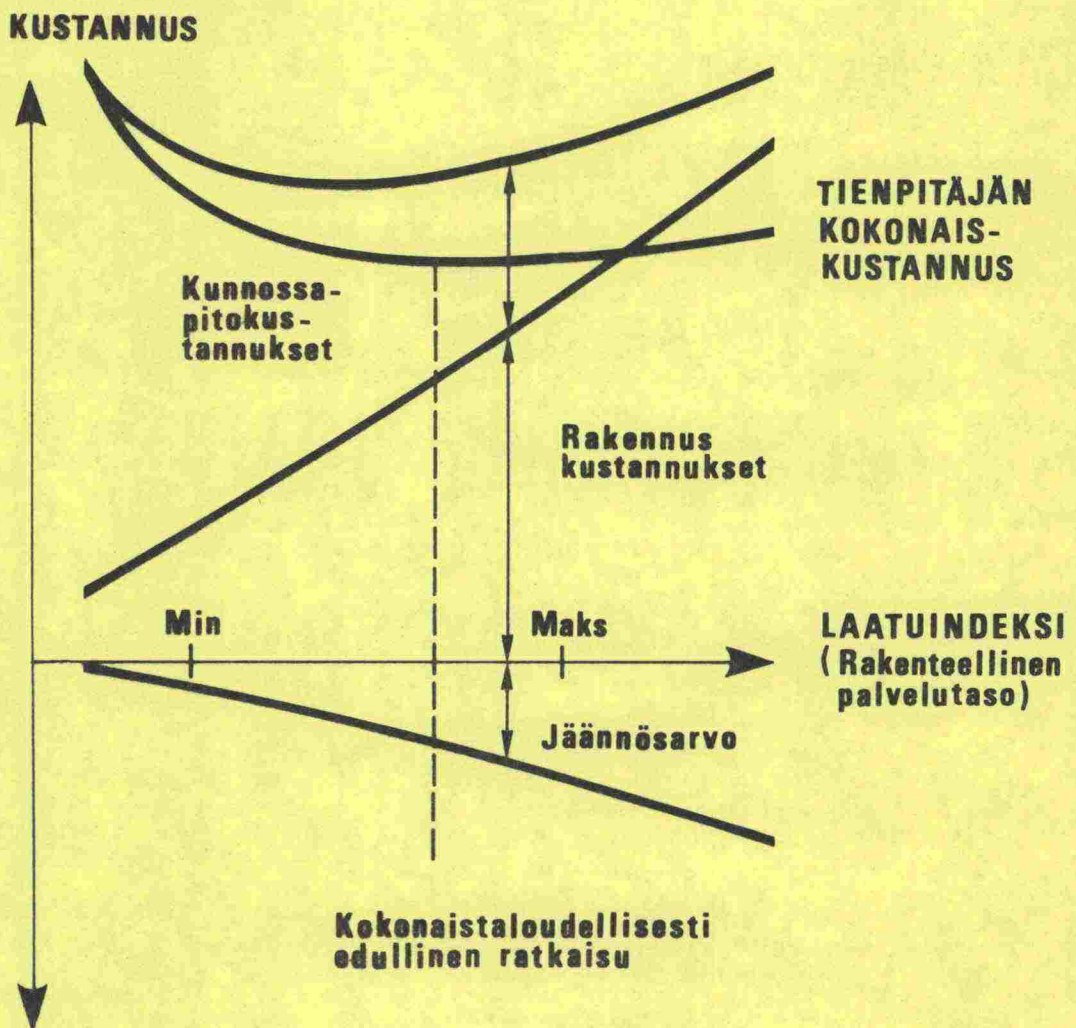


PÄÄLLYSRAKENNETÖIDEN KUSTANNUKSET JA LAATU



**TIE-JA VESIRAKENNUSHALLITUS
TIENRAKENNUSTOIMISTO**

PÄÄLLYSRAKENNETÖIDEN KUSTANNUKSET JA LAATU

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	RAKENTEELLISET MUUTOKSET JA KOKEILUT	2
2.1	Yleistä	2
2.2	1000 Tien rakentaminen	2
2.3	1600 Sitomattomat päällysrakennekerrokset	2
2.4	1700 Sidotut päällysrakennekerrokset	12
2.5	1800 Varusteet, laitteet, viimeistelytyöt sekä liikenteen hoito	13
2.6	Kevyen liikenteen väylät	15
3.	LAATU-KUSTANNUS -TARKASTELUT JA TOIMINNAN TALOUDELLISUUDEN ARVIOINTI	17
3.1	Arvosteluperiaatteet	17
3.2	Muutosten ja kokeilujen tarkastelua	18
4.	PERIAATTEITA RAKENNUSVAIHEESEEN LIITTYVIEN MUUTOSTARPEIDEN TARKASTELEMISEKSI KOKONAISKUSTANNUSAJATTELUN MUKAISESTI	20
5.	KIRJALLISUUTTA	22

1. JOHDANTO

Rakennusvaiheen aikana joudutaan usein arvioimaan eri vaihtoehtojen edullisuutta ja toiminnan taloudellisuutta.

Muutostarpeita suunnitelmaratkaisuihin voivat aiheuttaa mm.

- varattua kiviainesta ei saada käyttöön tai se on arvioitua kalliimpaa
- pohjamaa tai varattu kiviaines eivät olekaan mitä niiden uskottiin olevan (puutteelliset ennakkokokeet)
- ilmaantuu edullinen tilaisuus hankkia suunnitellusta poikkeavaa materiaalia
- aiottua kone- tai kuljetuskalustoa ei olekaan saatavissa
- muutoksella vältytään viivytykseltä.

Tarkasteluja on tehty rakennuskustannusten perusteella. Tätä ei useinkaan voida pitää riittävänä. Jotta eri materiaali- ja rakennevaihtoehtoja voidaan tarkastella pelkästään rakennuskustannusten perusteella, niiden tulee olla samanarvoisia (mm. kantavuus ja routivuus). Tämä tarkoittaa sitä, ettei vaihtoehtojen kunnossapitokustannuksissa, ajokustannuksissa, kestoissa ja jäännösarvoissa ole ratkaisuun vaikuttavia eroja.

Välttämätöntä ei kuitenkaan ole, että vaihtoehdot ovat samanarvoisia, jos niiden erojen vaikutukset pystytään kustannuslaskennassa ja toiminnassa ottamaan huomioon. Niinpä vertailujen tekemiseksi olisikin tarpeen tuntea erilaisten rakennevaihtoehtojen aiheuttamat eroavuudet rakennuskustannusten lisäksi muissakin kokonaisedullisuuteen vaikuttavissa kustannustekijöissä.

Viime vuosina suunnitelmaratkaisuihin tehtyjen muutosten ja niiden taloudellisuuden lähemmäksi selvittämiseksi TVH:n tienrakennustoimisto kysyi piireiltä (kirje nro 0/Rtr-117/2.9.1982) tietoja laadullisesti eri tasoisesti toteutetuista päällysrakenteista v. 1978 - 1981 valmistuneissa hankkeissa ja niiden vaikutuksista rakennus-, kunnossapito- ja ajokustannuksiin.

Tässä yhteenvedossa käydään lyhyesti läpi saadut vastaukset ja ne on pyritty analysoimaan kokonaistaloudellisuuden kannalta. Lisäksi esitetään suositeltavia periaatteita rakennusvaiheeseen liittyvien muutostarpeiden tarkastelemiseksi.

2. RAKENTEELLISET MUUTOKSET JA KOKEILUT

2.1 Yleistä

Tässä esitellään lyhyesti kaikki kyselyyn saatuihin vastauksiin sisältyvät kokeilu-, muutos- yms. kuvaukset (yhteensä 17). Valtaosa niistä on rakenne- ja materiaalikokeiluja. On muistettava, että kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä ei kokeiluista lyhyen seuranta-ajan takia voida tehdä.

Ryhmittelyssä on pyritty noudattamaan tienrakentamisen litterajakoa. Lisätietoja kuvattavista ratkaisuksista saa tekstissä mainituista julkaisuista ja asianomaisista piireistä.

2.2 1000 Tien rakentaminen

Tietuotannon laatutaso vuosina 1970 - 1980

Piiri: K-P

Piirissä on tehty työntutkimusraporttina (KP/21/81) julkaistu kokonaisvaltainen selvitys piirin tietuotannon laatutason kehittymisestä 1970-luvulla. Tutkimuksen mukaan laatutaso on tutkimusaikana ollut hienoisessa laskusuunnassa. Mm. mitatut kantavuusarvot ovat pienentyneet. Laatutason laskemisen katsotaan ainakin osittain johtuvan pyrkimyksistä asetettujen taloudellisuus- ja tuottavuustavoitteiden saavuttamiseen.

2.3 1600 Sitomattomat päällysrakennekerrokset

Maalaatikkokokeilu

Piiri: L

Hanke: Vt 21 parantaminen välillä Kauliranta - Pello

Paaluväli: 864+00 - 865+00

Valmistunut: 9/1979

Hankkeella tehtiin maalaatikko- ja solumuovieristekokeilu, jota selostetaan tarkemmin Oulun Yliopistossa v. 1982 valmistuneessa Jaakko Heikkilän diplomityössä "Roudan aiheuttama pituushalkeama". Ko. työmaan päällikön ja rationalisointi-insinöörin lausuntojen mukaan silmämääräisesti arvioiden ei ole havaittavissa eroja vertailuosuuden, maalaatikko-osuuden ja solumuoviosuuden kesken.

Ohut louhepenkka ilman suodatinhiekkää

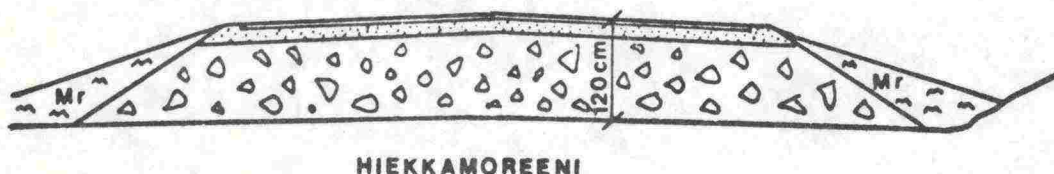
Piiri: V

Hanke: Vaasa - Alskat

Paaluväli: 37+00 - 39+00

Valmistunut: 9/1980

Hankkeella kokeiltiin ohuen louhepenkan rakentamista ilman suodatinkerrosta. Louhetta säästettiin työselityksen minimipaksuuden alittamisen ansiosta n. 5 m³ tiemetriä kohti (60 mk/tie-m.) Pohjamaa oli kantavuusluokan E hiekkamoreenia. Rakenteen kantavuusarvot täyttivät vaatimukset.



PÄÄLLYSRAKENNEKERROKSET

ÖS	0 - 18 mm	5 cm
KANTAVA KERROS	0 - 45 mm	18 cm
LOUHE	0 - 600 mm	100 cm

Kuva 1. Vaasa - Alskat-hankkeen louhepenkkakoeosuuden rakenne

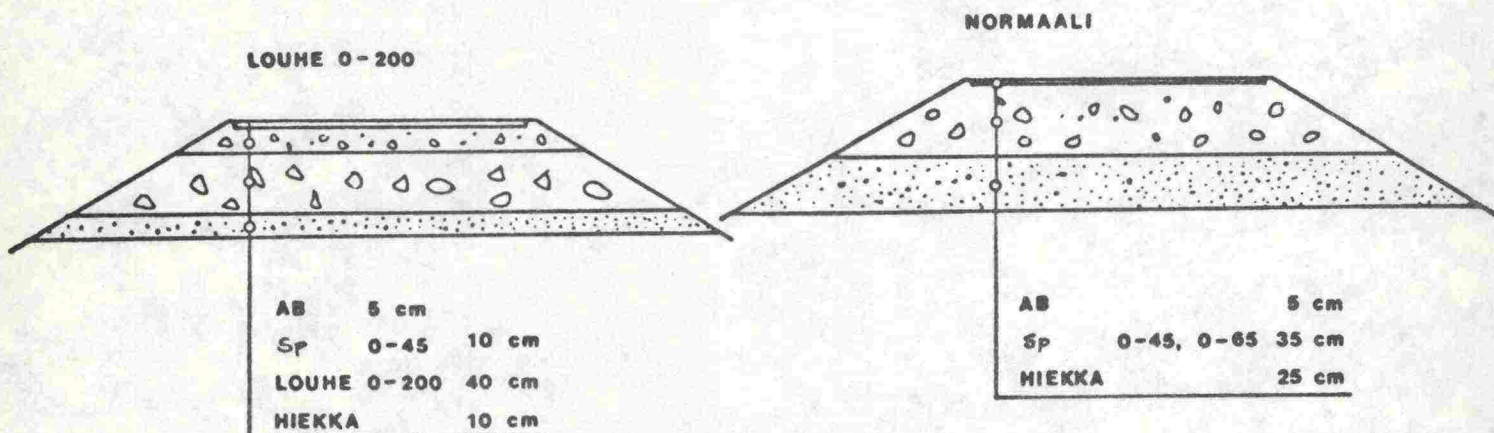
Koeosuudella on todettu jonkin verran routanousuja ja pitkitäishalkeamia, jotka ovat alentaneet palvelutasoa. Halkeamien korjaamisesta on aiheutunut lisäkustannuksia. Kokeilun toteuttajat toteavatkin, ettei 1,6 m ohuempaa louhepenkkaa tulisi rakentaa ilman suodatinhiekkää.

Louheen 0 - 200 mm ("molskotin") käyttö kantavana rakenteena

Piiri: V

Hanke: Peräseinäjoen - Seinäjoen mt. rakenteen parantaminen
Valmistunut: 6/1980

Rakennekokeilussa käytettiin kantavana rakenteena 0 - 200 mm louhekerrosta (kuva 2). Kokeilurakenteen rakennuskustannukset olivat n. 5 % normaalirakennetta alhaisemmat.



Kuva 2. Normaalirakenne ja louhekoerakenne Peräseinäjoen - Seinäjoen maantien rakenteen parantamisessa

Kantavuudet louherakenteen kohdalla ovat normaalirakennetta parempia. Louhekerroksen rakentaminen rajoittaa työnaikaista yleistä liikennettä, sillä louheen päälle ei ajoneuvoja voi päästää.

Koeosuuden kunnon on todettu olevan hyvä (1.12.1982). Muilla osin tietä oli havaittavissa varsin runsaasti keskisauman halkeamaa ja jonkin verran raidepainumaa, mutta koeosuudella ei em. vaurioita ollut todettavissa.

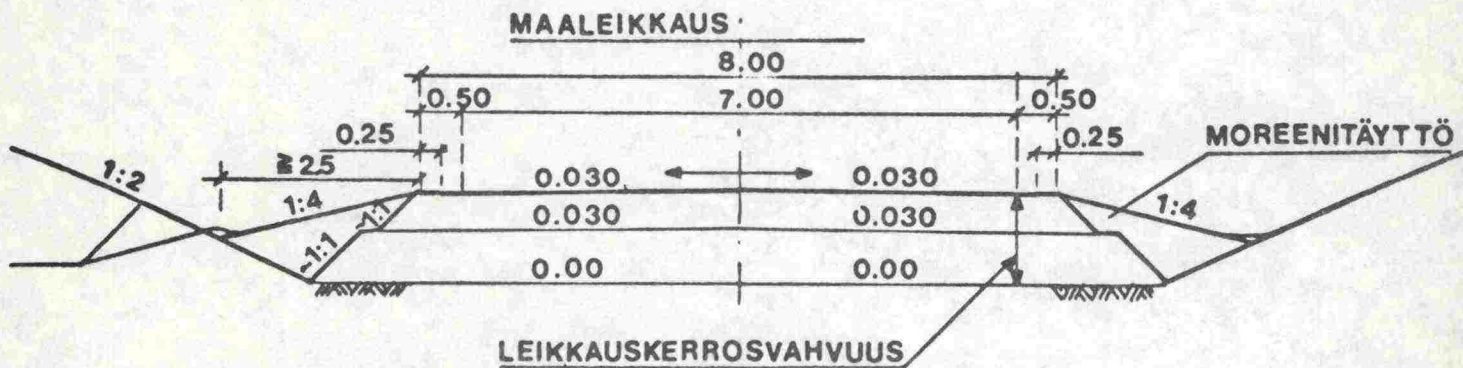
Tavanomaisesta poikkeava poikkileikkaus ja jakava/kantava yhtenä kerroksena

Piiri: K-S

Hanke: Vt 13 välillä Mikkelin piirin raja - Lievestuore

Valmistunut: 10/1980

Hankkeella toteutettiin normaalista poikkeava poikkileikkaus (kuva 3). Sivuojat tehtiin mahdollisimman pieniksi ja mataliksi tien maastoon sopeuttamiseksi. Leikkauskohdissa käytettiin ns. maalaatikkorakennetta, jossa sivuojilla kuivatetaan vain karkeammat rakennekerrokset 50 - 60 cm paksuudelta ja alaosa rakenteesta säilyy luonnontilaisessa kosteudessa. Jakava ja kantava kerros tehtiin yhtenä kerroksena 0 - 80 mm soramurskeesta 35 tai 40 cm kerrospaksuudella. Pinnan tasamiseen ja muotoiluun käytettiin enintään 5 cm 0 - 35 mm mursketta.



Kuva 3. Vt 13 välillä Mikkelin piirin raja - Lievestuore, poikkileikkaus maaleikkauksen kohdalla

Leikkausosuuksilla, joissa pohjaveden pinta on korkealla, on ilmennyt raiteistumista ja kantavuuspuutetta, joita on jouduttu korjaamaan päällysteen lisäyksellä. Kantavuuden puutteisiin arvellaan olevan syynä pohjaveden sijaitseminen korkealle ja maalaatikon täyteenä olevan hiekan heikko kantavuus vedellä kyllästettynä.

Jakavan/kantavan kerroksen rakentaminen yhtenä kerroksena
murskesorasta ilman välivarastointia

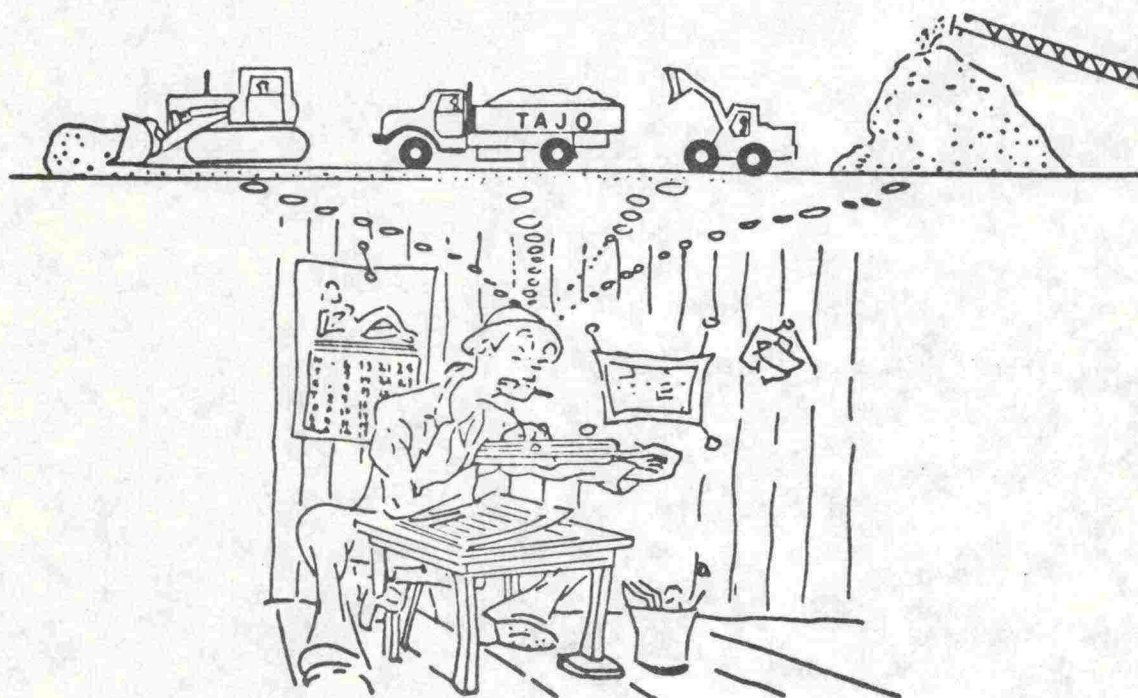
Piiri: O

Hanke: Kt 78 Kainuun piiri - Siivikko

Paaluväli: 0+00 - 130+00

Valmistunut: 9/1981

Kokeella oli tarkoitus selvittää miten kuormaus, kuljetus ja levitys olisi edullisinta järjestää jakavan/kantavan kerroksen rakentamisessa, kun käytettävän soran murskaus tapahtuu 2-vuorotyönä eikä välivarastointia suoriteta. Selvitys on julkaistu työntutkimusraporttina O/3/81.



Kuva 4. Kokeen suunnitteluvaihe

Murskauksen iltavuoron tuotanto siirrettiin kuljettimella kasaan. Kuormaus, kuljetus ja levitys tehtiin 1-vuorotyönä kasasta, johon murskauksen aamuvuoron tuotanto myös sekoitui. Murskauksen työsaavutus oli tutkimusaikana 759,5

³
m itd/2 työvuoroa. Toteutunut keskimääräinen työvuoron kesto tielleajon osalta oli 7,6 h/työvuoro. Kuljetusmatka oli 5 - 6 km.

Työmenetelmää verrattiin kustannuksiltaan menetelmään, jossa kuormaus, kuljetus ja levitys olisi tehty 2-vuorotyönä. Laskelmissa todettiin ko. tilanteessa tielleajo 1-vuorotyönä 1,66 mk/m³ itd (16 %) halvemmaksi kuin 2-vuorotyönä. Jakavan ja kantavan kerroksen yhdistämisestä ei ole havaittu vaikutuksia rakenteen laatuun.

Suunnitellusta poikkeavien materiaalien ja kerrospaksuuksien käyttö

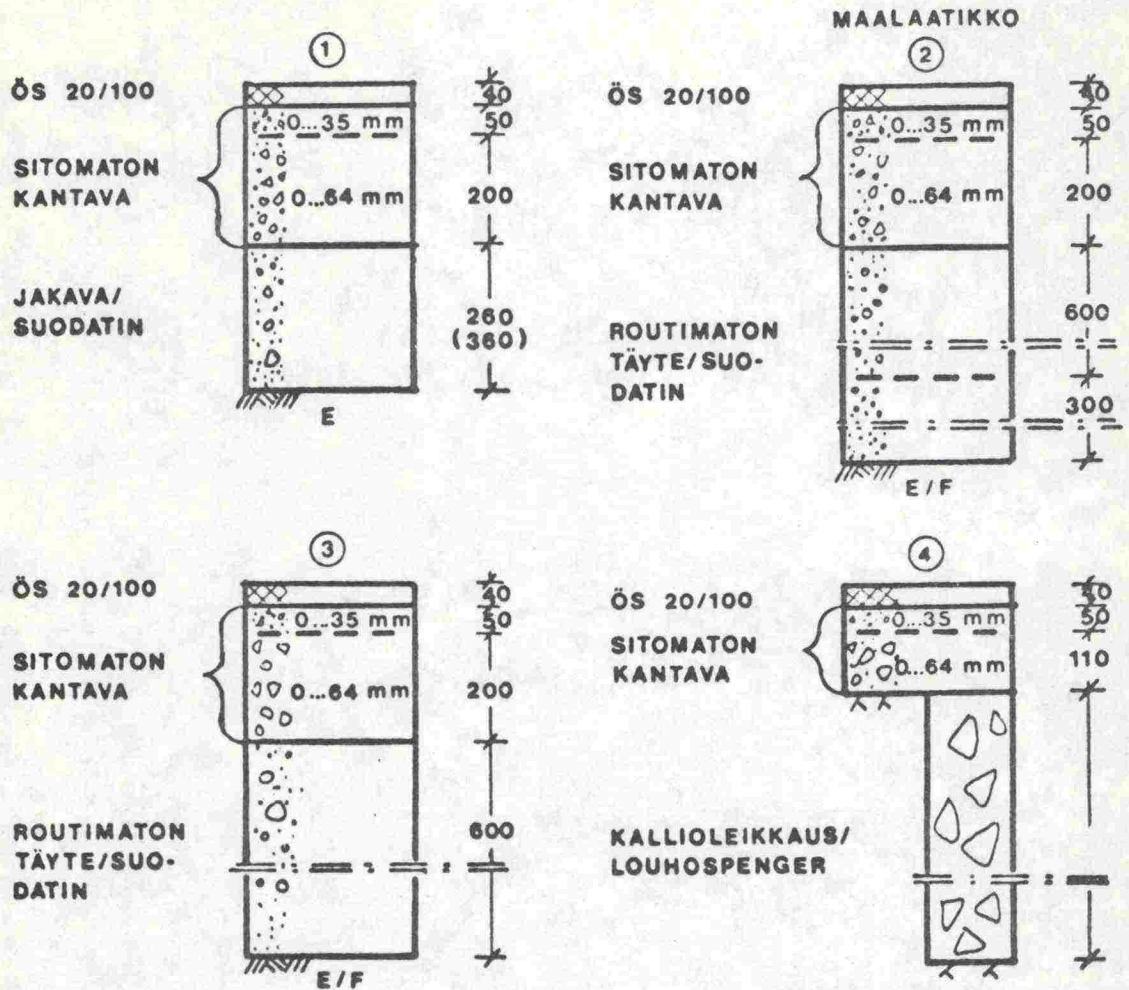
Piiri: M

Hanke: Mt 612 parantaminen välillä Sysmä - Korkeasaarensalmi

Paaluväli: 7+00 - 128+20

Valmistunut: 9/1982

Hankkeelle varatuilta materiaalialueilta ei ollut saatavissa normaalipoikkileikkauksen mukaisia materiaaleja ilman seulontaa. Rakenteet suunniteltiin uudelleen, jotta käytettävissä olevia materiaaleja voitaisiin suoraan käyttää ja päädyttiin kuvan 5 mukaisiin rakenteisiin. Routimattoman täytteen alle pyrittiin saamaan vähintään 10 cm:n suodatin- tai eristyskerros.



Kuva 5. Käytetyt rakenteet. Pohjamaan kantavuusluokka E - F

Muutettaessa rakennesuunnitelmia saavutettiin huomattava säästö materiaalin seulonnan jäädessä pois. Toimenpiteen katsotaan myös helpottaneen yleisen liikenteen hoitoa rakennustyön aikana. Muutoksen jälkeen katsotaan saadun jopa parempaa rakennetta kuin olisi saatu alkuperäistä suunnitelmaa noudattaen.

Suunnitellusta poikkeavien rakenteiden käyttö, mm. maabetoni kantavana kerroksena

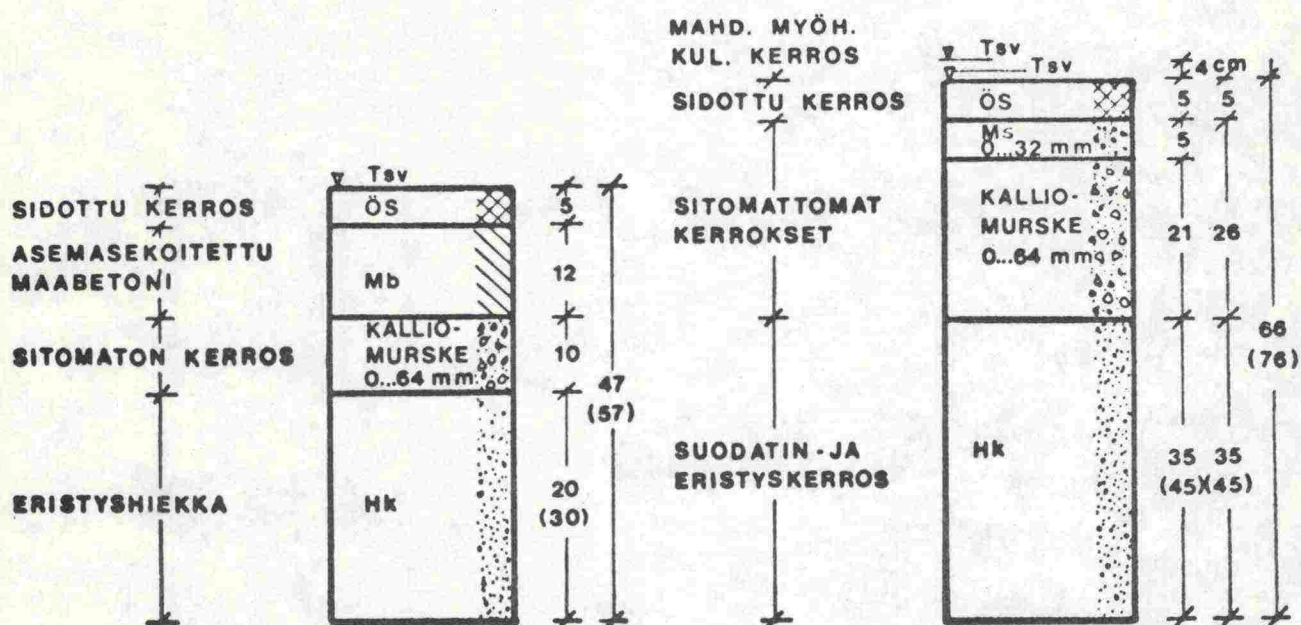
Piiri: M

Hanke: Vt 13 rakentaminen välillä Kangasniemi - Keski-Suomen piirin raja

Valmistunut: 9/1979

Varatuilta materiaalialueilta puuttui kantavaan ja jakavaan

kerrokseen tarvittava karkea materiaali. Routimattoman kiviaineksen kuljetusmatka ko. alueella on yleensäkin pitkä. Edellä mainittujen seikkojen takia rakennesuunnitelmia muutettiin niin, että voitiin paremmin hyödyntää käytettävissä olleet materiaalit ja päädyttiin kuvan 6 mukaisiin rakenteisiin.



Kuva 6. Vt 13 rakentamisessa välillä Kangasniemi - Keski-Suomen piirin raja käytetyt rakenteet

Maabetoniratkaisusta kerrotaan työntutkimusraportissa M/103/79 Tutkimus maabetonin valmistamisesta ja Tierakennusmestari-lehden 1982:2 artikkelissa V. Mustala: Maabetoni - eräs rakennevaihtoehto.

Rakenneratkaisujen muuttamisen ansiosta saatiin 5 - 6 Mmk säästö, josta päällysteen muutoksen (AB vaihdettiin ÖS:ksi) osuus oli n. 1,3 Mmk. Säästö olisi ollut vieläkin suurempi, jos jo suunnitteluvaiheessa olisi päädytty käytettyihin rakenneratkaisuihin. Rakenteiden laadun katsottiin säilyneen samanarvo-

senä suunniteltuihin rakenteisiin verrattuna.

Rakentamisen jälkeisten kolmen vuoden aikana ei voitu havaita vaikutuksia hoito- ja kunnostuskustannuksiin tai liikenteen palvelutasoon.

Välpatyn moreenin käyttö päällysrakenteessa

Piiri: K-S

Hanke: Mt 657 Pihtipudas - Vuonamo Virkamäen kohdalla

Paaluväli: 160+30 - 170+80

Valmistunut: 3/1980

Hankkeella korvattiin konventionaalinen päällysrakenne kokeilukohdissa moreenitäytöillä. Täytöissä käytettiin 80 mm sora-
välpällä välpättyä hkSrMr-materiaalia. Täytöt tehtiin ulot-
tuen leikkauspohjasta tai pengeralustasta 0,10 - 0,30 m päähän
tasausviivasta. Moreenikerroksen päälle tasattiin 0,05 - 0,25 m
kerros 0 - 80 mm ja 0 - 35 mm mursketta.

Kustannuksia ei tässä kokeilussa saatu säästettyä, mikä selit-
tyy pienellä välpättyllä määrällä (n. 950 m³ ktd) ja epätar-
koituksenmukaisen autonlavaväljän käytöllä. Laajemmassa käyt-
tökohteessa ja sopivammilla laitteilla saavutettaisiin kustan-
nussäästöä, jos läheltä saatavan moreenin vaihtoehto olisi
kaukaa kuljetettava sora tai murske.

Koekohdan rakenteen laadussa ei ensimmäisten käyttövuosien
aikana havaittu eroja normaalirakenteeseen verrattuna.

Kaivoksen jättekiven ja kalkkikivirouheen käyttökokeilu

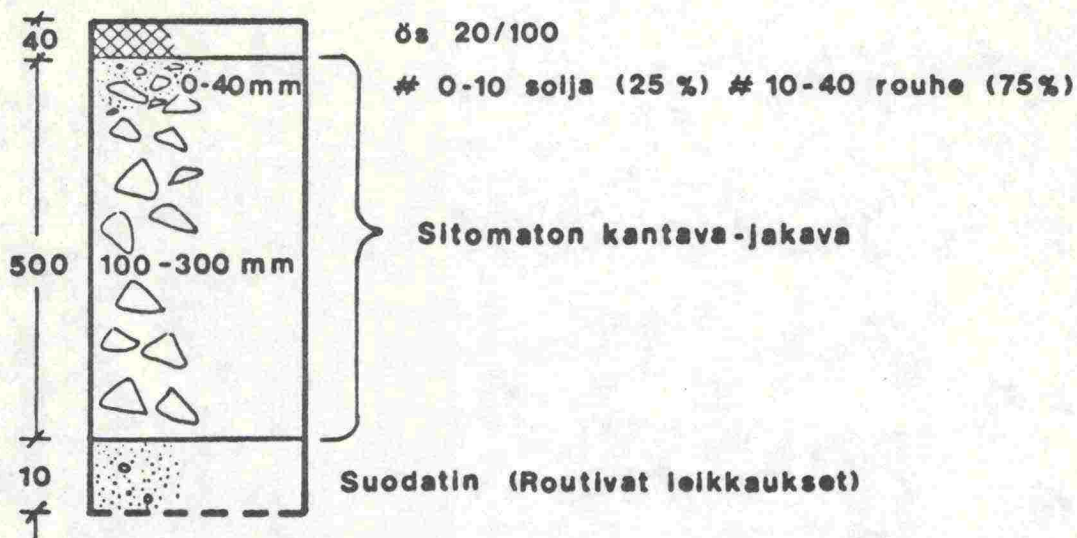
Piiri: M

Hanke: Mt 4731 Ruokojärven kohdalla

Paaluväli: 5+45 - 16+55 ja 30+00 - 46+00

Valmistunut: 11/1982

Hankkeella käytettiin läheisellä kaivoksella syntyvää 100 -
300 mm jättekiveä ja 10 - 40 mm kalkkikivirouhetta päällysraken-
teessa kuvan 7 mukaisesti.



Kuva 7. Kokeessa käytetty päälysrakenne

Kokeilun tarkoituksena on selvittää mainittujen kaivoksen sivutuotteiden käyttökelpoisuus kaivoksen läheisyydessä myöhemmin toteutettavia tienparannushankkeita ajatellen.

Tavoitteeksi asetettu n. 10 000 mk/km kustannussäästö toteutui. Kantavuusmittauksissa todettiin vaatimusten ylittyneen n. 100 %:lla. Työnaikaisen liikenteen hoito osoittautui tässä kokeilussa helpoksi, mutta alle 9 m leveillä teillä 100 - 300 mm jättekivien käyttäminen perusparannustöissä tuottaa haittaa yleiselle liikenteelle.

Masuunikuonan käyttö tierakenteessa

Piiri: K-P

Keski-Pohjanmaan piirissä on kokeiltu viime vuosina Rautaruukki Oy:n Raahen terästehtaan masuunikuonaa jakavan ja kantavan kerroksen materiaalina sekä siirtymäkiilan ja massanvaihdon täytteenä. Kuonaa on kuljetettu työmaille maantie-, rautatie- ja vesitiekuljetuksina. Masuunikuonan käytöstä siirtymäkiilamateriaalina on tekeillä diplomityönä tehtävä tutkimus. Lisäksi jauhettua kuonaa on käytetty päälysrakenteen stabilointiin, jolloin sideainesementistä on voitu korvata 50 % kuonalla. Käyttökokeilut perustuvat mm. etukäteen tehtyihin kustannus-

selvityksiin. Kuonan käytössä ei Keski-Pohjanmaan piirissä ole toistaiseksi havaittu laadullisia epäonnistumisia.

Kuonatuotteita on kokeiltu ja käytetty muissakin piireissä, merkittävämmiin ainakin Oulun ja Uudenmaan piireissä. Masuuni-kuonan käytöstä sitomattomana maa-, tien- ja kadunrakennuksessa on annettu ohjeet VTT:n tiedotteessa 137: Eerola, Kankare: Masuunikuonan käyttö maa- ja tienrakennuksessa, tekniset ohjeet. Päällystealan neuvottelukunnan kuonatyöryhmä on valmisteellut julkaisun: Terästeollisuuden kuonat ja niiden käyttö erityisesti tiepäällysteissä.

2.4 1700 Sidotut päällysrakennekerrokset

Maabetoni kantavana kerroksena

Piiri: O

Hanke: Pt 18629, Temmesjoen pt:n rakentaminen välillä
Liminka - Temmes

Valmistunut: 10/1982

Hankkeella tehtiin kantava kerros asemasekoitetusta maabetonista, jossa kiviaineksena käytettiin 0 - 40 mm moreenimurskettä ja sideaineena portlandsementin ohella kuonajauhesementtiä.

Hankkeella haudattiin raivausjätteet ns. kompostointimenetelmällä missä se oli mahdollista. Tarvittava pengermaa ja suodatinhiekkä ajettiin yhtenä kerroksena. Jakava kerros tehtiin 0 - 64 mm moreenimurskeesta 15 cm:n vahvuksena. Maabetonikerroksen vahvuudeksi tiivistettynä tuli 12 cm.

Soramurske olisi ollut ajettava hankkeelle n. 24 km etäisyydeltä, kun taas moreenimurske saatiin tielinjan läheltä (kuljetusmatka maabetoniasemalle n. 1 km).

Jonkin verran hankaluuksia työn aikana esiintyi. Moreenimurske oli humuspitoista (III - IV), mikä lienee vaikuttanut lujuuden kehitykseen. Kuonajauhesementin toimituksissa esiintyi jonkin verran häiriöitä.

Kokonaisuutena työn katsottiin onnistuneen hyvin. Pitemmälle meneviä johtopäätöksiä voidaan tehdä vasta useamman vuoden seurannan perusteella. Työn suorituksesta on laadittu työntutkimusraportti.

Vanhan tierungon stabilointi

Piiri: V

Hanke: Mt Närpiö - Ylimarkku parantaminen

Paaluväli: 38+60 - 69+80, 82+00 - 92+80 ja 120+00 - 149+80

Valmistunut: 8/1979

Hankkeen parantamisessa pidettiin erittäin tärkeänä maisemallisia näkökohtia; tien varrella on nauhamaista asutusta ja koivurivit molemmin puolin. Tasausviiva pyrittiin säilyttämään suurin piirtein ennallaan (nousu vain kantavan kerroksen paksuuden verran). Vanha tierunko oli stabilointiin sopivaa kiviainesta. Em. syistä johtuen päädyttiin sementtistabilointiin, jonka laskettiin olevan halvin ratkaisu.

Hoito- ja kunnostuskustannuksissa ei ole voitu todeta yllätyksellistä. Rakenne täytti laadunvalvontatulosten mukaan sille asetettavat laatuvaatimukset.

2.5 1800 Varusteet, laitteet, viimeistelytyöt sekä liikenteen hoito

Suodatinhiekan korvaaminen suodatinkankaalla

Piiri: V

Hanke: Vaasa - Alskat

Paaluväli: 71+30 - 78+70 ja 80+60 - 84+80

Valmistunut: 9/1980

Hankkeella käytettiin mainituilla paaluväleillä suodatinkangasta suodatinhiekan korvaajana. Huonoista sääoloista johtuen normaalin suodatinkerroksen rakentaminen olisi viivästynyt, kun taas kangasta käyttäen pysyttiin aikataulussa. Arvioimatta viivytyksen välttämisestä saatua kustannusetua rakennuskustannukset kasvoivat yhteensä 1,16 km osuuksilla 8 820 mk. Rakenne oli kuvan 8 mukainen.



Kuva 8. Rakenne osuuksilla, joissa käytettiin suodatinkangasta

Tien palvelutasossa ei kahden vuoden käyttöaikana ole ollut huomauttamista eikä ylimääräisiä kunnostuskustannuksia ole tullut. Kokemusten perusteella suodatinhiekan korvaaminen suodatinkankaalla tulee kysymykseen ainakin milloin hiekan kuljetus kohteeseen on vaikeaa ja/tai kallista tai sääolot ovat epäsuotuisat.

Partek-routalevykokeilu

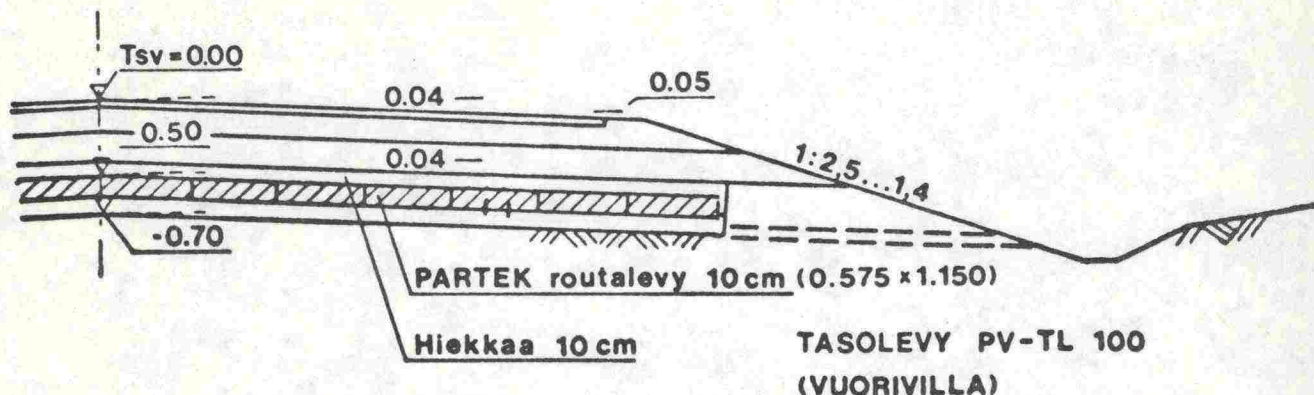
Piiri: O

Hanke: Kt. 78 Kainuun piirin raja - Siivikko

Paaluväli: 117+00 - 117+50

Valmistunut: 8/1981

Solumuovilevyjen asemasta kokeltiin lämpöeristeenä Partekin routalevyä (tasolevy PV - TL 100, erikoisvalmistettua vuorivillaa), joka osoittautui 810 mk/m^2 solumuovieristettä halvemmaksi. Kokemuksia haluttiin routalevyn kokoonpuristuvuudesta, vedenimemisestä ja erityskyvystä.



Kuva 9. Koerakenne

Pohjamaa oli hyllyvää silttimaata. Sen päälle tasattiin 10 cm:n hiekkakerros, jonka päälle routalevyt ladottiin. Vuosi rakentamisen jälkeen ei kohteessa ollut ilmennyt mitään negatiivista. Kokeesta haluttavaa tietoa saadaan kohteen usean vuoden seurannalla. Kokeilusta on laadittu työntutkimusraportti O/6/81.

2.6 Kevyen liikenteen väylät

Erilaisten rakennevaihtoehtojen kokeilu kevyen liikenteen väylällä

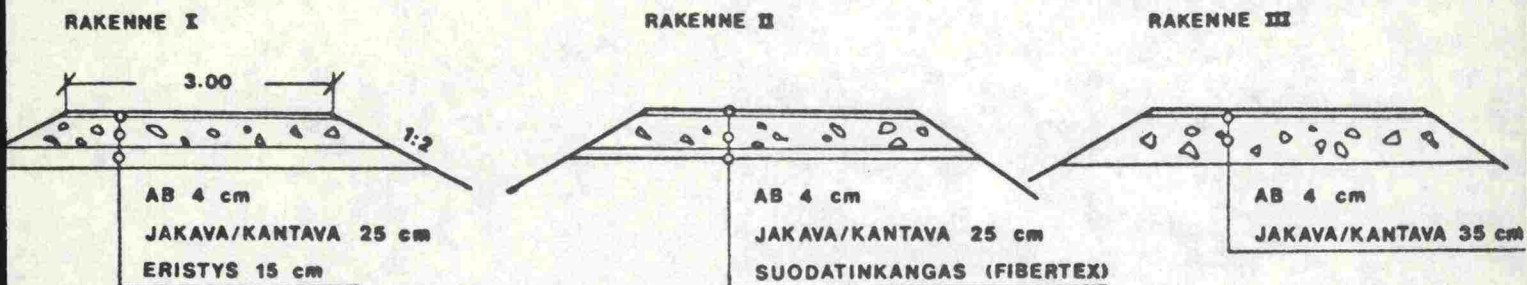
Piiri: V

Hanke: Heikkilänkylän - Seinäjoen kevyen liikenteen väylä

Paaluväli: 0+80 - 21+70

Valmistunut: 6/1981

Hankeella kokeiltiin kuvan 10 mukaisia kolmea poikkileikkaustyyppiä. Suunnitteluvaiheessa oli tarkoitus saada rakenteista rakentamiskustannuksiltaan samanarvoiset. Tämä ei kuitenkaan täysin toteutunut, vaan kallein rakenne (jakava/kantava 35 cm) tuli n. 15 % kalliimmaksi kuin halvin (suodatinkangasrakenne).



Kuva 10. Rakennesuunnitelmat

Toistaiseksi vaurioita on havaittu ainoastaan koerakenteella III, jolla on syntynyt päällysteen reunassa pitkittäishalkeamaa.

Kevyen liikenteen tien kantavan kerroksen stabilointi sementillä

Piiri: Oulu

Hanke: Vt 4 Kempele - Haukipudas, kevyen liikenteen tie

Paaluväli: 1+50 - 2+50

Valmistunut: 8/1981

Oulun piirin kehittämishjelmaan kuuluneessa kokeilussa luji-
tettiin kevyen liikenteen väylän kantavan kerroksen hiekkaa
sementillä. Kokemuksia haluttiin saada mm. yksinkertaisen
sekoituskaluston käytöstä stabilointityössä. Sementin levitys
tehtiin lapiotyönä ja sekoitus jyrsimellä varustetulla maa-
taloustraktorilla (2 kertaa kuivana, 2 kertaa märkänä tela-
kuormaajalla jyräyksen ja kuorma-autolla kastelun jälkeen).

Rakentamiskustannuksissa ei ollut eroa normaalirakenteeseen
verrattuna. Kaksi vesijohto- ja kaapelikaivantotyön sekoitta-
maa rakenteen kohtaa on jouduttu korjaamaan lämpöeristein.
Stabilointi kokeillulla menetelmällä saattaa soveltua myös
esim. työmaatien lujittamiseen. Kokeilusta on tehty työntutki-
musraportti.

3. LAATU-KUSTANNUS -TARKASTELUT JA TOIMINNAN TALOUDELLISUUDEN ARVIOINTI

3.1 Arvosteluperiaatteet

Ns. standardilaatuajattelutavan mukaan tierakenteet pyritään tekemään tietyt ennalta määritellyt laatuvaatimukset (standardit) täyttäväksi mahdollisimman pienin rakennuskustannuksin. Laatutaso on pyritty määrittelemään kokemuksen perusteella siten, että sen saavuttaminen samalla takaa kokonaistaloudellisesti edullisen toiminnan huomioon ottaen siten myös jo kunnossapitokustannukset, kestoiät ja jäännösarvot. Erilaisin rakentein ja materiaalein saavutetun standardilaa-tutason uskotaan niinkään antavan samat kunnossapitokustannukset, kestoiät ja jäännösarvot. Laatutaso todetaan mittauksin.

Laatuvaatimukset täyttänyt tierakenne, joka on rakennettu bud-jetoituja kustannuksia halvemmallalla, on tulkittu taloudellisesti aikaansaaduksi. Työnaikaisilla mittauksilla todettujen vaatimusten alitusten katsotaan osoittavan heikkolaatuista tienrakentamista, jota mahdollisista rakennuskustannussäästöistä huolimatta pidetään epäedullisena toimintana. Kustannusten ylittymistä, kun laatu puutteita ei ole todettu, pidetään merkkinä tuhlailevasta tienrakentamisesta.

Pelkästään rakennuskustannusten perusteella tapahtuva vertailu edellyttää vaihtoehtoisilta toimenpiteiltä mm. seuraavaa:

- kunnossapitokustannuksissa ei ole eroa
- ajokustannuksissa (ja ajomukavuudessa) ei synny eroa
- rakenteiden kestoiät ovat yhtä pitkät ja jäännösarvot yhtä suuret

Eroja edellä luetelluissa kustannustekijöissä syntyy kuitenkin lähes väistämättä. Varsinkin eriluonteisten rakenteiden samantaluus on vaikeasti arvioitavissa (esim. maabetoni - bitonimaton rakennekerros, kiviainesmateriaali - masuunikuona). Näin ollen ei säästäminen rakennuskustannuksissa välttämättä vielä ole osoitus taloudellisesta tienrakentamisesta, vaikka

standardilaatuvaatimukset tulisivatkin täytetyiksi.

Ns. kokonaiskustannusajattelutavassa tarkastellaan kaikkia kustannustekijöitä eikä niinkään välitetä siitä, mihin laatu edullisimmassa vaihtoehdossa asettuu. Toteutuksen pohjaksi valitaan vaihtoehto, jonka vuosikustannukset ovat alhaisimmat.

Vertailtaessa ja laskettaessa yhteen eri ajankohtien kustannuksia ne saatetaan vertailuajankohdan kustannustasoon käyttäen tienrakennuskustannusindeksiä ja valittua korkokantaa. Tienpitäjän kokonaiskustannusten laskentamalli voidaan esittää vuosikustannusten kaavana:

$$K = \frac{1}{T} \left\{ K_R + \sum_{i=1}^T \frac{K_{p_i}}{\left(1 + \frac{P}{100}\right)^i} - \frac{K_j}{\left(1 + \frac{P}{100}\right)^T} \right\}$$

- K = tienpitäjän vuosikustannukset
- K_R = rakennuskustannukset
- K_{p_i} = kunnossapitokustannukset vuonna i
- K_j = jäännösarvo ajan T kuluttua
- i = tarkasteluvuosi
- T = tarkasteltava aika (v)
- p = korkokanta

Ajokustannukset on lisäksi syytä ottaa tarkasteluissa huomioon ainakin silloin, kun vertailtavien ratkaisujen ajokustannuksissa syntyy merkittävää eroa. Ajokustannuksien sijasta voidaan pelkistetyissä tarkasteluissa käyttää liikenteen energia-kustannuksia.

3.2 Muutosten ja kokeilujen tarkastelua

Kyselyyn saadut vastaukset eivät sisällä kustannustietoutta toivotussa määrin joitain rakennuskustannustietoja lukuunottamatta. Tämä johtuu osittain siitä, että järjestelmällistä jälkiseurantaa ei ole harrastettu ja osittain siitä, että tarkasteltavat hankkeet ovat v. 1978 tai myöhemmin valmistu-

neita. Piirit ovat siten tarkastelleet tekemiään muutoksia lähinnä vain standardilaatuajattelun mukaisesti.

Mikkelin piirin rakennemuutoksilla hankkeella Vt 13 välillä Kangasniemi - Keski-Suomen piirin raja (s. 8) on laskettu säädetyn 5 - 6 Mmk säästö rakennuskustannuksissa. Laadun arvioidaan pysyneen täysin samanarvoisena alkuperäiseen suunnitelmaan verrattuna, mikä pitäessään paikkansa merkitsisi, ettei muutoksista aiheudu lisäkustannuksia tai jäännösarvoeroja tien käyttöaikana. Kokonaiskustannustarkastelu osoittaisi tässä tapauksessa tehdyt muutokset edullisiksi.

Vaasan piirin "molskotti"-kokeilurakenteen (s. 4) todettiin tulleen rakennuskustannuksiltaan n. 5 % normaalirakennetta halvemmaksi. Runsaan kahden vuoden jälkeen koeosuuden kunto arvioidiin paremmaksi kuin normaalirakenteen, jossa olleet vauriot viittasivat koeosuutta aiempaan kunnostustarpeeseen. Käytettävissä olevien tietojen valossa voitaisiin arvioida kokeilussa louhekoerakenteen tulevan kokonaiskustannuksiltaan pitkällä aikavälillä edullisemmaksi kuin normaalirakenteen.

Keski-Suomen piirin hankkeella Vt 13 välillä Mikkelin piirin raja - Lievestuore (s. 5) rakennettiin kolmen leikkauksen kohdalla maalaatikkorakenne matalin sivuojin. Näillä kohdin todettiin vuoden kuluttua rakentamisesta raiteistumista ja kantavuuspuutetta, joita on jouduttu korjaamaan päällysteen lisäyksellä. Vaurioiden syynä pidetään matalia sivuojia ja pohjaveden pinnan sijaitsemista korkealla. Maalaatikkotäytteenä oleva hiekka on heikosti kantavaa vedellä kyllästettynä. Pieniin ja mataliin sivuojiin oli päädytty tien maastoon sopeuttamiseksi. Arvioimatta tarkemmin ratkaisun perusteita voidaan hanketta leikkauskohtien maalaatikkorakenteiden osalta käyttää esimerkkinä siitä, että erilaisten päällysrakennusratkaisujen kunnossapitokustannuksissa ja jäännösarvoissa syntyy helposti merkittäviä eroja.

Vaasan piirin kokeilussa, jossa ohut louhepenkka tehtiin ilman suodatinhiekkää (s. 3) oli rakennuskustannussäästö 60 mk/tieometri. Koeosuudella on kuitenkin ilmennyt routanousuja ja pitkittäishalkeamia, joita joudutaan korjaamaan. Karkeaa kokonais-

kustannustarkastelua soveltaen voidaan arvioida, ettei kokeen mukaista rakennetta ole kannattavaa rakentaa koetilannetta vastaavissa olosuhteissa.

4. PERIAATTEITA RAKENNUSVAIHEESEEN LIITTYVIEN MUUTOSTARPEIDEN TARKASTELEMISEKSI KOKONAISKUSTANNUSAJATTELUTAVAN MUKAISESTI

Jotta kokonaistaloudellisia tarkasteluja suunnittelu- ja rakennusvaiheessa voidaan luotettavasti tehdä, tulee tuntea erilaisien ratkaisujen kustannusvaikutukset. Tämä edellyttää systemaattista tiedonkeruuta. Ns. jälkiarviointimenettely tuleekin laajentumaan myös tien käyttövaihetta koskevaksi. Vaikutustietoja tullaan keräämään rakennusvaiheen mielenkiintoisista toimenpiteistä, materiaali- ja rakennemuutoksista sekä -kokeiluisista yms. Hankittavaa tietoutta voidaan käyttää hyödyksi myös joustavan työnohjauksen apuvälineenä.

Harkittaessa rakentamisvaiheessa muutoksia suunnitelmissa esitettyihin materiaali- ja rakenneratkaisuihin päällysrakenteessa on syytä ottaa huomioon seuraavat periaatteet:

1. Lähtökohtina pidetään suunnitelmissa esitettyjä ratkaisuja
2. Vaihtoehtoisten ratkaisujen pohdinnan ensisijaisena tarkoituksena on kokonaiskustannussäästöjen aikaansaaminen
3. Kokonaiskustannussäästö voi muodostua laadullisiin seikkoihin nähden mm. seuraavilla tavoilla:
 - a) säästetään rakennuskustannuksia ja päällysrakenteen laatu ei muutu tai jopa paranee
 - b) rakennuskustannukset eivät muutu ja päällysrakenteen laatu paranee
 - c) säästetään rakennuskustannuksia ja päällysrakenteen laatu huononee; rakennuskustannusten säästö on kuitenkin merkittävästi suurempi kuin raken-

teen laadun huononemisesta aiheutuvat myöhemmät lisäkustannukset, mikä on perusteltava kokemukseen tai muuhun vankkaan tietoon nojaten

d) rakennuskustannukset kasvavat ja päällysrakenteen laatu paranee; rakennuskustannusten kasvu on kuitenkin vähäistä verrattuna rakenteen laadun paranisesta aiheutuviin myöhempisiin säästöihin, mikä on perusteltava kokemukseen tai muuhun vankkaan tietoon nojaten.

4. Muutoksia voidaan perustella myös muilla tekijöillä (työllisyys, kotimaisuus tms.), silloin kun kokonaiskustannuksissa ei tule merkittävää eroa.
5. Muutokset suunnitelmiin hyväksytetään muutoksen laajuuden edellyttämällä tavalla.
6. Toteutettujen muutosten jälkiseuranta ja -arviointi järjestetään.

5. KIRJALLISUUTTA

Belt, J., Ukkonen, A., Kulutuskerroksen ja geometrian vaikutuksesta ajokustannuksiin eräiden tutkimusten valossa. Asfaltti nro 30, s. 4-9.

Belt, J., Yhteistyötä Oulun yliopiston ja TVL:n välillä. Tierakennusmestari 1982:4.

Betonipääallysteet, väliaikaiset ohjeet. Suomen Betoniyhdistys r.y. by 18, 1981.

Eerola, M., Kankare, M., Masuunikuonan käyttö maa- ja tienrakennuksessa. Tekniset ohjeet. VTT, tiedotteita 137.

Haapio, J., Tienpitoon soveltuvien moreenialueiden esiintymisestä ja tutkimisesta TVL:n Keski-Suomen piirissä. Pro gradu -tutkielma, Turun yliopisto, maaperägeologia, toukokuu 1982.

Hailikari, T., Vaihtoehtoiset rakenteet ja rakentamisen laatutason varmistaminen. TVL:n rakennusjohdon neuvottelupäivät 9. - 10.11.1982, Pori.

Höbeda, P., Stenmaterial i vägöverbyggnad. Statens väg- och trafikinstitut (VTI), Meddelande nr 217, 1980.

Kaleva, H., Murskauksen vaikutus eräisiin moreenin ominaisuuksiin. Diplomityö, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakennustekniikan osasto, 1982.

Kankainen, J., Maarakentamisen kustannusten alentaminen. Rakennustekniikka 2/82, s. 87 - 93.

Kankainen, J., Maansiirron kustannusten alentaminen. Maansiirto 6/1982, s. 32 - 34.

Kankare, E., Suomen tieverkon kantavuudesta. Asfaltti nro 33, s. 4-11.

Kannisto, P., Perusmetallikuonien soveltuvuus tien- ja maanrakennukseen sekä rakennustekniikkaan. Asfaltti nro 32, s. 4 - 14.

Karppinen, V., Kehittämistoiminta Oulun piirissä. Tierakennusmestari 1982:4.

Kulmala, T., Maabetoni päällysrakenteessa. Tie ja liikenne 3/1982.

Lampinen, A., Betonipäällysteiset tiet. Teknillinen korkeakoulu, tietekniikka T 12. Otaniemi 1979.

Lauttamus, E., Soranpuuteongelma ja sen ratkaisuvaihtoehdot TVL:n Vaasan piirissä. Diplomityö, Oulun yliopisto, rakentamistekniikan osasto 1982.

Leskinen, J., Tien kulutuskerroksen ja geometrian vaikutuksesta ajoneuvon polttoaineenkulutukseen. TVH 743016, Helsinki 1981.

Lindgren, P., Tierakenteiden stabilointi sementillä. Teknillinen korkeakoulu, tietekniikka T 18, Otaniemi 1980.

Maarakennuksen uudet menetelmät, INSKON kurssi 58 - 77.

Matilainen, E., Rakentamisen suunnittelu ja säästäminen. TVL:n rakennusjohdon neuvottelupäivät 9. - 10.11.1982, Pori.

Matilainen, E., Kustannus- ja laatuksymykset tienpidossa rakentajan näkökulmasta. Vaasan tie- ja vesirakennuspiirin neuvottelupäivät 1. - 2.6.1983, Ähtäri.

Mustala, V., Maabetoni - eräs rakennevaihtoehto. Tierakennusmestari 1982:2.

Nivala, R., Sitomattomien päällysrakennekerrosten rakentaminen. Tierakennusmestari 1983:2.

Ojanperä, H., Lentotuhkan käyttö hiekkamoreenin kantavuuden ja routimisominaisuuksien parantamiseksi. Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu, Rakennusinsinööriosasto 1982.

Orama, R., Sitomattomien kerrosten laatuksymyksiä. TVL:n rakennusjohdon neuvottelupäivät 18. - 19.5.1983, Hyvinkää.

Pajakkala, P., Perälä, A.L., Jätteiden ja sivutuotteiden käyttö kiven- ja savenjalostusteollisuudessa sekä rakennustoiminnassa. VTT, Rakennustalouden laboratorio, Tampere 1982.

Parantainen, J., Tien rakenteellinen mitoitus. Teknillinen korkeakoulu, tietekniikka T 22, Espoo 1982.

Sauni, S., Turvelentotuhkan soveltuvuus tien päällysrakentamiseen. Diplomityö, Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakennusinsinööriosasto 1982.

Soraa korvaavien materiaalien hyväksikäyttö tienrakentamisessa, RKL:n kurssin 30.11.1982 moniste.

Terästeollisuuden kuonat ja niiden käyttö erityisesti tiepäällysteissä. Päällystealan neuvottelukunta, TVH 731614, Helsinki 1982.

Tie- ja vesirakennuslaitoksen tienpitoainestointojen kehittäminen, TIPS-projekti, loppuraportti.

Tieliikenteen ajokustannukset vuonna 1983. TVH, talousosastotutkimustoimisto, 1983.

Tien rakenteellinen palvelutaso. VTT, tie- ja liikennelaboratorio, tutkimusselostus 274. Espoo 1981.

Tien reunan kantavuus. Tiensuunnittelun infolehti nro 3, TVH/Sts 1982-04.

Turunen, P., Jätekipsin käyttö tienpidossa. Tierakennusmestari 1983:2.

Työntutkimusraporttiluettelo ja -arkisto. Rakentamistalouden toimisto, TVH.

Ukkonen, A., Päällysteet - autoilun kustannukset. Asfaltti nro 31, s. 12 - 18.

Use of marginal aggregates in road construction. OECD, Road Research Program, Paris 1981.

Use of waste materials and by-products in road construction. OECD Road Research Group, Paris 1977.

Vaihtoehtoiset päällysrakenteet, INSKOn kurssi 9. - 10.9.1981.

/RP