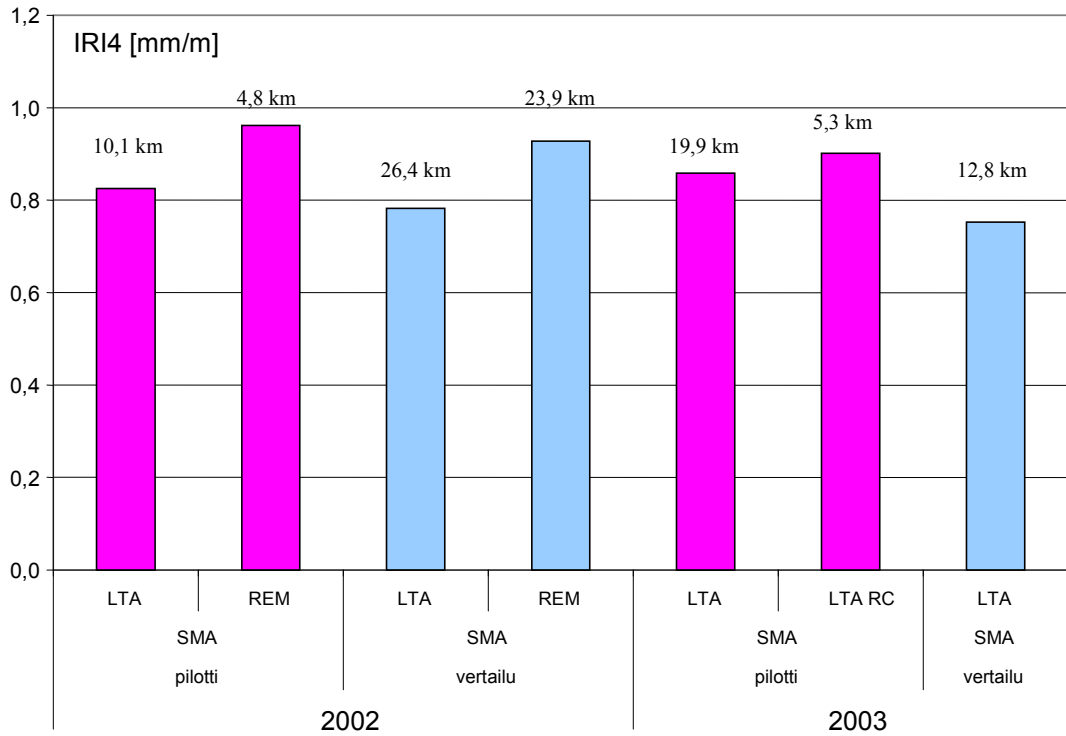
Taulukko 13. Pilottikohteiden IRI, IRI4 ja RMS mega keskiarvot ja keskihajonnat keuhällä 2007 mitattuna.

Nro	Tie	Päällyste	IRI [mm/m]		IRI4 [mm/m]		RMS-mega [mm]	
			ka.	sd.	ka.	sd.	ka.	sd.
U6/2002								
1	25	AB16/14/REM	1,1	0,3	0,79	0,21	0,34	0,04
2	25	SMA16/14/REM	1,3	0,3	0,96	0,13	0,51	0,05
5	25	SMA16/70/LTA	1,0	0,1	0,81	0,12	0,71	0,09
6	45	SMA16/70/LTA	1,4	0,6	0,87	0,35	0,62	0,06
7	55	AB16/32/REM	1,1	0,3	0,80	0,19	0,35	0,07
3	25	SMA16/70/LTA	1,1	0,3	0,78	0,17	0,57	0,04
U6/2003								
1	1	SMA16/70/LTA	1,2	0,2	0,86	0,11	0,55	0,05
3	2	SMA16/70/LTA	1,2	0,3	0,82	0,14	0,67	0,07
4	4	SMA16/70/RC	1,3	0,4	0,95	0,31	0,59	0,10
5	25	SMA16/70/LTA	1,2	0,3	0,84	0,16	0,51	0,11

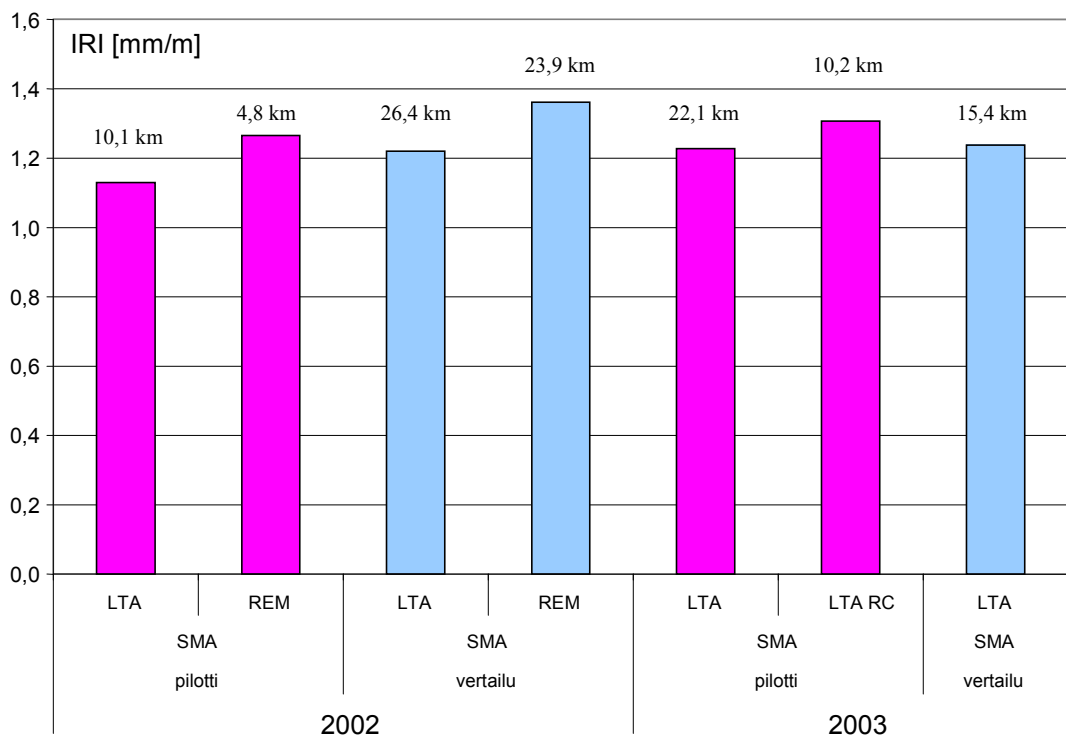
**Taulukko 14. Vertailukohteiden IRI, IRI4 ja RMS mega keskiarvot ja keskihajonnat keväällä 2007 mitattuna.**

Nro	Tie	Päällyste	IRI [mm/m]		IRI4 [mm/m]		RMS mega [mm]	
			ka.	sd.	ka.	sd.	ka.	sd.
<b>2002</b>								
105	7	SMA18/20/REM	1,2	0,3	0,75	0,16	0,43	0,07
106	3	SMA16/23/REM	1,2	0,2	0,74	0,07	0,49	0,02
110	170	SMA16/24/REM	1,5	0,5	0,96	0,22	0,44	0,06
112	140	SMA16/17/REM	1,6	0,3	1,12	0,19	0,43	0,06
209a	51	SMA90/LTA	1,0	0,2	0,65	0,07	0,48	0,05
223	51	SMA16/90/LTA	1,1	0,2	0,75	0,07	0,43	0,04
401	51	SMA16/90/LTA	1,2	0,4	0,76	0,13	0,49	0,05
401a	51	AB16/15/REM	1,4	0,3	0,57	0,12	0,17	0,01
403	55	AB16/90/LTA	1,3	0,3	0,91	0,19	0,28	0,03
501	102	SMA16/100/LTA	1,5	0,6	0,99	0,20	0,58	0,11
7003	6	AB16/60/MP	1,3	0,2	0,84	0,10	0,47	0,06
7012	25	SMA16/100/LTA	1,2	0,3	0,92	0,33	0,47	0,06
7014	7	SMA16/20/REM	1,3	0,5	0,90	0,27	0,63	0,10
<b>2003</b>								
201	50	SMA16/90/LTA	1,7	1,1	0,94	0,43	0,42	0,05
208	1	SMA18/90/LTA	1,0	0,1	0,71	0,13	0,39	0,04
215a	50	SMA16/90/LTA	1,2	0,3	0,62	0,07	0,42	0,03
226	55	AB16/90/LTA	1,1	0,3	0,62	0,13	0,29	0,03
231	132	SMA11/70/LTA	2,0	0,6	0,93	0,33	0,26	0,03
234	4	SMA16/90/LTA	1,0	0,2	0,69	0,11	0,37	0,04
236	4	SMA16/90/LTA	1,1	0,2			0,39	0,06
237	25	AB16/90/LTA	1,0	0,2	0,69	0,09	0,42	0,05
407	152	SMA11/90/LTA	1,2	0,5	0,77	0,28	0,33	0,04
408	170	SMA16/90/LTA	1,3	0,7	0,72	0,32	0,43	0,02
409	170	SMA16/90/LTA	1,1	0,2	0,65	0,12	0,47	0,02
457	7	SMA16/17/UREM	1,1	0,2	0,87	0,16	0,48	0,06
461	7	SMA16/19/UREM	1,2	0,1	0,76	0,09	0,38	0,04

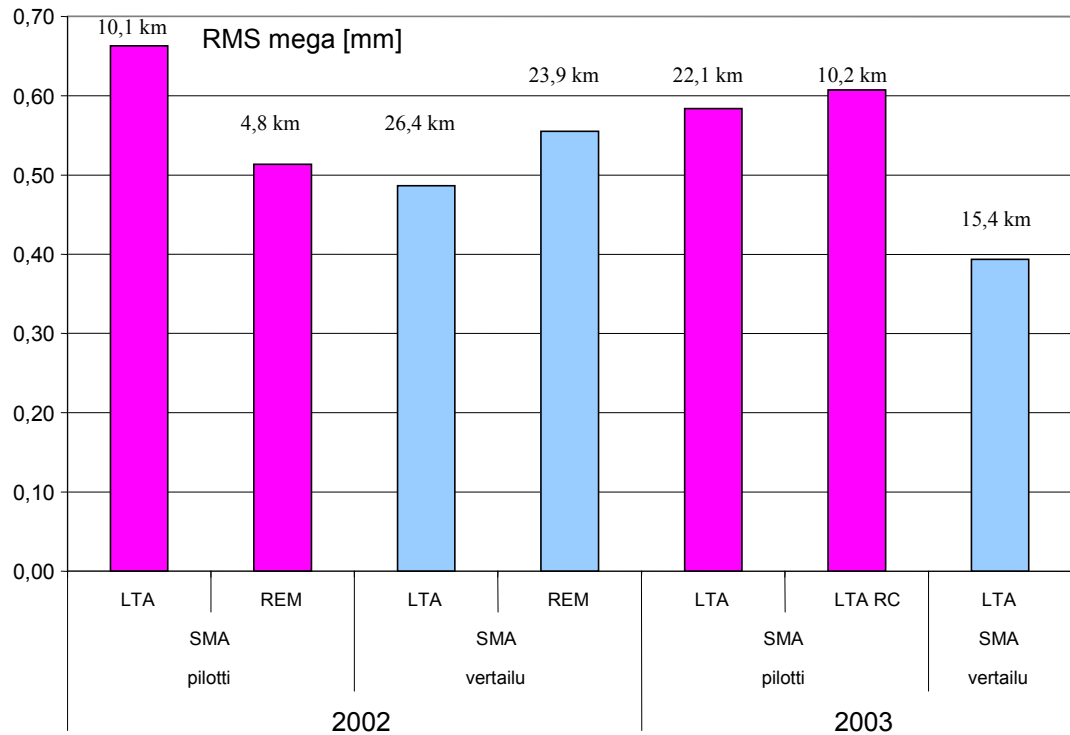
Tasaisuuden toteutunutta laatua pilotti- ja vertailukohteiden välillä verrattiin IRI4-arvolla. Kuvassa 11 on esitetty vuosina 2002 ja 2003 laattana tai uusiomenetelmällä toteutettujen SMA-päällysteiden IRI4-keskiarvot vuonna 2007 mitattuina. Vuonna 2002 toteutetut kohteet ovat siis noin viiden ja vuonna 2003 toteutetut kohteet noin neljän vuoden ikäisiä. Normaalisti IRI4:ä käytetään vain uuden päällysteen laadun arvioinnissa. Vertailukohteiden IRI4-arvot ovat pienempiä kuin pilottikohteilla. Vuoden 2002 pilotti- ja vertailukohteiden välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa, mutta vuoden 2003 kohteiden välillä ero on tilastollisesti merkitsevä. Kuvassa 12 on esitetty keväällä 2007 pilotti- ja vertailukohteilta mitatut IRI arvot SMA-päällysteiden osalta. IRI-arvot eivät poikkea suuresti toisistaan. Kuvassa 13 on esitetty vastaavilta kohteilta mitatut RMS-megakarkeudet.



**Kuva 11. Pilotti- ja vertailukohteiden keväällä 2007 mitatut IRI4 keskiarvot ja otoskoot kilometreissä.**



**Kuva 12. Pilotti- ja vertailukohteiden keväällä 2007 mitatut IRI-keskiarvot ja otoskoot.**



**Kuva 13. Pilotti- ja vertailukohteiden keväällä 2007 mitatut RMS-mega-arvojen keskiarvot ja otoskoot.**

Syitä vuoden 2003 pilottikohteiden suurempaan IRI4-arvoon saattaa olla useita. Pilotti- ja vertailukohteiden laattoina toteutettujen SMA-päällysteiden eräs keskeinen ero on laatan paksuudessa. Pilottikohteiden päällystelaatat olivat paksuudeltaan  $70 \text{ kg/m}^2$  eli noin 3 cm ja vertailukohteiden  $90 \text{ kg/m}^2$  eli noin 4 cm. Massamäärältään  $70 \text{ kg/m}^2$  paksu laatta saattaa olla herkempi työvirheille tai sitä ei pystytä levittämään yhtä tasaisesti kuin  $90 \text{ kg/m}^2$  paksua laattaa. Toisaalta ohut laatta ei tasaa alustan epätasaisuuksia yhtä tehokkaasti. Epätasaisempaan työn jälkeen viittaa myös se, että vastaavaa eroa IRI-arvoissa ei ole nähtävissä. Myös RMS-megakarkeudet ovat pilottikohteilla suurempia, mikä saattaa myös johtua epätasaisemmasta levityksestä tai eri päällystetyypistä tai pinnan avoimuudesta.



### 3.4. Tarkasteluajanjakson perusteella laadittu kestoikäennuste

Tässä tutkimuksessa saavutettavaa kestoikää ennustetaan laskemalla se kaavalla 6. Aineistona ovat päällystysajankohdan eli kesän 2002 tai 2003 ja kevään 2007 väliset kuntotietomittausaineistot. Kyseessä on siis urasyvyyteen perustuvan kestoiän ennuste viiden tai neljän vuoden urautumisen perusteella.:

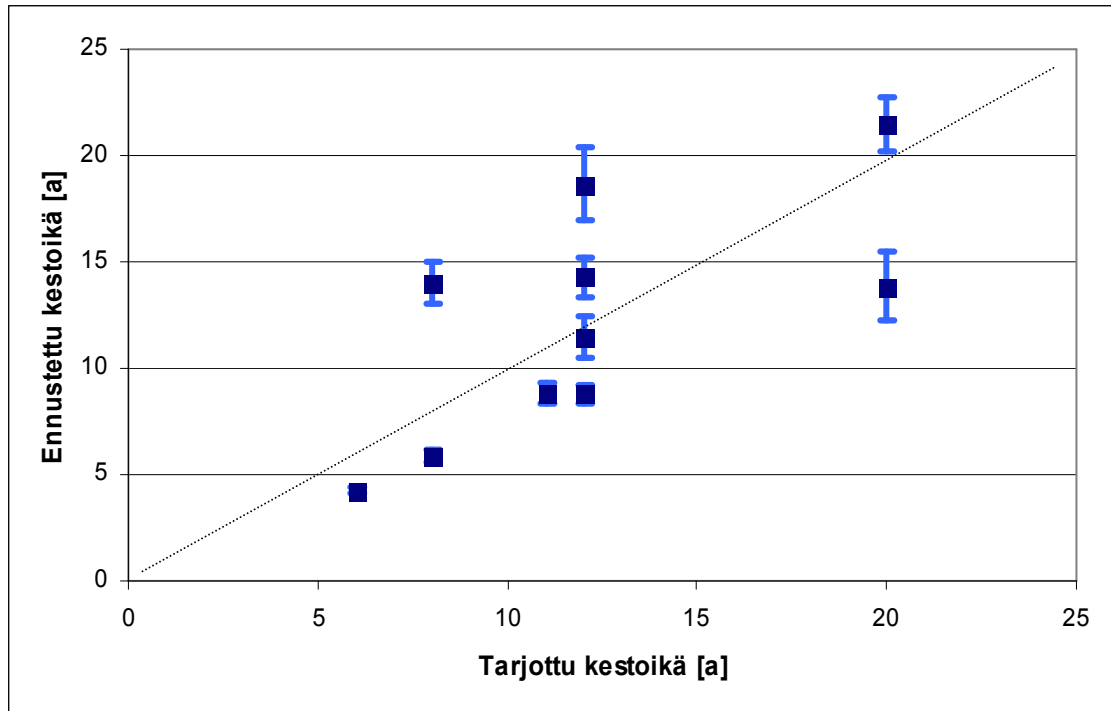
$$a_{lask} = \frac{15 \text{ mm} - b_0}{b_1}, \text{ missä} \quad (6)$$

$$a_{lask} = \text{laskennallinen kestoikäennuste [a]}$$

$$b_1 = \text{urautumisnopeus [mm/a]}$$

$$b_0 = \text{laskennallinen alku - ura [mm]}$$

Kuvassa 14 on esitetty vuosien 2002 ja 2003 urakoissa tarjotut kestoiät ja eri satametrinen laskennallisten kestoikäennusteiden keskiarvot ja ennusteiden 95 % vaihteluväli. Kuvasta nähdään, että luvattun kestoiän kasvaessa myös vaihteluväli laajenee. Tiehallinnossa on arveltu, että uusiopäällysteiden osalta urakoitsijan kestoikäarviot ovat liian optimistisia. Tämä näkyy myös taulukossa 15, jossa vuonna 2002 uusiomenetelmillä toteutettuja kohteita olivat 1,2 ja 7 sekä vuonna 2003 kohde 4.



**Kuva 14. Tarjottu kestoikä ja ennustetun kestoian keskiarvo ja kestoian 95 % luottamusväli pilottiurakoissa 2002 ja 2003.**

Laskennalliset kestoikäennusteet kertovat ajan, joka kuluu, kunnes 15 millimetrin urasyvyys saavutetaan. Vuoden 2003 urakassa luvattiin jopa kahdenkymmenen vuoden kestoikä. On olemassa riski, etteivät päällysteet todellisuudessa kestä luvattua kahtakymmentä vuotta. Riski on ilmeinen etenkin ohuilla laatoilla ja massapintauksilla. Ne voivat kestää kulutusta hyvin kolme vuotta, mutta saattavat jo viiden vuoden ikäisenä purkautua puhki, kuten kuvan 15 tapauksessa. Toinen ongelma ovat karkeat ja harvat SMA-päällysteet, jotka purkautuvat helposti ja ovat epämukavia ajaa. Vähäliikenteisillä teillä urautuminen toiminnallisena vaatimuksena ei siis ole aina riittävä.



**Kuva 15.** Varsin ohut SMA16/70 –päällyste vuodelta 2003 on purkautunut valtatiellä 25 Hyvinkäällä. Kuva otettu toukokuussa 2007. Suurennoksessa näkyy, että päällyste on paikoin vain yhden kivirakeen paksuinen.

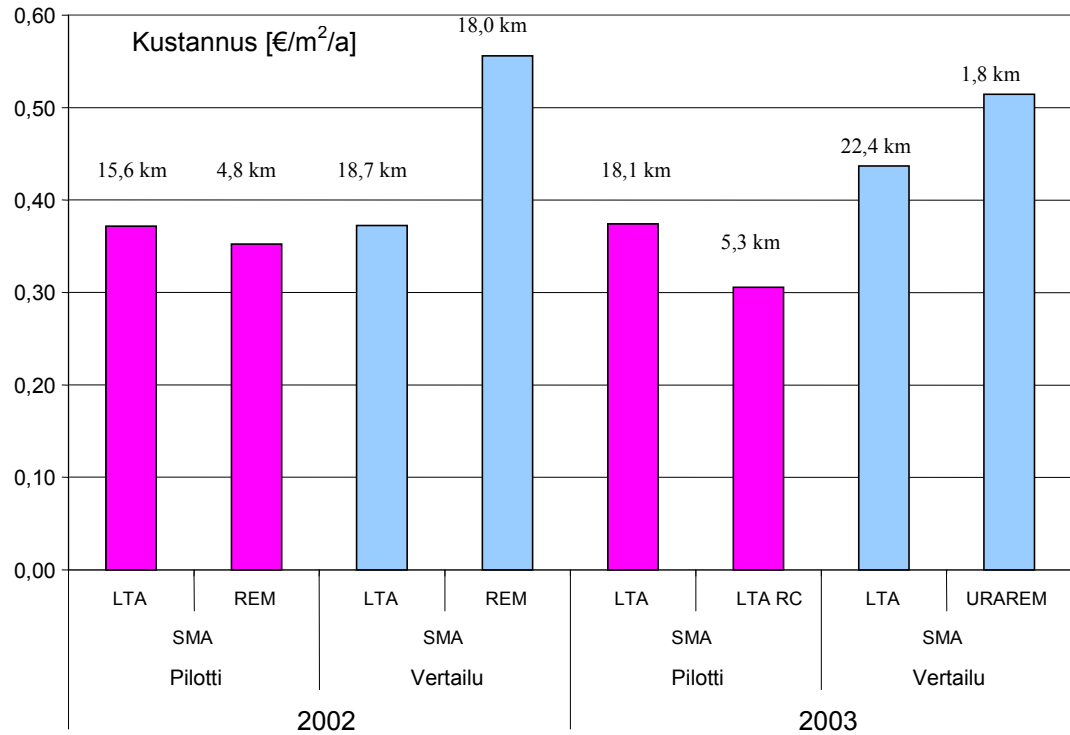
### 3.5. Toteutuneet kustannukset

Taulukossa 15 on esitetty kestoikäurakan kohteiden toteutuneet kustannukset ja arvonmuutokset. Pilotti- ja kestoikäurakoiden kustannuseroja arvioitiin laskemalla hinta päällysteneliömetrille vuodessa. Päällysteen ikä (ennustettu ikä) arvioitiin laskennallisesti kaavalla 6.

**Taulukko 15. Pilottikohteiden laskennallinen kestoian ennuste ja päällysteen vuosikustannus**

kohde	tie	tarj. ikä	enn. ikä	kohdehinta	sakko/bonus	hinta	ala	hinta
U6/2002		[a]	[a]	[€]	[€]	[€]	[m <sup>2</sup> ]	[€/m <sup>2</sup> /a]
1	25	11	9	170894	-39684	131210	55552	0,27
2	25	12	9	103541	-8286	104925	33915	0,35
4	25	11	ei lask.	184059	2685	185443	33733	ei lask.
5	25	12	19	232063	9805	233447	43043	0,29
6	45	12	14	114023	218	114241	21273	0,38
7	55	12	11	83559	-12590	70969	24738	0,25
3	25	8	14	70062	ei määr.	70062	11165	0,45
<b>U6/2003</b>								
1	1	8	6	66186	-6102	60084	22436	0,45
3	2	20	21	456953	-15656	441297	61584	0,33
4	4	6	4	88387	-6041	82346	62686	0,31
5	25	20	14	322264	-54362	267902	57650	0,34

Taulukossa on esitetty kohteiden päällysteiden kestoikänaikaiset vuosikustannukset. Kuvassa 16 on esitetty pilotti- ja vertailukohteiden SMA-päällysteiden vuosikustannusten keskiarvot.



**Kuva 16. Pilotti- ja vertailukohteiden vuosikustannukset ennustetulla kestoikäällä ja otoskoko kilometreinä.**

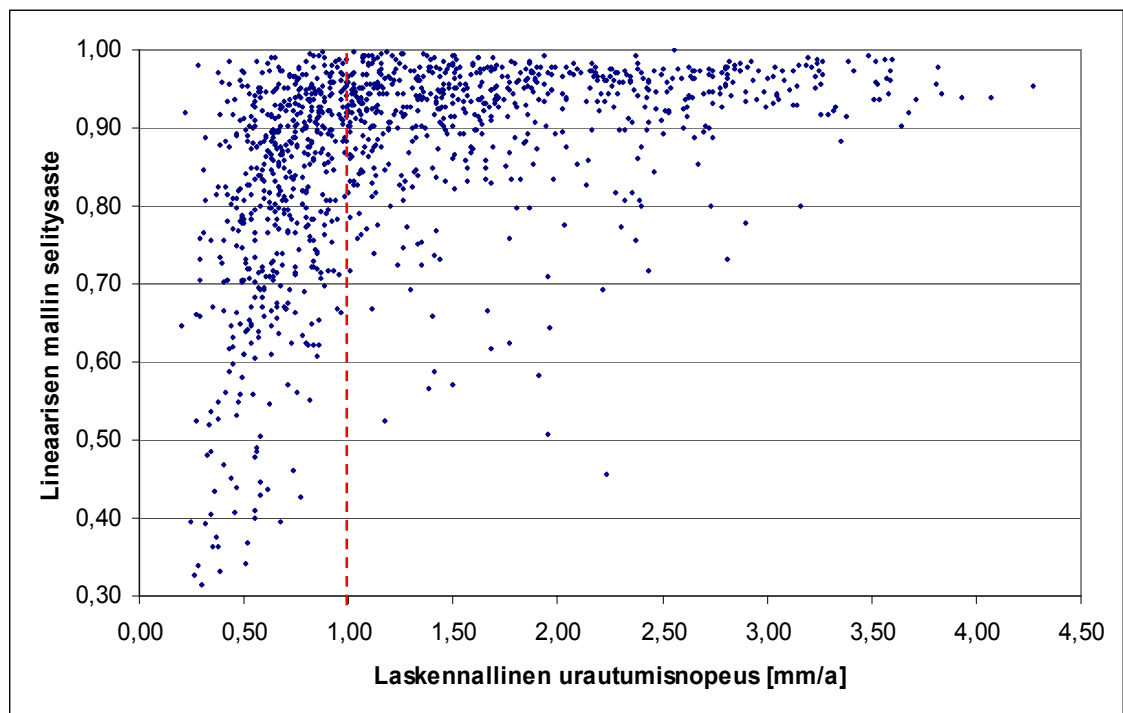
Pilottikohteiden vuosikustannukset ovat keskenään varsin tasaisia uusiomenetelmien ollessa hieman halvempia. Pilottikohteiden vertaaminen vertailukohteisiin on hieman hankalampaa. Joka tapauksessa pilottikohteiden vuosikustannus näyttäisi jäävän alhaisemmaksi. Tämä johtuu varmasti osittain siitä, että pilottikohteiden SMA-päällysteet olivat massamäärältään pienempiä ja siksi ne olivat halvempia.

### 3.6. Kestoikämallin soveltuvuus

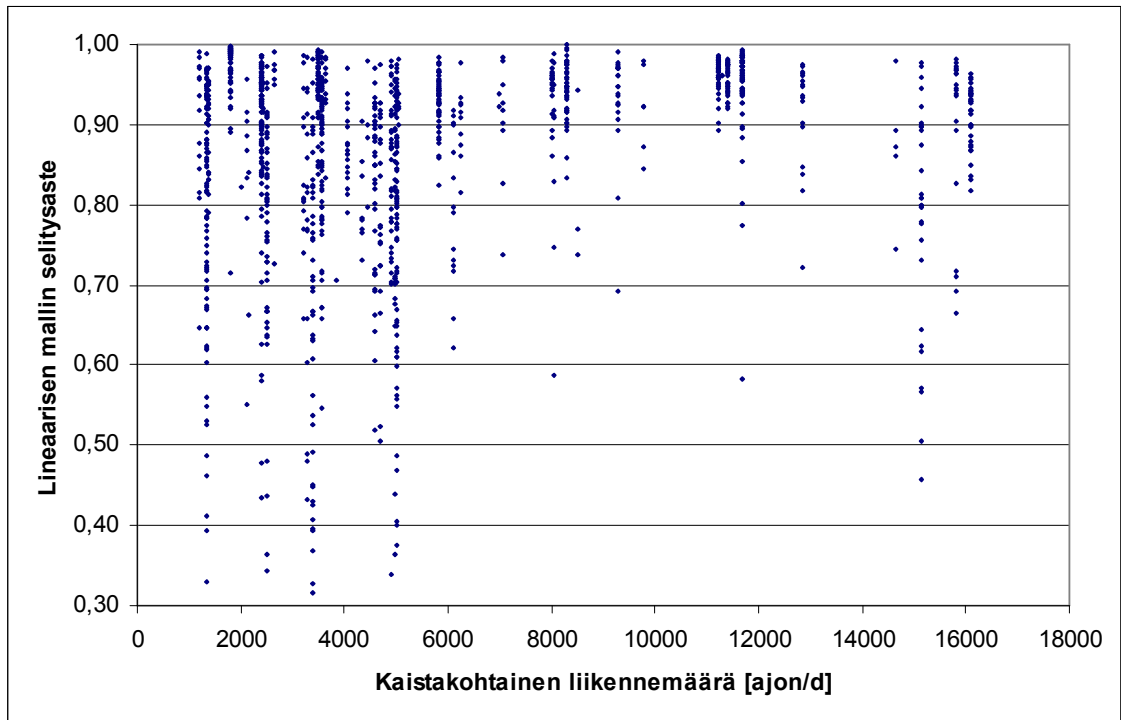
Tiehallinnon kestoikämalli on kehitetty soveltuvaksi päällystyskohteisiin, joiden päällystystarve aiheutuu urautumisesta ja kohteina olevien teiden rakenteet ovat sellaisessa kunnossa, että rakenteen ongelmat eivät vaikuta urautumiseen. Toinen vahva

oletus käytettäessä kestoikämallia on, että päällysteen pinnan urasyvyyden kasvu on lineaarista. Tähän lineaarisuuteen perustuu myös Tiehallinnon kestoikäurakoissaan käyttämä arvovähennyskaava. Liikennemäärä on tärkein urautumiseen vaikuttava yksittäinen tekijä ja eräs tärkeä kysymys on, millä liikennemäärällä urautuminen muuttuu päällysteen uusimisajankohdan määrääväksi tekijäksi. Tämän kysymyksen ratkaisemiseksi pitäisi seurata myös muita kuntomuuttujia kuten esimerkiksi vauriosummaa, jota tosin näin vilkkailta teiltä ei mitata.

Urasyyvyyden kasvun lineaarisen mallin hyvyttä voidaan sen sijaan arvioida liikennemäärän suhteen. Urasyyvyyden mittaustarkkuudella on suuri merkitys. Jos mittauksia on vähän ja vuosittainen urasyvyyden muutos on pieni, saattaa virhe nousta suureksi. Kuvassa 17 on esitetty laskennallisen urautumisnopeuden ja lineaarisen mallin selityssasteen yhteys. Kuvasta huomataan, kuinka selityssaste alkaa pienentyä urautumisnopeuden ollessa alle yksi millimetri vuodessa. Kuvan aineistossa ovat mukana sekä pilotti- että vertailukohteiden satametriset.



**Kuva 17.** Urasyyvyyden kehityksen lineaarisen mallin selityssaste  $R^2$  ja laskennallinen urautumisnopeus. Selityssaste heikkenee voimakkaasti, kun urautumisnopeus on alle 1 mm vuodessa.



**Kuva 18.** Lineaarisen mallin selityksasteen  $R^2$  ja  $KVL_{kaista:n}$  yhteys

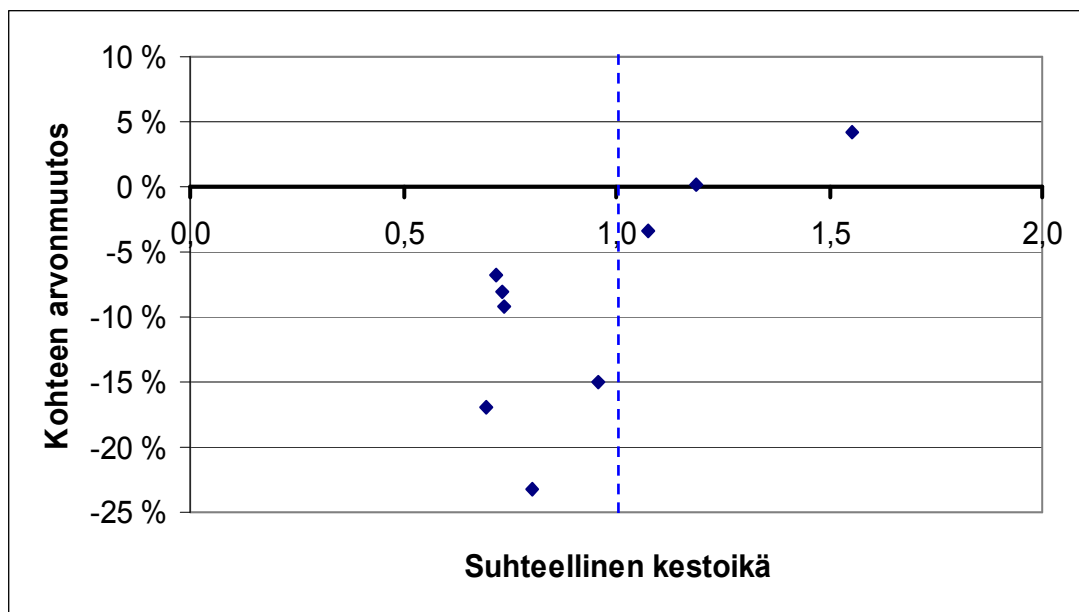
Kuvassa 18 on esitetty kaistakohtaisen liikennemäärän ja selityksasteen yhteys. Kuvasta voidaan havaita, että selityksaste on varsin hyvä suurella osalla tutkituista sadan metrin osuuksista. Kuitenkin liikennemäärän laskiessa alle viiden tuhannen selityksaste huononee. Samoin käy liikennemäärän kasvaessa yli viidentoistatuhannen. Alhaisemmilla liikennemäärillä selityksasteen huononeminen johtuu mittaustarkkuuteen nähden pienistä urasyvyyden muutoksista ja urasyvyyden kehityksen mahdollisesta epälineaarisuudesta. Syy selityksasteen huononemiseen hyvin suurilla kaistakohtaisilla liikennemäärillä saattaa olla mittauskertojen vähyys, joka johtuu päällysteen lyhyestä kestoikästä tai nopean urautumisen aiheuttamasta urasyvyyden kehityksen epälineaarisuudesta.

Kuvasta voisi tehdä sellaisen päätelmän, että kestoikämalli kolmen vuoden takuuajalla sopii parhaiten kohteisiin, joissa kaistakohtainen liikennemäärä on välillä 5000 – 15000. Suurella osalla kohteista kaistakohtainen liikennemäärä alittaa 5000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Mittaustarkkuuden parantaminen parantaisi osaltaan mallin sopivuutta alhaisemmille liikennemäärille. Niille teille, joilla kaistakohtainen liikennemäärä alittaa noin 4000 – 5000 hieman tapauksesta riippuen, pitäisi soveltaa pidempää takuuaikaa. Suomessakin paras käyttökohte kestoikäurakalle olisivat kaupunkien vilkkaat

sisääntuloväylät ja kehätiet, koska siellä liikennemäärät ovat suuret. 5000 ajoneuvoa kaistalla vuorokaudessa on Suomen olosuhteissa kuitenkin varsin paljon.

### 3.7. Arvonmuutosmalli

Tiehallinnon vuosina 2002 ja 2003 ja sen jälkeenkin muokattuna kestoikäurakoissa käyttämää arvonmuutosmallia arvioitiin ennustamalla pilottikohteille suhteelliset kestoajat kaavalla 3 ja esittämällä ne yhdessä kyseisille kohteille Tiehallinnon arvonmuutosperusteilla lasketun urakan arvonmuutosprosentin kanssa. Kuvassa 19 on esitetty pilottikohteille laskettu keskimääräinen suhteellinen kestoikä ja kohteille urakan takuuajan lopussa määrätty arvonmuutos. Kuva 19 perustuu siis nyt neljän ja viiden vuoden ikäisien päällysteiden kulumisennusteeseen.

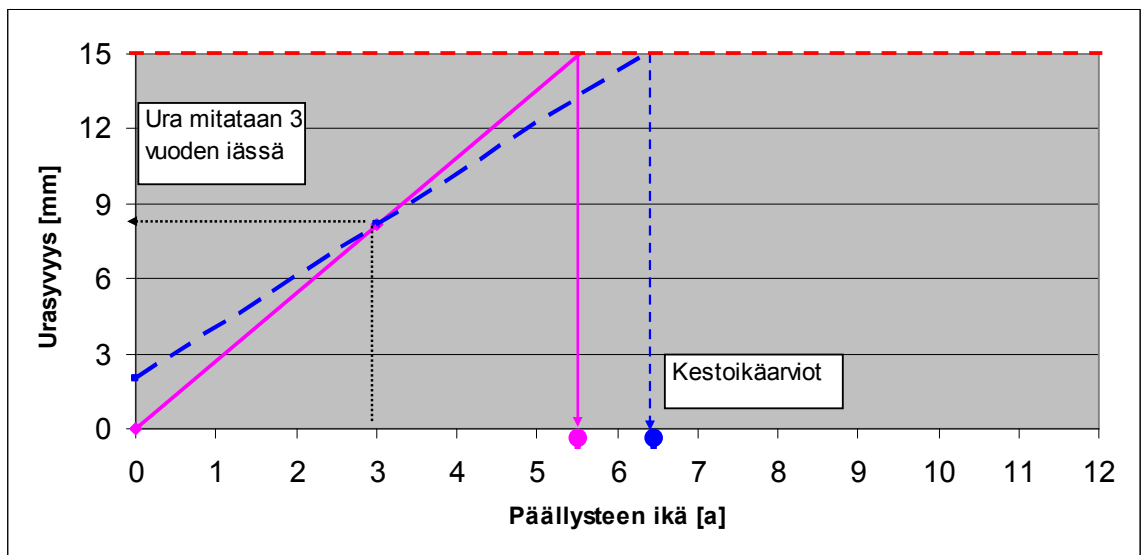


**Kuva 19. Kestoikäurakan vuosien 2002 ja 2003 pilottikohteiden arvonmuutos ja keväällä 2007 ennustettu suhteellinen kestoikä.**

Urakoitsijat mainitsivat haastatteluissa arvonmuutosten olevan liian tiukkoja ja lannistavia. Kuvan perusteella urakoitsijoiden arvio on jossain määrin oikea ainakin vuosien 2002 ja 2003 kestoikäurakoiden osalta. Bonusten saaminen vaikuttaa varsin vaikealta. Esimerkiksi kohde, joka ennusteen mukaan vaikuttaisi kestävän puolitoistakertaisesti luvatus, sai bonusta ainoastaan neljä prosenttia urakkahinnasta.

Arvonvähennysten saaminen on sen sijaan varsin helppoa. Esimerkiksi kohde, jonka nyt ennustetaan kestävän 0,8 kertaa luvutun saa sakkoa lähes neljäsosan urakkahinnasta.

Tiehallinnon arvonmuutosmalli perustuu oletukseen päällysteen lineaarisesta kulumisesta. Kuvassa 20 urasyvyyttä esittävä suora piirretään origosta kolmen vuoden iässä mitattuun urasyvyyteen ja jatketaan siitä lineaarisesti urasyvyyden raja-arvoon eli 15 millimetriin. Näin päällysteelle saadaan ennustettu kestoikä. Menetelmän ongelma on se, että päällysteeseen lähes aina syntyvää noin 1 – 3 mm alku-uraa ei oteta huomioon. Päällysteen todellinen lineaarinen urautuminen alkaa vasta alku-urasta. Jos alku-ura otettaisiin huomioon, kuten Mikkelin kaupungin kokeilemissa urakoissa, olisi määritetty kestoikä oikeampi. Tiehallinnon käyttämä menetelmä ei kuitenkaan ole sinällään virheellinen, koska urakassa menetelmä tiedettiin ja se oli kaikille sama. Olisi kuitenkin parempi, jos arvonmuutosmalli perustuisi mahdollisimman hyvin todelliseen urautumiseen.

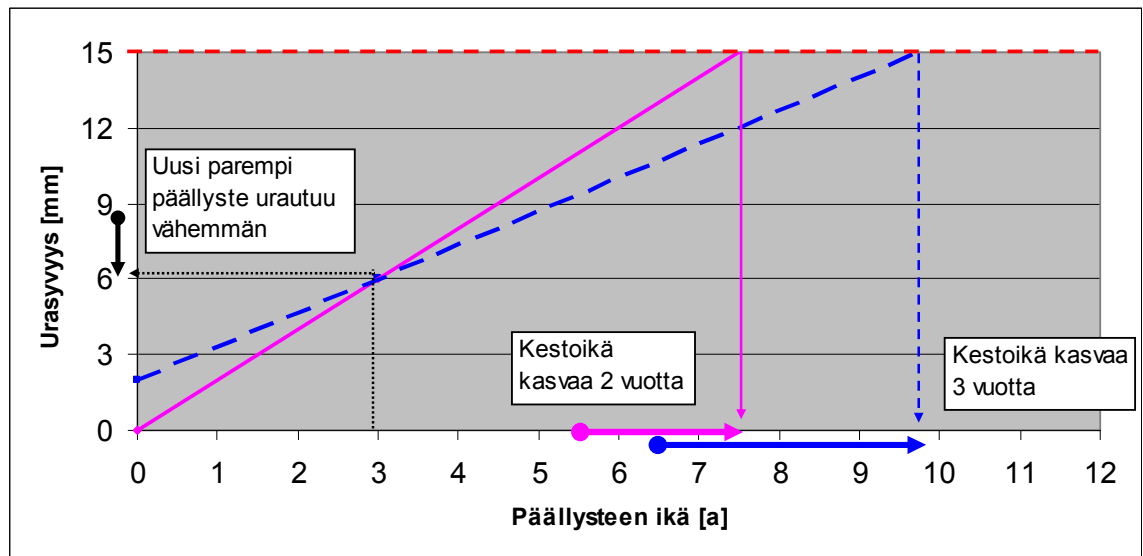


**Kuva 20.** Samalle päällysteelle arvioitu kestoikä kahdella menetelmällä. Yhtenäinen suora ei huomioi alku-uraa vaan lähtee origosta ja kulkee 3 vuoden mittauspisteen kautta. Katkoviivalla piirretty suora kulkee mitatun alku-uran ja 3 vuoden mittauspisteen kautta. Kestoikäarvio on erilainen eri menetelmillä.

Kuvassa 21 on esitetty periaatteellinen ero eri menetelmien välillä päällysteen kulumiskestävyyden paranemisen vaikutuksesta päällysteen ennustettuun kestoikään. Kuvassa urakoitsija on kehittänyt kuvaan 20 verrattuna kulutusta paremmin kestävän päällysteen, jolloin kolmen vuoden iässä mitattu ura on pienempi. Tiehallinnon arvonvähennysperiaatteiden mukainen suora on esitetty jälleen yhtenäisenä viivana ja



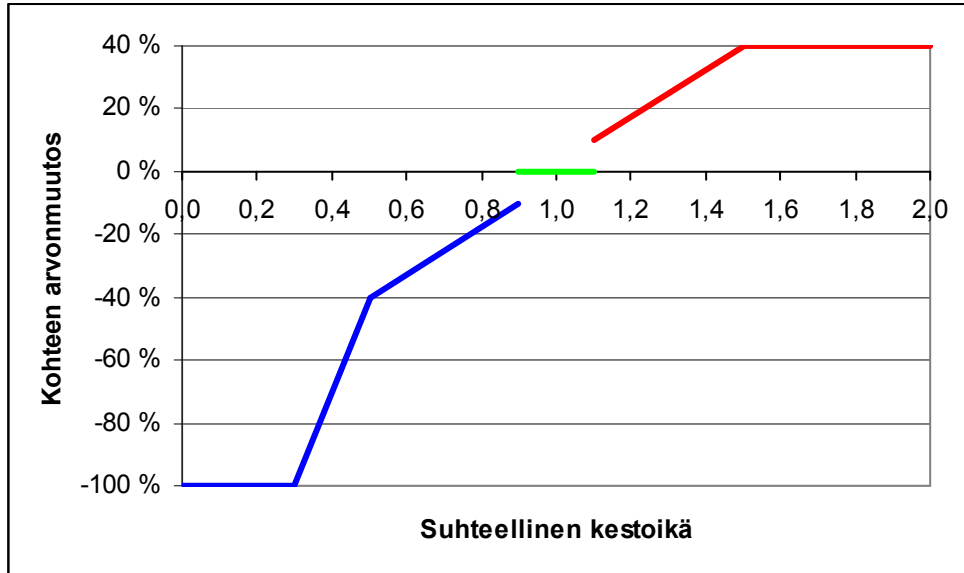
todellinen alku-uran huomioiva suora katkoviivalla. Uudelle päällysteelle määritetyt kestoajat ovat vanhaa päällystettä suuremmat. Origosta lähtevällä suoralla arvioitu kestoikä on esimerkkitapauksessa kaksi vuotta enemmän ja alku-urasyvyydestä lähtevällä suoralla kolme vuotta enemmän kuin kuvan 20 päällysteellä. Urakoitsija saa jälkimmäisellä menetelmällä kehitystyöstään enemmän hyötyä jättäessään seuraavan kerran tarjoustaan kestoikäurakkaan, mikä saattaa kannustaa kehitystyöhön entistä enemmän.



**Kuva 21.** Kehitystyön tuloksena uusi päällyste urautuu vähemmän kuin kuvan (Kuva 20) päällyste, jolloin päällysteen kestoikä kasvaa. Alku-uran huomioivalla arviointimenetelmällä kestoajan kasvu on suurempi. Silloin myös urakoitsija hyötyy kehitystyöstään enemmän.

Kaikilla päällystealan osapuolilla on omat mielipiteensä siitä millaiset arvonmuutosperusteet ovat hyvät. Joka tapauksessa arvonmuutosperusteiden perustana olevan mallin olisi hyvä olla selkeä ja mahdollisimman lähellä todellisuutta. Siksi sen olisi hyvä perustua kuvan 7 tapaiseen tilanteeseen, jossa suora kulkee ainakin alku-uran ja sovittuna vuonna mitatun pisteen kautta. Arvonmuutosten olisi paras perustua suhteelliseen kestoikään. Se olisi selkeä tapa, eikä urakan takuuajalla olisi merkitystä, koska suhteellinen kestoikä laskettaisiin samalla tavalla riippumatta siitä mitataanko urasyvyys kolmen tai viiden vuoden kuluttua. Aiemmin kuvassa 3 esitettyjen Tiehallinnon arvonmuutoskäyrien arvonmuutokseton alue on  $\pm 1$  mm kolmen vuoden ikäisenä mitatusta urasyvyydestä. Jos luvattu kestoikä on esimerkiksi viisi vuotta, on yksi millimetri sopiva toleranssi. Jos päällysteelle onkin luvattu kestoikää viisitoista vuotta, on yhden millimetrin toleranssi suhteellisesti suuri ja tarkoittaa, että kestoikä saa

periaatteessa vaihdella kymmenestä kahteenkymmeneen vuoteen. Sen takia arvonmuutokset alueen pitäisi olla suhteessa luvattuun kestoikään. Kuvassa 22 on esitetty esimerkki siitä miten arvonmuutokset voitaisiin määrittää suhteellisen kestoian perusteella.



**Kuva 22. Esimerkki suhteelliseen kestoikään perustuvasta arvonmuutostaulukosta.**

Kuvassa 22 esitetty arvonmuutoskuvaaja perustuu osittain Tiehallinnon kestoikäurakoiden 2004 päivitettyihin arvonmuutoksiin. Erona on kuitenkin se, että käyrä on epäjatkua. Suhteellisen kestoian ollessa esimerkiksi välillä 0,9-1,1, kuten Mikkelissä on, ei arvonmuutoksia ole, mutta suhteellisen kestoian alittaessa 0,9 alkaa arvonvähennys kasvamaan tässä tapauksessa esimerkiksi 10 %:sta. Lisäksi arvonvähennykset kasvaisivat aluksi hitaammin ja lopuksi nopeammin. Laskettaessa arvonmuutoksia välipyöristykset jätetään pois ja vasta lopullinen suhteellinen kestoikä pyöristetään sovitulla tavalla.

Urakan arvonmuutosten laskemiseksi tarvittavat uramittaustulokset voidaan saada kahdella tavalla. Tutkituissa Tiehallinnon urakoissa urakoitsija mittautti urasyvyyden kolmen vuoden iässä ja toimitti tulokset ja arvonmuutoslaskelmat tilaajalle. Myös päällysteiden alku-ura mitattiin osana normaalia uusien päällysteiden laadun valvontaa. Alku-uran huomioon ottavan kestoian laskenta onnistuisi näiden kahden mittauspisteen avulla. Toinen vaihtoehto arvonmuutosten laskentaan olisi hyödyntää Tiehallinnon

päätiEVERKOLLA keväisin ja syksyisin teettämiä palvelutasomittauksia. Takuuajan aikana mitattuihin urasyvyysiksiin sovitettaisiin pienimmän neliösumman suora, jonka avulla kestoikä laskettaisiin. Kahden mittauspisteen avulla laskettu kestoikä olisi selkeä ja yksiselitteinen, mutta pisteiden mahdolliset virheet vaikuttavat kestoikäarvioon. Monen pisteen kautta sovitettuun suoraan ei yksittäisen pisteen virhe vaikuta yhtä voimakkaasti. Vaikka pienimmän neliösumman sovitesuoran laskenta onkin helppoa, menetelmä ei kuitenkaan ole yhtä yksinkertainen kuin suoraan kahden pisteen kautta piirretty suora.

## **4. Kokemuksia toimivuusvaatimusurakoista**

### **4.1. Kotimaiset kokemukset**

#### 4.1.1. Yleistä

Kotimaiset kokemukset perustuvat tilaajien, urakoitsijoiden ja ulkopuolisten asiantuntijoiden haastatteluihin, aiheesta pidettyihin esityksiin ja muihin julkaisuihin. Tilaajan puolelta pyrittiin saamaan haastateltaviksi henkilöitä, jotka ovat tilanneet toiminnallisiin vaatimuksiin perustuvia päällysteurakoita ja urakoitsijoiden puolelta niitä henkilöitä, jotka ovat toteuttaneet urakoita. Kerätyt kokemukset Tiehallinnon kestoikäurakoista kattavat kaikki neljä urakkaa vuosilta 2002–2005.

#### 4.1.2. Tilaajat

Tiehallinnossa kestoikäurakoita on tilannut ainoastaan Uudenmaan tiepiiri. Vuosittain tarjouspyyntö lähetettiin 8 – 11 urakoitsijalle ja tarjouksia saatiin 5 – 6. Tarjouksia saatiin siis tilaajan mukaan riittävästi, vaikka erot tarjoushintojen vuosikustannuksissa olivat hyvin suuria. Tilaajan työmäärää kestoikäurakka ei ole juurikaan muuttanut. Tosin kokeilun alussa uusi urakkamalli aiheutti jonkin verran enemmän työtä. Kustannuksiltaan urakoiden on arveltu olevan jokseenkin samanhintaisia kuin

tavallisten urakoiden. Kestoiänaikaista vuosikustannusta ei ole kuitenkaan ennen tätä tutkimusta arvioitu. (Angervuori 2007, Toikkanen 2007)

Tiehallinnossa on arvioitu, että urakoitsijoiden suhtautuminen uuteen urakkamuotoon on muuttunut myönteisemmäksi ajan kuluessa. Tosin osa urakoitsijoista suhtautuu urakkamuotoon edelleen varauksellisesti. Tiehallinnon arvion mukaan kestoikäurakka ei kuitenkaan ole vielä tuonut mukanaan uusia innovaatioita, eikä ole juurikaan parantanut yhteistoimintaa tilaajan ja urakoitsijoiden välillä. Tiehallinto pitää kuitenkin kestoikäurakkaa tärkeänä välivaiheena kohti päällysteiden ylläpidon palvelusopimuksia sekä tilaajan että urakoitsijoiden osaamisen kehittämiseksi. Tiehallinnon näkökulmasta urakoitsijan riski kestoikäurakassa on varsin vähäinen, jos urakoitsijat tuntevat omien tuotteidensa ominaisuudet. Kestoikäurakan käyttö tulevaisuudessa nykyisessä muodossa on vielä avoin ja tällä hetkellä arvioidaan, että kehitys kulkee voimakkaasti kohti päällysteiden ylläpidon palvelusopimuksia. (Angervuori 2007, Toikkanen 2007, Tiehallinto 2006d)

Helsingin kaupungin tilaamassa kokeilukohteessa Pohjoisrannassa käytettiin SMA18-päällystettä ja korkealuokkaista kiviainesta. Tilaajan asettama vaatimus urasyvyydelle saavutettiin eikä urakoitsija siis saanut bonuksia eikä joutunut maksamaan sakkoa. Päällysteen arvioitiin olevan noin 18 prosenttia kalliimpaa kuin tavanomaisella urakalla toteutettu. Hinnan on arveltu johtuvan urakoitsijan kasvaneesta riskistä ja kohteeseen sopivan päällysteen kehitystyöstä. (Isoniemi 2001.) Urakan hintaa pidettiin Helsingissä liian korkeana. Tosin päällyste on kestänyt hyvin eikä mahdollisesti pidentyneen kestoiän mukanaan tuomia hyötyjä ole arvioitu. Päällysteen kulumisen seuranta ja uudet urakka-asiakirjat työllistivät tilaajaa, mutta normaalit päällystenäytteiden laboratoriokokeet ja päällysteen ylläpito takuuajana jäivät pois. Urakan kolmivuotinen takuuajaka ei myöskään oikein sovi kaupungin toimintatapoihin. Urakkamuodossa kehittämistä kaipaavat erityisesti arvonmuutosperusteet. Urakkamuoto sopii käytettäväksi katuverkolla sellaisissa kohteissa, joissa päällystetään kerralla koko kadun poikkileikkaus ja jotka muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden. (Dolk 2007, Isoniemi 2007)

Mikkelin kaupungissa 2004 ja 2005 toteutetuilla urakoilla todettiin olevan lukuisia hyötyjä. Urakoitsijoiden oli perehdyttävä tarjousasiakirjoihin huolella ja he joutuivat

miettimään kohteittain miten toimivuusvaatimus saadaan täyttymään. Katujen päällysteiden pidemmät takuuajat ja pidemmät kestoiät pienentävät katujen elinkaarikustannuksia. Vuoden 2004 urakan takuu aika päättyi kesällä 2007, jonka jälkeen urakan onnistuminen voidaan tarkemmin arvioida. (Väisänen 2005.) Toimivuusvaatimukseen perustuvat päällystysurakat eivät ole täysin ongelmattomia. Varsinkin katuihin liittyvien lähtötietojen, kuten kunto- ja liikennemäärätietojen saatavuus oli joissakin tapauksissa huono. Lisäksi kohteiden valintaa vaikeutti se, että kaupungeissa urasyvyys määrää harvoin päällysteen uusimisen. Toisaalta katuverkolla tällaiset kohteet jäivät usein pieniksi, jolloin yksikköhinnat nousevat. Myös sopimusaikainen kohteiden seuranta ja mittausmenetelmät vaativat jonkin verran pohdintaa. (Väisänen 2005.) Tarjouksia näihin urakoihin jätettiin 2004 kolme ja 2005 kaksi, mikä on varsin vähän.

#### 4.1.3. Urakoitsijat

Destia eli silloinen Tieliikelaitos toteutti Tiehallinnon kestoikäurakat vuosina 2002, 2003 ja 2004 ja Lemminkäinen vuonna 2005. Näillä kahdella suurimmalla päällystysurakoitsijalla on eniten kokemusta kyseisestä urakkamuodosta ja haastatellut urakoitsijat edustavatkin näitä yrityksiä. Urakoitsijat pitävät kestoikäurakkamuotoa kiinnostavana. Urakoitsijat kokevat urakkamuodon antavan vapauksia omaan toimintaansa ja mahdollisuuksia hyödyntää omia vahvuuksiansa. Eräs tämän kaltaisen urakan onnistumisen kannalta keskeisimmistä asioista on lähtötietojen laatu. Koska tien vanha päällyste, tien ominaisuudet ja liikennemäärät vaikuttavat uuden päällysteen kulumiseen, on lähtötietoja oltava riittävästi ja selkeässä muodossa. Taulukossa 16 on lueteltu haastatteluissa esille tulleita urakoitsijoiden näkökulmasta tarpeellisia lähtötietoja. Tärkeimpiä tietoja ovat vanhan päällysteen ominaisuudet ja liikennemäärät.

**Taulukko 16. Urakoitsijoiden näkökulmasta tarpeellisia lähtötietoja**

tien ominaisuudet	liikennemäärät	vanha päällyste	kuntotiedot
poikkileikkaus	KVL	massatyyppe	kuntorekisteriaineisto
nopeusrajoitus	KVL <sub>ras</sub>	työmenetelmä	urautumishistoria
ajoradan leveys	KVL <sub>kaista</sub>	materiaalit	
päällysteen leveys	mittausaika	kuulamyllyarvo	
		RC-prosentti	
		RC-kertojen määrä	

Lähtötietojen luotettavuus on urakoitsijoiden mukaan erittäin tärkeää. Tilaajan kannattaisi valmistella lähtötiedot nykyistä paremmin, koska sekava lähtöaineisto lisää urakoitsijoiden työtä ja saattaa vähentää kiinnostusta tarjouksen jättöön. Tiehallinnon kestoikäurakoissa lähtöaineistoa oli periaatteessa riittävästi, mutta aineisto oli urakoitsijoiden näkökulmasta aluksi käsittelemätöntä ja sisälsi joitakin puutteita. Aineiston laatu on kuitenkin vuosien aikana parantunut. Kestoikäurakan urakoitsijalle tarjousvaiheessa aiheuttama työmäärä on jonkin verran suurempi, mikä on seurausta lähtötietojen käsittelystä ja kohteiden suunnittelusta. Osa urakoitsijoista pitää tarjouksen jättöaikaa riittävänä ja osan mielestä se voisi olla hieman pidempi kuin tavanomaisissa urakoissa, lähtöaineiston ja suunnittelun vaatiman ajan takia.

Urakoitsijoiden päällysteiden kestoikäarviot perustuvat omien tuotteiden tuntemiseen, seurantaan ja laboratoriossa tehtävään tutkimustyöhön. Tärkein yksittäinen päällysteen kulumiseen vaikuttava tekijä kestoikäurakassa, joka arvostellaan urautumisen suhteen, on kiviaines ja sen kulutuskestävyys. Käytännön päällystystyöhön urakkamuoto ei urakoitsijoiden mukaan juurikaan vaikuta, vaan työ tehdään samalla tavalla ja yhtä laadukkaasti kuin tavanomaisissa urakoissa. Urakkamuodon urakoitsijoille suomat vapaudet mahdollistavat kuitenkin erilaisten ratkaisujen optimoinnin ja urakoitsijoiden mukaan erilaisia virheitä pyritään entisestään vähentämään.

Urakoitsijoiden mielestä heillä on kestoikäurakkamuodossa liian suuri taloudellinen riski. Suurimmat riskit liittyvät uusiin kokeiltaviin menetelmiin, oman tuotteen virheelliseen käyttäytymiseen ja jossakin määrin säähän. Kolmen vuoden takuu aika koettiin siinä mielessä sopivana, että liikennemäärän muutoksista aiheutuva urakoitsijan riski jää pieneksi. Toisaalta, jos takuuajalle sattuu peräkkäisiä poikkeavia sääoloja kuten pitkiä märkiä talvia tai hyvin kuumia kesiä, ei kolmen vuoden takuu aika ehkä riitä tasoittamaan niiden vaikutusta. Hiljaisilla päätteillä, joilla päällysteen kuluminen on vähäistä, saattaa kolme vuotta olla hieman liian lyhyt takuu aika mittaustarkkuuden kannalta.

Urakoitsijat pitävät mittaustarkkuuden parantamista tärkeänä. Myös Tiehallinnon käyttämät arvovähennysperiaatteet koetaan epäoikeudenmukaisina ja liian kovina. Eräs selkeä puute Tiehallinnon arvovähennysperiaatteissa liittyy siihen, että arvovähennys

lasketaan ainoastaan kolmen vuoden jälkeisen urasyvyyden avulla eikä alku-uraa oteta lainkaan huomioon, toisin kuin Mikkelin urakoissa. Bonusten saaminen on urakoitsijoiden mielestä vaikeaa, koska urakan saadakseen on luvattujen kestoikien oltava valmiiksi mahdollisimman pitkiä. Lisäksi urakoitsijat laskevat tarjouksensa kilpailun takia arvonmuutosten nolla-alueen alarajalle.

Urakoitsijat pitävät Tiehallinnon kestoikäurakkaa selkeänä ja käyttökelpoisena, jos arvonvähennysperiaatteita korjataan ja urasyvyyden mittaustarkkuutta parannetaan. Urakoitsijoiden mielestä sitä voitaisiin käyttää enemmänkin, jos päätieverkolta löytyy sopivia kohteita. Tiehallinnon kestoikäurakka ei ole haastateltujen urakoitsijoiden mukaan kannustanut tuotekehitykseen eikä uusia innovaatioita ole tapahtunut. Urakkamuoto ei ole myöskään lisännyt urakoitsijoiden ja tilaajan välistä luottamusta tai yhteistyökykyä, koska urakan aikainen yhteyden pito ei juuri poikkeaa tavanomaisista urakoista. Urakoitsijoilta kysyttiin lisäksi mitä mieltä he ovat päällysteiden ylläpidon palvelusopimuksista. Vastausten mukaan urakoitsijat suhtautuvat myönteisesti palvelusopimukseen ja arvelevat niiden kannustavan tuotekehitykseen ja toiminnan kehittämiseen entistä enemmän.

Lemminkäinen toteutti toimivuusvaatimukseen perustuvat urakat Mikkelin kaupungissa vuosina 2004 ja 2005. Urakoitsijan näkökulmasta tarjousvaiheessa erityisen tärkeitä ovat tilaajalta saatavat lähtötiedot kohteista. Näiden lähtötietojen puute ja vaikeudet olemassa olevien tietojen hyödyntämisessä koettiin ongelmana. Hyvän kulutuskestävyyden lähtökohtana on lähes aina hyvä kiviaines ja lisäksi tämän urakkamuodon vahvuutena on urakoitsijan vapaus käyttää erilaisia päällysteitä eri kohteissa. Päällystystyön jälkeistä alku-uraa mitattaessa ongelmina olivat katuihin kuuluvat rakenteet kuten suojatiemaalaukset ja kaivojen kannet, koska ne aiheuttavat virheitä mittaustuloksiin. Kolmen vuoden takuu-aikaa pidetään hieman liian lyhyenä tarkastelujaksona. (Korhonen 2004 ja 2007.) Mikkeliissä käytetyt arvonvähennysperiaatteet ovat urakoitsijan näkökulmasta kannustaneet ylimääräiseen vaivannäköön sekä kehitystyöhön ja urakkamuotoa pidetään toimivana myös katuverkolla.

## 4.2. Ulkomaiset kokemukset

### 4.2.1. Yleistä

Päällysteiden ylläpidossa käytettävien urakka- ja takuumuotojen kirjo on maailmalla varsin laaja ja käsitteet ja nimet ovat varsin sekavia, mikä hieman vaikeuttaa eri maiden menettelyjen vertailua. Ulkomaiset kokemukset koostuvat kokemuksista Pohjoismaissa, Yhdysvalloissa, Iso-Britanniassa ja Uudessa-Seelannissa. Iso-Britanniassa ja Uudessa-Seelannissa päällystystöitä on sisällytetty laajoihin kunnossapidon alueurakoihin, joten niiden maiden käsittely on jätetty vähemmälle. Lähtöaineisto on hankittu pääasiassa internetistä ja kirjastoista ja sitä on tarkennettu ulkomaille lähetetyillä sähköpostikyselyillä. Aineistona on pyritty käyttämään julkaisuja, jotka ovat tuoreita ja luotettavia.

Ilmasto-olot ja varsinkin nastarenkaiden käyttö vaikuttavat varsin paljon siihen, mitkä päällystetyypit ja menetelmät ovat käyttökelpoisia. Ilmastoltaan eniten Suomen kaltaisia ovat Ruotsi ja jossain määrin Norja. Tanskan ja Iso-Britannian ilmastot ovat jo selvästi leudompia. Yhdysvaltojen sisäosien ilmasto on hyvin mannermainen. Nastarenkaita käytetään Ruotsissa, Norjassa ja jossain määrin Tanskassa.

### 4.2.2. Yhdysvallat

Erilaiset takuumenettelyt alkoivat yleistyä Yhdysvalloissa vasta 1990-luvulla. Sitä ennen lainsäädäntö esti takuiden käyttämisen liittovaltion rahoittamissa hankkeissa. Eräs syy takuumenettelyiden käyttöön ottoon Yhdysvalloissa oli pitkäaikainen ja myönteinen kokemus takuumenettelyistä Euroopassa. Vuoteen 2003 mennessä erilaisia takuumenettelyjä oli kokeiltu 35 osavaltiossa. Takuumenettelyjä on sovellettu sekä asfaltti- että betonipäällysteille. (FHWA 2005, MDOT ja FHWA 2003.) Tässä keskitytään kuitenkin tarkastelemaan lähinnä asfalttipäällysteitä.

Takuuajan pituuden täytyy olla riittävän pitkä, jotta päällysteen toiminnallisista ominaisuuksista voidaan olla varmoja. Toisaalta takuu aika ei saa olla liian pitkä, etteivät urakoitsijan riskit kasva liian suuriksi. Takuu aika täytyy määrätä käytettävän

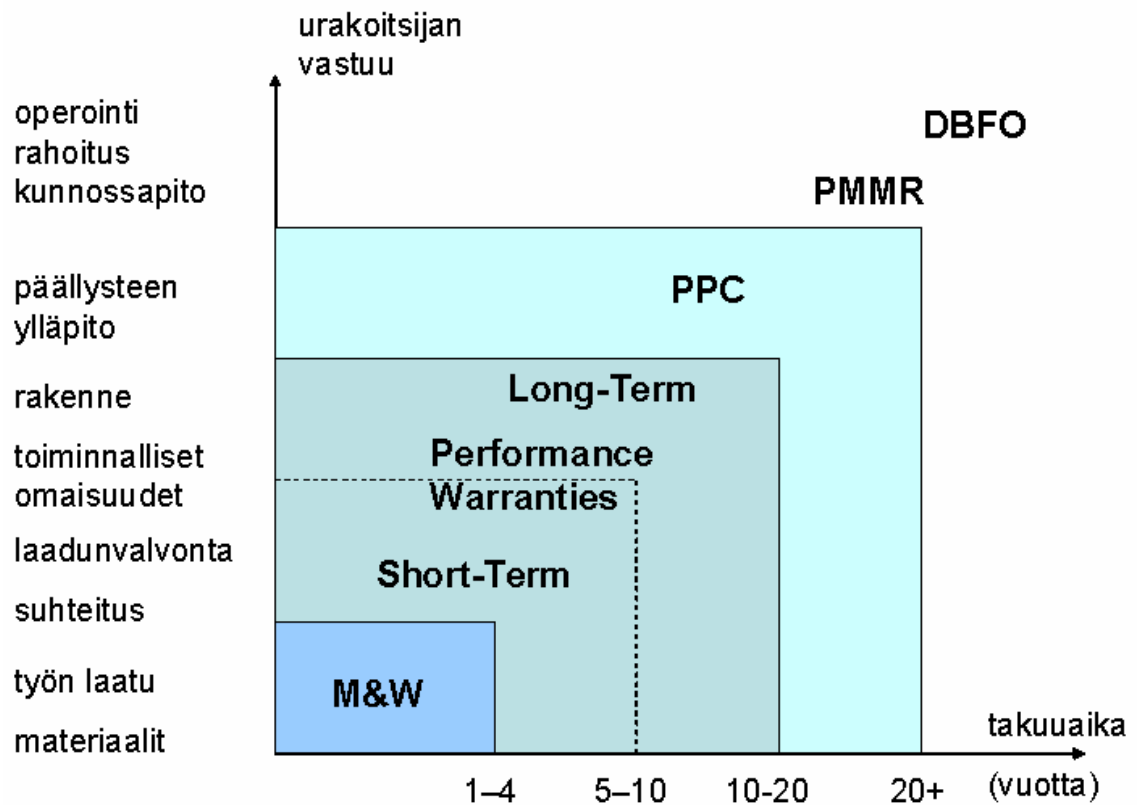


takuumenettelyn perusteella kohteen kuntotietohistoria huomioon ottaen. Eräs suuri periaatteellinen ero takuuajan vakuuksissa verrattuna Eurooppaan on se, että Yhdysvalloissa urakoitsijan antamat takuuajan vakuudet ovat niin suuria, että tilaaja pystyy tarvittaessa teettämään työn uudestaan. (FHWA 2005.)

Takuumenettelyt ja käytännöt vaihtelevat varsin paljon sekä Yhdysvalloissa että ympäri maailmaa. Erilaisille takuumenettelyille on kuitenkin käytetty seuraavanlaista jaottelua (FHWA 2003, FHWA 2005): materiaalit ja työn laatu, toimivuusvaatimukset ja PPC. Takuu materiaaleille ja työn laadulle (materials and workmanship M&W warranties) tarkoittaa sitä, että urakoitsija vastaa tekemästään työstä eli siitä mihin voi itse vaikuttaa. Vastuu suunnittelusta ja ohjeista on tilaajalla. Urakoiden takuuajat ovat parista vuodesta neljään vuoteen.

Toimivuusvastuutakuu (performance warranty) tarkoittaa, että urakoitsijan vastuu laajenee siten, että urakoitsija vastaa tiettyjen toiminnallisten vaatimusten täyttymisestä takuuajana. Urakat voidaan jakaa lyhytaikaisiin (short-term) ja pitkäaikaisiin (long-term). Lyhytaikaiset ovat kestoaltaan viidestä kymmeneen vuoteen ja niissä urakoitsija vastaa päällysteen suunnittelusta tilaajan antamien vaatimusten mukaisesti. Pitkäaikaisissa toimivuusvastuu-urakoissa urakka-aika vaihtelee kymmenestä kahteenkymmeneen vuoteen. Urakoitsijan on suunniteltava päällyste. Kummassakin muodossa tilaaja seuraa toiminnallisia ominaisuuksia vuosittain ja urakka hyväksytään lopullisesti, jos takuuajan lopussa saavutetaan haluttu vaatimustaso ja mahdolliset takuukorjaukset on tehty.

PPC (pavement performance contract) eli päällysteen toiminnallisten ominaisuuksien ylläpitourakka tarkoittaa sitä, että urakoitsijan on pidettävä yllä tiettyä päällysteen kuntoa ja suoritettava sen saavuttamiseksi myös ennaltaehkäisevää ylläpitoa. PPC-urakan sopimusaika on lähellä päällysteen elinikää eli yli 20 vuotta. Kuvassa 23 on havainnollistettu eri takuu-urakkamuotojen eroja takuuajan ja urakoitsijan vastuun suhteen.



Kuva 23. Erialaisten päällystysurakkatakuumuotojen vertailu urakoitsijan vastuun ja takuuajan suhteen. (kuvan tiedot FHWA 2005.)

Seuraavassa on esitelty tarkemmin neljän eri osavaltion Indianan, Michiganin, Wisconsinin ja Coloradon käytäntöjä ja kokemuksia takuumenettelyistä.

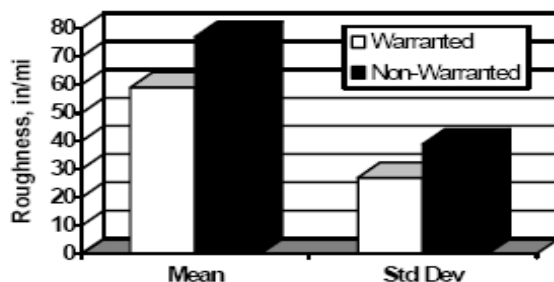
### USA Indiana

Indianan osavaltion liikenneosasto (Indiana Department of Transportation, INDOT) otti asfalttipäällysteiden kestoikään perustuvan takuumenettelyn käyttöön vuonna 1996. Menettelyjen taustalla oli viranomaisten halu rohkaista urakoitsijoita kehittämään toimintaansa ja tuotteitansa ja toisaalta kompensoida oman laadunvalvontaa tekevän henkilöstönsä vähenemistä. Urakan takuu aika oli viisi vuotta ja urakkakohteet olivat vilkasliikenteisiä teitä. Urakan takuumääräykset muokattiin yhdessä päällysteteollisuuden kanssa ja samalla urakoihin lisättiin bonus nopeuttamaan päällystetöitä. Urakkamuoto on myöhemmin laajennettu myös betonipäällysteisiin. (Focus 2003.)

Viiden vuoden mittaisen takuuajan lopussa asfalttipäällysteen IRI, deformaation aiheuttama urautuminen, poikittaishalkeilu, pituussuuntainen halkeilu sekä kitka mitataan. Tuloksia verrataan tietoihin vanhempien olemassa olevien päällysteiden elinkaarelta ja jos viiden vuoden ikäiselle asfaltille asetetut raja-arvot täyttyvät, otetaan urakka vastaan. Vuonna 2003 siihenastisista urakoista saadut kokemukset olivat rohkaisevia. (Focus 2003.)

Kyseisellä uudella takuumenettelyllä on havaittu olevan lukuisia tilaajan kannalta myönteisiä vaikutuksia. Uudella menettelyllä toteutettujen kohteiden materiaalit ja työn laatu ovat olleet tavanomaisia kohteita parempia. Lisäksi päällystystyöt ovat nopeutuneet laadun siitä kuitenkin kärsimättä. Tilaajan työtaakkaa urakkamuoto on pienentänyt vähentyneen laadunvalvonnan ansiosta ja päällysteen elinkaaren alkuvaiheen ylläpitotarve on takuumenettelyn ansiosta poistunut. Urakoitsijoita urakkamuoto on rohkaisut kehittämään materiaaleja ja työtapoja. (Gallivan et al 2003.)

Selvittääkseen todelliset erot laadussa ja kustannuksissa kyseisellä takuumenettelyllä toteutettujen urakoiden ja tavanomaisten urakoiden välillä INDOT toteutti vertailevan tutkimuksen 4 – 6 vuoden ikäisille päällysteille. Verrattaessa päällysteiden urautumista ja tasaisuutta (kuva 24) havaittiin, että takuumenettelyllä toteutetut päällysteet olivat selkeästi parempia ja niiden kestoikä oli parempi. (Gallivan et al 2003.)



Kuva 24. Tavanomaisten ja takuukohteiden tasaisuuden (IRI) vertailu (Gallivan et al. 2003)

Uudella takuumenettelyllä toteutetut urakat ovat toteutusvaiheessa noin 5 -10 % kalliimpia kuin tavanomaiset urakat urakoitsijan velvoitteiden lisääntymisen takia. Pitkällä aikavälillä niiden on laskettu tulevan kokonaistaloudellisesti selkeästi

edullisemmiksi. Indianan osavaltiossa onkin oltu tyytyväisiä kokeiluun. (Gallivan et al 2003.)

Sopimusmenettely on edelleen käytössä samassa muodossa. Sen käyttö on kuitenkin rajattu kohteisiin, joissa liikennemäärät ovat suuria. Tällä hetkellä menettelyn kehitystarpeet kohdistuvat päällysteen erilaisten kulumis- ja vaurioitumismuotojen tunnistamiseen urakoissa. Menettely on lisännyt tuotekehitystä ja urakoitsijat ovat tottuneet takuumenettelyyn. Suurin este menettelyn laajalle käytölle on urakoitsijoiden rajoitettu kyky maksaa urakoissa vaadittuja takuusummia. (Andrewski 2007.)

### **USA Michigan**

Michiganin osavaltion liikenneosasto (MDOT) otti materiaalien ja työn laatuun liittyvät takuut käyttöön 1990-luvun puolessa välissä ja aloitti vähän myöhemmin kokeilut asfaltin toiminnallisiin ominaisuuksiin liittyvillä takuilla. Uuden urakkamuodon haluttiin antavan urakoitsijoille mahdollisuuden joustavuuteen materiaalivalinnoissa, työmenetelmissä sekä kohdesuunnittelussa. Tilaajan (MDOT) tavoitteena oli myös vähentää omaa laadunvalvontaansa laadun kuitenkin heikentymättä. (Focus 2003.)

Takuuajat vaihtelevat päällystystoimenpiteen mukaan. Kevyemmällä toimenpiteillä kuten massapintauksilla ja kierrätetyllä päällysteellä sopimusaika on kolme vuotta ja raskaammilla toimenpiteillä viisi vuotta. Sopimukseen kuuluu, että urakoitsijan on ylläpidettävä sovittua päällysteen kuntoa. (Focus 2003.) Tien hoito kuuluu kuitenkin tilaajalle (Galehouse 2003).

Lähtöajatuksena tilaajalla oli, että sekä tilaaja että urakoitsija hyötyvät uudesta takuumenettelystä. Tilaaja hyötyy parantuneen laadun myötä pidentyneestä päällysteen eliniästä. Urakoitsija puolestaan saa mahdollisuuden kehittää toimintaansa. (Galehouse 2003.)

Viiden seurantavuoden aikana toteutettiin vuosittain noin sata kohdetta uudella laatu- ja sopimusmenettelyllä. Tilaajan valvontakustannusten havaittiin olevan pienempiä kuin tavanomaisissa urakoissa. Urakoiden tarjoushinnoissa ei havaittu muutosta eikä pitkällä

aikavälillä saavutettavista säästöistä ollut selkeää kuvaa. Joidenkin urakoitsijoiden työn laadun ja ammattitaidon havaittiin parantuneen, mutta kaikkien urakoitsijoiden huolet uuden menettelyn vaikutuksista eivät olleet täysin hävinneet. Tilaaja oppi viiden vuoden aikana lukuisia asioita uuden menettelyn käytöstä. Yksi tärkeimmistä havainnoista oli urakoiden oikea rajaus. Samoin laadun valvontavastuun siirtyessä urakoitsijalle on työn ja jälkiseurannan hyvä dokumentointi entistä tärkeämpää. Kaikki urakoitsijat eivät halunneet tarjota uusien menettelyiden mukaisia urakkamuotoja. On myös kiinnitettävä huomiota urakoitsijoiden esivalintaan tarjousvaiheessa, jotta varmistetaan siitä, että tarjouksia antavat urakoitsijat ovat pystyvät tarvittaessa toteuttamaan urakan. (Galehouse 2003.)

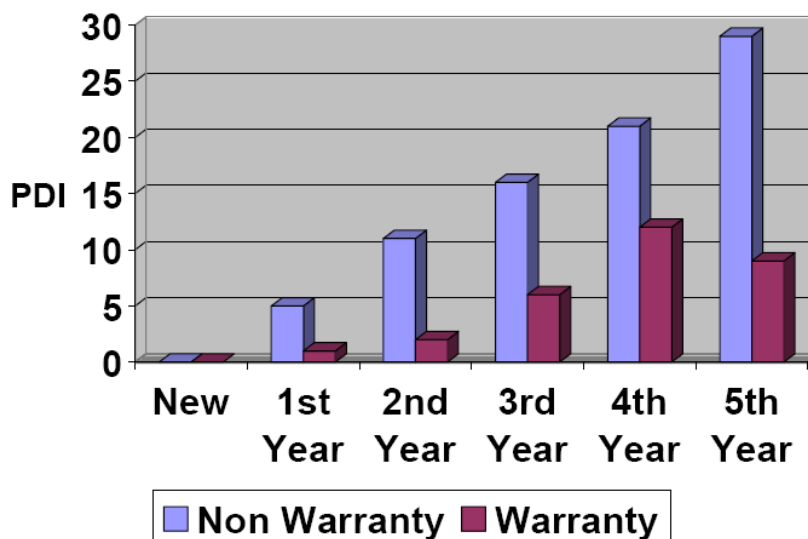
Uusi takuumenettely vaatii tienpitäjältä myös toimivaa PMS-järjestelmää, jotta päällysteiden kunnon tehokas seuranta olisi mahdollista. Riski on siirtymässä tilaajalta urakoitsijalle ja siksi on tärkeää, että urakoitsijan taloudellinen riski ei kasva liian suureksi, mikä johtaisi tarjoushintojen nousuun. (Focus 2003.)

Nykyään tällaiset takuumenettelyt ovat laajalti käytössä Michiganin osavaltiossa. Urakoiden takuisiin liittyviä ominaisuuksia varten on perustettu osavaltion kattava tietokanta, jolla helpotetaan takuu-urakoiden seurantaa ja tiedonhallintaa. Lisäksi on muodostettu erillinen työryhmä muokkaamaan ja ideoimaan urakkamenettelyjä. Työryhmään kuuluu osavaltion, liittovaltion, kuntien ja teollisuuden edustajia. Uusia havaintoja takuumenettelystä on muun muassa se, että päällystemateriaalien hyväksymisvaatimuksia on voitu lieventää ja se, että tietoisuus materiaalien ja työn laadun vaikutuksista toiminnallisiin ominaisuuksiin on lisääntynyt. Toisaalta tilaajan tarkastuskulut eivät ole laskeneet aivan toivotusti, eivätkä päällystealan innovaatiot ole juurikaan lisääntyneet. Luultavasti vasta pitkäaikaiset ja aidosti toiminnalliset takuu- ja urakkamuodot lisääisivät merkittävästi innovaatioita. (Schafer 2007.)

## USA Wisconsin

Wisconsinin osavaltion liikenneosasto (WisDOT) aloitti takuumenettelyjen kokeilut 1990-luvun puolessa välissä. Urakoiden takuuajat ovat olleet pituudeltaan viisi vuotta. Jos päällysteen kunnolle asetetut raja-arvot ylittyvät takuuajana, on urakoitsijan korjattava tilanne. Raja-arvot perustuvat useasta päällysteen kuntoa mittaavasta muuttujasta muodostettuun päällysteen kuntoindeksiin PDI (pavement distress index), joka vaihtelee nolasta sataan ja määritetään tieosuuksille visuaalisesti. Kunkin urakan raja-arvot määrätään sellaisiksi, jotka PMS:n perusteella ovat tyypillisiä viisivuotiaalle päällysteelle. (WisDOT et al. 2001.)

Uuden takuumenettelyn tarkoituksena oli keskittää tilaajan valvonta lopullisen lopputuotteen valvontaan tien käyttäjien näkökulmasta. Samalla haluttiin lisätä urakoitsijoiden vastuuta ja vapautta kehittää toimintaansa ja parantaa ylläpidon kustannustehokkuutta ja vähentää tilaajan valvontakuluja. Viiden vuoden kokemusten perusteella takuumenettelyllä toteutetut päällysteet ovat parempia sekä PDI:llä (Kuva 25) että IRI:llä mitattuina. Eräs syy paremmuuteen saattaa olla se, että urakoitsijat käyttävät kyseisissä urakoissa parhaimpia yksiköitään ja ovat muutenkin tarkempia.



Kuva 25. PDI:n vertailu perinteisten ja takuukohteiden välillä (WisDOT et al. 2001)

Laskettaessa tavanomaisten ja takuumenettelyillä toteutettujen päällysteiden eroja kustannuksissa havaittiin yllättäen, että takuumenettelyillä toteutetuissa urakoissa urakkakustannukset olivat hieman pienemmät. Tähän saattaa olla syynä takuukohteiden valinta ennestään korkealuokkaisille teille, urakoitsijan tehostunut toiminta ja tilaajan vähentyneet tarkastuskulut. Päällysteiden pidentyneen eliniän myötä myös kustannukset asfaltin elinkaaren aikana jäävät pienemmiksi. (WisDOT et al. 2001.)

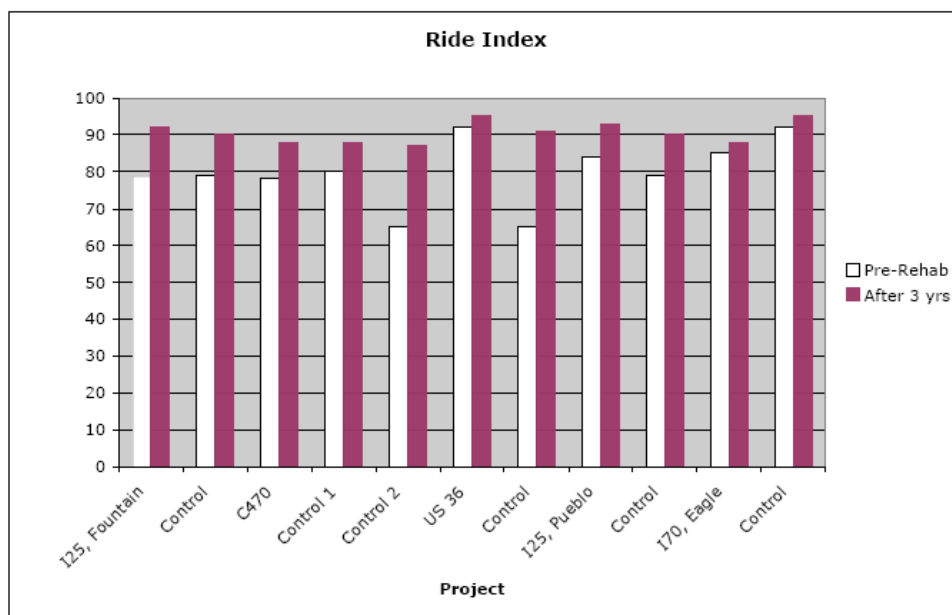
Viiden vuoden kokeilujen jälkeen Wisconsinissa on oltu tyytyväisiä takuumenettelykokeilun tuloksiin. Uusi menettely ei kuitenkaan sovi kaikille teille, varsinkaan sellaisille, joissa päällysteet joudutaan uusimaan päällysteen alapuolisten rakenteiden vikojen takia. WisDOT aikoo jatkossakin kehittää menettelyä yhdessä urakoitsijoiden kanssa. Tutkimuksessa suositeltiin muun muassa raja-arvojen tai takuuajojen nostamista vähitellen ja bonuksien maksamista urakoitsijoille vaatimukset ylittävistä päällysteistä. On myös harkittu, että urakoitsijat saisivat tarjota urakoita joko perinteisinä tai takuuperusteisina. Lisäksi WisDOT:in täytyy kehittää menettelyä, jotta rakenteen parantamista vaativat kohteet saataisiin mukaan menettelyyn. (WisDOT et al. 2001.)

### **USA Colorado**

Colorado Department of Transportation (CDOT) aloitti takuumenettelyihin perustuvien urakkamuotojen kokeilut 1998 asfalttipäällysteurakalla, jossa takuu oli kolme vuotta. Vuonna 2000 aloitettiin viisivuotinen urakka betonipäällysteillä, 2002 kymmenvuotinen urakka toimivuusvaatimuksilla betonipäällysteillä ja 2003 kymmenvuotinen urakka asfalttipäällysteillä. Takuu-urakoiden toiminnalliset vaatimukset laadittiin kokeilujen alkaessa yhdessä päällysteteollisuuden kanssa. Tämän lisäksi erilaisten takuumenettelyjen toimivuutta arvioidaan noin viiden vuoden välein yhdessä yksityisen sektorin kanssa. Päällysteen toiminnallisiin vaatimuksiin perustuvissa urakoissa urakoitsijalla on täysi vastuu päällysteen kunnosta takuuajana. Päällysteen pinnalle asetettuja vaatimuksia ovat muun muassa halkeilu ja lohkeilu. Päällysteen pinnan kunto tarkastetaan vuosittain. Urakoihin on liitetty vilkkailla tieosuuksilla myös niin sanottu kaistan vuokraus, jolloin urakoitsija joutuu maksamaan kaistan pitämisestä liikenteeltä suljettuna (MDOT ja FHWA 2003, Aschenbrener et al. 2006.)

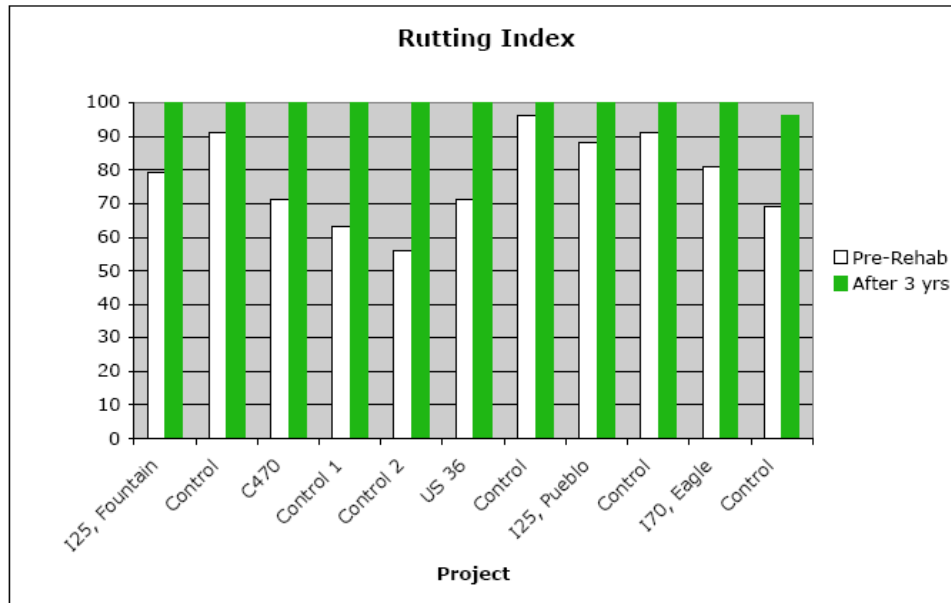
Jotta saataisiin selville toiminnallisiin vaatimuksiin perustuvien urakoiden vaikutuksia laatuun ja kustannuksiin, verrattiin kuutta vuosina 1998 – 2001 toteutettua kolmevuotistakuu-urakkakohdetta tavanomaisiin kohteisiin. Etukäteen CDOT arvioi takuu-urakoiden olevan tarjoushinnoiltaan noin 10 % tavanomaisia kohteita kalliimpia. Verrattaessa toteutuneita tarjoushintoja takuu-urakat olivat yleisesti hieman kalliimpia, mutta joissakin kohteissa jopa halvempia. Yleisesti ottaen erot kustannuksissa olivat vähäisiä. Suurin takuukohteiden kustannuslisä oli vaadittavien LAM-pisteiden asentaminen. Myös päällysteiden toiminnallisia ominaisuuksia kuten tasaisuutta kuvassa 26, urautumista kuvassa 27 ja halkeilua verrattiin eri kohteista kerätyn kuntotiedon avulla. Suuria eroja takuumenettelyn sisältävien kohteiden ja vertailukohteiden välillä ei ollut.

(Aschenbrener et al. 2006, MDOT ja FHWA 2003.)



**Kuva 26. Tasaisuusindeksi kokeilu- ja vertailukohteissa Coloradossa (CDOT 2006)**





**Kuva 27. Urautumisindeksi kokeilu- ja vertailukohteissa Coloradossa (CDOT 2006)**

Takuumenettelyjen seurauksena urakoitsijoiden tietoisuus materiaalien ja työnlaadun tärkeydestä on parantunut eivätkä urakoihin jätettävien tarjousten määrät ole pienentyneet. Tilaajan kannalta on tärkeää varmistua siitä, että urakoitsija noudattaa laatimaansa laatusuunnitelmaa. Vastuun päällysteen ominaisuuksista siirtyessä urakoitsijalle on myös tärkeää asettaa takuuajan pituus sellaiseksi, että päätöksien vaikutukset tulevat näkyviin. Tässä suhteessa kolmen vuoden takuu aika vaikuttaa liian lyhyeltä, jotta sillä saavutettaisiin etuja pitkällä aikavälillä. Takuumenettelyt ovat lisänneet jonkin verran innovointia etenkin saumojen tekoon ja päällysteen kierrätykseen liittyvissä työmenetelmissä. (MDOT ja FHWA 2003, Aschenbrener et al. 2006.)

Kokemukset vielä käynnissä olevista kymmenvuotisista takuu-urakoista ovat olleet myönteisempiä ja pitkäaikaisten toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuvien urakkamuotojen käyttö lisääntyy tulevaisuudessa. Tällaisen kehityksen haasteita ovat muun muassa tilaajan ja urakoitsijan roolien muuttuminen ja urakoitsijoiden tarvitsemien takaajien varmistaminen. Pitkäaikaisista takuu-urakoista saadaan luultavimmin paras hyöty sellaisissa kohteissa, joissa vaaditaan innovatiivisia ratkaisuja ja tavallista parempaa laatua. (Goldbaum 2006.)

### 4.2.3. Pohjoismaat

#### **Ruotsi**

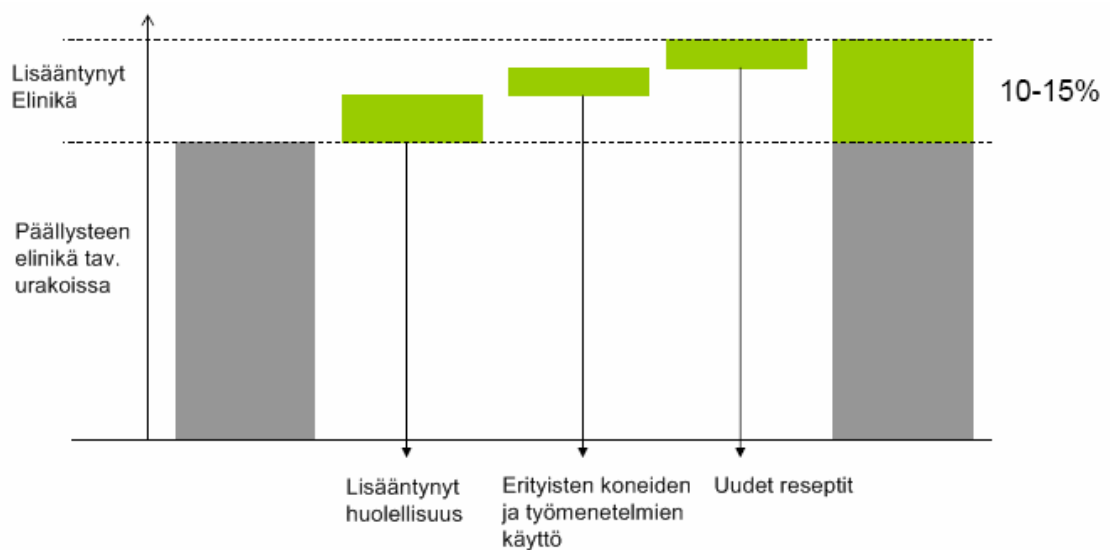
Erilaiset perinteiset takuumenettelyt ovat olleet käytössä Ruotsissa jo varsin pitkään ja toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuvia urakoita on kehitelty 1980-luvulta lähtien. Vuonna 2002 noin kymmenesosa päällystysurakoista oli hankittu toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuvilla vaatimuksilla. Määrä on tarkoitus kaksinkertaistaa tulevina vuosina. Perinteisissä urakoissa takuuajat ovat yhdestä kahteen vuotta ja toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuvissa urakoissa 5 – 8 vuotta. Tulevaisuudessa myös takuuajat tulevat pitenemään. (FHWA 2003.)

Nilsonin mukaan (Nilson et al. 2006) toiminnalliset vaatimukset voidaan asettaa kolmella eri tavalla eli asfalttimassalle, päällystekerrokselle sekä tienpinnalle. Esimerkiksi kulumiskestävyyden suhteen asfalttimassan kiviainekselta voidaan vaatia tiettyä lujuutta, valmiista päällysteestä poratulta kappaleelta voidaan vaatia tiettyä kulumiskestävyyttä ja toisaalta tienpinnan urautumiselle voidaan asettaa urautumisen raja-arvot. Näistä toiminnallisista vaatimuksista massalle ja porakappaleille asetetut vaatimukset ovat perinteisempiä ja tienpinnalle asetetut vaatimukset edustavat uudempaa ajattelua, jossa päällysteen toiminnalliset vaatimukset asetetaan tienkäyttäjän näkökulmasta. Tilaajan eli Ruotsin tiehallinnon (Vägverket) rooli on toiminnallisten ominaisuuksien käytön johdosta muuttumassa päällysteen ja sen materiaalien valvojasta ja tilaajasta tien pinnan toiminnan valvojaksi. Tämä muutos mahdollistaa tilaajan keskittymisen ylläpidon strategisiin kysymyksiin ja tienpidon kehittämiseen tien käyttäjän näkökulmasta. (Nilson et al. 2006.)

Syksyllä 2001 Ruotsissa käynnistyi laaja kahdeksanvuotinen toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuva päällysteenylläpitourakka, jonka kohteena oli kolmesataa kilometriä E4-moottoritietä. Urakan tarjousaineistoon kuuluivat tien kuntotiedot, päällystetiedot, maatutkaustiedot ja jopa poranäytteitä nykyisestä päällysteestä. Tilaaja asetti päällysteelle lukuisia toiminnallisia vaatimuksia kuten urasyvyyden ja tasaisuuden. Urakan sai suoritettavakseen Vägverket Produktion ja 2005 oli jo saatu ensimmäisiä kokemuksia urakasta. Aika tarjouspyyntöjen ja tarjousten jättämisen välillä

oli vain vähän yli kaksi kuukautta, mikä suuren tarjousaineiston myötä aiheutti kiirettä. Vaikka tarjouspyyntöaineistoa oli runsaasti, ei siitä kuitenkaan pystytty laskemaan tarkasti päällystystöiden kokonaistarvetta eikä siitä käynyt kunnolla selville vanhan päällysteen kierrätettävyys. Kahdeksan vuoden urakka-aikaa urakoitsija piti sopivana, koska se mahdollistaa omia investointeja ja työmenetelmien kehittämistä eivätkä olosuhteet toisaalta ehdi muuttua liikaa. (Fredriksson 2004 ja 2005)

Ruotsissa on huomattu, että samanaikaisesti ei pidä esittää vaatimuksia massalle, päällysteelle ja tienpinnalle, koska silloin vaatimukset ovat helposti keskenään ristiriitaisia. Nykyiset 5 – 8-vuotiset takuuajat ovat liian lyhyitä ja ovat pikemminkin tehdyn päällystystoimenpiteen takuuajoina kuin päällysteen kokonaisvaltaista ylläpitoa. Sopimusajan pitäisi olla niin pitkä, että uusien menetelmien käyttö ja pitkäjänteinen urakointi lisääntyisi. Uusissa investointikohteissa takuuajat voisivat olla vieläkin pidempiä ja pitkäaikaisiin urakoihin pitäisi liittää vaatimuksia kantavuudelle. (Nilson et al. 2006.)



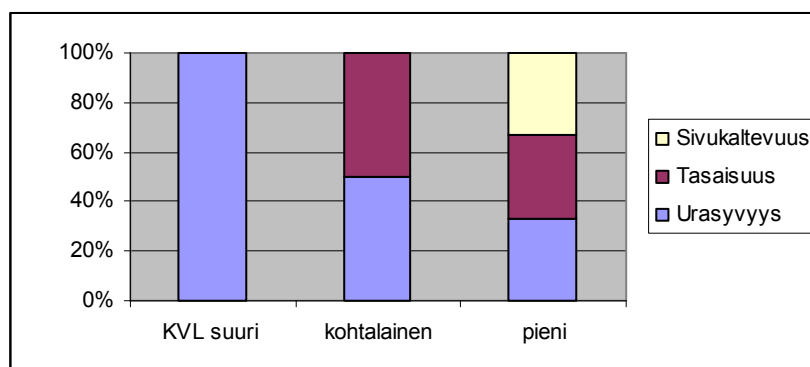
**Kuva 28. Päällysteen eliniän kasvun osatekijät toiminnallisiin vaatimuksiin perustuvissa urakoissa. (Muokattu lähteistä Jacobsson 2006 ja Wendel 2006.)**

Vägverket on arvioinut, että toiminnallisten vaatimusten perusteella toteutettujen päällysteiden elinikä olisi kuvan 28 mukaisesti 10 – 15 % pidempi kuin normaalit vaatimukset täyttävissä perinteisissä urakoissa. Kestoiän kasvun on arveltu johtuvan useasta eri syystä kuten yleisestä huolellisuuden lisääntymisestä, uusista koneista ja

työmenetelmistä sekä uusista suhteutuksista. Huolellisuuden on arveltu lisääntyneen etenkin urakoiden toteutuksen suunnittelussa, massan valmistuksen ajoittamisessa ja kuljetuksessa työkohteeseen sekä levityksenaikaisessa laadun seurannassa. Uusista työmenetelmistä mainitaan massan huolellinen sekoittaminen juuri ennen levitystä sekä uudet valmistusmenetelmät. Uusissa päällystesuhteutuksissa on kokeiltu uusia lisäaineita ja muutoksia rakeisuuksissa ja sideainepitoisuuksissa. Urakoitsijat ovat sopeutuneet uuteen hankintamenettelyyn, mutta valtaosa ratkaisuista on edelleen perinteisiä. (Jacobsson 2006 ja 2007, Wendel 2006.)

Päällysteen laadun ja kestoian paraneminen uusien urakkamuotojen myötä ei kuitenkaan ole mikään itseisarvo, vaan vaatii sekä tilaajalta että urakoitsijalta hyvää yhteistyötä, panostamista ja sopeutumista uuteen hankintamuotoon sekä selkeitä sääntöjä ja kannustavaa bonusjärjestelmää. (Nilson et al. 2006.)

Päällysteen pinnalle asetettuihin vaatimuksiin pohjautuvat urakat sopivat parhaiten vilkkaille pääväylille tai maaseutumaisille teille ja päällystekerrokselle asetetut vaatimukset taajamaolosuhteisiin. Vilkkailta pääväylillä kannattaa lisäksi käyttää kaistan vuokrausta eli periä urakoitsijalta maksua suljetuista kaistoista. On tärkeää, että tilaaja ei rajoita materiaalivalintoja tai päällysteen rakennetta, lukuun ottamatta vaatimuksia ympäristöystävällisyydestä ja kierrätettävyydestä. Myös muuta tieympäristön ylläpitoa kannattaa liittää urakkaan ja mahdollisesti laajentaa urakka tien pinnan toiminnallisista ominaisuuksista tiepoikkileikkauksen toiminnallisiin ominaisuuksiin. (Nilson et al. 2006, Jacobsson 2006.)



**Kuva 29. Ehdotus eri toiminnallisten ominaisuuksien painotuksesta eri liikennemäärillä. (Muokattu lähteestä Wendel 2006)**

Ruotsissa ollaan tällä hetkellä varsin tyytyväisiä asfaltin pinnalle asetettuihin toiminnallisiin vaatimuksiin. Ne sopivat kuitenkin parhaiten hyvärakenteisille teille, koska huonoilla teillä urakoitsijan riski kasvaisi liikaa. Teille, joilla on kantavuus- ja rakenneongelmia, on myös kehitteillä erilaisia toiminnallisia vaatimuksia. Vuonna 2007 valtaosassa päällystysurakoista on yhdistetty toiminnallisia vaatimuksia ja teknisiä vaatimuksia ja noin 15 % urakoista käytetään pelkästään toiminnallisia vaatimuksia. (Jacobsson 2007.)

## **Tanska**

Samoin kuin Ruotsissa myös Tanskassa ovat perinteiset takuumenettelyt olleet pitkään käytössä. Uudempia niin kutsuttuja vaihtoehtoisia urakkamuotoja ovat toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuvat urakat, kumppanuus ja PPC. Tanskan tieverkosta vastasivat aiemmin Tanskan tiehallinto, läänit ja kunnat. Vuodesta 2007 alkaen tieverkosta vastaavat Tanskan tiehallinto ja kunnat. Erilaisia toimivuusvaatimuksiin perustuvia urakoita on käytetty etenkin läänien ja kuntien hallinnoimilla teillä. (Kristiansen 2003, Vejdirektoratet 2002, Tiehallinto 2006a)

Tanskan Tiehallinnon (Vejdirektoratet) tieverkolla perinteisten urakoiden takuuajat ovat viisivuotisia. Toimivuusvaatimuksiin perustuvat urakat ovat yleensä pituudeltaan kahdeksasta vuodesta ylöspäin ja niitä on tehty läänien tieverkolla vuodesta 1998. Tanskalaisen mallin mukaisessa päällysteen toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuvissa urakoissa peruseriaatteena on, että tilaaja asettaa päällysteelle tietyt toiminnalliset vaatimukset, jotka urakoitsijan on saatava täyttymään koko sopimusajan. Vaatimuksia voidaan asettaa esimerkiksi tasaisuudelle, kitkalle, urasyvyydelle, kantavuudelle, valon heijastuvuudelle ja profiilille. Toiminnallisten vaatimuksien käyttöä Tanskan tiehallinnon tieverkolla on rajoittanut urakoitsijoiden pelko suurista riskeistä päällysteen eliniän arvioimisessa vilkasliikenteisillä teillä. (Asfalt Posten 2001, Vejsektoren 2006, FHWA 2003, Kurki et al. 2004)

Jos tiepäällysteen rakenne on ennalta määritetty, kuten esimerkiksi rakenteen parantamisessa, tarjouksen valinta perustuu yksinomaan hintaan. Asfalttipäällysteiden osalta sovelletaan perustapauksissa viiden vuoden takuu-aikaa. Jos urakoitsija tarjoaa

pidempää takuuaikaa, tarjouksia vertaillaan hinnan ja urakoitsijan ilmoittaman käyttöiän suhteen. Silloin vertailu perustuu hintaan ja käyttöikään. (Tiehallinto 2005a, Goldbaum 2006.)

Kuntien hallinnoimilla teillä ja kaduilla on 2000-luvun alusta ryhdytty kokeilemaan myös asfalttipäällysteen toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuvia PPC-urakoita, joissa sopimusajat ovat olleet 11 -16 vuotta ja yleisimmin 15 vuotta. Valtion ja kuntien tieverkkoilla käytettävien urakkamuotojen ero pidemmän takuuajan lisäksi on periaatteessa se, että valtion tieverkolla kohteina ovat yksittäiset tieosuudet ja kunnissa kohteena on kunnan koko katuverkko. (FHWA 2003, Kurki et al. 2004, Vejdirektoratet 2002.) Vuoteen 2003 mennessä toiminnallisiin vaatimuksiin perustuvat urakat on otettu käyttöön kolmessa tiepiirissä ja kymmenessä kunnassa (Kristiansen 2003).

Päällysteen toimivuusvaatimuksiin perustuvalla urakkamuodolla on tilaajalle lukuisia etuja. Tilaaja saa varmuuden siitä, että tietty kunto pysyy tiestöllä yllä ja toisaalta urakan kustannukset jakautuvat usealle vuodelle. Urakan pitkäjänteisyys saattaa myös parantaa yhteistyötä tilaajan ja urakoitsijan välillä ja kannustaa parempaan laatuun. Urakoitsija saa puolestaan vapauden käyttää mielestään parhaita materiaaleja ja menetelmiä vaatimusten täyttämiseksi. Urakan heikkouksia ovat pitkäaikaiseen sitoutumiseen liittyvät riskit, urakkamuodon poliittisuus kunnissa ja se kuinka vaatimukset ja ehdot asetetaan niin, että riitatapauksia ei syntyisi. (Vejsektoren 2006)

Tanskan läänien kokemukset toimivuusvaatimuksiin perustuvissa kunnossapitourakoissa ovat olleet pääasiassa myönteisiä. Urakkahinnat ovat nousseet jonkin verran, mutta vastaavasti myös laatu on parantunut. Kunnissa on havaittu, että urakoitsijat investoivat ylläpitämiinsä teihin ja katuihin urakan alkupuolella nopeammin kuin mitä kunnalla olisi mahdollisuuksia. Lisäksi urakoiden hinnat ovat olleet kunnille edullisia ja urakoitsijat ovat kehitelleet uusia työtapoja. (Kurki et al. 2004, Tiehallinto 2006a.)

## Norja

Norjassa käytetään päällysteurakoinnissa pääasiassa seuraavia urakkamuotoja: perinteinen urakkamalli, jossa esimerkiksi päällysteen resepti on määrätty, päällysteen toiminnallisiin vaatimuksiin perustuva urakkamalli, jota sovelletaan erikseen vähä- ja vilkasliikenteisille teille, kunnossapidon alueurakkaan kuuluvat työt ja elinkaarihankkeet (OPS). Näistä urakkamuodoista perinteinen urakkamuoto on edelleen käytetyin. Norjassa on tosin tiedostettu urakoitsijoiden omien innovaatioiden lisäämisen tärkeys ja erilaisten urakkamuotojen vaatimuksia voidaan yhdistellä. (Vegdirektoratet 2005.)

Toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuvissa urakoissa tien pinnalle voidaan asettaa vaatimuksia esimerkiksi urasyvyydelle, tasaisuudelle, kitkalle, sivukaltevuudelle, karkeudelle ja melulle. Toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuvan urakan uskotaan edistävän monia myönteisiä asioita, kuten tehtävänjakoa tilaajan ja urakoitsijan välillä, urakoitsijan omaa tuotekehitystä ja parempaan laatuun pyrkimistä. (Vegdirektoratet 2005.)

Toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuvissa urakoissa tienpinnalle asetettavat ominaisuudet vaihtelevat tien liikennemäärän mukaan. Vilkasliikenteisillä teillä, joilla urautuminen johtuu pääasiassa nastarengaskulutuksesta, on Norjassa käytetty SPS (Spesifikk PiggdekkSlitasje) -nimistä urakkaa, jossa toiminnallisena vaatimuksena on pääasiassa urasyvyys. Urakan takuu-aika on 3 -5 vuotta ja hieman vähäliikenteisemmällä 5 – 8 vuotta. Urakoitsijalla on mahdollisuus saada bonusta tai sakkoa sen mukaan, mikä lopullinen urasyvyys on vaatimuksiin nähden ja toisaalta vastuu tiepinnan kunnosta urakka-aikana. Vähäliikenteisillä teillä, joilla päällysteen uusimistarve johtuu pääasiassa päällysteen rikkoutumisesta ja deformaatiosta sovelletaan pääasiassa seuraavia toiminnallisia vaatimuksia: urasyvyys, tasaisuus, kitka ja sivukaltevuus. Tällaisissa urakoissa takuu-aika on useimmiten viisi vuotta. (Vegdirektoratet 2005.)

Eräät ensimmäisistä Norjan Tiehallinnon SPS-urakoista toteutettiin Akershusin alueella lähellä Osloa vuosina 1989 – 1993. Urakkakohteet olivat erittäin vilkkaita pääteitä, joilla nastarengaskulutus on voimakasta. Takuuajat näillä kahdeksallatoista urakkakohteella vaihtelivat kahdesta viiteen vuoteen ja urakoitsijoilla oli mahdollisuus

saada bonuksia tai sakkoa. Vuonna 1996 kohteita tarkasteltiin urakkamuodon etujen selvittämiseksi. Norjan Tiehallinnon tutkimuksessa todettiin SPS-urakoiden olevan hinnaltaan merkittävästi kalliimpia mutta samalla pitkäikäisempiä kuin tavanomaisten urakoiden päällysteet. Tilaajan työmäärään SPS-urakat vaikuttivat kahdella tavalla. Ne toisaalta hieman lisäsivät työtä suunnittelussa ja tarjousmenettelyssä mutta vähensivät tilaajan laadunvalvontaan käyttämää aikaa runsaasti. (Vegdirektoratet 1996.) SPS-urakat ovat viitoittaneet tietä myös muun tyyppisiin toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuviin urakkamuotoihin. (Arnevik 2001)

SPS-urakan lisäksi myös muita sovellutuksia on kokeiltu. Tällaisia ovat SUV-urakat (sporutvikling) ja elinikäurakat. SUV-urakoissa pääasiallisena toiminnallisena vaatimuksena on urautuminen yleisesti ja elinikäurakoissa urautuminen ja tasaisuus. (Arnevik 2001.)

Päällysteurakoitsijoilla ei ole aivan yhtenäistä mielipidettä toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuvista urakkamuodoista. Urakkamuodon koetaan vahvistavan ammattitaidon ja omien oivallusten merkitystä, mutta haittana koetaan se, että urakoitsijoilla ei ole riittävästi kokemusta urakkamuotoon liittyvien riskien hallinnasta ja arvottamisesta. Toiminnallisten vaatimusten käyttö lisää päällysteen kuljetukseen ja levitykseen liittyvän toiminnan huolellisuutta ja mahdollistaa selkeän palautteen tehdystä työstä. Urakoitsijoiden keskuudessa uskotaan, että urakkamuodolla voidaan saada aikaan parempia päällysteitä juuri lisääntyneen huolellisuuden avulla. Urakoitsijoiden täytyy uuden urakkamuodon myötä ryhtyä keräämään aktiivisesti tietoa omien valmiiden päällysteidensä ominaisuuksista ja kehittää tietämystään päällysteiden kestoikien arvioinnista. Silloin myös riskit voidaan tarjouksia tehtäessä arvottaa paremmin. (Telle 2006.)



#### 4.2.4. Muut maat

##### **Iso-Britannia**

Isossa-Britanniassa on jo pitkään käytetty erilaisia toimivuusvaatimuksia. Perinteisissä päällysteurakoissa takuu-aika on yksi vuosi ja suunnittele ja toteuta –hankkeissa viisi vuotta. DBFO-urakoissa takuu- ja urakka-ajat ovat 25 – 30 vuoden mittaisia ja tulevaisuudessa jopa pidempiä. (FHWA 2003.)

Ison-Britannian liikenneviranomaisen Highways Agency otti DBFO-urakat käyttöön 1990-luvun puolessa välissä. DBFO-urakoissa toiminnalliset vaatimukset asetetaan etupäässä päällysteen toimivuudelle tieverkolla. Tällaisia vaatimuksia ovat muun muassa päällysteen kunto, kitka, ajomukavuus, käyttöikä ja melu. DBFO-urakoihin on sisällytetty kaistanvuokrausperiaate ja lisääntyneestä turvallisuudesta maksettava bonus. DBFO-urakoita käytetään etupäässä vilkkailla pääteillä ja tähän mennessä päättyneisiin urakoihin on oltu tyytyväisiä. DBFO-urakoiden tarkoituksena on ollut maksimoida tien käyttäjien hyödyt ja minimoida ympäristöhaitat, siirtää riskiä ja vastuuta yksityiselle sektorille ja innostaa urakoitsijoita niin teknisiin kuin taloudellisiin innovaatioihin. (Highways Agency 2006 ja 2004, Goldbaum 2006, FHWA 2003)

DBFO-urakoissa käytettävillä toiminnallisilla vaatimuksilla on havaittu olevan lukuisia positiivisia vaikutuksia päällysteiden ylläpidossa. Ne muun muassa lisäävät innovaatioita, parantavat tehokkuutta ja asettavat selkeän tavoitteen päällysteen ja koko tien toimivuudelle. Tarjousmenettelyihin toiminnalliset vaatimukset vaikuttavat siten, että tarjouksien teko vie enemmän aikaa ja lähtötietoja tarvitaan entistä enemmän.

Tieviranomaisten työ on DBFO-urakoiden myötä muuttumassa toiminnallisten vaatimusten kehittämiseen ja asettamiseen, tarjoustoimintaan ja urakan seurantaan ja valvontaan. (Highways Agency 2004 ja 2006.)

## Uusi-Seelanti

Uudessa-Seelannissa päällystysurakat voidaan jaotella kolmeen luokkaan sen mukaan mihin laatuvaatimukset kohdistuvat. Näitä luokkia ovat panospohjaiset urakat (input-driven), työn tulokseen pohjautuvat urakat (output-driven) ja tienkäyttäjän kokemaan lopputulokseen perustuvat urakat (outcome-driven). (Pakkala 2002, Porter 2005)

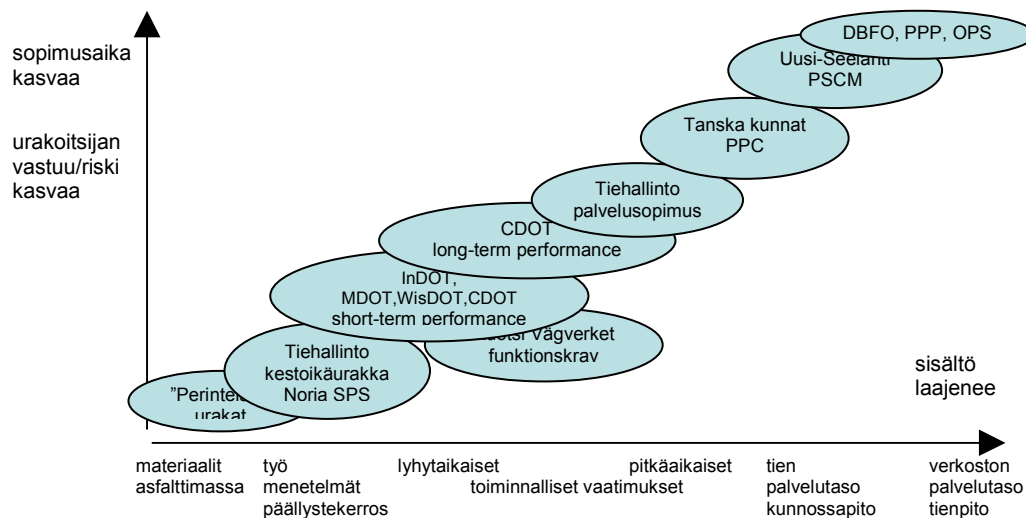
Uudessa-Seelannissa on käytössä kolme erilaista urakkamallia. Ne ovat perinteinen urakkamalli, PSMC-urakkamalli ja hybridi-urakkamalli. Perinteisessä urakkamallissa päällystysurakat ovat omia itsenäisiä tienpitäjän (road agency) tilaamia urakoita, joiden takuuajat vaihtelevat kolmesta viiteen vuoteen. (Porter 2005.)

PSMC-urakkamalli tarkoittaa toimivuusvaatimukseen perustuvaa kunnossapitourakkaa, johon päällystystöiden lisäksi kuuluvat muutkin teiden kunnossapitoon liittyvät työt. Urakka-aika on kymmenen vuotta ja urakkaa on käytetty vuodesta 1998 lähinnä päätieverkolla. Urakkamallissa tienpitäjä tilaa työn urakoitsijoiden ja konsulttien yhteenliittymiltä. Urakoitsijoille asetetaan toimivuusvaatimuksia kolmella eri tavalla, jotka ovat päällysteen toiminnalliset ominaisuudet, vaatimukset tien hoidon toimivuudelle ja vaatimukset urakka-alueen tieverkon hallinnan toimivuudelle. Päällysteen toiminnallisia ominaisuuksia ovat muun muassa tasaisuus, urasyvyys, vesiliirtouhka, päällysteen lujuus ja kestoikä. (Porter 2005, Kurki et al. 2004.)

Hybridi-urakka malli on yhdistelmä tavanomaisesta ja PSMC-urakkamallista. Siinä tienpitäjä tilaa erikseen sekä urakka-alueen tieverkon hallinnan että urakoinnin. Suurin ero PSMC-malliin on se, että siinä tehtävän kunnossapidon määrät on ennalta laskettu. Urakka-aika hybridimallissa on sama kuin perinteisessä. (Porter 2005, Kurki et al. 2004, Pidwerbesky ja Alabaster 2003)

#### 4.2.5. Yhteenveto ulkomaisista kokemuksista

Ulkomaiset kokemukset toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuvista päällystysurakoista ovat pääasiassa myönteisiä. Yhteisenä tavoitteena on ollut lisätä urakoitsijoiden vastuuta ja mahdollisuuksia kehittää toimintaansa, parantaa päällysteen laatua tienkäyttäjän näkökulmasta ja mahdollisuuksien mukaan vähentää tilaajan kustannuksia. Parhaat edut on todettu saavutettavan juuri pitkäaikaisilla sopimuksilla. Sopimusajat vaihtelevat hankintamenettelyn mukaan, mutta urakka-ajan pituuden on todettu olevan parhaimmillaan juuri silloin, kun se on riittävän pitkä päällysteen elinkaaren nähden, mutta ei liian pitkä, jotta urakoitsijan riskit eivät kasva liian suuriksi. Kuvassa 30 on esitetty käsiteltyjen ulkomaiden esimerkkien sijoittumista kaavioon, jossa vaakakselilla on esitetty takuun ja urakan sisältöä ja pystyakselilla urakka-aikaa, innovaatiomahdollisuuksia ja urakoitsijan riskiä. Periaatteessa pystyakseli voisi esittää myös säästöjen ja innovaatioiden mahdollisuutta tai laadun paranemista, mutta eri hankintamenettelyillä saavutettavat edut eivät ole itsestäänselvyksiä.



Kuva 30. Yleispiirteinen yhteenveto tutkituista ulkomaisista esimerkeistä

## 5. Yhteenveto ja suositukset

### 5.1. Yhteenveto

Tutkimuksen tavoiteena oli selvittää saavutettiinko vuosina 2002 ja 2003 kestoikäurakkamuodolla parempaa laatua ja kustannustehokkuutta kuin tavanomaisilla kokonaisurakoilla. Lisäksi selvitettiin Tiehallinnon ja urakoitsijoiden kokemuksia urakkamuodosta, sekä tarkasteltiin miten kestoikäurakka soveltuu liikennemäärältään erilaisille teille ja tutkittiin arvonmuutosperusteiden laskentatapaa.

Vuosien 2002 ja 2003 kestoikäurakoissa saavutettua laatua verrattiin tilastollisen analyysin menetelmin samojen vuosien tavanomaisiin päällysteurakoihin. Vertailussa käytetty kuntotietorekisteristä kerätty aineisto sopii parhaiten laattana ja uusiopäällysteenä toteutettujen SMA-päällysteiden vertailuun, koska niiden otokset ovat suurimmat. Vertailun tunnuslukuina käytettiin ominaisurautumista, vuosittaisia kustannuksia sekä erilaisia tasaisuuden tunnuslukuja kuten IRI4:ä. Verrattaessa ominaisurautumista vuosien 2002 ja 2003 kestoikäurakan pilottikohteiden ja samojen vuosien vertailu-urakoiden välillä havaittiin vuonna 2002 kestoikäurakassa tehtyjen SMA-päällysteiden kuluvan nopeammin sekä LTA että REM-työmenetelmillä kuin vertailu-urakoissa. Vuonna 2003 ei urakoiden välillä ollut merkitsevää eroa. Tasaisuutta verrattiin käyttämällä tunnuslukuna IRI4:ä. Vuonna 2002 ei kohteiden välillä ollut merkitsevää eroa ja vuonna 2003 vertailukohteet olivat hieman tasaisempia. Kustannuksia pilotti- ja vertailukohteiden välillä verrattiin laskemalla kuntotietoaineistosta ennusteet kestoialle ja urakkatiedoista kustannukset neliömetrille vuodessa. Pilottikohteiden laskettiin olevan vuosikustannuksiltaan edullisempia, mikä johtuu varmasti suurelta osin keskimäärin pienemmästä päällystepaksuudesta.

Kestoikäurakan arvonmuutosperusteita arvioitiin käyttämällä toteutuneista urakoista saatuja tietoja. Kestoikämallissa arvonmuutosten laskenta perustuu oletukseen päällysteen urasyvyyden lineaarisesta kehityksestä. Tutkittaessa lineaarisen mallin sopivuutta erisuurukselle liikennemäärille havaittiin, että kestoikäurakka sopii parhaiten teille, joiden kaistakohtainen liikennemäärä on noin 5000 ajoneuvoa vuorokaudessa tai enemmän. Silloin vältetään myös siltä, että tarjotut kestoiaät olisivat niin pitkiä, että

päällyste joudutaan uusimaan aiemmin esimerkiksi vaurioiden takia. Silloin myös urasyvyyden vuosittainen kehitys on varmemmin mitattavissa mittaustarkkuuten nähden. Arvonmuutosmallissa käytetty oletus päällysteen urasyvyyden kehityksen lineaarisuudesta on oikea, mutta ongelma on se, että mallissa urasyvyyden kehitys lähtee nolasta eikä huomioi lainkaan alku-uraa. Tämän takia urakassa tarjottu ja kolmen vuoden iässä arvosteltu päällysteen kestoikä ja todellinen kestoikä urasyvyyden suhteen ovat erisuuruiset.

Lukuisilla haastatteluilla täydennetyn kirjallisuustutkimuksen mukaan Tiehallinnon kestoikäurakat eivät ole vielä tuoneet mukanaan uusia innovaatioita päällystystoimintaan eivätkä ne ole parantaneet tilaajan ja urakoitsijan välistä yhteistyötä. Kestoikäurakka kuitenkin herätti urakoitsijat tarkastelemaan päällysteen pinnan toiminnallisia ominaisuuksia ja paransi urakoitsijoiden omien tuotteiden tuntemusta. Tämä on tärkeää, koska Tiehallinnon mukaan päällysteiden toiminnallisten vaatimusten käyttö yleistyy tulevaisuudessa. Urautuminen toiminnallisena vaatimuksena urakoitsijoiden ja tilaajan edustajien mukaan on selkeä, yksiselitteinen ja helposti mitattavissa. Urakoitsijoiden mukaan kestoikäurakassa on kiinnitettävä erityistä huomiota urakan tarjouspyynnön lähtöaineistoon. Tärkeimmät lähtötiedot ovat liikennemäärätiedot, vanhan päällysteen ominaisuustiedot sekä tien ominaisuustiedot kuten nopeusrajoitus ja tien leveys. Urakoitsijat myös moittivat alku-uran huomiotta jättämistä sekä arvonmuutosperusteita liiasta tiukkuudesta.

## **5.2.Suosituks**

On suositeltavaa, että tutkimusta jatketaan myöhemmin myös Tiehallinnon vuosien 2004 ja 2005 kestoikäurakoiden osalta, jotta niissä saavutettu laatu saataisiin selvitettyä. Tiehallinnon pitäisi perustaa jonkinlainen erillinen päällystetietorekisteri, johon tehtyjen päällysteiden tiedot tallennetaan tulevien urakoiden lähtötiedoiksi ja päällysteiden seuranta varten tai vastaavasti tallentaa enemmän päällysteeseen liittyviä muuttujia tierekisteriin ja kuntotietorekisteriin. Urakoitsijoiden pitäisi hyödyntää enemmän Tiehallinnon kuntomittauksien aineistoa omien tuotteidensa seurannassa ja heille olisi luotava järjestelmä sitä varten. Tämä antaisi pienemmillekin yrityksille mahdollisuuden

tutkia ja seurata tuotteidensa toiminnallisia ominaisuuksia tieverkolla sekä hyödyntää paremmin vahvuuksiaan.

Tiehallinnon ja urakoitsijoiden olisi hyvä sopia lähtöaineiston toimitusmuodosta ja sisällöstä, jotta urakoitsijoiden olisi mahdollisimman helppo laatia tarjoukset. Urakan arvonvähennysperiaatteita olisi muutettava siten, että alku-ura huomioidaan laskennassa ja arvostelu olisi suoritettava esimerkiksi suhteellisen kestojän avulla. Kestoikäurakkaa kolmen vuoden takuuajalla voi soveltaa sellaisille teille, joiden kaistakohtainen liikennemäärä on enemmän kuin noin 4000–5000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Jos urakkaa käytetään vähäliikenteisemmille teille, olisi takuuajan hyvä olla pidempi. Pitäisi myös harkita Tiehallinnon teettämien vuosittaisten palvelutasomittausten hyödyntämistä laskettaessa arvonmuutoksia.

## 6. Lähdeluettelo

### Lähdekirjallisuus

Arnevik A. (2001). *Bruk av funksjonskontrakter i Norge*. NVF Konferanse om moderne opphandlings- og kontraktsformer Reykjavik, Island 13. – 14. September 2001 tilaisuudessa pidetty esitys. Saatavissa ppt-muodossa:

[http://vgwww.vegagerdin.is/.../e6a5853ee4140d0500256afc0033c97e/\\$FILE/Funksjonskontrakter%20i%20Norge.ppt](http://vgwww.vegagerdin.is/.../e6a5853ee4140d0500256afc0033c97e/$FILE/Funksjonskontrakter%20i%20Norge.ppt) (luettu 15.2.2007)

Aschenbrener T., DeDios R., Shuler S. (2006). *Effect of Performance Warranties on Cost and Quality of Asphalt Pavements*. Paper for TBR 2007 Annual meeting. Colorado Department of Transportation. 14 s.

Asfalt Posten (2001). *Vejkontrakter skaber udvikling*. Artikkel i Asfalt Posten -lehdessä nr.1-2001. NCC Danmark A/S. 3 s.

FHWA (2005). *Background for Pavement Warranties "What are they and why should they be used"*. FHWA:n julkaisu. 13 s.

Saatavissa www-muodossa: <http://www.fhwa.dot.gov/Pavement/warranty/backgrnd.cfm> (luettu 18.1.2007)

FHWA (2003). *Asphalt Pavement Warranties Technology and Practice in Europe*. FHWA:n julkaisu PL-04-002. FHWA. Washington DC. 72 s.

Saatavissa pdf-muodossa: <http://international.fhwa.dot.gov/apw/apwscan.pdf> (luettu 16.1.2007)

Fredriksson R. (2005). *Trafikantnyttor av funktionsentreprenaderna E4 Toftaholm-Gränna-Örsta*. Transportforum 2005-päivillä pidetty esitys. 33 s.

Saatavissa pdf-muodossa:

<http://www.vagverketproduktion.se/upload/Teknik/Personal/Fredriksson/Erfarenheter%20av%20funktionsentreprenaden%20E4%20GFE%20vid%20Transportforum%2012%200januari%202005.pdf>

Fredriksson R. (2004). *Erfarenheter från funktionsentreprenaderna E4 genom Jönköpings och Östergötlands län, Toftaholm-Gränna-Örsta*. Vägverket Produktion 2004. 2 s. Saatavissa pdf-muodossa:

[http://www.vagverketproduktion.se/upload/Teknik/Personal/Fredriksson/Transportforum2005\\_1.pdf](http://www.vagverketproduktion.se/upload/Teknik/Personal/Fredriksson/Transportforum2005_1.pdf) (luettu 8.1.2007)

Galehouse L. (2003). *Michigan experience with warranty work*. Rocky Mountain Asphalt Conference and Equipment Show 2003 –tilaisuudessa pidetty esitys. MDOT. 48 s. Saatavissa pdf-muodossa:

<http://www.cm.cahs.colostate.edu/RMACES/Asphalt%20Presentations%2003/Session7.%20Larry%20Galehouse.%20Warranty.pdf> (luettu 16.1.2007)

Gallivan V., Huber G., Flora W. (2003). *Benefits of warranties to Indiana*. Paper for 2004 Annual Meeting of the Transportation Research Board TRB Committees A2D03, A2D05, A3C05. 30 s. Saatavissa pdf-muodossa:

<http://www.wsdot.wa.gov/TA/T2Center/Mgt.Systems/PavementTechnology/Benefits%20of%20Warranties%20to%20Indiana%20TRB.pdf> (luettu 12.1.2007)

Goldbaum J. (2006). *Use of Long-Term Warranties for the Colorado Department of Transportation Pilot Projects*. Report No. CDOT-DTD-R-2006-10. Colorado Department of Transportation. 159 s. Saatavissa pdf-muodossa: <http://www.dot.state.co.us/Publications/PDFFiles/Longtermwarranties.pdf> (luettu 5.2.2007)

Highways Agency (2006). *Value in Roads*. Sähköinen julkaisu. Saatavissa www-muodossa: <http://www.highways.gov.uk/roads/2987.aspx> (luettu 9.1.2007)

Highways Agency (2004). *Developing Performance Specifications – Consultation Response Analysis Report*. Highways Agency. January 2004. 40 s. Saatavissa pdf-muodossa: [http://www.highways.gov.uk/roads/documents/dps\\_report\\_jan\\_04.pdf](http://www.highways.gov.uk/roads/documents/dps_report_jan_04.pdf) (luettu 20.2.2007)

Hiltunen E. (1987). *Tienpitoa Uudellamaalla*. Uudenmaan tie- ja vesirakennuspiiri. Helsinki 1987. 152 s.

Isoniemi P. (2001). *Pohjoisranta 1998-2001*. 17.1.2002 pidetty esitys.

Jacobsson L. (2006). *Funktionsupphandlingar*. Beläggnings dagar 2006 –tapahtumassa pidetty esitys. Vägverket Huvudkontoret. 10 s. Saatavissa pdf-muodossa: <http://www.vv.se/filer/35768/1-FunktionsupphandlingLars%20Jacobsson.pdf> (luettu 10.1.2007)

Johansson P. (2002). *Funktionsupphandling Drift och underhåll av gator och vägar*. Forskningsrapport 2002:09. Luleå Tekniska Universitet. 61 s. Saatavissa pdf-muodossa: <http://epubl.luth.se/1402-1528/2002/09/LTU-FR-0209-SE.pdf> (luettu 10.1.2007)

Kankainen J., Junnonen J-M (2001). *Rakennuttaminen*. Rakennustieto. Helsinki. 101 s.

Korhonen M. (2004). *Toimivuusvastuu-urakka Mikkelin kaupunki Urakoitsijan kokemuksiä*. Esitys asfalttialan palautepäivillä 3.11.2004.

Korkiala-Tanttu L., Törnqvist J., Eskola P., Pienimäki M., Spoof H., Mroueh U-M. (2005). *Elinkaaritarkastelut tienpidon hankintoihin*. Tiehallinnon selvityksiä 13/2005. Helsinki 2005. 60s.

Kristiansen J. (2003). *Alternative udbudsformer – her og nu!* Artikkel Dansk Vejtidskrift –lehdessä 9/2003. 3 s. Saatavissa www-muodossa: <http://asp.vejt看id.dk/www/> (luettu 1.2.2007)

Kurki T., Spoof H., Malmivuo M., Petäjä S. ja Leinonen J. (2004). *Kunnossapitourakoiden toimivuusvaatimukset*. VTT Tiedotteita 2268. Espoo. 130 s. Saatavissa pdf-muodossa: <http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2268.pdf> (luettu 11.1.2007)



- Kurki T. (2002). *Teiden ja katujen ylläpidon hankinta Nykytila ja tulevaisuus*. Tiehallinnon selvityksiä 29/2002. Helsinki 2002. 43 s.
- Laininen P. (2001). *Tilastollisen analyysin perusteet*. Toinen painos. Otatieto. Helsinki. 2001. 281 s.
- Lampinen A. (1993). *Kestopäällysteiden urautuminen*. VTT Julkaisuja 781. Espoo. 166 s.
- MDOT, FHWA (2003). *Pavement Warranty Symposium Final Report*. 62 s. Saatavissa pdf-muodossa: [http://www.tdcfiles.com/Warranty\\_Symposium\\_Final\\_Report.pdf](http://www.tdcfiles.com/Warranty_Symposium_Final_Report.pdf) (luettu 15.1.2007)
- Mäkinen S. (2005). *Pilot Project of Lifetime Design of Asphalt Concrete in Finnish Road Administration*. Finnish Road Administration. 8 s.
- Nilson J-E, Ihs A., Sjögen L., Wiman L., Wågberg L-G (2006). *Funktionsupphandling Sammanfattning av kunskapsläge och rekommendationer för fortsatt forskning*. VTI rapport 560. 2006. 96 s. Saatavissa pdf-muodossa: <http://www.vti.se/EPiBrowser/Publikationer/R560.pdf> (luettu 12.1.2007)
- PANK ry (1999). *Asfalttinormit 2000*. Päällystealan neuvottelukunta. 74 s.
- Pakkala, P (2002). *Innovative Project Delivery Methods for Infrastructure an International Perspective*. Finnish Road Enterprise. Helsinki 2002. 121 s.
- Pavement Warranties Yield Innovation, Quality*. Focus January/Februaru 2003. Saatavissa www-muodossa: <http://www.tfhr.gov/focus/jan03/01.htm> (luettu 8.1.2007)
- Pidwerbesky B., Alabaster D. (2003). *New Zealand's Experience with Performance Specifications for Pavement Design and Construction*. TRB 2004 Annual Meeting. 22 s. Saatavissa pdf-muodossa: <http://www.fh.co.nz/fms/projects/Technical%20Papers/New%20Zealand's%20Performance%20Specifications%20for%20Design%20and%20Construction%20of%20Unbound%20Granular%20Pavements.pdf> (luettu 23.2.2007)
- Porter T. (2005). *Procurement Models for Road Maintenance*. The 2005 Annual Conferense of the Transportation Association of Canada. 11 s. Saatavissa pdf-muodossa: <http://www.tac-atc.ca/English/pdf/conf2005/s13/porter.pdf> (luettu 26.2.2007)
- Ramboll (2005). *Kuvaus tien pinnan RST-kuntoparametreista Suomessa*. Ramboll Finland Oy 2005. 26 s.
- Sulankivi K., Nykänen V., Koskela L., Teriö O. (2002). *Nykyinen suunnittelurakentamisprosessi*. VTT:n julkaisu. Espoo. 2002. 36 s.
- TBR (1994). *Use of Warranties in Road Construction*. NCHRP Syntehis 195. Washington D.C. 1994. 60 s.
- Telle R. (2006). *Funktionskontrakter Gir de bedre dekker?* Dekkeseminar FoU

26. April 2006 tilaisuudessa pidetty esitys. Saatavissa pdf-muodossa:

<http://www.vegvesen.no/vegdekke/filer2006/P%20-%20Roar%20Telle%20%20Funksjkontr%20%20Hva%20mener%20entrepren.pdf>  
(luettu 9.2.2007)

Tiehallinto (2006a). *Päällystettyjen teiden ylläpidon palvelumalli*. Tiehallinnon selvityksiä 24/2006. Oulu 2006. 73 s.

Tiehallinto (2006b). *Päällysteiden ylläpidon toimintalinjat*. Tiehallinnon julkaisu. Helsinki 2006. 33 s.

Tiehallinto (2006c). *Tiefakta 2006*. Helsinki 2006. 51 s.

Tiehallinto (2006d). *Hankinta 2010 Tienpidon hankintastrategia*. Tiehallinto. Helsinki 2006. 51 s.

Tiehallinto (2005a). *Elinkaaritarkastelut tienpidon hankintoihin*. Tiehallinnon julkaisu 13/2005. Helsinki 2005. 60 s.

Tiehallinto (2005b). *Ura- ja sivukaltevuusluvun määrittäminen kuntovastuu-urakkaan*. Tiehallinnon selvityksiä 40/2005. Helsinki 2005. 92 s.

Tiehallinto (2002a). *Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset Päällysteet*. Tiehallinto, 2002. 29 s.

Tiehallinto (2001). *Urakka-asiakirjat*. Eri urakoihin liittyvät asiakirjat, vaatimukset ja luettelot vuosilta 2001-2006. Tiehallinto.

Toikkanen K. (2006). *Yhteenveto toimivuusvastuu-urakan kokemuksista kolmen vuoden jälkeen*. Artikkelit Asfaltti-lehden numerossa 77, kesäkuu 2006. 3 s.

Vegdirektoratet (2005). *Asfalt 2005 - materialer og utførelse*. Veiledning Håndbok 246. Desember 2005. 150 s. Saatavissa pdf-muodossa:  
[http://www.vegvesen.no/vegnormaler/hb/246/hb246\\_w.pdf](http://www.vegvesen.no/vegnormaler/hb/246/hb246_w.pdf) (luettu 15.2.2007)

Vegdirektoratet (1996). *Erfaringer med SPS-kontrakter for asfaltering i Akershus*. Publikasjon nr. 82. Vegdirektoratet, 1996. Oslo. 25 s.

Vejdirektoratet (2002). *Funktionsudbud*. Tanskan Tiehallinnon sähköinen julkaisu. Saatavissa www-muodossa:  
<http://www.vejdirektoratet.dk/publikationer.asp?page=document&objno=69086> (luettu 6.2.2007)

Vejdirektoratet (2000). *Nye Udbudsformer Anlaegsområdet – Juni 2000*. Tanskan tiehallinnon julkaisu. 59 s. Saatavissa pdf-muodossa:  
<http://www.vejdirektoratet.dk/pdf/271100.pdf> (luettu 6.2.2007)

Vejsektoren (2006). *Utbudgetformer*. Tanskan Tiehallinnon ylläpitämät Vejsektoren.dk  
www-sivut: <http://www.vejsektoren.dk/wimpdoc.asp?page=document&objno=102140>  
(luettu 6.2.2006)

Väisänen M. (2005). *Kokemuksia kuntien toimivuusvastuu-urakoista ja  
päällystehankintojen kehittämisen näkymät*. Esitys asfalttialan palautepäivillä  
16.11.2005.

Wendel M. (2006). *Funktionsupphandlingar*. Beläggningsmöte för kunskaps utbyte  
2006 –tilaisuudessa pidetty esitys. Saatavissa pdf-muodossa:  
[http://www.vv.se/filer/30087/dag2\\_0945\\_1015.pdf](http://www.vv.se/filer/30087/dag2_0945_1015.pdf) (luettu 10.1.2007)

WisDOT, FHWA, WAPA (2001). *Asphaltic pavement warranties five-year progress  
report*. Wisconsin department of transportation. 54 s.  
Saatavissa pdf-muodossa:  
[http://www.dot.wisconsin.gov/library/research/docs/finalreports/tau-  
finalreports/warranties.pdf](http://www.dot.wisconsin.gov/library/research/docs/finalreports/tau-finalreports/warranties.pdf) (luettu 18.1.2007)

Tietojärjestelmät:

Kuntotietorekisteritiedot, Yhteyshenkilö Ismo Iso-Heiniemi, Tiehallinto

Tierekisteritiedot, Yhteyshenkilö Kalevi Toikkanen, Tiehallinto

Liikennemäärätiedot, Yhteyshenkilö Matti Hämäläinen, Tiehallinto

Kuntotietomittaustiedot, Yhteyshenkilö Kalervo Mattila, Ramboll Finland Oy

## Haastattelut:

Andrewski D. (2007). David Andrewskin (Indiana Department of Transportation) haastattelu sähköpostitse 22.1.2007.

Angervuori T. (2007). Tapani Angervuoren (Kunnossapitopäällikkö, Tiehallinto) haastattelu 2.5.2007.

Dolk. O. (2007). Olli Dolkin (Tekninen asiantuntija, HKR) haastattelu sähköpostitse 14.5.2007.

Eerola M. (2007). Mikko Eerolan (Projektipäällikkö, Destia) haastattelu 11.4.2007.

Eskola K. (2007). Katri Eskolan (Ylläpidon asiantuntija, Tiehallinto) haastattelu 26.3.2007 ja sähköpostikirjeenvaihto.

Iso-Heiniemi I. (2007). Sähköpostikirjeenvaihto Ismo Iso-Heiniemen kanssa (Tiestötietoasiantuntija, Tiehallinto).

Isoniemi P. (2007). Pekka Isoniemen (Toimistopäällikkö, HKR) haastattelu sähköpostitse 4.5.2007.

Jacobsson L. (2007). Lars Jacobssonin (Vägverket huvudkontoret, upphandling och marknad) haastattelu sähköpostitse 9.2.2007.

Korhonen M. (2007). Martti Korhosen (Piiripäällikkö, Lemminkäinen) haastattelu sähköpostitse 11.4.2007.

Laitinen V. (2007). Vesa Laitisen (Laboratoriopäällikkö, Lemminkäinen) haastattelu 26.4.2007.

Lampinen A. (2007). Anssi Lampisen (AL-Engineering) haastattelu sähköpostitse 8.6.2007.

Schafer P. (2007). Pat Schaferin (Michigan Department of Transportation) haastattelu sähköpostitse 26.1.2007

Tattari K. (2007). Kai Tattarin (Valtakunnallinen laatupäällikkö, Tiehallinto) haastattelu sähköpostitse 27.2.2007.

Toikkanen K. (2007). Kalevi Toikkasen (Päällysteinsinööri, Tiehallinto) haastattelu 24.4.2007.

Tölli T. (2007). Tapio Töllin (Kehittämispäällikkö, Destia) haastattelu 30.3.2007.