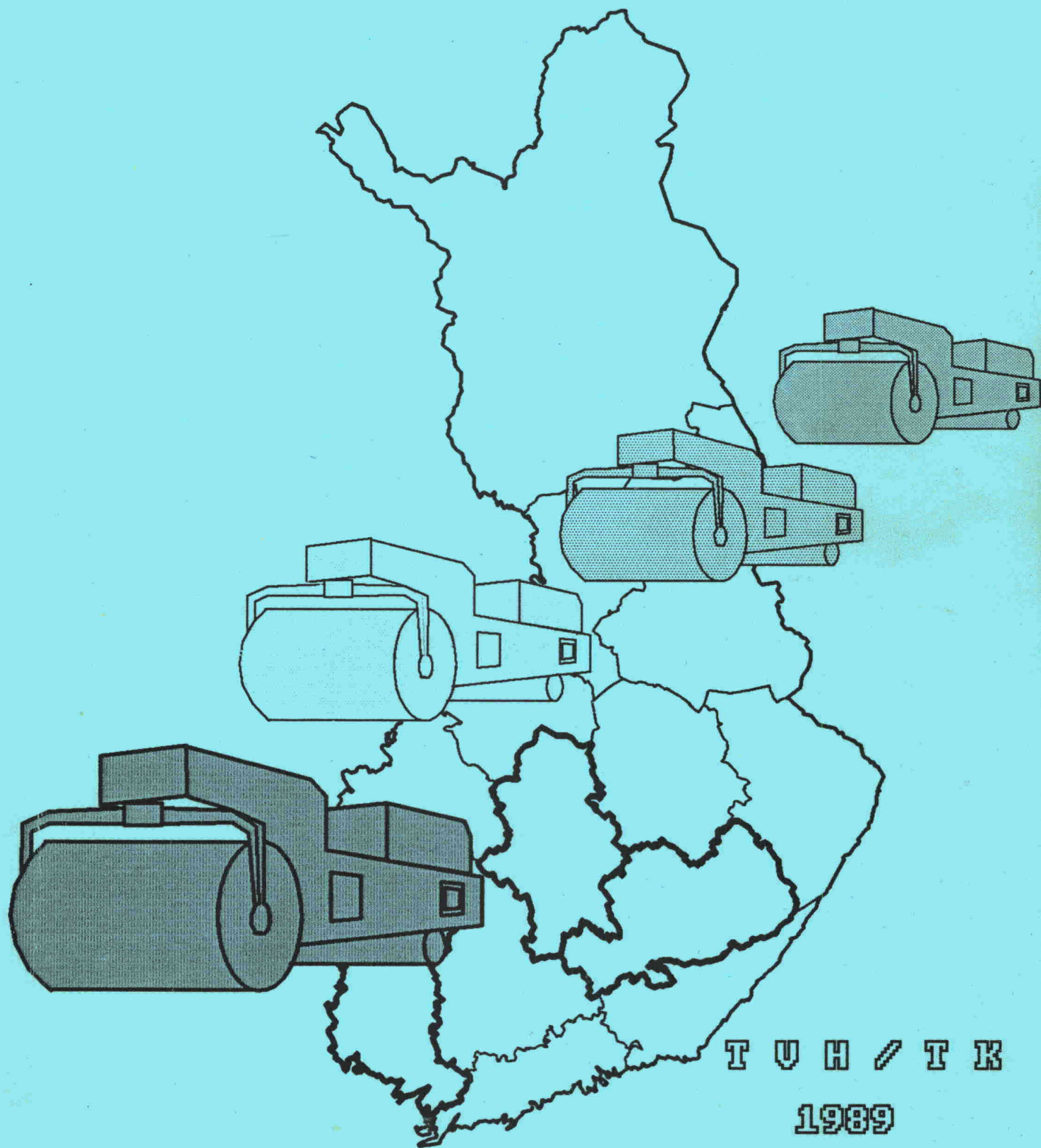


TÄRYJYRÄYKSEN LAADUNVARMISTUS



T U H / T K

1989

08
TIE-



89 0364

TÄRYJYRÄYKSEN LAADUNVARMISTUS



TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
Tuotannon kehittämispalvelut

TVH 733898

HELSINKI 1989

ISBN - 951 - 47 - 1642 - 6

VAPK Valtioneuvoston monistamo
Helsinki 1989

**TÄRYJYRÄYKSEN
LAADUNVARMISTUSTUTKIMUS**

TIIVISTELMÄ

Tutkimus osoitti, että tiivistystyön suunnitteluun ja toteutukseen tulee kiinnittää enemmän huomiota. Työmaaliikenteen ja mahdollinen yleisen liikenteen tiivistysvaikutus sekä tiivistettävien kerrosten paksuus on otettava huomioon jyräköä ja jyrätyyppiä valittaessa. Jyrän tiivistyskapasiteetti m³/tv ei juuri koskaan ole kokoluokan valintaperuste. Työnjohdon tietämyksessä tiivistystyön suorittamisesta on selviä puutteita.

Tutkimuksen mukaan nykyisillä jyrillä saavutetaan joissakin olosuhteissa paras tulos jo melko pienillä ylityskertamäärillä (3-4 ylitystä). Ylijyräyksen välttämiseksi tulee jokaisessa tiivistyskohteessa suorittaa koejyräys jossa määritetään tiivistystyön suoritustapa, jyrässä käytettävät säädöt ja varmistetaan seurantatulosten oikea tulkinta. Koejyräyksen yhteydessä varmistetaan myös rakenteiden oikea kantavuusmittaus kantavuusmittauksin, luotettavalla välineistöllä. Mikäli kantavuudessa esiintyi puutteita tulee mittauksella saada selville mistä kerroksista vajoaus johtuu. Olosuhteella oli selvä vaikutus levykuormituskokeella suoritettun kantavuusmittauksen tulokseen, eikä se näinollen ole ainakaan yleisluotettava laite kantavuusmitoituksen tarkistukseen.

Tutkituissa jyrissä esiintyi epäkuntoisuutta ja kuljettajien ammattitaito ei ollut työn vaatimalla tasolla. Kuljettajille oli annettu selvästi virheellisiä ohjeita. Jyrille tulee suorittaa käyttöönottotarkastus ja kuljettajien ammattitaito tulee varmistaa. Jyrän soveltuvuus ja kunto tulee olla ensisijainen valintaperuste ennen hintaa.

Jyrästyön ohjaus vaatii entistä paremmat välineet ja menetelmät. Tutkimus osoitti, että levykuormituskokeella saatu suhde E₂/E₁ ei kuvaa tarpeeksi yksiselitteisesti tiiviyden kehitystä, eikä näinollen ole sopiva väline tiivistystyön ohjaukseen. Viime aikoina yleistynyt Troxler-mittari mittaa tiivistettävän kerroksen kuivatiheyttä ja soveltuu jyrästyön ohjaukseen käytettäessä suoramittausta ja tarpeeksi suuria havaintomääriä (yli 6 kpl). Työselityksen mukaisen tiiviyssasteen seuranta ei ole luotettava, koska parannetulla proctor kokeella ei pystytä määrittämään karkeiden materiaalien maksimikuivatilavuuspainoa riittävän tarkasti. Parhaiten tiivistymisen seuranta tapahtuu seuraamalla troxler-mittarilla mitatun kuivatiheyden kehittymistä ja vertaamalla saavutettua arvoa koejyräysalueella mitattujen 5 - 6 havainnon keskiarvoon.

Jyrien omat tiiviysmittarit mittaavat myös alapuolisten kerrosten tiiviyyden ja kantavuuden kehitystä ja soveltuvat hyvin työnaikaseen seurantaan, mutta vaativat rinnakkaismäärityksiä kuivatiheyden ja kantavuuden kehityksestä. Jyrien mittarit ovat viime aikoina kehittyneet lisää ja niiden varustetaso on lisääntynyt. Mittarivarustelun kehittyminen on lisännyt mittareiden hintaa, joka heijastuu tuntiveloitukseen välittömästi. Nykyisellä jyrän halpaan tuntihintaan perustuvalla kaluston hankintatavalla parasta mahdollista, mittareilla varustettua kalustoa, ei työmaille saada. Jotta tienrakennustyöhön parhaimmin soveltuvasta mittarityypistä ja sen varusteista voidaan antaa tarkempi suositus, tulee markkinoilla olevat mittarit testata mahdollisimman nopeasti. Testauksen yhteydessä tulee myös selvittää mikä muu mittarivarustus on jyrissä tarpeellinen.

Oikein suoritettussa tiivistystyössä tiivistettävän kerroksen materiaalimuutokset ovat vähäisiä. Yleinen luulo materiaalin runsaasta hienonemisesta jyräyksen yhteydessä ei toteudu, jos jyräys suoritetaan oikein. Hienonemisvaara on suurin kalliomurskeilla. Kuivien ilmojen vaatima runsas kastelu aiheuttaa rakenteessa huuhtoutumista ja liian kuivana jyräys hienon aineksen "varisemista". Väärin suoritettu muotoilu aiheuttaa lajittumista. Muotoilutyön suorittajan ammattitaitoon ja muotoilun valvontaan tulisi kiinnittää enemmän huomiota.

Koko tiivistämisen kenttä vaatii uusia ajanmukaisia ohjeita sekä perus- ja lisäkoulutusta niin työn teettäjän kuin työn suorittajankin puolelle.

Tutkimuskohteissa ilmeni selviä virheellisyyksiä mm. rakennepaksuuksissa, materiaalien homogeenisuudessa, kantavuusmitoituksessa ja laadunvalvontahenkilökunnan ammattitaidossa. On varsin epätodennäköistä, että kyseessäolevat virheet esiintyisivät ainoastaan tutkimuskohteissa. Tämän tutkimuksen kokemuksen perusteella voidaan pikemminkin todeta, että päällysrakenteiden keskimääräinen laatutaso ei ole niin hyvä kuin joistakin virallisista tilastoista voisi päätellä.

**TÄRYJYRÄYKSEN
LAADUNVARMISTUSTUTKIMUS**

A L K U S A N A T

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tuottaa sellaista taustatietoa, jonka perusteella voidaan kehittää jyrästyön ohjeita, mittausvälineitä ja työtapoja nykyisen ja tulevaisuuden tekniikan vaatimalle tasolle. Tutkimuksen yhteydessä selvitettiin jyräkaluston kuntoa ja tiivistystyöhön osallistuvien henkilöiden tietämystä jyrästekniikasta ja työn suorituksista.

Tutkimusta edelsi Turun piirissä vuonna 1987 tehty esitutkimus. Varsinainen tutkimus toteutettiin Turun, Mikkelin ja Keski-Suomen piirissä kesällä 1988.

Tutkimusraportti on koottu TVH:n tuotannon kehittämispalveluyksikössä. Tutkimuksen suunnittelusta, toteutuksesta ja raportoinnista on vastannut työryhmä: Pentti Honkanen (T), Kari Häkkinen (M), Antti Piirainen (K-S) (1.8.1988 lähtien Tampereen tuotantoteknisessä kehitysyksikössä) ja Arto Tevajärvi (TVH/Tk). Liitteenä olevat jyräkaluston kunto- ja toimivuusmittaukset suoritti Heikki Tomi (TVH/Tk).

Kenttäkokeiden suoritukseen osallistui tutkimuspiirien henkilökuntaa hankkeilta ja laboratoriosta.

25.9
{ Mikkelin Kari Häkkinen
Lappi Kari Kolehmainen
772536

TÄRYJYRÄYKSEN LAADUNVARMISTUS

Sisällysluettelo	sivu
TIIIVISTELMÄ	
ALKUSANAT	
1. JOHDANTO	1
2. TUTKIMUKSEN TAVOITE	2
3. TUTKIMUSKOHTEET	2
4. TUTKIMUKSEN SUORITUS	3
5. YHTEENVETO TULOKSISTA	4
6. TULOSTEN MERKITYS JA SUOSITUS JATKOTOIMIKSI	7

Liitteet:

TURUN PIIRIN TUTKIMUS	Liite 1
MIKKELIN PIIRIN TUTKIMUS	Liite 2
KESKI-SUOMEN PIIRIN TUTKIMUS	Liite 3
TÄRYJYRIEN AMPLITUDI- JA TAAJUUSMITTAUKSET	Liite 4

1. JOHDANTO

Jyräyskalustossa ja tiiviydentarkkailulaitteissa on tapahtunut kehitystä. Markkinoille on tullut mm. uusia jyrrien tiiviysmittareita ja radiometrisiä tiheydenmittauslaitteita.

Viimeaikoihin asti ei täryjyrän valinnassa ja käytössä ole kiinnitetty tarpeeksi huomiota jyrän kokoluokkaan, värähtelytaajuuteen (frekvenssi) tai iskunpituuteen (amplitudi). Jyrän kuljettajan ammattitaito on myös jäänyt työn teettäjältä varmistamatta.

Tiivistystyön ohjaukseen käytettävän mittauslaitteiston kunto, toiminnan luotettavuus, sekä mittauksilla saavutettu tulos ovat olleet osittain tarkistamatta. Näin tiivistämiskalustokin valitaan tienrakennustyömaalle usein pelkästään vuokraushinnan edullisuuden perusteella.

Tiivistystyön ohjausta vaikeuttaa huomattavasti sopivien tarkkailulaitteiden ja -menetelmien puuttuminen työmailta. Ohjaus perustuu käytännössä pelkästään erittäin olosuhdeherkän levykuormituskokeen tuloksiin. Levykuormituslaitteisto saadaan käyttöön usein viime hetkellä, joka vaikeuttaa olosuhteiden kontrollointia.

TVH:n ohjeet jyräkaluston valinnasta, jyräyskertamääristä ja jyrästyön laadun varmistuksesta ovat osittain vanhentuneet ja puutteelliset.

TVL:n Turun piirissä tehtiin vuonna 1987 jyräykseen kohdistunut esitutkimus. Samana vuonna suoritettiin TVL Mikkelin piirissä jyräykseen ja jyrien kuntoon liittyvä tutkimus. Tulosten ja muihin aiheeseen liittyvien havaintojen perusteella tutkimusohjeita tarkistettiin, ja tutkimus laajennettiin suoritettavaksi Turun, Mikkelin ja Keski-Suomen piirin alueella.

Tämä tutkimus on tehty jakavan ja kantavan kerroksen tiivistämisestä itsekulkevilla kumipyörävetoisilla täryjyrillä. Mukana ei ollut vedettäviä täryjyriä, koska niitä ei ole tarkoitettu päällysrakennekerrosten tiivistykseen (mm. liian suuri iskunpituus ja säätömahdollisuudet puuttuvat).

2. TUTKIMUKSEN TAVOITE

Tutkimusten perusteella kehitetään täryjyrän valinnasta ja jyräämisestä annettuja ohjeita siten, että niissä otetaan huomioon uuden jyrä- ja tiiviydentarkkailulaitteiden antamat mahdollisuudet jyrästyön laadunvarmistamiseen. Lisäksi selvitetään nykyisessä systeemissä esiintyvät ongelmakohdat ja tehdään ehdotus tarvittavista jatkotoimista.

Tutkimuksen avulla kokeiltiin tutkimussuunnitelmassa esitetyn ohjemallin toimivuutta jakavan ja kantavan kerroksen täryjyräyksen suoritukseen. Ohjeet kohdistuivat täryjyrän, amplitudin ja taajuuden valintaan jyräyksessä, jyrästyön tiiveydentarkkailulaitteiden käyttöön ja jyrästyön ohjaukseen.

Lisäksi tutkittiin amplitudin ja taajuuden mittaussmenetelmiä, sekä mitattiin vuokrattujen täryjyriä väreilyominaisuuksia ja yleistä toimivuutta ja kuntoa. Tutkimuksen yhteydessä selvitettiin kuljettajien ammattitaitoa ja työnjohdon tietämystä jyrästyön suorituksesta.

3. TUTKIMUSKOhteet

Tutkimukset suoritettiin Turun, Mikkelin ja Keski-Suomen piireissä seuraavilla tienrakennustyömailla:

Turun piiri:

27.6 - 8.7.1988, Vt 1 Turku - Naatali.

Kohteessa tutkittiin kalliomurskeesta rakennetun kantavan kerroksen tiivistystä 9.6 t ja 11.1 t itsekulkevilla kumipyörävetoisilla täryjyrillä.

Mikkelin piiri:

Kohde 1: 10.6 - 23.6.1988, Mt 450 Vaalijala - Kuopion piirin raja.

Kohteessa tutkittiin luonnonsorasta rakennetun jakavan kerroksen ja sora murskeesta rakennetun kantavan kerroksen tiivistystä 9.7 t itsekulkevalla kumipyörävetoisella täryjyrillä

Kohde 2: 28.8 - 31.8.1988, Vt 13 Karikko - Siekkilä.

Kohteessa tutkittiin kalliomurskeesta rakennetun kantavan kerroksen tiivistystä 6.8 t itsekulkevalla kumipyörävetoisella täryjyrällä.

Keski-Suomen piiri:

8.8 - 15.8.1988, Mt 760 Alvajärvi-Pihtipudas.

Kohteessa tutkittiin uudelleen käytetyn luonnonsorasta rakennetun jakavan ja soramurskeesta rakennetun kantavan kerroksen tiivistämistä 11.1 t itsekulkevalla kumipyörävetoisella täryjyrällä.

4. TUTKIMUKSEN SUORITUS

Tutkimuskohteet olivat satunnaisesti valittuja käynnissä olevia tienrakennuskohteita, ja työkohteissa käytetyt rakennusmenetelmät olivat tavanomaisia ja työn suoritus työmaan normaalisti käyttämä.

4.1 JYRÄYSTYÖN SEURANTA

Jyräystyötä seurattiin mittaamalla jyrän nopeus, käytetty amplitudi ja frekvenssi. Lisäksi jyräyksen aikana seurattiin jyrän mittareiden ja piirtureiden toimintaa ja suoritettiin ylityskertamäärähavainnot. Jyrän mittarin näyttämät havattiin joko piirturin tulostuksesta tai mittarista työn kuluessa. Ennen jyräyksen aloitusta jyristä mitattiin kokonais- ja akselipainot.

4.2 TIIVIYDEN SEURANTA

Tiiviyyden kehitystä mitattiin samansuuntaisten ylityskertojen jälkeen 20 metrin välein jyrän mittarilla ja kahdella Troxler mittarilla. Troxler-mittaukset suoritettiin suora- ja pintamittauksina samasta kohdasta. Tiiviyyden kehitystä arvioitiin vertaamalla tulosta edelliseen tulokseen. Varsinaisen tiiviysasteen seuraamista ei voitu suorittaa, koska proctor-kokeella ei voitu luotettavasti määrittää tiivistettävien materiaalien maksimikuivavuuspainoa.

Jyrän mittarin tulos tulostettiin piirturilla niissä kohdeissa, joissa oli piirturi käytettävissä. Jyräystyötä ohjattiin jyrän mittarin lukemien perusteella. Isommalta amplitudialueelta siirryttiin pienelle, kun jyrättäessä jyrän mittarin arvo lakkasi kasvamasta. Tämän jälkeen jyräystä jatkettiin pienellä amplitudilla niin kauan, että mittarin näyttämä ei enää kasvanut tai kun saavutettiin tutkimuksen kannalta tarpeellinen määrä ylityskertamäärä. Saavutettuja arvoja verrattiin Troxlerilla mitattuun kuivatiheyden muutokseen.

Levykuormituslaitteistolla seurattiin 20 metrin välein, samasta pisteestä mitaten, suhteen E2/E1 muutosta. (poikkeamat mittaustavasta on esitetty osatutkimusten tuloksissa)

4.3 KANTAVUUDEN SEURANTA

Kantavuuden kehitystä mitattiin levykuormituslaitteella 20 metrin välein samasta pisteestä mitaten. Saatuja rakenteen kantavuusarvoja verrattiin muihin mittaustuloksiin.

4.4 KOSTEUDEN SEURANTA

Jyrättävä kerros tuli pitää tavoitekosteus $\pm 2\%$. Eri materiaalien tavoitekosteudet tuli määrittään etukäteen Proctor kokeella, mutta tulosten epäluotettavuuden takia jouduttiin tavoitekosteus arvioimaan proctor-kokeen viitteiden ja rakeisuuden perusteella. Kosteus määritettiin tiivistystyön aikana kahdella Troxler- mittarilla sekä materiaalinäytteistä laboratoriossa. Saatuja tuloksia vertailtiin keskenään troxler mittausten luotettavuuden testaamiseksi.

4.5 MATERIAALIN RAKEISUUDEN MUUTOS

Jyrättävän kerroksen materiaalin rakeisuuden muutoksia seurattiin ottamalla näytteet jyräämättömästä ja jyrätyistä kerroksista. Näytteistä määritettiin rakeisuus ja vesipitoisuus. Lisäksi otettiin näytteet jyräämättömästä ja jyrästyön jälkeisestä materiaalista, joista TVH:n laboratoriossa määritettiin muoto- ja haurausarvo.

4.6 JYRIEN KUNTO

Tutkimuksen yhteydessä selvitettiin tutkimuspiirissä vuokrattujen täryjyrien kunto. Kuntomääritykset tehtiin mittaamalla täryjyrien amplitudi ja frekvenssi. Saatuja tuloksia verrattiin jyrävalmistajan ilmoittamiin arvoihin. Mittausten lisäksi tarkasteltiin jyrän yleiskuntoa. Kuntoarvioinnin yhteenveto on kohdassa 5.7 ja amplitudi- ja taajuusmittaustulokset liitteessä 4.

4.7 KULJETTAJIEN AMMATTITAITO

Kuljettajien ammattitaito varmistettiin haastatteleamalla kuljettajia jyrien kuntomittausten yhteydessä. Haastattelulla selvitettiin kokemus jyrästyöstä ja kuljettajan tuntemus jyräkalustoon ja itse jyräkseen.

4.8 TYÖNJOHDON TOIMINTA

Työnjohdon toiminta jyrästyön suunnittelussa ja ohjauksessa sekä heidän tietämyksensä tiivistystyöstä selvitettiin mittausten yhteydessä.

5. YHTEENVETO TULOISTA

5.1 KOSTEUS

Tutkituilla materiaaleilla Proctor-kokeella määritetty optimivesipitoisuus saattoi vaihdella kohteessa jopa arvon 1 - 5 % välillä. Tämä johtaa siihen, että tiivistyön kannalta tärkeän kosteustilan määrittäminen on epämääräinen, ja pakottaa pyrkimään ainakin riittävään kosteuteen joka

puolestaan aiheuttaa varsinkin kalliomurskeilla huuhtoutumista.

Laboratoriossa määritetyt kosteusarvot olivat kaikki Troxler-lukemia pienemmät, niinkuin aikasemmat tutkimukset ovat osoittaneet. Poikkeaman suuruuden määrittämiseen ei pystytty koska laboratorion kosteusarvomääritykset olivat osittain epäluotettavia.

Troxlerin antamat vesipitoisuusarvot suoramittausmenetelmällä riittävät hyvin jyrästyön ohjaukseen, kunhan huomioidaan poikkeama todelliseen kosteuteen. Menettelyn etuina ovat hyvä soveltuvuus tosiaikaiseen kosteuden mittaukseen joka mahdollistaa oikein suoritettuna kastelun.

5.2 MATERIAALIEN TIIVISTYMINEN

Tutkimus osoitti, että päällysrakennekerrosten tiivistämiseen tasolle 97 % maksimikuivatilavuuspainosta vaaditaan melko vähän ylityskertoja 6 - 8, joista osan on oltava pienellä amplitudilla suoritettuja, jotta pinta saadaan tiivistettyä.

Kahdessa tutkimuskohteessa jouduttiin tiivistystyötä suorittamaan myös alapuolisten kerrosten tiivistämiseksi, mikä aiheutti ylijyräyksen tiivistyksen kohteena olevaan kerrokseen.

Kahdessa kohteessa materiaali oli työmaaliikenteen vaikutuksesta tiivistynyt niin, että tiivistystyön vaikutuksesta maksimikuivatilavuuspainon arvo ei kasvanut merkittävästi.

5.3 TIIVISTYMISEN SEURANTA

5.3.1 Materiaalien maksimi kuivatiheys / tiiviysaste

Troxler-maittauksen tulokset korreloivat hyvin suoritettuun tiivistystyöhön ja kuvaavat hyvin materiaalin tiivistymisen kehitystä. Tutkimuksessa pystyttiin tiheyden muutoksesta arvioimaan, miten lähellä ollaan materiaalin maksimiarvoa rakenteessa. Tiiviysastetta verrattuna proctor-kokeen maksimikuivatilavuuspainoon ei seurattu, koska absoluuttista kuivatilavuuspainoa ei pystytty määrittämään.

Troxler-suoramittaus soveltuu hyvin tiivistystyön ohjaukseen tarvittavan kuivatilavuuspainon määrittämiseen. Mittaus tulee tehdä aina suoramittauksena. Pintamittauksen antamat tulokset olivat epäluotettavia kaikilla materiaaleilla ja pinnaltaan avoimessa kalliomurskeessa erittäin epäluotettavia.

Tutkimuksessa käytetyt mittarit toimivat hyvin lukuunottamatta Turun kohteessa esiintynyttä lievää häiriötä tutkimuksen alussa ja lopussa. Aikaisemmissa mittauksissa on todettu, että kosteat olosuhteet aiheuttavat mittariin häiriöitä.

5.3.2 Jyrän tiiviysmittari

Jyrään asennettavat tiiviysmittarit mittaavat suhteellisen tiiviyyden ja kantavuuden muutosta. Tulokseen vaikuttaa myös tiivistettävän kerroksen alapuolella olevien kerrosten tiiviysaste ja kantavuus. Tutkimuksessa mukana olleet mittarit poikkesivat toisistaan sekä mittausantureiden että mittarivarustelun suhteen.

Jyrän mittarin arvot vastasivat suhteellisesti melko hyvin Troxlerilla mitattua kuivatiheysarvon kehitystä, niissä kohteissa missä alapuoliset rakenteet olivat tiivistetyt. Mikäli alapuoliset rakenteet ovat löyhät ja kantavuus huono näkyi se myös jyrän mittarin arvoissa.

Jyrän tiiviysmittari soveltuu parhaiten sellaisen tiivistystyön ohjaukseen, jossa tiivistettävän kerroksen alapuolella olevien materiaalien tiiviysasteen ja kantavuuden tiedetään vaihtelevan. Mittariin asennettava piirturi parantaa kohteessa olevien ongelmakohtien paikallistamista. Piirturien nykyiset käyttö- ja rakennetekniset ongelmat rajoittavat niiden käyttökelpoisuutta.

Jyrän tiiviysmittarin käyttö tiivistystyön ohjaukseen vaatii Troxlerilla suoritettuja kuivatiheyden määrityksiä, jotta jyrän mittarin suhteellisen lukeman oikea absoluuttinen taso olisi tiedossa.

5.3.4 Suhde E2/E1

Perinteisesti tiivistystyötä on ohjattu levykuormituskokeen tuloksista saatavan suhteen E2/E1 muutoksella. Laitteiston käyttö tiivistystyön seurantaan oli hidasta ja mittausajankohdalla todettiin olevan varsin selvä merkitys mittaustulokseen. Tutkimuksessa havaittiin, että E2/E1- suhde ja materiaalin kantavuus parani, vaikka tiivistystyötä ei enää suoritettu. Tulokseen vaikuttaa myös alla olevien kerrosten tiiviysaste ja tiivistetyn kerroksen vesipitoisuus mittaushetkellä, mikä vaikeuttaa huomattavasti tiivistystyön ohjausta.

Suhteen E2/E1 muutos vastasi huonosti kuivatiheyden muutosta niillä koeosuuksilla joissa alapuolisten kerrosten tiiviysaste ja kantavuus oli epämääräinen. Osassa kohteista vaadittua arvoa ei saavutettu lainkaan, vaikka kerroksen kuivatilavuuspaino ei enää kasvanut.

5.4 KANTAVUUS

Kantavuuden E2 muutos vastasi hyvin kuivatiheyden kehitystä, mutta kantavuusarvon tasoon vaikutti ratkaisevasti missä olosuhteissa mittaus suoritettiin. Tutkimuksessa havittiin että kantavuus parani huomattavasti jopa vuorokaudessa, vaikka osuudella ei suoritettu minkäänlaisia toimenpiteitä.

Jyrän mittarin näyttämän taso kuvaa rakenteen kantavuutta. Olosuhteiden vaikutusta jyrän mittarin näyttämän tasoon ei tutkittu.

5.5 MATERIAALIMUUTOKSET

Sorapohjaisilla materiaaleilla ei jyräystyö aiheuttanut materiaalin rakeisuuteen merkittävää muutosta tutkimuksessa käytetyillä ylityskertamäärillä.

Kalliomateriaaleilla Mikkelin kohteessa hienonema oli myöskin vähäistä, mikä johtunee kevyen jyrän (7 t) käytöstä.

Turun kohteessa materiaalin rakeisuusmuutokset olivat merkittävät. Runsaasta kastelusta ja varisemisesta johtuen meriaalin hienoaaines valui yli 10 cm:n syvyyteen ja näin pintaosa kerroksesta näytti karkeutuvan. Silmämääräisesti tarkaasteltuna materiaali murskautui selvästi, mitä osoittaa myös muotoarvon muutokset. Jos jakavan kerroksen pinta on tiivis niin hienoaaines kerääntyy sen yläosaan ja muodostaa routivan kerroksen jakavan ja kantavan rajapintaan.

5.5 JYRIEN KUNTO

Tutkituissa jyrissä esiintyi runsaasti vikoja, joista pahin oli jyrän tärymekaniikan epäkunto. Lisäksi käyttömoottorin kierroslukumittari oli usein rikki, vaikka moottorin kierrosluku vaikuttaa valssin taajuuteen ja liian pienillä kierroksilla iskunpituuteen. Jyristä puuttui myös nopeusmittari, joka on jyräystyön suorittamisen kannalta tarpeellinen, koska tutkimuksessa havaittiin että pelkästään moottorin kierroslukua säätämällä varsinkaan ilman kierroslukumittaria ei päästä kuin +- 10 %:n tarkkuteen. Tutkimuksessa tuli esille myös jyriä, joissa oli huonokuntoinen ja kulunut valssi. Jyristä puuttui usein myös ohjekirja tai laitetekniset esitteet, joista olisi voitu varmistaa jyrän eri toiminnot.

Tutkimuksessa mukana olleet jyrien tiiviysmittarit toimivat pääosin moitteettomasti, mutta hankintahinnaltaan halvimman mittarin piirturi ei toiminut juuri ollenkaan.

5.6 KULJETTAJIEN AMMATTITAITO

Kuljettajille oli annettu jyrän omistajan puolelta selvästi virheellisiä toimintaohjeita ja vääriä jyrän käyttöohjeita, eivätkä he läheskään aina hallinneet jyräystyön suoritusta. Kuljettajien keskimääräinen työkokemus jyräystyöstä oli vähäinen.

Uudemman jyräyskaluston kuljettajat olivat paremmin perillä koneesta ja sen ominaisuuksista, mikä johtunee koulutuksen lisääntymisestä myöskin jyrien maahantuojien taholta. Omistajakuljettajat osasivat jyräyksen niksit keskimääräistä paremmin.

5.7 TYÖNJOHDON TOIMINTA

Työtä ohjaava henkilökunta ei hallitse tarpeeksi hyvin tiivistystyön perusteita. Tämä aiheuttaa epävarmuutta toimintaohjeiden antoon. Huonosta työohjauksesta johtuen joutuu jyrän kuljettaja usein suorittamaan tiivistystyön omatoimisesti.

Työnjohdon toimintaa vaikeuttaa myös käytettyjen mittaus-
tapojen (lähinnä levykuormituskoee ja parannettu proctor
määritys) epäloogisuus ja olosuhdeherkkyys.

6. TULOSTEN MERKITYS JA SUOSITUS JATKOTOIMIKSI

Tulosten merkitys ja suositukset jatkotoimiksi on käsi-
teltä jyrästyön suorituksen mukaisessa järjestyksessä.
Kohdassa MUUT HAVAINNOT selvitetään tutkimuksen aikana
esilletulleet muut kuin tiivistämiseen varsinaiset liit-
tyvät tulokset ja havainnot.

6.1 TIIVISTYSTYÖN SUUNNITTELU

Työnjohdolla on melko puutteelliset tiedot nykyaikaisesta
tiivistyskalustosta ja tiivistystyön tarkkailumenetelmis-
tä.

Suunnitteluun ei panosteta tarpeeksi ja siksi toiminta
tapahtuu hyvin usein "kuten ennenkin" periaatteella, mikä
näky selvästi uuden tekniikan hitaana leviämisenä työ-
kohteisiin.

Uusien jyrien kapasiteetit ovat niin suuria, että jyrän
ei tarvitse tehdä täysiä päiviä nykyisen kokoisissa ra-
kennushankkeissa. Työjärjestelyin jyrää voitaisiin käyt-
tää useimmilla hankkeilla, jolloin saataisiin jyrälle yh-
tenäisiä pitempiä työkokonaisuuksia, mikä osaltaan paran-
taisi myönteistä hintakehitystä.

Jyrästyön suunnittelussa jää usein huomioimatta työmaa-
liikenteen ja yleisen liikenteen tiivistysvaikutus. Jos
näiden vaikutus kohdistetaan oikein jää varsinainen jy-
rästyön suoritettavaksi kunnossapidon jyräys, sekä reu-
nojen tiivistys. Tutkimuksessa oli mukana kohteita joissa
päällysrakennekerros oli jo niin tiivis, että jyrää ei
olisi tarvittu kuin edellämainittuihin toimenpiteisiin.

6.1.1 Oikea jyrätyyppi

Usein käytetään tarpeeseen nähden liian raskasta jyrää
"varmuuden vuoksi". Ison jyrän aiheuttama haittavaikutus
ympäristöön on jätetty usein huomioimatta (täriinä)

Tiivistettävän kerroksen paksuus ja olosuhteet työkoh-
teessa tulee ottaa huomioon kun jyrätyyppiä ja kokoa va-
litaan. Kohteissa, joissa tiivistettävien kerrosten pak-
suus on alle 20 cm (esim. rakenteenparantamistyömaa)
selvitään hyvin usein painoluokan n. 8 t jyrällä, vaikka
nykyisin käytetään 10 t:n tai jopa 12 t:n jyriä.

SUOSITUS:

Työmaat tarvitsevat nykyistä selkeämmät ohjeet jyrästyön
suunnitteluun ja jyrätyypin valintaan. Lisäksi kaivataan
tietoa ja opastusta nykyisen kaluston ominaisuuksista ja
mahdollisuuksista, sekä perustietoa tiivistystyöstä.

6.1.2 Jyräkaluston vuokraus

Vuokrausperusteiden mukainen alennetun tuntikorvauksen mahdollisuus suosii ylijyräystä, koska jyrän vuokraajan intressi on pitää jyrä jatkuvasti liikkeessä.

Kuljettajille ei aseteta vaatimuksia tarjouspyyntövaiheessa. Työkohteet tulisi järjestää ajallisesti mahdollisimman pitkiksi yhtenäisiksi jaksoiksi, jotta sadaan kaikille hankkeille paras mahdollinen kalusto.

SUOSITUS:

Muutetaan vuokrausperustetta siten, että koneen saama korvaus kattaa seisokit. (ajantarkkailu vaatineen ajo-
piirturin tai muun kontrollilaitteen, ettei mennä alijyräykseen) Lisäksi jyrien vuokrauksen ensisijainen peruste täytyy olla soveltuvuus ja riittävä kunto sekä kuljettajan ammattitaito ko. työhön ja vasta toissijainen vuokraushinta.

6.2 JYRIEN KUNTO

Tutkimus osoitti, että laitokseen vuokrataan sellaista kalustoa jonka teknillinen kunto on osittain tai kokonaan niin vajavainen ettei tiivistystyö voi onnistua vaaditulla tavalla.

SUOSITUS:

Asetetaan tarjouspyyntövaiheessa vaatimukset jyrien kunnosta ja kuljettajien ammattitaidosta sekä suoritetaan vuokrattavalle kalustolle riittävän tarkka ennakkotestaus ennen työn alkua

6.3 JYRÄKULJETTAJIEN AMMATTITAITO

Kuljettajien puutteellinen ammattitaito johtuu usein myös alhaisista vuokraushinnoista, joilla ei pystytä palkkaamaan kalliimpaa ammattitaitoista työvoimaa, ja joudutaan tyytymään ammattitaidottoman tilapäistyövoimaan. Jyräystyö vanhanaikaisilla jyrillä on niin epämiellyttävää ettei ammattiin ole kovin suurta halukkuutta.

SUOSITUS:

Lisäkoulutuksella nostetaan kuljettajien ammattiprofilia. TVL mukaan kuljettajakoulutukseen.

6.4 TIIVISTYSTYÖN OHJAUS

Jyräystyön toteutus ja ohjaus tapahtuu hyvin usein vanhojen totuttujen tapojen mukaan. Varsinaista esijyräystä ja siintä saatavia tuloksia jyräystyön ohjaukseen käytetään joissakin piireissä, mutta menettely on muutoin vähäistä.

Jyrä saattaa työskennellä useita päiviä ilman työnjohdon ohjausta, ja selvät toimintaohjeet puuttuvat.

6.4.1 Jyrän säädöt

Jotta tiivistystyö tulee oikein suoritettua tulee jyrän toimia suunnitelluilla käyntinopeuksilla. Nykyaikaiseen jyrään tulee päällysrakenteiden tiivistystyössä kuulua vähintään kaksi amplitudialuetta, joista pitempi ei saa ylittää kahta millimetriä. Frekvenssin säätömahdollisuus helpottaa tiivistyksen hienosäätöä, muttei ole välttämätön.

Jyrän tulee liikkua ennelta suunniteltua nopeutta noudattaen, joka vaatii vähintään kierroslukumittaria tai nopeusmittaria. Käytännössä jyrrien nopeudet ovat liian pieniä n. 2 km/h.

6.4.2 Jyräyskerrat

Nykyisin käytössä olevat jyräyskertamäärät ovat tarpeeseen nähden aivan liian suuret. Ylijyräyksen välttämiseksi tulee päällysrakennekerrosten jyräys suorittaa mahdollisimman myöhäisessä vaiheessa

SUOSITUS:

Laaditaan ohje jonka perusteella hankkeet voivat suorittaa enen tiivistystyön aloitusta ns. koejyräyksen jossa määritetään tiivistyksen ohjauksen kannalta keskeiset muutujat, tarvittavat mittaukset ja mittausvälineet ja varmistetaan, että seurannan tuottamat tulokset tulee oikein tulkittua ja ovat välittömästi käytettävissä jyräystyön ohjaukseen.

Rekisteröivien mittareiden käyttöä tulisi tutkia (esim. ajopiirturi). Koulutusta työnjohdolle ja laitteiston käyttäjille

6.5 TIIIVISTYSTYÖN OHJAUKSESSA TARVITTAVAT VÄLINEET JA MITTAUKSET

Jyräystyötä ohjataan nykyisin usein pelkästään olosuhdeherkän levykuormituskokeen perusteella, ja luotetaan kokeen antaman tuloksen oikeellisuuteen. Ei tunneta uusia tiiviiden ja kantavuuden mittausvälineitä riittävästi (troxler, pudotuspainolaite ja jyrän tiiviudentarkkailulaitteet)

SUOSITUS:

Siirytään tiivistystyön ohjauksessa seuraamaan kuivatiheyden kehitystä, jota tulosta tarkastellaan yhdessä jyrän tiiviysmittarin tuloksen ja sellaisen kantavuusmittauksen tuloksen kanssa, joka kertoo mitkä alapuoliset rakenteet antavat periksi ja jonka tulokseen olosuhteen vaikutus on ahdollisimman vähäinen.

Testataan jyriin satava mittarivarustus ja otetaan käyttöön parhaat, tiivistystyön ohjaukseen soveltuvat mittarit.

6.6 TULOSTEN ANALYSOINTI

Mittaustuloksista ei osata tehdä selkeitä johtopäätöksiä, joilla voitaisiin ohjata työtä oikeaan suuntaan. Tuloksiin vaikuttavat olosuhdetekijät aiheuttavat epävarmuutta.

SUOSITUS:

Laaditaan työmaaolosuhteisiin soveltuva selkeä ohje, tai atk-sovellutus josta saa neuvoa tiivistystyön ohjaukseen, käytettävissä olevien tulosten perusteella. Tulosten perusteella tehtävillä toimenpiteillä tulee olla selvä yhteys laadun varmistamiseen.

6.7 TIIVISTYÖN VAIKUTUS RAKENTEeseen

Materiaalin hienoneminen oikein suoritettuna jyrästyksen yhteydessä ei ole niin merkittävä kuin tällä hetkellä yleisesti uskotaan. Epävarmuutta aiheuttaa tietämättömyys riskirajan sijainnista. Tiivistystyön yhteydessä saataan aiheuttaa myös muitakin vaurioita rakenteelle kuin hienoneminen, joista pahimpia ovat tässäkin tutkimuksessa esilletulleet huuhtoutuminen ja variseminen.

SUOSITUS:

Tutkitaan ja saatetaan tiivistystyötä suorittavien tietoon ääriarvot jotka ylittyessään aiheuttaa haitallisen muutoksen rakenteeseen.

6.8 MUUT HAVAINNOT

Tutkimuksen aikana havaittiin puutteita päällyrakennekerrosten rakentamisessa, materiaalivalinnoissa, mitoituksessa ja laadunvalvontahenkilökunnan ammattitaidossa.

Kaikissa kohteissa kerrosten paksuus vaihteli huomattavasti enemmän kuin työselityksen vaatimus on, kuten kerrosten paksuusmittaustuloksista voidaan todeta. Näinkin suuret vaihtelut osoittavat, että tierakennuksen suurin laadunvarmistusongelma on korkeusaseman ja paksuuden huono mitattavuus siten, että rakennustyö voidaan suorittaa suunniteltuun tasoon oikeilla kerrospaksuuksilla.

Materiaalin lajittuminen oli huomattavaa kohteissa, joissa käytettiin kalliomurskeita. Soramurskeikohteissa esiintyi selvää rakenteen alimitoitusta, koska tutkimuksen aikana ei päästy lähellekään tavoitekantavuutta. Kohteissa oli selvästi havaittavissa että mitoituksista ei oltu muutettu vaikka käytettiin huonompaa materiaalia kuin alkuperäiseen oli suunniteltu. Tilanteen korjaamiseksi ei ollut selkeää käsitystä kuinka tulee toimia ja miten päästään tavoitekantavuuteen.

Laadunvalvontaan käytetään tilapäistä, lähinnä opiskelijatyövoimaa joiden tieto/taitotaso ei täytä esim. näytteenoton vaatimuksia. Työmaalla käytettävien laboranttien tulee olla ammattitaitoisia ja työhönsä motivoituneita henkilöitä. Kahdessa kohteessa suoritettiin esim. levykuormituskoe vastoin kokeesta annettuja ohjeita, ja suh-

tautuminen kokeen suoritukseen oli ylimalkaista.

Päällysrakennekerrosten rakentamista tiivistämistä ja laadunvalvontaa tulee valvoa ja ohjata huomattavasti nykyistä tarkemmin.

TURUN PIIRIN TUTKIMUS

LIITE 1/0

Y H T E E N V E T O

- Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää täryjyrän valinnasta ja jyräämisestä annettuja ohjeita siten, että niissä otetaan huomioon uusien jyrä ja tiiveydentarkkailulaitteiden antamat mahdollisuudet jyrästyön laadunvarmistamiseksi.

Lisäksi selvitettiin iskunpituuden ja värähtelytaajuuden määrittelytapoja, sekä vuokralle tarjottujen jyrrien värähtelyominaisuuksia. Tiivistykseen liittyvänä tarkasteltiin jyräyksen vaikutusta materiaalin raekoon muuttumiseen jyräyksen aikana.

- Tulosten mukaan Troxler mittauslaitetta voidaan käyttää kuivatiheyden muutoksen seurantaan jyräyksen aikana käytettäessä suoramittausmenetelmää. Myöskin kerroksen kosteuden seurantaan Troxler soveltuu kun ensin selvitetään näyttämäalue vertaamalla tulosta laboratoriotutkimustulokseen.

- Kohteessa käytettiin materiaalina 0 - 55 mm kalliomursketta. Kerrospaksuustavoite kantavassa kerroksessa oli 15 cm.

- Ca 30 - jyrällä kuivatiheys saavutti maksimi arvon Troxler-mittauksen mukaan 6 - 10 ylityksen jälkeen. Jyrän oma mittari antoi max arvon vastaavasti 4 - 14 ylityksen jälkeen. E2/E1-suhteen paras arvo saatiin 8 - 10 ylityksen jälkeen ja E2-kantavuus maksimi arvo saavutettiin kohteissa 8 - 12 ylityksen jälkeen.

Jyrättäessä pelkästään pienellä amplitudilla saavutettiin maksimi kuivatiheyden maksimi-arvo 6 ylityksen jälkeen. Jyrän mittari näytti suurinta arvoa 8:n ylityksen jälkeen. E2/E1-suhteen maksimi arvo 6:n saavutettiin ylityksen ja E2 max 8:n ylityksen jälkeen.

- Ca 25 jyrällä saavutettiin maksimi kuivatiheys 10 - 12 ylityskerralla ja jyrän mittarin mukaan 10 - 14:sta ylityksellä. E2/E1-suhteen maksimi arvo saavutettiin 8 - 12 ylityksellä ja E2-kantavuus 10 - 14:sta ylityksen jälkeen.

-EDELLÄ OLEVAT MITTAUSMENETELMÄT ANTAVAT SAMANSUUNTAISIA TULOKSIA. ERO SYNTYY LÄHINNÄ AMPLITUDIN KÄYTÖN KAUTTA KUN TARKASTEELLAAN MAKSIMI ARVOJEN ESIINTYMISKOHTIA.

-Kantavan kerroksen materiaalin kerrospaksuus vaihteli tutkimuskohteessa. Kerroksen tavoitepaksuus oli 15 cm ja vaihtelu 5 - 33 cm

-Kerrosmateriaalissa oli havaittavissa huomattavaa lajittuneisuutta, joka vaikuttaa sekä kantavuuteen että kerroksen tiivistymiseen. Lajittumaa kerrokseen muodostui myöskin kerroksen tasauksessa, joka suoritettiin tiehöylää käyttämällä. Työn suorittamista tulisi valvoa ja ohjata työnjohdon toimesta enemmän.

- Jyrän compactometri toimi tutkimusaikana, mutta siihen liitetty piirturi toimi vain viimeisellä tutkimuskohteella

- Proctor-kokeella ei tutkimuksessa pystytty määrittämään luotettavasti materiaalin kuivatiheyden maksimiarvoa, koska kivisyyskorjaus aiheutti hajontaa tuloksiin. Materiaalista kerran tehty proctor- koe tiivistyksen aikana ei ole riittävä kuivatiheyden maksimi arvon määrittämiselle, koska materiaali muuttaa muotoaan jokaisella jyräyskerralla.

- Kerrosmateriaalin pitäminen optimikosteudessa tutkimuksen aikaisissa olosuhteissa (lämpötila lähellä + 30 astetta) on karkeassa materiaalikerroksessa vaikeaa. Voimakkaalla kastelulla huuhdotaan materiaalista hienoaaines pois osittain alempiin kerroksiin tai jakavan kerroksen yläosaan, josta sitä on vaikea palauttaa takaisin edes uudella muotoiluhöyläyksellä.

- Perusongelma näyttää rakentamisessa olevan se etteivät materiaalit ja rakennettavat kerrokset ole suunnitteluoehjeiden kantavuusmitoituksen mukaisesti rakennettuja.

Alimittaisille kerroksille ei kantavuutta saada jyräyksellä, koska kantavan kerroksen jyräys kohdistuu rakenteen tiivistämiseen eikä kantavuuden aikaansaamiseen koko rakenteessa.

Rakentamisen tehokkaampi valvonta ja työnopastaminen parantaisi tilannetta huomattavasti. Kouluttamisen suuntaus työnjohdolle ja jyränkuljettajille on tarpellinen täryjyräyksen paremman lopputuloksen saamiseksi.

SISÄLLYSLUETTELO

Otsikko	Sivu
1. JOHDANTO	5
2. TUTKIMUKSEN TAVOITE	5 - 6
3. TUTKIMUS AIKA-JA PAIKKA	6
4. TUTKIMUKSESSA KÄYTETYT LAITTEET	6
4.1 Jyrät	6
5. OLOSUHTEET	7
5.1 Sää	7
5.2 Tutkimuskohde	7
6. TUTKIMUSMENETELMÄT	7 8
7. TUTKIMUSTULOKSET	8
7.1 Kaluston teknillinen tarkistus	8
7.2 Tiivistetyn kerroksen pohjarakenne	8
7.3 Mittaustulokset osuuksittain	9
7.3.1 KOEOSUUS 1	9
7.3.1.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus	9
7.3.1.2 Jyrän mittarin näyttämät	9
7.3.1.3. Kuivatiheyden muutos	10
7.3.1.4 Suhteen E2/E1 muutos	10
7.3.1.5. Kantavuuden E2 muutos	10
7.3.1.6. Kerrosmateriaalin rakeisuuden muutos	11
7.3.2 KOEOSUUS 2	11
7.3.2.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus	11
7.3.2.2 Jyrän mittarin näyttämät	12
7.3.2.3. Kuivatiheyden muutos	12
7.3.2.4 Suhteen E2/E1 muutos	13
7.3.2.5 Kantavuuden E2 muutos	13
7.3.2.6 Materiaalin rakeisuuden muutos	13
7.3.3 TUTKIMUSOSUUS 1	14
7.3.3.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus	14
7.3.3.2 Jyränmittarin näyttämät	14
7.3.3.3 Kuivatiheyden muutos	15
7.3.3.4 Suhteen E2/E1 muutos	15
7.3.3.5 Kantavuuden E2 muutos	15
7.3.3.6 Materiaalin rakeisuuden muutos	16
7.3.4 KOEOSUUS 3	16
7.3.4.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus	16
7.3.4.2 Jyrän mittarin näyttämät	17
7.3.4.3 Kuivatiheyden muutos	17
7.3.4.4. Suhteen E2/E1 muutos	17
7.3.4.5 Kantavuuden E2 muutos	18
7.3.4.6 Materiaalin rakeisuuden muutos	18
7.3.5 TUTKIMUSOSUUS 2	18
7.3.5.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus	18 -19
7.3.5.2 Jyrän mittarin näyttämät	19
7.3.5.3 Kuivatiheyden muutos	19
7.3.5.4. Suhteen E2/E1 muutos	20
7.3.5.5 Kantavuuden E2 muutos	20
7.3.5.6 Materiaalin rakeisuuden muutos	20
7.3.6. KOEOSUUS 4	21
7.3.6.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus	21
7.3.6.2 Jyrän mittarin lukemat	21

7.3.6.3	Kuivatiheyden muutos	22
7.3.6.4	Suhteen E2/E1 muutos	22
7.3.6.5	Kantavuuden E2 muutos	22
7.3.6.6.	Materiaalin rakeisuuden muutos	23
8.	TULOSTEN TARKASTELU	23
	Osuuksittain	23 - 26
	Troxlermittarin toimivuus	26
	Jyrän piirturin toimivuus	26
	Jyrän kuljettajien ammattitaito	27
	Materiaalin muodonmuutos	27 - 28
	Kerrosmateriaalin kosteus	29
	Proctor-koe	29
9.	JATKOTOIMENPIDE EHDOTUKSET	29 - 31

Liittet:

- pistekohtaiset materiaalin muodonmuutoskuvat
- valokuvat pinnasta jyräyskierroittain
- materiaalikäyrät jyräyskerroittain, mittauspisteittäin
- TVH:n laboratorion kivitutkimusselosteet
- Jyrien kunnan testaustulokset

1

JOHDANTO

Tiivistyskalusto valitaan nykyisin tienrakennustyömaalle riittämättömin valintaperustein.

Tähän saakka ei täryjyrän valinnassa ja käytössä ole riittävästi

kiinnitetty huomiota jyrän värähtelytaajuuteen tai amplitudiin. Jyrän kuljettajien ammattitaito on myös usein jäänyt varmistamatta.

Tiiviyyden tarkkailuun käytettävän mittauslaitteiston kunto, toiminnan luotettavuus, sekä mittaus tulosten luotettavuus ovat olleet osittain tarkistamatta.

Tiivistystyön ohjausta vaikeuttaa huomattavasti sopivien tarkkailulaitteiden ja menetelmien puuttuminen työmailta.

Tarkkailu perustuu käytännössä pelkästään levykuormituskokeiden tuloksiin, joiden luotettavuutta on alettu epäillä.

TVH:n ohjeet jyräkaluston ja jyräskertamäärän valinnasta sekä jyrästyön laadun varmistuksesta ovat osittain vanhentuneet ja puutteelliset.

Tiiviyydentarkkailulaitteistossa on tapahtunut huomattavaa kehitystä- esim jyrien tiiviysmittareiden ja troxler tiiviysmittareiden osalla, mikä edellyttää voimassa olevien ohjeiden tarkistamista.

TVL:n Turun piirissä tehtiin vuonna 1987 jyräykseen kohdistunut esitutkimus, jonka tulosten ja muihin aiheeseen liittyvien havaintojen perusteella tutkimusohjeita tarkistettiin ja tutkimus laajennettiin suoritettavaksi kolmen TVL:n piirin alueella erilaisten jyrästyön laatuun vaikuttavien muuttujien esille saamiseksi.

Tämä tutkimus kohdistettiin kantavan kerroksen täryjyräykseen eikä siinä ollut mukana vedettäviä täryjyriä, koska ne sopivat erittäin huonosta pintakerrosten tiivistämiseen.

2

TUTKIMUKSEN TAVOITE

Suoritettujen tutkimusten perusteella pyritään kehittämään täryjyrän valinnasta ja jyrämisestä annettuja ohjeita siten, että niissä otetaan huomioon uuden jyrä- ja tiiviyydentarkkailulaitteiden antamat mahdollisuudet jyrästyön laadunvarmistamiseen

Tutkimuksessa on kokeiltu tutkimussuunnitelmassa annettujen ohjeiden toimivuutta jyrän amplitudin ja taajuuden valinnasta ja uusien tiiviyydentarkkailulaitteiden käytöstä.

Lisäksi sekä mitattiin vuokralle tarjottujen jyrien värähtelyominaisuuksia.

Tiivistykseen liittyvänä tarkastelttiin jyräyksen vaikutusta materiaalin raekoon muuttumiseen jyräyksen aikana

Tämä tutkimusraportti on tehty TVL:n Turun piirissä tehdyistä tutkimustuloksista. Raportin tulokset liitetään Mikkelin ja Keski-Suomen piirissä tehtyjen tutkimusten tulosten kanssa TVH:n julkaisemaan TÄRYJYRÄYKSEN LAADUNVARMISTUS tutkimusraporttiin.

3 TUTKIMUSAIKA-JA PAIKKA

Tutkimus suoritettiin TVL:n Turun piirissä 27.6 - 8.7 1988 välisenä aikana Turku - Naantali välisellä tienrakennustyömaalla.

4.1 TUTKIMUKSESSA KÄYTETYT LAITTEET

4.1 Jyrät

- Täryjyrä JTM 09 K = Dynabac CA 30
-- Compactometer tiiviydentarkkailulaitte, lisävarusteena piirturi

- Täryjyrä JTM 08 K = Dynabac CA 25
-- Compactometer tiiviydentarkkailulaite

Tiiviyden ja kantavuuden mittauslaitteet

- Troxler 1 nro 14542 malli 3411 B
- TROXLER 2 nro 15868 malli 3411 B

Vertailulaitteena 2 kpl TVL:n Mikkelin piirin Troxlerlaitteita

Levykantavuusmittauslaitteisto TVL:n Turun piirin laitteisto ja vertailutuloksia käytettävissä työmaan omasta levykantavuusmittauslaitteistosta

Iskunpituus määritettiin amplitudin mittausteippi malli Dynapac
Taajuus määritettiin frekvenssin mittaus TREYSIT Sirometer DGM
ERIKOISMITTARIT taajuuden ja tärinän mittaukseen

- Rion = tärinämittari
- Rion = taajuusmittari
- Rion = tasopiirturi

5. OLOSUHTEET

5.1 Sää

- Tutkimusaikana vallitsi helteinen aurinkoinen säätila muutama paikallista ukkoskuuroa lukuunottamatta

5.2 Tutkimuskohde

- Tutkimuskohde sijaitsi osittain leikkaus/ pengeralueella
- Leikkauskohteessa pohjalla 1 metrin syvyinen irtilouhinta jonka pinta oli kiilattu jakavaksi 0 - 100 mm materiaalilla
- Pengerkota rakennettu kallioulouhoksesta paksuus 2- 3 m pinta kiilattu 0 - 100 mm materiaalilla
- Leikkaus/pengerosuudella kantavakerros 0- 55 mm kalliomurske ajettiin edellisenä päivänä ennen mittauksia.
Ajo tapahtui jakavan kerroksen kautta eli tiivistystä suoritettiin vain levitys/ tasauskalusto
- Pinta muotoiltiin TH:lla ennen tiivistystyötä (yksityinen kone)

6. TUTKIMUSMENETELMÄT

6.1 Tiiviiden seuranta

- Tiiveyden kehitystä mitattiin jokaisen jyräyskierron jälkeen Dynbacin ohjeiden mukaisesti aina samaan suuntaisesta jyräyksestä
- Rakenteen tiiveyden kehittymistä seurattiin Troxler mittauslaitteilla suora ja pintamittauksena. Mittaus suoritettiin aina samasta kohdasta = reijästä mittaamalla
- Lisäksi tiiveyttä seurattiin Levykantavuuslaitteen antamalla suhdeluvulla. Mittaus aina samasta kohdasta ajokaistalta.

Kantavuuden seuranta

- Kantavuuden kehitystä mitattiin jokaisen jyräyskierron jälkeen levykantavuusmittauslaitteistolla mittaus aina samasta kohdasta ajokaistalta. Vertailumittauksena jyrän Compactometrillä suoritettava mittaus jonka perusteella valittiin ohjeenmukaisesti jyräyksen jatkuvuus ja amplitudi. Mittaus CA 30 jyrällä suoritettiin viimeistä koeosuutta lukuunottamatta kuljettajan suorittamana kirjauksena sovitusta mittauspisteistä. Viimeisellä koeosuudella käytettiin Combactometrin piirturia joka rekisteröi tapahtumat jatkuvana kirjauksena nauhalle.

Kosteuden seuranta

- Käsitteltävä kerros pyrittiin pitämään optimikosteudessa Troxlereiden antaman kosteusprosentin avulla, ero +- 2 prosentia materiaalille annetusta Proctor kokeella saadusta tavoitekosteudesta 6 % . Kosteuden vertailuarvot tutkittiin myös otetuista massanäytteistä laboratoriossa.

Materiaalin rakeisuuden muutos

- Materiaalin rakeisuuden muuutosta jyräyksen aikana seurattiin ottamalla näytteet jokaisen jyräyskierron jälkeen, jokaisesta pisteestä, josta muutkin mittaukset koalueella suoritettiin Pinnassa olevan kiviaineksen muodonmuutosta seurattiin myös jyräyskierrittäin valokuvaamalla pintaa.

7 TUTKIMUSTULOKSET

7.1 KALUSTON TEKNILLINEN TARKISTUS

Jyrien kunto:

- Dynapac CA 30				
- Yleiskunto	hyvä			
- Kokonaispaino	11100 kg			
-- Valssin paino	6800 kg			
-- Takapään paino	4200 kg			
- Iso Amplitudi	Rio	Vas.	Oik.	
	Teippi	1,5	1,43	30 Hz
		1,7	1,7	32 Hz (K)
- Pieni Amplitudi	Rio	0,75	0,70	30 Hz
	Teippi	0,9	0,8	32 Hz (K)
		(K) = sirometrillä mittaus		
- Dynabac CA 25				
- Yleiskunto	hvä			
- Kokonaispaino	9600 kg			
-- Valssin paino	4900 kg			
-- Takapään paino	4900 kg			
- Iso amplitudi		Keski.		
		2,1		28 Hz
- Pieni amplitudi		1,0		28 Hz

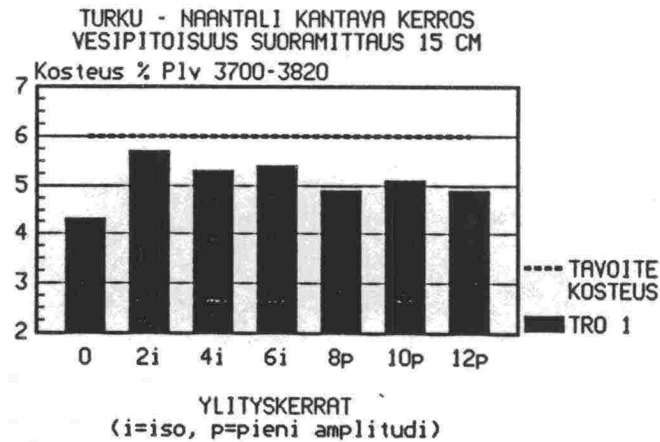
7.2 TIIIVISTETYN KERROKSEN POHJARAKENNE

Tutkimuskohteessa rakennekerrokset oli rakennettu ennen koeajankohtaa valmiiksi. Jakavan kerroksen muodosti leikkauskohteessa yhden metrin irtilouhinta, jonka muodostama louhos oli kiilattu 100 mm molskotilla jakavaksi kerrokseksi. Pengerkohteissa oli 2 - 3 metrin koruinen louhospenger, joka oli kiilattu yläosaltaan 100 mm molskotilla ja penkereen päällystä oli tiivistynyt työmaa liikenteen alla. Rakenteen karkeista materiaaleista johtuen ei pohjan kosteus vaikuttanut tiivistystyöhön.

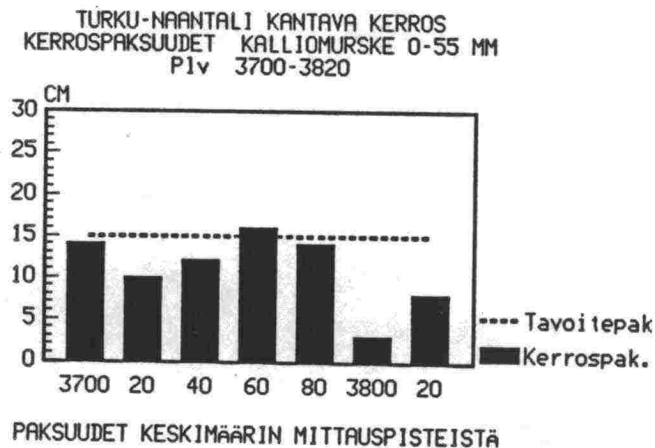
7.3 MITTAUSTULOKSET OSUUKSITTAIN

7.3.1 KOEOSUUS 1 CA 30

7,3,1.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus

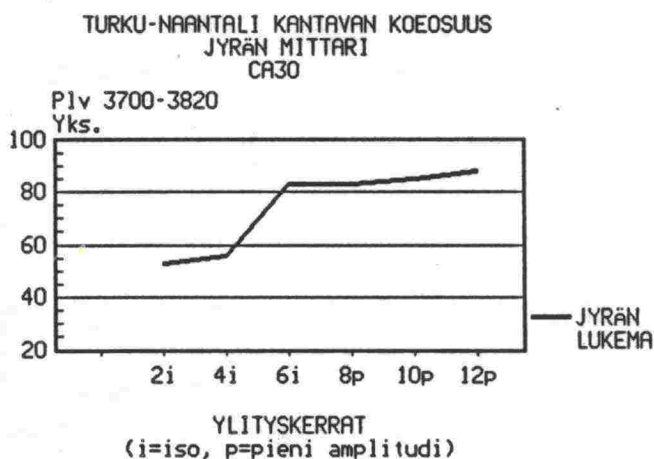


Tutkimusaikana koeosuudella materiaalin kosteus pysyi Troxlerlaitteen mukaan tavoitearvo $\pm 2\%$ suoritetun lisäkastelun avulla



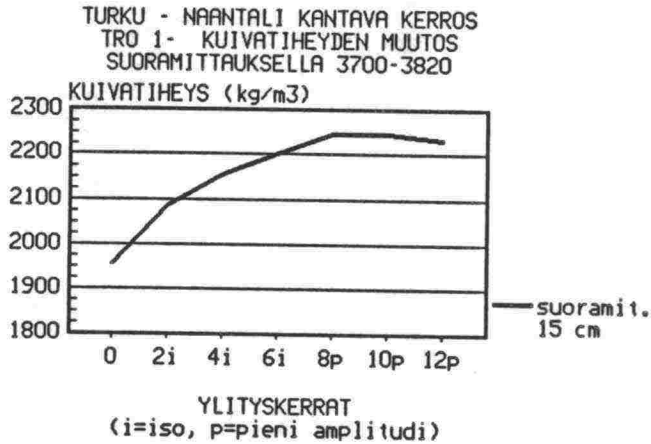
koekohteessa kerrospaksuus ylitti tavoitteen 15 cm vain yhdessä mitauspisteessä. Vaihtelu 3 - 16 cm.

7.3.1.2 Jyrän mittarin näyttämät



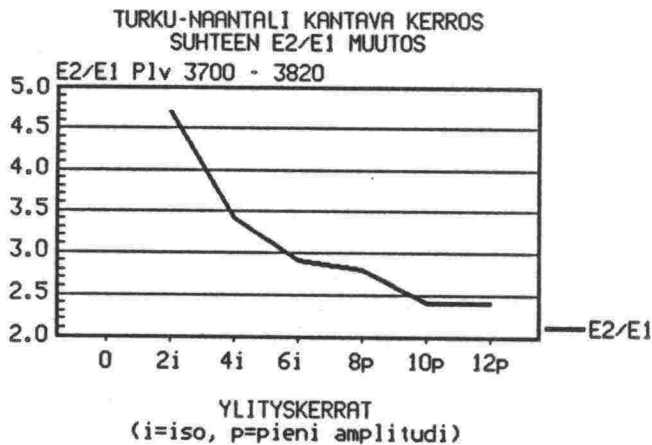
isolla amplitudilla jyrättäessä lukema kuudenteen ylitykseen saakka jolloin vaihdettiin pienelle amplitudille. Jyrän mittarin näyttämä ei sanottavasti suurentunut enää: muutos 80 - 84:n

7.3.1 3 Kuivatiheyden muutos



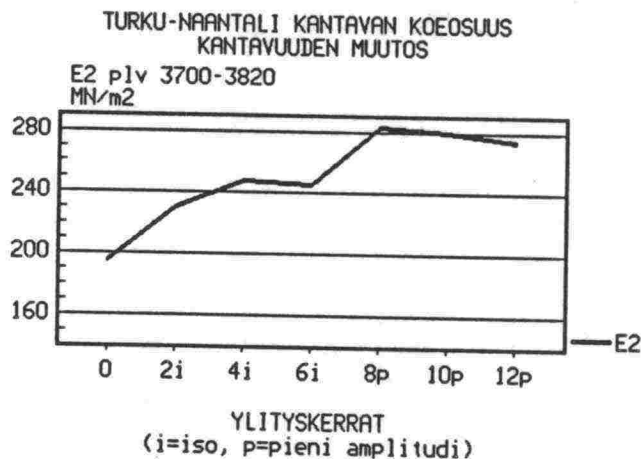
tiivistettäessä isolla amplitudilla kuusi ylityskertaa kasvoi kuivatiheys, muutettaessa pienelle amplitudille kasvoi tiheys vielä kahden ylityksen aikana ja kääntyi sitten laskuun eli pinta alkoi uudelleen löyhtyä.

7.3.1 4 Suhteen E2/E1 Muutos



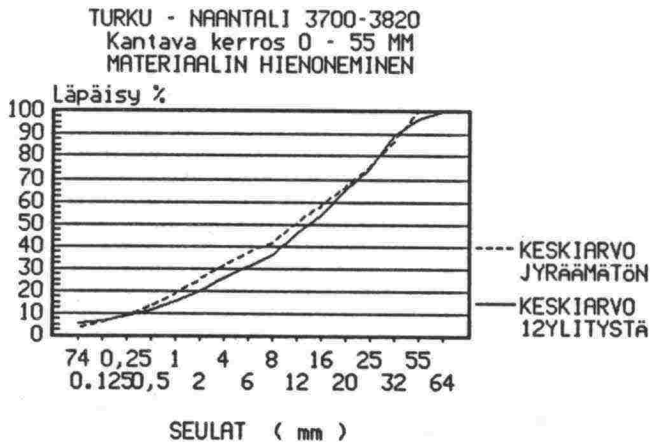
suhde E2/E1 parani aina kymmenenteen ylitykseen asti, jolloin saavutettiin tavoitearvo ja samalla maksimiarvo, koska käyrä kääntyi tällöin vaakatasoon

3.1 5 Kantavuuden E2 muutos



E2 arvon maksimiarvo saavutettiin isolla amplitudilla jo neljälä ylityskerralla, siirrettäessä pienelle amplitudille arvo parani ja kääntyi jälleen kymmenennellä ylityksellä alaspäin.

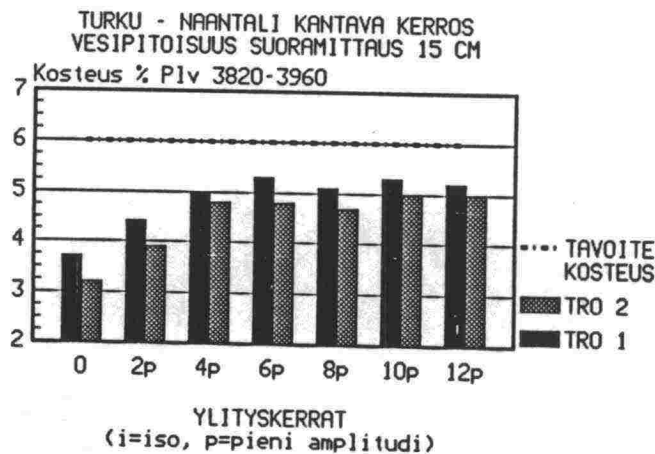
7.3.1 6 Kerrosmateriaalin rakeisuuden muutos



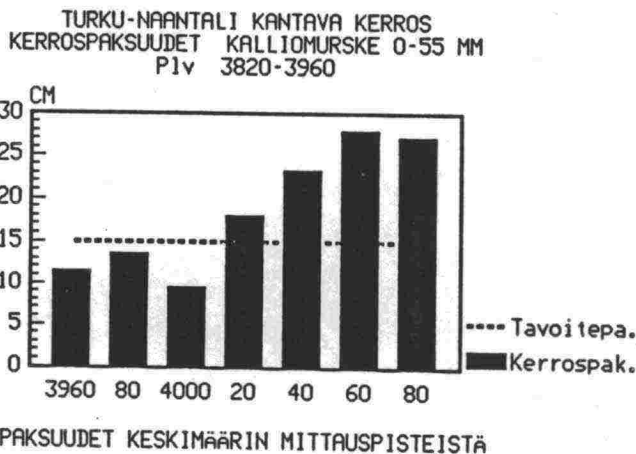
oheisessa käyrässä on tarkasteltu materiaalin hionemista jyräyksen aikana ylityskertojen keskiarvona koko koe-kohteessa. Käyrän mukaan materiaali on tullut karkeammaksi jyrättäessä. Tähän vaikuttaa näytteenoton epämääräisyys sekä materiaalin suuri lajittuminen joka tulee ilmi pistekohtaisissa käyrissä. liitteet nro 1.

7.3.2 KOEOSUUS 2 CA 30

7.3.2.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus

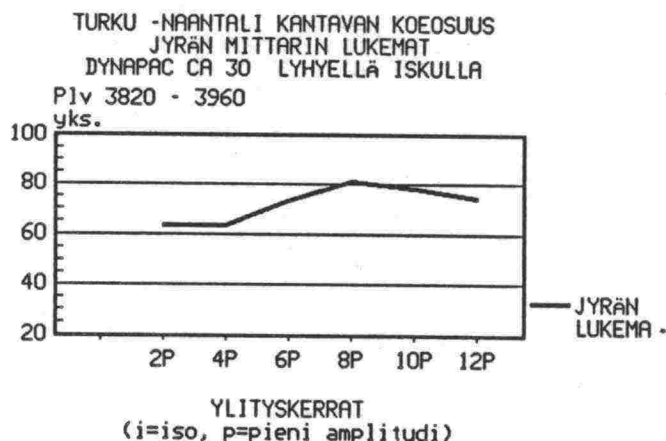


kohteessa materiaalin kosteus pysyi Troxler-laitteen mukaan tavoitearvoissa ± 2 %toistuvan kastelun avulla.



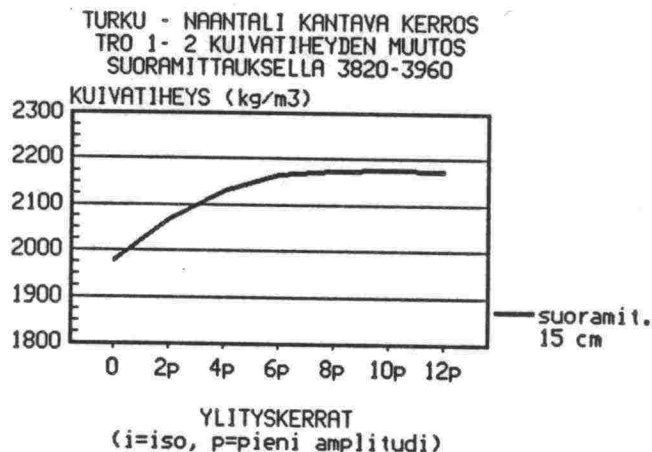
materiaalin kerrospaksuus vaihteli. Pistettäin vaihtelu 10 cm - 28 cm. Pylväissä olevat arvot ovat keskiarvoja kuudesta mittauksesta, jotka suoritettiin näytteenoton yhteydessä. Kantavankerroksen paksuus tavoite oli 15 cm.

7.3.2.2 Jyrän mittarin näyttämät



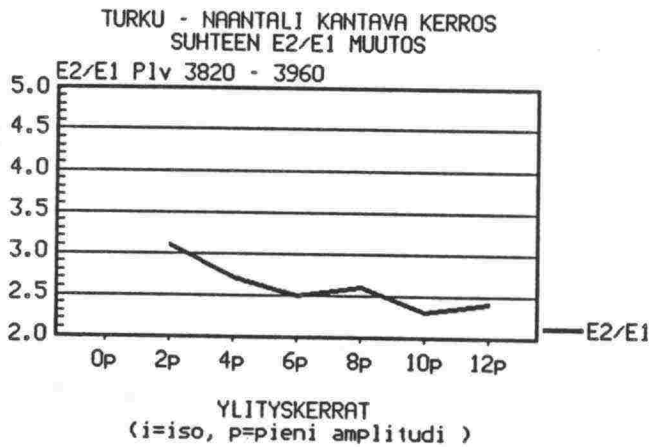
kohteessa jyrättiin vain pienellä amplitudilla. Maksimiarvo saavutettiin kahdeksannelle ylityskerralla, jonka jälkeen kerros löyhtyi eli lukema pieneni kahdenteentoista ylitykseen asti josta nousu max arvoon alkoi uudelleen. Max arvo saavutettiin kahta ylityskertaa suuremmalla jyräyksellä kuin isoa amplitudia käyttämällä.

7.3.2.3, Kuivatiheyden muutos



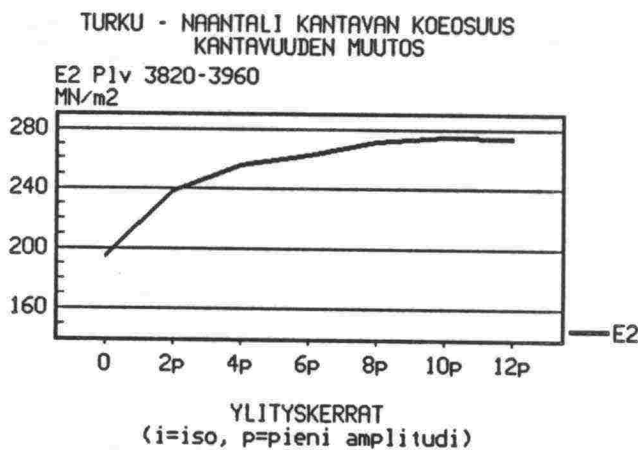
Troxlerilla mitattu kuivatiheys arvo saavutti maksimiarvon kahdeksannen ylityksen jälkeen. Jyräystä jatkettaessa ei kahdenteentoista ylitykseen mennessä tapahtunut tiheydessä mainittavaa muutosta. Tiheyden kehittyminen on käyrän mukaan tasaisempaa lyhyellä amplitudilla jyrättäessä kuin pitkällä amplitudilla. Tällöin maksimiarvo jää kuitenkin alemmalle tasolle.

7.3.2.4 Suhteen E2/E1 Muutos



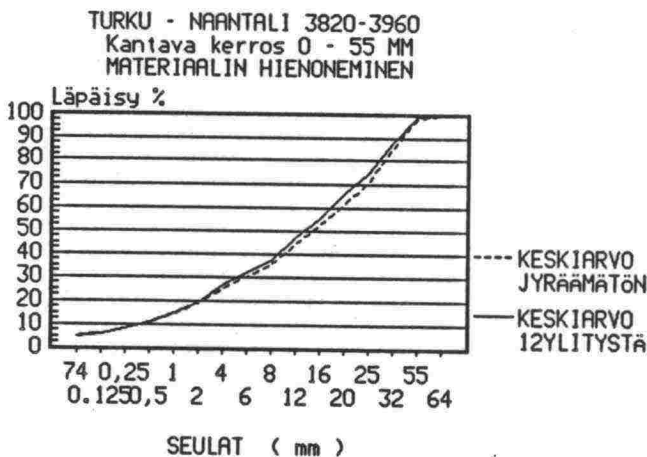
suhteen tavoitearvo saavutettiin kymmenen ylityskerran jälkeen. Tulos vastaa siinä kohteessa saatua ylityskertaamäärää, jossa alussa käytettiin pitkää amplitudia jyrätessä.

7.3.2.5 Kantavuuden E2 muutos



tavoitekantavuus 230 MN/m² saavutettiin jo toisen ylityskerran jälkeen. Kantavuuden kasvua jatkui aina kymmenenteen ylityskertaan asti, jolloin saavutettiin maksimiarvo.

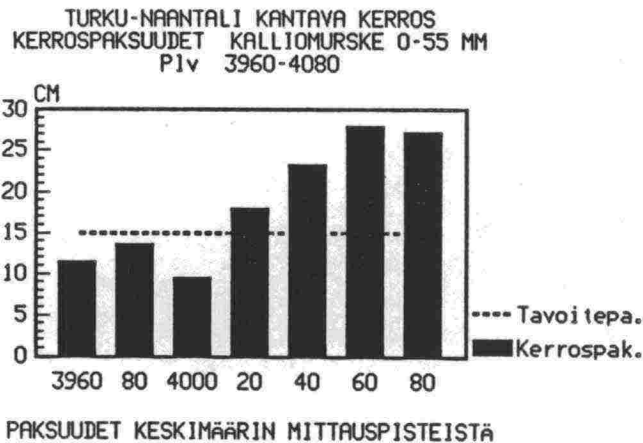
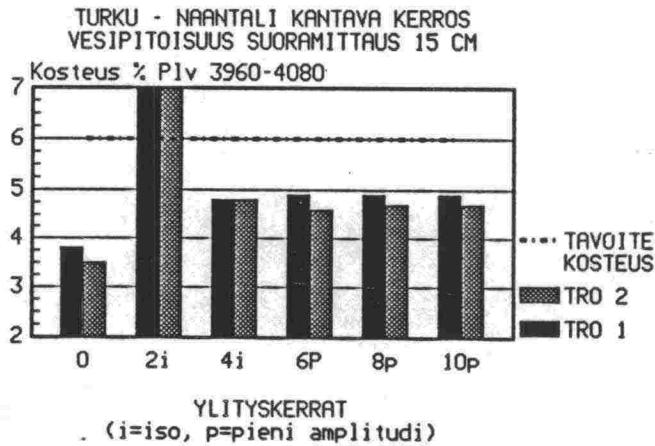
7.3.2.6 Materiaalin rakeisuuden muutos



käyrällä näkyvän keskiarvotuloksen mukaan materiaali oli hienontunut 8 - 32 mm rakeissa. Silmämääräisesti tarkasteltuna hienonemista tapahtui suurissa rakeissa kerroksen pinnassa, joskin huomattavasti vähemmän kuin isoa amplitudia käytettäessä. Pistekohtaisesti tarkasteltuna muodonmuutos on suurempi kuin keskiarvona tarkasteltuna. (liitteet nro 2)

7.3.3. TUTKIMUSOSUUS 1

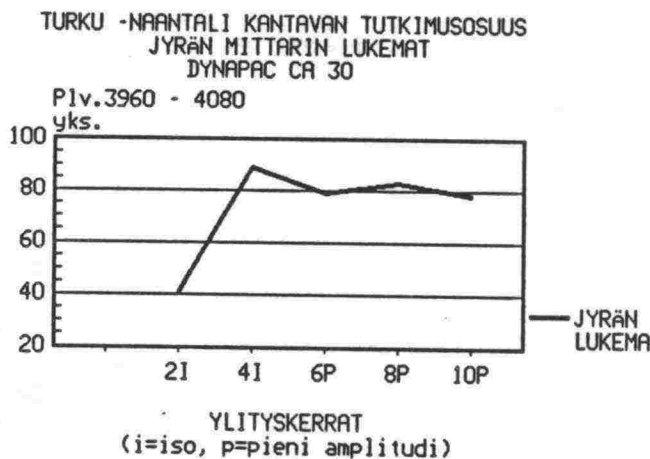
7.3.3.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus



Materiaalin vesipitoisuus pysyi Troxlermittarin mukaan tavoitekosteudessa $\pm 2\%$ tavoitteesta. Optimikosteudessa pysyminen edellytti kuitenkin useampaa kastelua jyräyksen aikana. Kastelun vaikutuksesta kerroksen pinnasta hienoaines huuhtoutui kerroksen sisään.

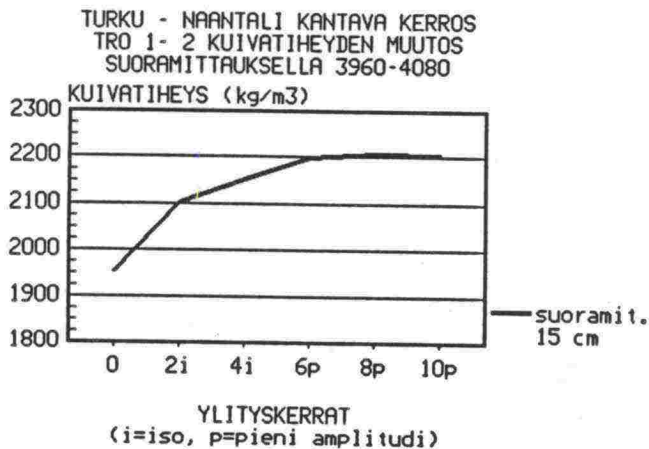
kerrospaksuus kohteessa vaihteli mittauspisteittäin 10 cm- 28 cm Pylväikön arvot edustavat jyräyskiertoittain otettujen näytteiden keskiarvoja mittauspistekohteittain.

7.3.3.2 Jyrän mittarin näyttämät



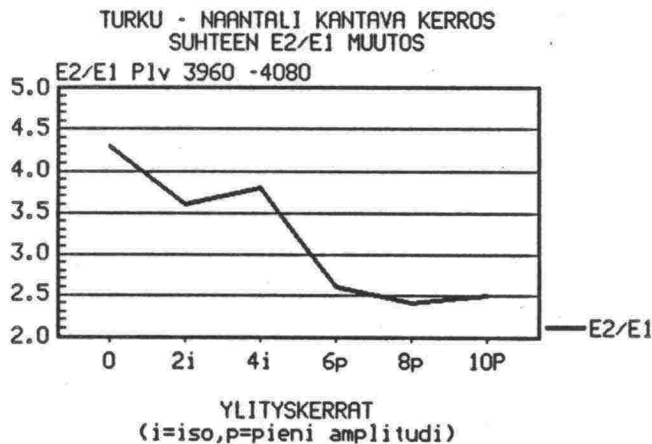
Jyrän mittarin mukaan saavutettiin maksimiarvo jo neljännellä ylityksellä jälkeen arvo mittarissa putosi alemmas arvoon kahdeksänkymmentä, kun maksimi oli yhdeksänkymmentä. Neljä ensimmäistä ylitystä ajettiin pitkällä amplitudilla jolloin vaikutus ulottui syvemmälle penkereeseen.

7.3.3.3. Kuivatiheyden muutos



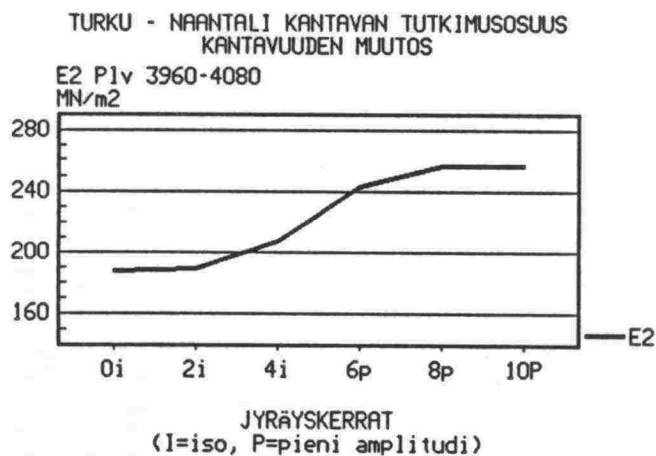
Maksimi kuivatiheys saavutettiin kuudennella ylityskerralla. Tällöin oli jyrätty neljä ylitystä isolla ja kaksi pienellä amplitudilla. Kuudennen ylityksen jälkeen tiheys ei enää muuttunut. Tiheyden kehitys oli lähes samanlainen kuin edellisessä kohteessa, jossa käytettiin vain pientä amplitudia.

7.3.3.4 Suhteen E2/E1 Muutos



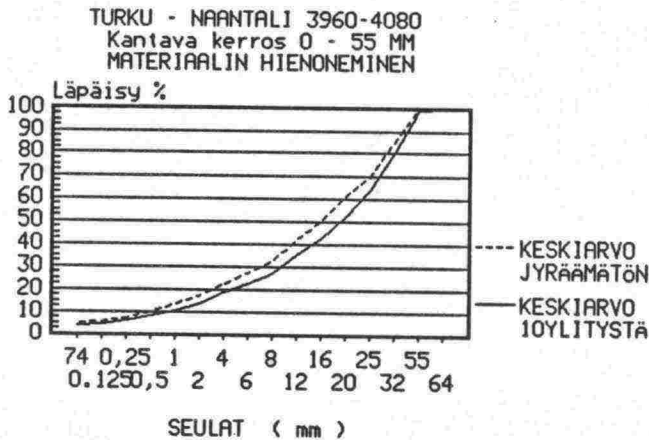
Suhdetta ei saatu tavoitteeseen jyräyksen aikana. Pitkällä amplitudilla jyrättäessä suhde oli erittäin huono, mutta parani muutettaessa lyhyelle amplitudille.

7.3.3.5 Kantavuuden E2 muutos



Pitkällä amplitudilla ei neljällä ylityskerralla tavoitekantavuutta saavutettu. Maksimi saavutettiin kun oli jyrätty kahdeksan ylityskertaa eli neljä isolla ja neljä pienellä amplitudilla.

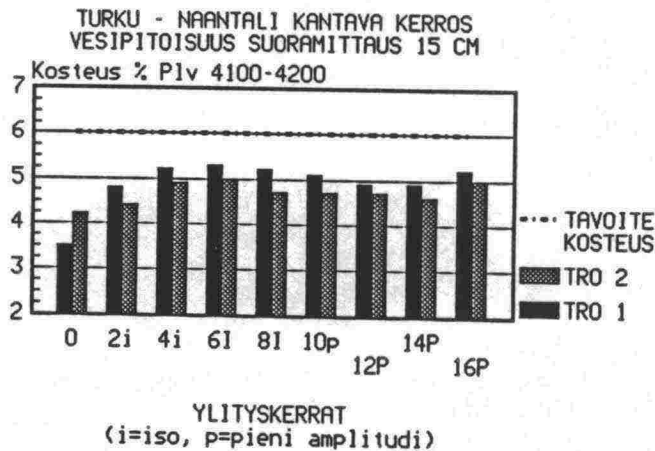
7.3.3.6 Materiaalin rakeisuuden muutos



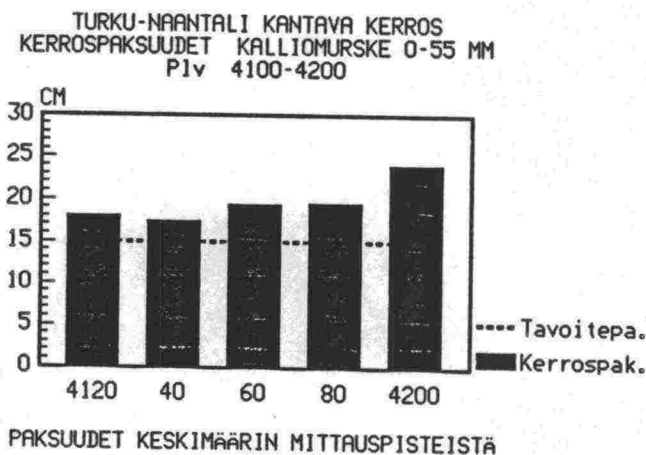
Keskiarvokäyrän mukaan materiaalista tuli kerroksessa karkeampaa jyrättäessä lähes koko käyrän alueella. Tähän vaikuttavat osittain pinnan muotoilumenetelmä, näytteiden ottomenetelmä ja kerroksen voimakas kastelu. Lisäksi pinnassa oli havaittavissa lajittuma materiaalin levityksen jälkeen. Silmämääräisesti tarkasteltuna pintakerroksen karkeat rakeet pienenivät voimakkaasti jyräyksen aikana. Pistekohtaiset tulokset (liitteessä nro 3)

7.3.4. Koeosuus 3 CA 25

7.3.4.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus

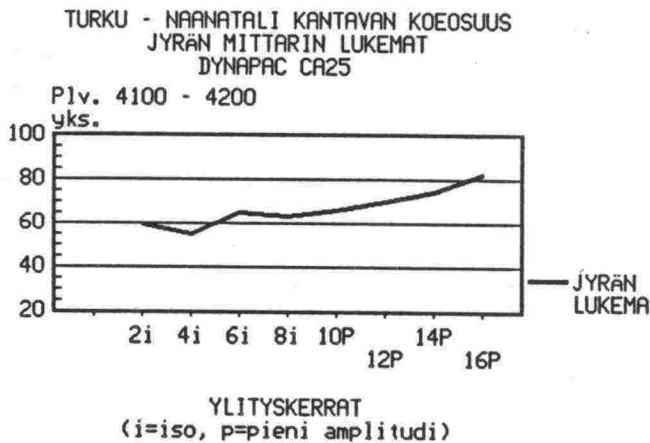


Tutkimusaikana koeosuu-
della materiaalin kos-
teus pysyi Troxlerin
mukaan tavoitearvossa
+/-2% kosteudesta. Ker-
rosta jouduttiin kaste-
lemaan voimakkaasti ja
vesi valui ajoradan
luiskalle jakavasta
kerroksesta.



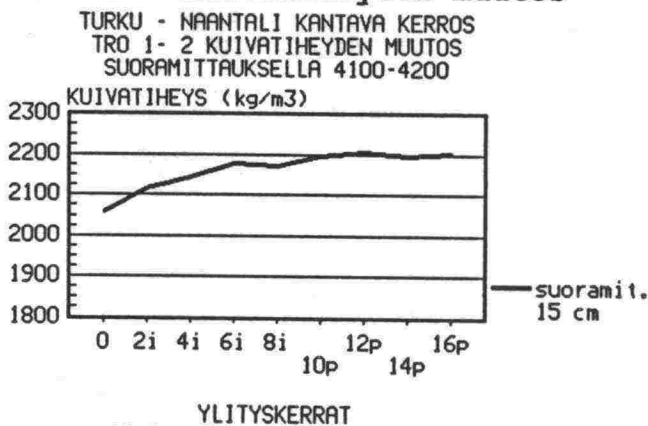
-kerrospaksuus ylitti
tavoitteen jokaisessa
mittauspisteessä. Ylitys
+ 10 cm maksimiarvosta.

7.3.4.2 Jyrän mittarin näyttämät



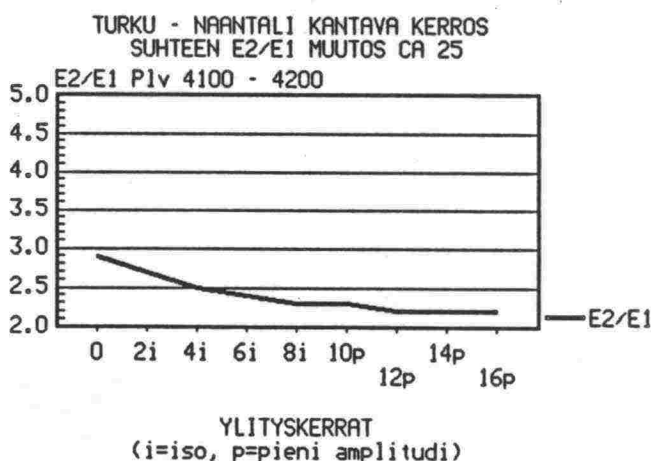
Jyrän mittarin näyttämä kasvoi isolla amplitudilla kuudenteen ylitykseen saakka. Pienelle amplitudille muuton jälkeen lukema kasvoi kuudenteentoista ylitykseen asti, jolloin saavutettiin maksimiarvo 80

7.3.4.3 Kuivatiheyden muutos



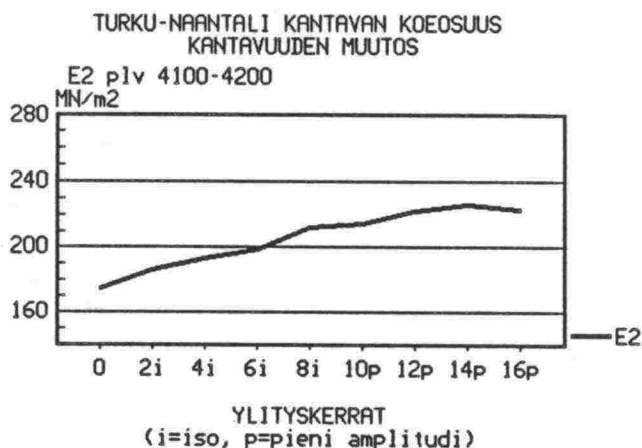
Kuivatiheys kasvoi kuudenteen ylitykseen asti isolla amplitudilla. Muutettaessa pienelle amplitudille tiheys kasvoi kahdenteentoista ylitykseen asti, sen jälkeen muutosta ei enää tapahtunut. Kuivatiheys edustaa saamaa tasoa kuin CA 30 :llä jyrättäessä

7.3.4.4. Suhteen E2/E1 muutos



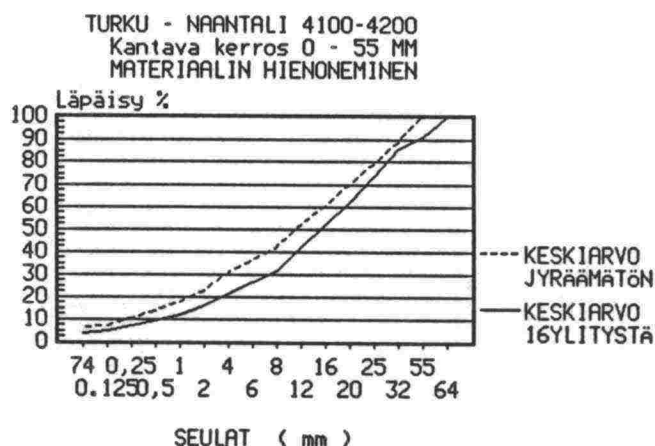
E2/E1 suhteen lähtöarvona oli erittäin hyvä ja se poikkesi muista mittaustuloksista. Jyrättäessä suhde parani tasaisesti. Tähän saattaa vaikuttaa kohteen hyvin toteutuneet kerrospaksuudet.

7.3.4.5. Kantavuuden E2 muutos



Kantavuus parani tasaisesti neljänteentoista ylitykseen asti, jolloin saavutettiin maksimiarvo 230 MN/m²

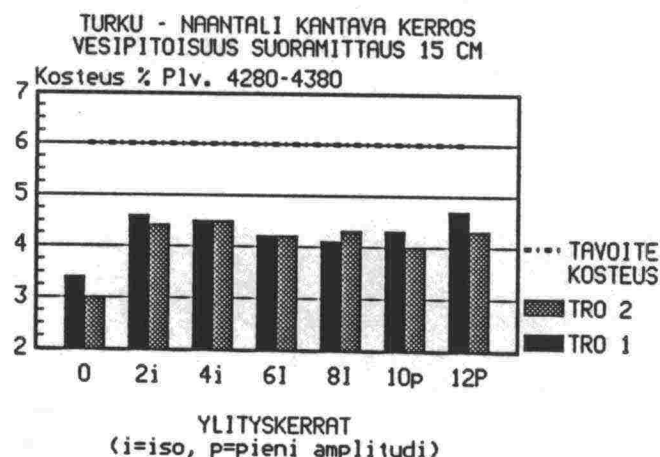
7.3.4.6 Materiaalin rakeisuuden muutos



Keskiarvoja tarkasteltuna materiaali kerroksessa tuli karkeammaksi jyräyksen tuloksena. Täähän vaikuttaa harvako jakavakerros ja voimakas pinnan kastelu. Pistekohtaisesti tarkasteltuna tulos oli vaihteleva. (liitteissä nro 4) Kokonaisluuteen vaikuttaa myös näytteidenotto.

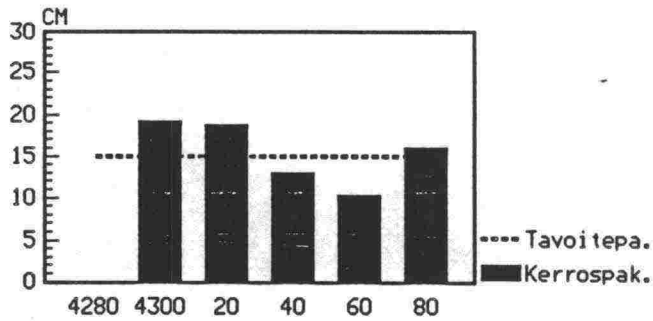
7.3.5 TUTKIMUSOSUUS 2 CA 25

7.3.5.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus



Troxlerin mukaan materiaalin kosteus pysyi tavoitteessa +2% .Voimakkaalla kastelullaakaan ei kosteutta saatu nousemaan, koska vesi valui nopeasti kerroksen läpi.

TURKU-NAANTALI KANTAVA KERROS
KERROSPAKSUUDET KALLIOMURSKE 0-55 MM
Piv 4280-4380

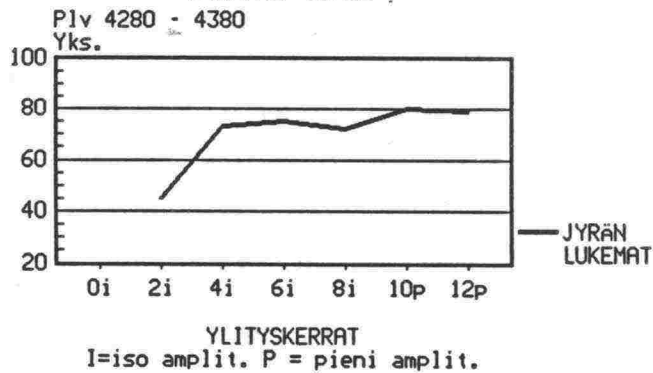


PAKSUUDET KESKIMÄÄRIN MITTAUSPISTEISTÄ

Keskimääräinen kerrospaksuus kohteessa täytti tavoitteen. Pistekohmainen paksuus vaihteli kuitenkin 10 - 20 cm

7.3.5.2 Jyrän mittarin näyttämät

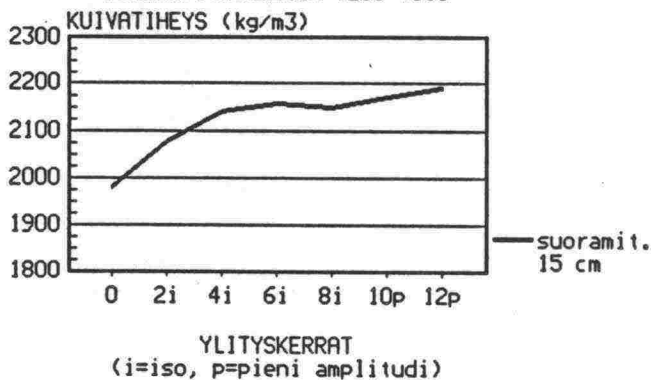
TURKU - NAANTALI KANTAVAN TUTKIMUSOSUUS
JYRÄN MITTARIN LUKEMAT
DYNAPAC CA 25



Isolla amplitudilla saavutti jyrän mittari suurimman arvon jo neljänellä ylityskerralla. Jatkettaessa isolla amplitudilla lukema alkoi laskea. Pienelle amplitudille siirryttäessä näyttämä suureni ja maksimi saavutettiin kymmenennellä ylityksellä

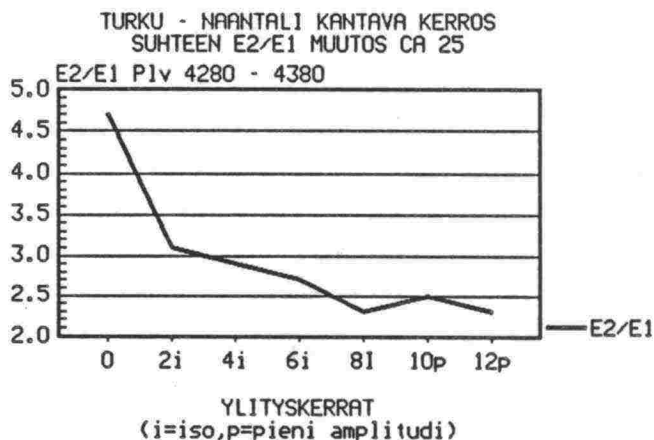
7.3.5.3 Kuivatiheyden muutos

TURKU - NAANTALI KANTAVA KERROS
TRO 1- 2 KUIVATIHEYDEN MUUTOS
SUORAMITTAUKSELLE 4280-4380



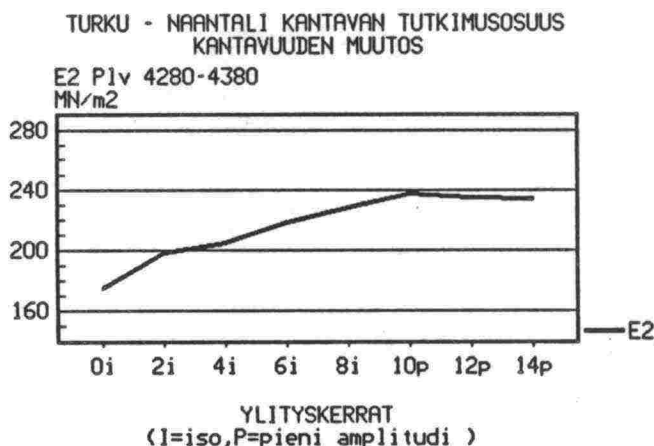
Kuivatiheys saavutti isolla amplitudilla maksimi kuudennella ylityksellä. Pienelle amplitudille muutettaessa tiheys kasvoi kahdenteentoista ylitykseen.

7.3.5.4 Suhteen E2/E1 muutos



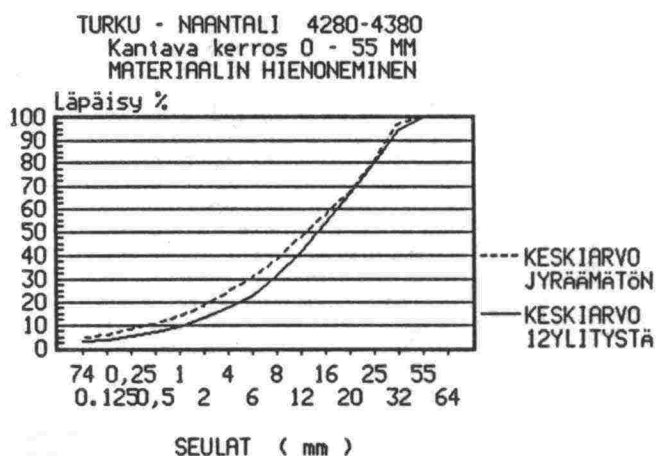
E2/E1 suhde parani isolla amplitudilla jyrättäessä. Muutettaessa pienelle amplitudille suhde ensin huononi kahdella ylityksellä, mutta parani kahdella seuraavalla ylityksellä ja saavutti isolla amplitudilla saadun arvon se oli myös tavoite

7.3.5.5. Kantavuuden E2 muutos



Kantavuus parani tasaisesti kymmenenteen ylitykseen asti, jolloin käyrä kääntyi vaakatasoon, oli saavutettu myös tavoitekantavuus 230 MN / m²

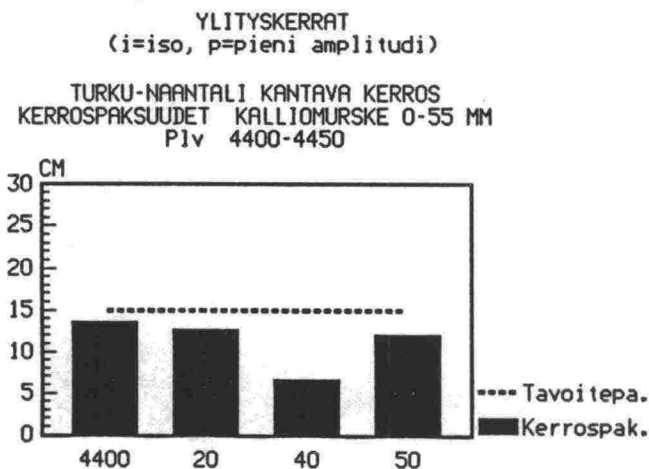
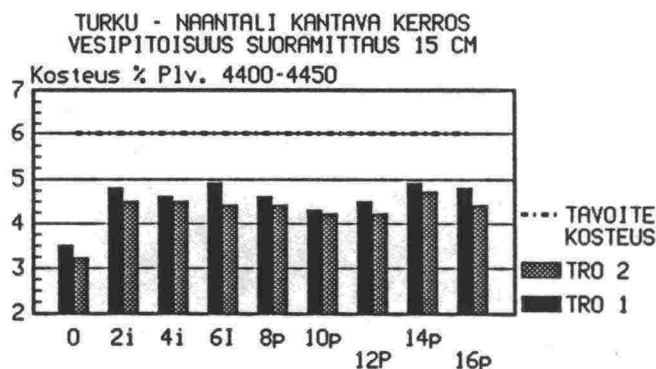
7.3.5.6 Materiaalin rakeisuuden muutos



Keskiarvo materiaali muuttui karkeammaksi jyrättäessä. Pistekohdaisesti tarkasteltuna tulos on erilainen, ts. kerroksen lajittuma ja eräät muut muut tekijät vaikuttavat lopputulokseen .

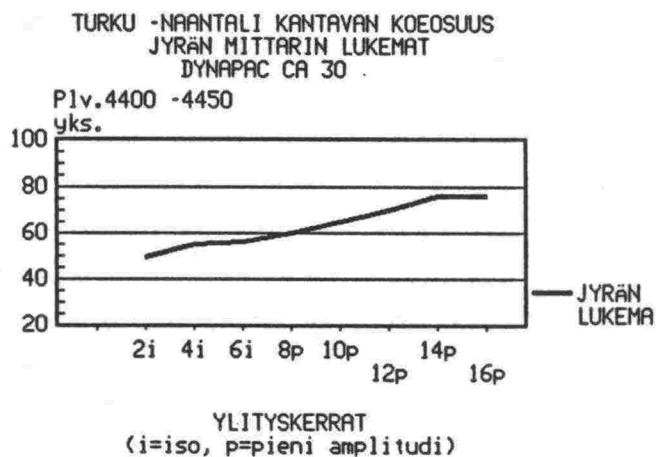
7.3.6. KOEOSUUS 4 CA 30

7.3.6.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus



PAKSUUDET KESKIMÄÄRIN MITTAUSPISTEISTÄ

7.3.6.2 Jyrän mittarin näyttämä

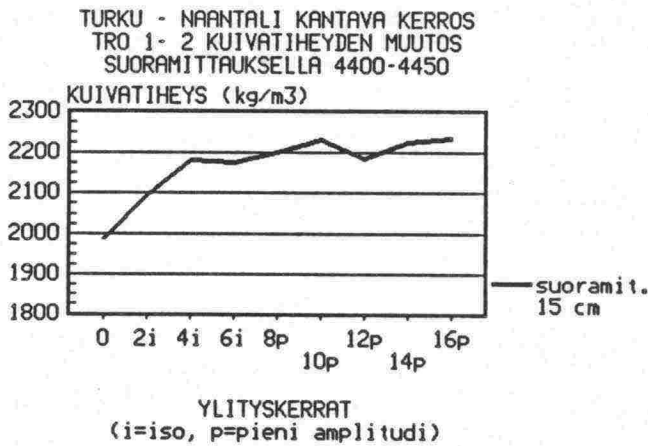


Materiaalin kosteus pysyi kohteessa tavoite-kosteus $\pm 2\%$. Kosteuden saavuttaminen vaati voimakasta kastelua, koska kerros läpäisi veden ja pintamateriaali kuivui nopeasti helteessä

-kerrospaksuus alitti tavoitearvon 15 cm kaikissa pisteissä. Pienin paksuus 5 cm ja suurin 14 cm.

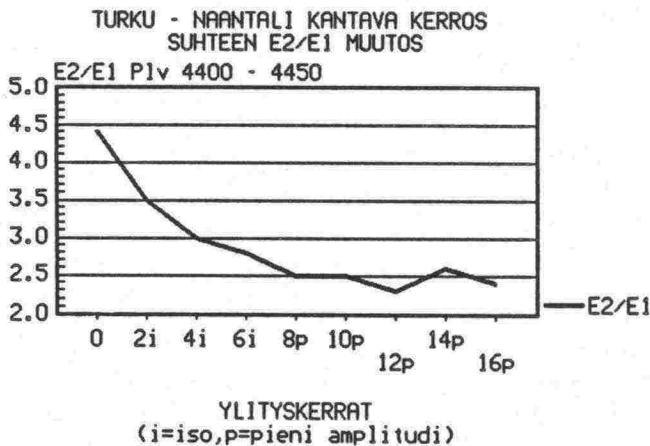
Jyrän mittarin näyttämä arvo parani tasaisesti neljänteentoista ylitykseen asti. Tällöin käyrä kääntyi vaakatasoon ja jyräys lopetettiin. Isolla amplitudilla saavutettiin maksimo neljännellä ylityksellä. Tämän jälkeen isolla amplitudilla havaittu arvon ei enää.

7.3.6.3 Kuivatiheyden muutos



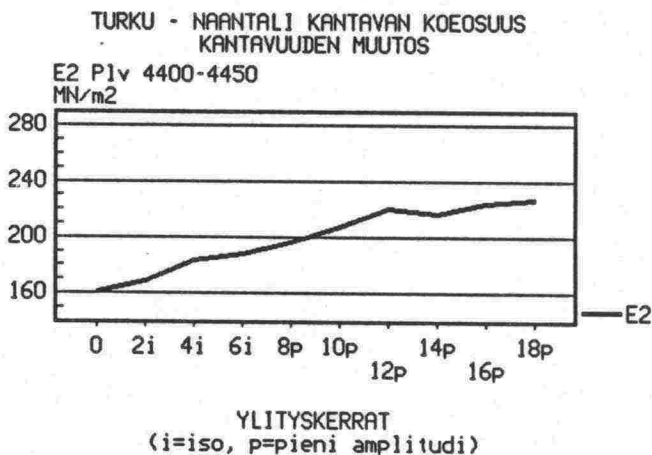
Kuivatiheys muuttui aaltomaisesti ja saavutti lähes maksimi-arvon jo neljännellä ylityksellä isolla amplitudilla. Maksimiin päästiin kymmenennellä ylityksellä jossa oli käytetty neljä jyräystä pienellä amplitudilla. Aaltomaiseen vaihtelun syy oli kerrospaksuus ja lajittunut materiaali.

7.3.6.4 Suhteen E2/E1 muutos



E2/E1 suhde vaihteli aaltomaisesti ja saavutti tavoitearvon kahdennellatoista ylityskerralla. Aaltoilun syy olivat alimittaiset kerrokset ja lajittunut materiaali.

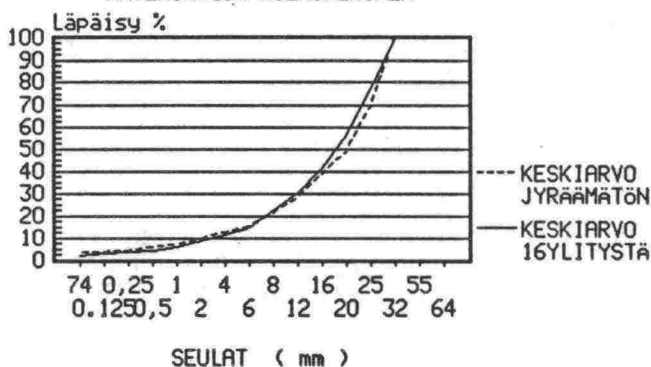
7.3.6.5. Kantavuuden E2 muutos



Maksimi kantavuus saavutettiin vasta kuudenentoista ylityksen jälkeen. Kantavuusarvo vaihteli aaltomaisesti jyräyksen edistyessä ja sen aiheutti alimittainen kantava kerros.

7.3.6.6. Materiaalin rakeisuuden muutos

TURKU - NAANTALI 4400-4450
Kantava kerros 0 - 55 MM
MATERIAALIN HIENONEMINEN



Materiaalin hienonemista oli havaittavissa välillä 8-32 mm rakeisuuskyyrällä, myös keskiarvo tarkastelussa. Kohteesta otetut näytteet siten, että ne edustivat rakennettua kerrosta. Pistekohtaiset tulokset.

(liitteet nro 5)

8. TULOSTEN TARKASTELU

Koeosuus 1 CA 30

Tarkasteltaessa jyräyksen ohjaukseen käytetyn jyrän mittarin antamia lukuarvoja voidaan todeta, että vaikka CA 30- jyrällä mittarin lukema ei enää kasvanut, parani kuivatiheys. E2/E1 suhde ja levykuormitustulos arvo. Taitepiste oli käyrästöllä kuudennen ylityskerran kohdalla. Troxler-mittarin mukaan kosteus tiivistettävässä materiaalissa oli sisällä +_ 2% kuudesta prosentista. (tavoitearvo)
Levykuormituslaitteen mukaan saavutettiin tavoitekantavuus 230 MN/m² myöskin jo kuudennella ylityskerralla

Käyristä voidaan päätellä, että taitepiste tiiveydessä oli 6:n ylityskerran kohdalla tiivistettäessä kerrosta pitkällä amplitudilla, sen jälkeen vaihdettaessa lyhyelle amplitudille tiiviys, kantavuus ja E2/E1 suhde jatkoi paranemistaan kahdeksanteen ylityskertaan tällä koeosuudella kerros alkoi sitten löyhtyä eli käyrät kääntyivät laskusuuntaan.

Kerrospaksuus piti olla kohteessa 15 cm, joka alittui jyräys-kerroittain keskiarvona yhtä mittauspistettä lukuunottamatta. Alitus oli suurimmillan 10 cm.

Materiaalin hienoneminen tiivistyksen aikana:

Tarkasteltaessa kerroksesta otettuja näytteitä ennen jyräystä ja keskiarvokäyrää kahdennentoista ylityskerran jälkeen on materiaalin hienonema noin 4 % läpäisyalueella 4mm-32mm.

Tarkasteltaessa tiivistettävän kerroksen pintaa silmämääräisesti oli havaittavissa suurempien rakeiden hienoneminen jyräyksen aikana. Pinnasta on liitteenä valokuvia.

Koeosuus 2 CA 30 pieni amplitudi

Koeosuudella kaksi kokeiltiin CA 30- jyrällä tiivistämistä ainoastaan lyhyellä iskulla. Tuloksista voidaan päätellä, että kahdeksalla ylityskerralla saavutetaan lyhyttä iskua käyttämällä jyrän mittarin mukaan maksimiarvo ja Troxlerin mukaan suurin tiiviys. E2 ja E2/E1 arvot paranivat vielä 10:llä ylityskerralla, jonka jälkeen käyrät kääntyvät laskuun.

Kosteus kohteessa pysyi Troxlerin mukaan $\pm 2\%$ sisällä tavoitteesta. Keskimääräinen kerrospaksuus vaihteli melkoisesti eli 10 - 29 cm tavoitearvo oli 15 cm .

Materiaalin hienonema tiivistämisen aikana:

Verrattaessa materiaalin rakeisuuskäyriä ennen jyräystä ja kahdennentoista ylityskerran jälkeen voidaan todeta, että kerroksesta oli hienoinen poistunut eli materiaali karkeutunut.

Tähän voidaan olettaa olevan syynä pinnan voimakas kastelu, jota jouduttiin tekemään vallinneen helteen takia. Lisäksi paikoin harvahko jakava kerros materiaalin joka tiivistysvaiheessa läpäisi kantavan kerroksen hienoa materiaalia.

Materiaalinäytteiden otolla lienee myös oma vaikutuksensa asiaan ?

Tutkimusosuus 1 CA 30

Tutkimusosuudella suoritettiin tiivistys CA 30 jyrällä käyttäen molempia iskunpituuksia. Jyrän mittarin mukaan maksimi 85 saavutettiin jo ylityskerralla neljä, jonka jälkeen arvo putosi seuraavilla ylityskerroilla tasolle 80
Troxlertiiveys, levykantavuus E2 ja E2/E1 arvot saavuttivat max arvon ylityskerralla kahdeksan.

Kosteus tiivistettävässä materiaalissa pysyi troxlermittarin mukaan $\pm 2\%$ tavoitteesta 6%.

Kerrospaksuus vaihteli 10 -29 cm välillä.

Materiaalin hienoneman osalta tulos oli samaa kuin edellisessä kohteessa, missä materiaali tuli karkeammaksi jyräyksen aikana. Pistekoh- taisten käyrien vaihtelu oli suuri. Suurin yksittäinen hienonema oli 10 % ja karkeutuma lähes 15% Tästä voidaan päätellä, että kerros oli erittäin lajittunut. Lisäksi näytteenotossa on toivomisen varaa.

Koeosuus 3 CA 25

Koeosuudella kolme tiivistys suoritettiin Dynapac CA 25 jyrällä. Jyrän mittarin mukaan maksimiarvo saavutettiin kuudennella ylityskerralla kun käytettiin pitkää iskua.

Vaihdettaessa lyhyelle iskulle mittarin lukema parani aina kuudenteen-toista ylityskertaan, jolloin saavutettiin arvo 80. Troxlertiheys maksimi saavutettiin myös kuudennella ylityskerralla. Levykantavuuden E2 ja E2/E1 arvot vielä ylityskerralla kahdeksan. Lyhyellä iskulla kaikkien mittalaitteiden arvot kasvoivat neljänteen-toista ylityskertaan asti. Levykantavuuden E2 arvo saavutti tällöin tavoitearvo 230 MN/m²

Kosteus kerroksessa pysyi 6 % tavoitekosteus ± 2 % Troxlerin mukaan mutta pintaa jouduttiin kastelemaan runsaasti tavoitteessa pysymiseksi.

Kerrospaksuus ylitti koko alueella tavoitteen 15 cm suurin ylitys 5 cm

Materiaalin rakeisuuden muutos oli käyrien mukaan 1mm ja 20 mm seuloilla suuruusluokkaa 10 % karkeampi jyräyksen jälkeen kuin ennen jyräystä. Pistekohtaiset vaihtelut suuret

Tutkimusosuus 2 CA 25

Tutkimusosuudella kaksi suoritettiin tiivistys CA 25 jyrällä Jyrän mittarin maksimi-arvo saavutettiin pitkällä iskulla ajettaessa ylityskerralla kuusi. Vaihdettaessa lyhyelle iskulle suurin arvo saavutettiin ylityskerralla 10 jolloin oltiin mittarin arvossa 80.

Troxlerintiheys saavutti myös kuudennella ylityskerralla pitkällä iskulla maksimitiheyden. Levykantavuusarvot paranivat vielä ylityskerralla kahdeksan.

Lyhyelle iskulle vaihdettaessa Troxlertiheys kasvoi ylityskertaan kaksitoista. Levykantavuuksilaitteen arvot alkoivat huonontua ylityskerran kymmenen jälkeen.

Kosteus kerroksessa pysyi troxlerin 6 % tavoitekosteudessa - 2 % .Pintaa jouduttiin kastelemaan runsaasti, mutta tavoitearvoa 6 % ei kastella silti saavutettu.

Kerrospaksuus vaihteli välillä 11 - 19 cm 4 cm kun tavoitearvon oli 15 cm.

Laboratorionäytteen mukaan kerroksen rakeisuus muuttui karkeammaksi jyräyksen aikana 1mm ja 16 mm alueella ja karkeutuminen oli suuruusluokkaa 10 % . Silmämääräisesti tarkasteltuna kerroksen isommat rakeet hienonivat huomattavasti. Liitteenä on valokuvia.

Koeosuus 4:

Koeosuudella neljä käytettiin CA 30-jyrää piirturilla varustettuna.

Koeosuus on muita osuuksia lyhyempi

Jyrän mittarin mukaan saavutettiin pitkällä iskulla maksimiarvo ylityskerralla neljä.

Samoin troxlertiheys saavuttu maksimin ylityksellä neljä.

Levykantavuuslaitteen arvot paranivat ylitykseen kuusi pitkällä iskulla.

Lyhyellä iskulla jatkettaessa jyrän mittarin arvot paranivat ylitykseen neljätoista ja Troxlertiheys ylitykseen kaksitoista. Tällöin myös levykantavuuslaitte arvot olivat maksimiavoja.

Kosteus pysyi troxlerin mukaan tavoitteessa.

Kerrospaksuus alitti koko alueella tavoitepaksuuden 15 cm.

Kerrosmateriaali hienoni jyräyksen aikana käyrän 4 mm - 32mm alueella 10 % keskiarvona. Näytekohtainen vaihtelu oli suuri. Silmämääräisesti tarkasteltuna suurimmat rakeet pinnassa hienonivat huomattavasti.

Kaikissa kohteissa yhteinen piirre oli kerroksessa esiintynyt materiaalin runsas lajittuminen. Osittaisena syynä lajittumiseen oli pinnan tasaus ja muotoilu tiehöylällä. Tässä työvaiheessa huono menetelmä ja, puutteellinen ammattitaito kerroksen käsittelyssä saa materiaalin karkeat rakeet eroamaan ja muodostuu vähän hienoainesta sisältävä pinta.

TROXLERMITTARIN TOIMIVUUS

Tutkimusaikana esiintyi erityisesti alkuvaiheessa Troxlereiden toimintahäiriöitä, vikoja korjattiin maahantuojan toimesta.

Mittausmenetelmänä troxlerilla tulisi suorittaa vain suoramittauksia sitomattomista kerroksista, koska pintamittauksen tulosten hajonta oli erittäin suuri. Tämä johtunee ehkä myös käytetystä kalliomateriaalista johon pintamittaus soveltuu huonosti.

JYRÄN PIIRTURIN TOIMIVUUS

Tutkimusaikana Dynapacin kompaktometrin piirturi ei toiminut, piiruri korjattiin kerran ja vaihdettiin kerran uuteen. Tuloksia piirturin käytöstä saatiin vain CA 30:llä suoritettua viimeisestä lyhyestä koeosuudesta. Huolto ja uuden piirturin saanti jyrään oli tutkimusaikana vaikea.

JYRÄNKULJETTAJIEN AMMATTITAITO

Tutkimuksessa olleet jyrien kuljettajat olivat ammattitaitoisia. Toinen kuljettaja oli jo edellisenä vuonna suoritettun tutkimuksen koe-kuljettajana.

Valvovalta työnjohdolta kuljettajat odottivat suoritusohjeita laatukysymystä arvioitaessa.

Haastatelluista jyrän kuljettajista ei läheskään kaikilla ollut käsitystä oikean jyräysmenetelmän käytöstä. Iskunpituuksien ja värähtelytaajuuksien käyttö oli "hämärä asia.

Valvova työnjohto ei ollut opastanut jyräyksen suorittamiseen eivätkä jyrien omistajat yleensä olleet harvoja poikkeuksia lukuunottamatta antaneet ohjeita työn suorituksesta.

MATERIAALIN MUODONMUUTOS

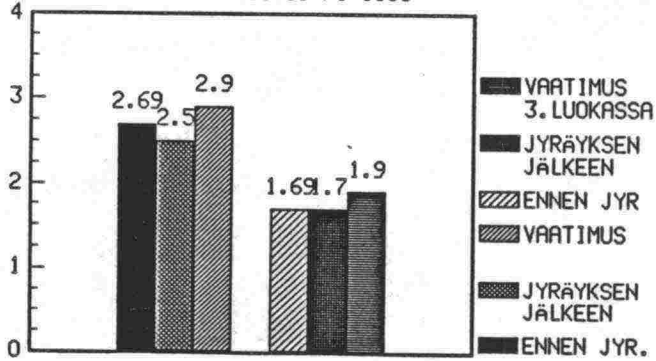
Tarkasteltaessa materiaalin muodonmuutosta suoritettun täryjyräyksen aikana ei otettujen näytteiden perusteella voida todeta materiaalin hienontuneen jyräyksessä! Päinvastoin näytteiden mukaan materiaali oli karkeammaksi jyräyksen aikana, koska silmämääräisesti tarkasteltuna jyrätyn pinnan karkeatimmat rakeet rikkoutuivat hienommaksi jyrättäessä, on todennäköistä, ettei keskiarvotarkastelu ole oikea tapa arvoitella materiaalin rakeisuusmuutosta. Tutkimuksessa saatuihin tuloksiin vaikutti myös näytteiden ottomenetelmä ja pintaan muodostunut materiaalin lajittuma kerrosten levityksen yhteydessä.

Materiaalin hienonemiskäsitettä puoltavat myöskin näytteistä tehdyt muotoarvotutkimukset joiden mukaa 6 - 12 mm kohdalla on tapahtunut materiaalin rakeiden pienenemistä kuten on havaittavissa osittain myöskin näytekohtaisissa laboratoriotuloksissa.

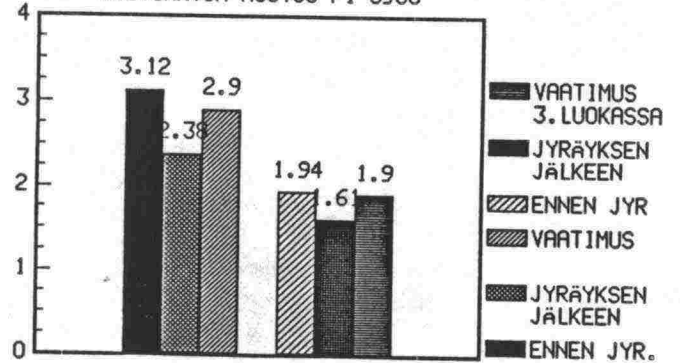
Materiaalin karkeiden rakeiden hienoneminen ei käy selville myöskään tehtyistä muotoarvotutkimuksista, koska niitä ei tehty karkeammista fraktioista.

Tulokset muotoarvon muutoksista koeosuuksittain:

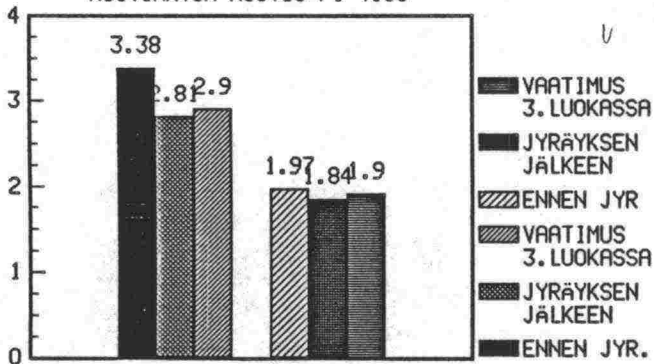
TURKU-NAANTALI KOEOSUUS 3
CA 30 16 YLITYSTÄ
MUOTOARVON MUUTOS P1 3800



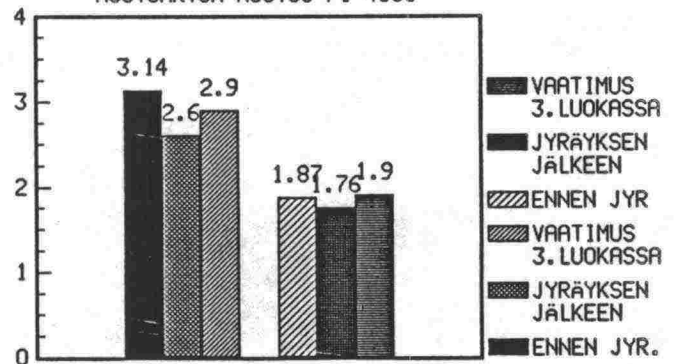
TURKU-NAANTALI KOEOSUUS 3
CA 30 16 YLITYSTÄ
MUOTOARVON MUUTOS P1 3900



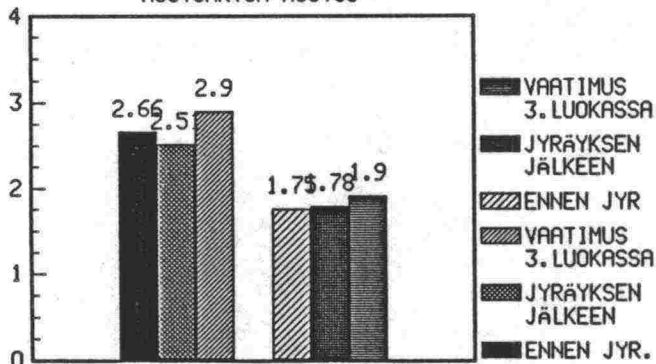
TURKU-NAANTALI KOEOSUUS 3
CA 30 16 YLITYSTÄ
MUOTOARVON MUUTOS P1 4180



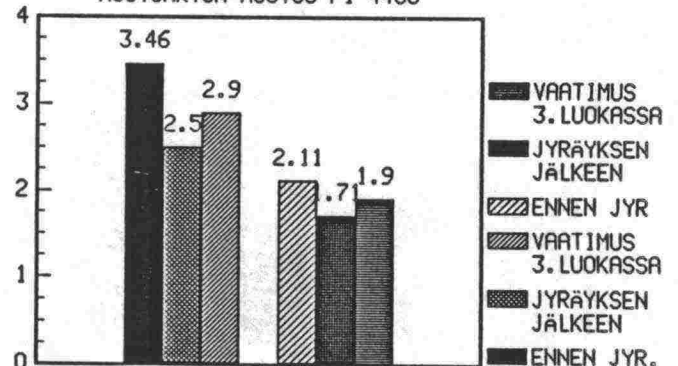
TURKU-NAANTALI TUTKIMUSOSUUS 1
CA 30 16 YLITYSTÄ
MUOTOARVON MUUTOS P1 4080



TURKU-NAANTALI KOEOSUUS 4
CA 30 16 YLITYSTÄ
MUOTOARVON MUUTOS



TURKU-NAANTALI KOEOSUUS 4
CA 30 16 YLITYSTÄ
MUOTOARVON MUUTOS P1 4400



KERROSMATERIAALIN KOSTEUS

Tutkimustulokset osoittavat, ettei tiivistettyä kerrosmateriaalia saatu pysymään näissä olosuhteissa proctorkokeen perusteella määrätyissä optimikosteudessa. Runsaasta kastelusta huolimatta jää vesipitoisuus alle sallitun tavoitekosteuden, mutta se oli kuitenkin sallituissa rajoissa.

Materiaalin kosteudesta ei ole luotettavaa laboratorion kosteusmäärittystä (Laboratorion arvot vaihtelivat 0 - 4 %). Koska aikaisemmin muissa yhteyksissä tehdyt mittaustulokset ovat antaneet viitteitä, että Troxleravo olisi liian suuri, näyttää siltä, että tutkimusaikana materiaali oli liian kuivaa.

PROCTORKOE

Karkeissa materiaaleissa on proctorkokeen teko ongelmallinen. Tutkimusaikana saadut proctortulokset osoittivat, että koska luotettavuus on heikko. Troclertiiviyyttä varten tehdyt kalibrointikokeet eivät antaneet riittävän luotettavaa arvoa.

9. JATKOTOIMENPIDE EHDOTUKSET

Tien kerrosten rakentaminen:

- rakennekerrokset tulisi rakentaa normimääräysten mukaisesti
- rakentamista tulisi valvoa huomattavasti tarkemmin (työnjohtokysymys)
- - Kerrospaksuudet
- - Kerrosmateriaalit, mitoitus eri materiaaleille
- - Materiaalin lajittuminen
- Materiaalin valmistus, väliavarastointi, kuormaus, kuljetus ja levitys kantavaan kerrokseen (kone, menetelmä ja taito)
Työn suorittajien opastaminen työntekemiseen oikein.
- - KORJAUSTOIMENA TEHDYT TYÖT NOSTAVAT KOKONAISKUSTANNUKSIA JA JA EIVÄT VÄLTÄMÄTTÄ JOHDA TASALAATUISEEN LOPPUTULOKSEEN
Esim. lajitetun kantavan kerroksen pinnan korjaus kiilaamalla hienorakeisemmalla materiaalilla

Laadunvalvontahenkilöt:

Laadunvalvontaa suorittavien henkilöiden (laporanttien) tieto/taitotaso tulisi nostaa kouluttamalla ja työnopastusta suorittamalla. Laadunvalvonnasta tulisi vastata työkohteessa ammatilaporantti (ei ke-säapulainen) joka olisi motivoitunut työhönsä ja tietäisi myöskin työnsä seuraukset.

Kaluston valinta:

Nykyisin käyttöön saatavan kaluston valinnassa tulisi huomioida ettei halvin kone saa aikaan parasta ja taloudellisinta lopputulosta. Valinta tulisi suorittaa tiivistystarpeen mukaan eli mistä tiivistyksestä on kysymys. Nykyisin saatavissa oleva kalusto on käyttöominaisuuksiltaan tehokkaampaa, työsaavutukset oikein käytetynä huomattavasti paremmat kuin aikaisemmin, joten esim. kevyemmällä jyrällä saavutetaan samalainen lopullinen työsaavutus kuin raskaammalla jyrällä kantavakerrosta jyrättäessä.

Lisäksi vältetään turhalta materiaalin rikkomiselta, jota raskaammalla jyrällä suoritettava ylijyräys enemmän aiheuttaa. Jyrän kustannuksia tuottava aika voidaan hyödyntää työntekemiseen paremmin. Kokonaisuutena maksuperusteet voisivat olla sellaiset että maksettaisiin koneelle kahdeksan tunnin palkka ja kone tekisi vain VALVOTTUNA sen työn joka on tarpeen tiivistyksen suorittamiseen.

Kuljettajien ja työnjohdon koulutus

Tutkimusaikana tehtyjen havaintojen mukaan suuri osa kuljettajista ei ole ammattotaitoisia tiivistämistyötä suorittamaan. Koneen vuokrauksen yhteydessä tulisi vuokraajan varmistua siitä että vuokratulla koneella on ammatin osaava kuljettaja. Koneen omistajalla tulisi olla valmius kuljettajan koulutuksen opastusta työn oikeaan suorittamiseen tulisi antaa myöskin koneen vuokraajan toimista.

Myöskin työnjohdolle uusi jyräkalusto ja sen antamat käyttömahdollisuudet ovat on osittain vieras asia. Jyrien kunnan testaus, joka tulisi tehdä myöskin työn kuluessa tulisi opastaa piiritasolla menetelmätekniikoiden toimesta. Jyrien uuden tekniikan koulutus tulisi järjestää työnjohdolle oman henkilökunnan toimesta siten että tiivistämiseen meidän olosuhteissa tarvittava tieto olisi hankittu olemassa olevasta tiivistystietoudesta.

Troxler

Saatujen tulosten perusteella näyttää siltä että troxler laitetta voidaan käyttää kuivatiheyden muutoksen tarkkailuun kantavankerroksen rakentamisessa, kun käytetään suoramittausmenetelmää. (pintamittausta ei tulisi käyttää karkeissa materiaaleissa. Tällä voidaan ohjata kerroksen tiivistämistä jyrästyön aikana työkohteessa.

Troxleria voidaan käyttää myös kosteuden optimointiin tiivistettävässä kerroksessa kun ensin suoritetaan vertailu laboratoriotutkimukseen massan kosteudesta ja saadaan mittarin näyttämä oikealle ohjealueelle

Materiaali

Jatkossa tulisi selvittää materiaalin rakeiden pinta-alan vaikutus kantavuuteen. Koska kokohteista saatujen tulosten mukaan materiaalin rakeisuus vaikuttaa kosteuden pysymiseen kerroksessa. Tällä on todennäköisesti myös vaikutus sekä kantavuuteen että tiiveyteen. Rakeiden pinta-alan kautta kosteuden vaikutus kerrokseen on kalliosta murskatuilla materiaaleilla todennäköisesti vielä suurempi kuin sora-keilla.

Jyrästyön ohjaus

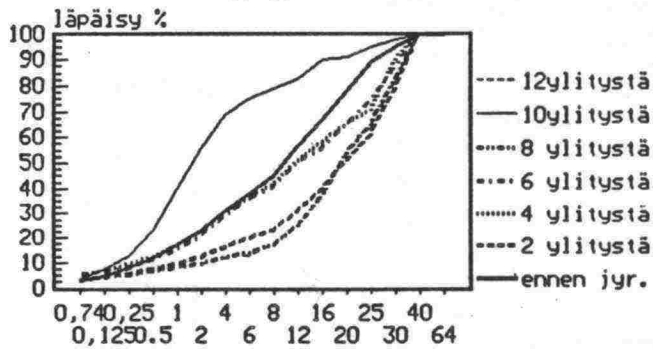
- Varmista jyrän käyttämä kierrosluku
- Varmista iskunpituus
- Varmista värähtelytaajuus
- Valitse jyrä tiivistettävän kerroksen mukaan
- Varmista kuljettajan ammattitaito

- Valitse ylityskertojen määrä tiheyden muutoksen avulla
- Vältä ylijyräys valvomalla työn suorittamista työkohteessa.
- Varmistu että jyrättävä kerros on vaadittavalla kosteusalueella
- Älä hae kantavuutta jyräämällä jos kerrokset ovat alimitoitettut

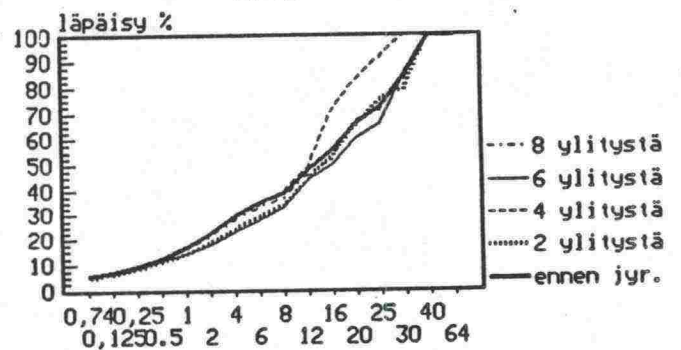
MATERIAALIN MUODONMUUTOS JYRÄYSKERROITTAIN JA KOEOSUUKSITTAIN

Liite 1

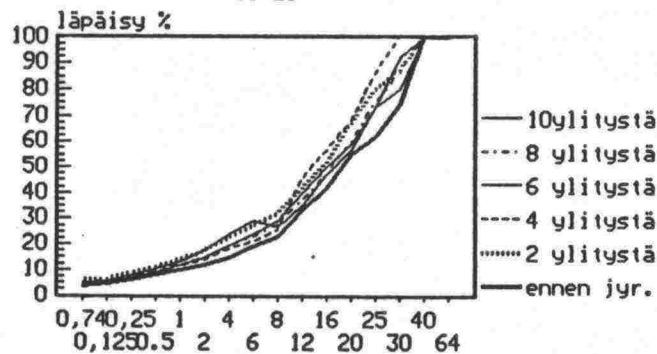
MATERIAALIN MUODONMUUTOS
JYRÄYSKERROITTAIN TUTKIMUSPISTEISSÄ
37+00



MATERIAALIN MUODONMUUTOS
JYRÄYSKERROITTAIN TUTKIMUSPISTEISSÄ
37+60



MATERIAALIN MUODONMUUTOS
JYRÄYSKERROITTAIN TUTKIMUSPISTEISSÄ
38+20

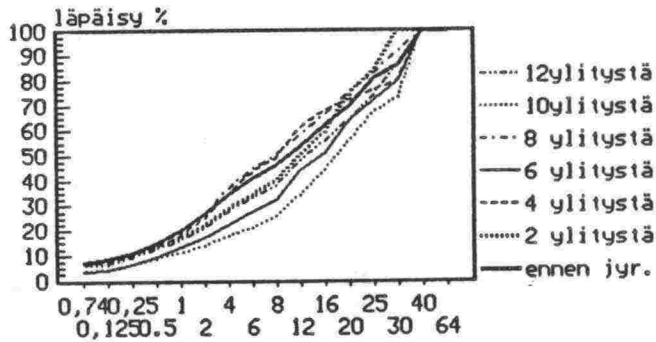


Käyrien mukaan rakeisuuden vaihtelu on erittäin suuri. Vaihtelua aiheuttaa materiaalin levitys ja pinnan tasaus, sekä osittain erot ovat muodostuneet näytteiden ottomenetelmästä.

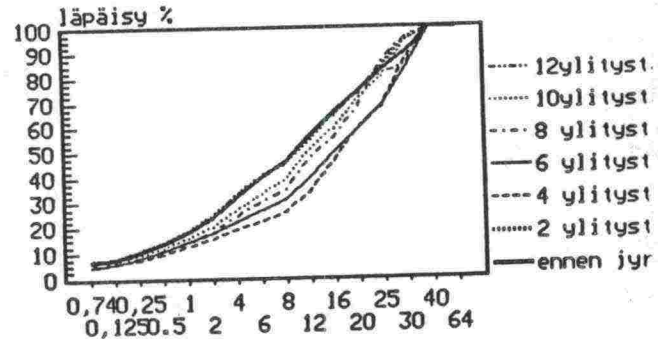
MATERIAALIN MUODONMUUTOS JYRÄYSKERROITTAIN JA KOEOSUUKSITTAIN

Liite 2

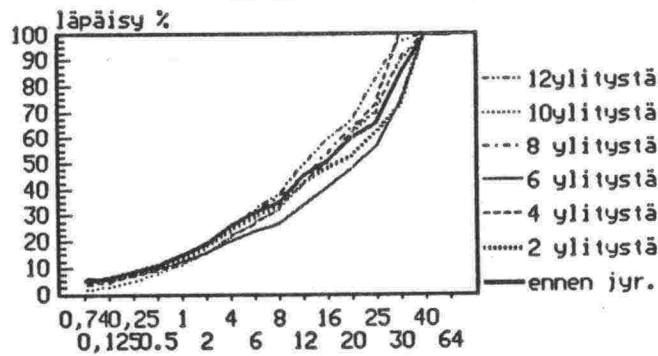
MATERIAALIN MUODONMUUTOS
JYRÄYSKERROITTAIN TUTKIMUSPISTEISSÄ
38+40



MATERIAALIN MUODONMUUTOS
JYRÄYSKERROITTAIN TUTKIMUSPISTEISSÄ
39+00



MATERIAALIN MUODONMUUTOS
JYRÄYSKERROITTAIN TUTKIMUSPISTEISSÄ
39+60

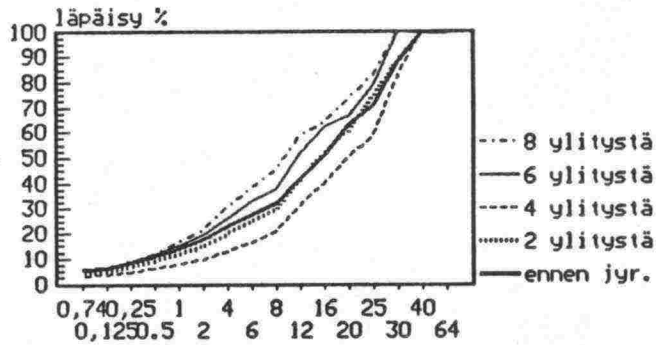


Käyrien mukaan rakeisuuden vaihtelu on erittäin suuri. Vaihtelua aiheuttaa materiaalin levitys ja pinnan tasaus, sekä osittain erot ovat muodostuneet näytteiden ottomenetelmästä.

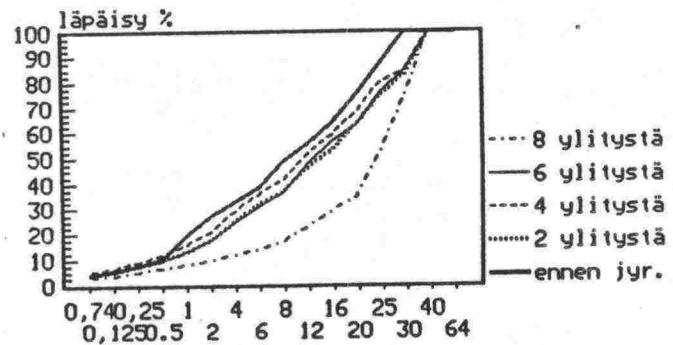
MATERIAALIN MUODONMUUTOS JYRÄYSKERROITTAIN JA KOEOSUUKSITTAIN

Liite 5

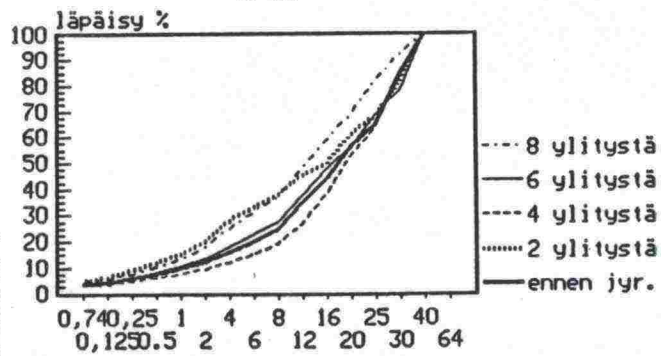
MATERIAALIN MUODONMUUTOS
JYRÄYSKERROITTAIN TUTKIMUSPISTEISSÄ
39+80



MATERIAALIN MUODONMUUTOS
JYRÄYSKERROITTAIN TUTKIMUSPISTEISSÄ
40+40



MATERIAALIN MUODONMUUTOS
JYRÄYSKERROITTAIN TUTKIMUSPISTEISSÄ
40+80

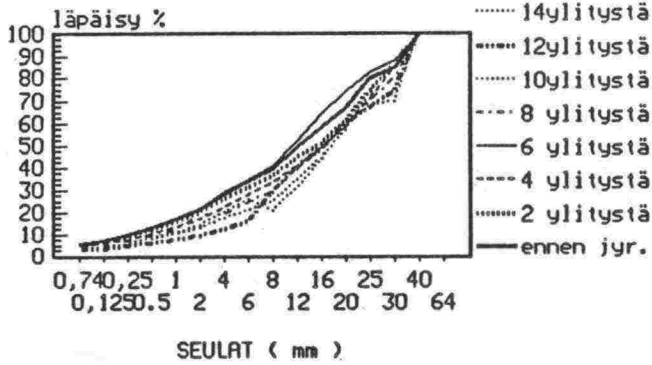


Käyrien mukaan rakeisuuden vaihtelu on erittäin suuri. Vaihtelua aiheuttaa materiaalin levitys ja pinnan tasaus, sekä osittain erot ovat muodostuneet näytteiden ottomenetelmästä.

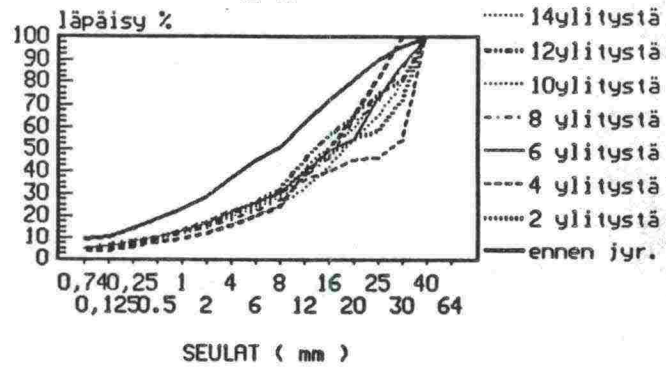
MATERIAALIN MUODONMUUTOS JYRÄYSKERROITTAIN JA KOESUUKSITTAIN

Liite 4

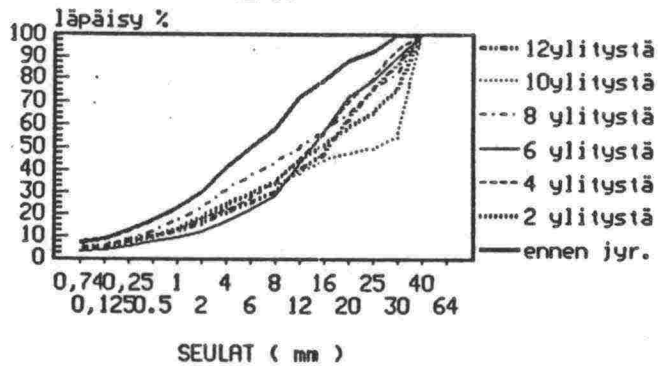
MATERIAALIN MUODONMUUTOS
JYRÄYSKERROITTAIN TUTKIMUSPISTEISSÄ
41+40



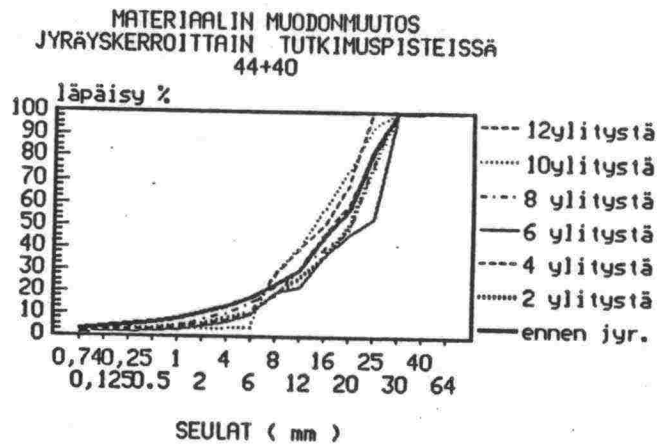
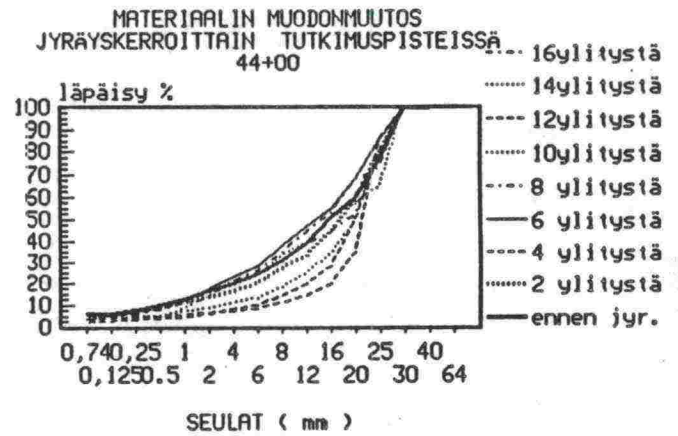
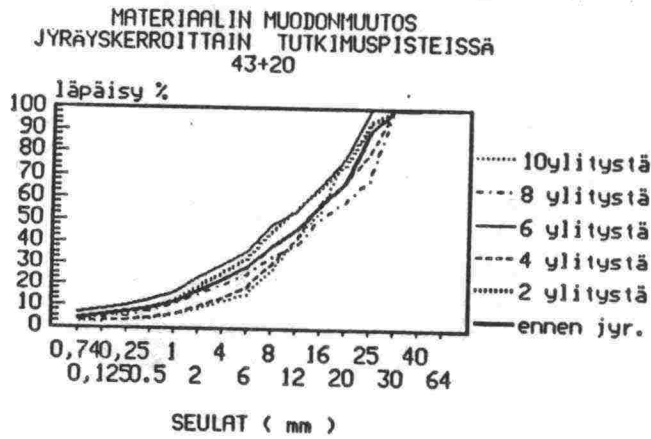
MATERIAALIN MUODONMUUTOS
JYRÄYSKERROITTAIN TUTKIMUSPISTEISSÄ
42+00



MATERIAALIN MUODONMUUTOS
JYRÄYSKERROITTAIN TUTKIMUSPISTEISSÄ
42+80



Käyrien mukaan rakeisuuden vaihtelu on erittäin suuri. Vaihtelua aiheuttaa materiaalin levitys ja pinnan tasoitus, sekä osittain erot ovat muodostuneet näytteidenottomenetelmästä.



Käyrien mukaan rakeisuuden vaihtelu on erittäin suuri. Vaihtelua aiheuttaa materiaalin levitys ja pinnan tasaus, sekä osittain erot ovat muodostuneet näytteiden ottomenetelmästä.

TVL:n Turun piiri

6.10.1988

Tieosa/työmaa Turku-Naantali			
Näytteen ottoaika Jyrätty näyte P1 44+00 ja jyräämätön näyte P1 44+00			
Näytteen laatu <input type="checkbox"/> louhoskiveä <input type="checkbox"/> kiviä <input type="checkbox"/> soraa <input type="checkbox"/> murskettua <input type="checkbox"/> murskesoraa <input type="checkbox"/> sepeliä, lajite mm			
Näytteen ottoaika		Näytteen ottaja	
		mm	
Käyttötarkoitus			
		mm	
Kivilaji			
Näytteen tunnus		189	193
Tutkimustulokset:			
Kiintotiheys	2,75	2,77	
Los Angelesluku	-	-	
Parannettu haurausarvo	14,3	17,6	
Muotoarvo (c/a, b/a)	2,50/1,71	3,46/2,11	
Murtopintaluku			
Irtotiheys \square mm			
Liete (\square <0,074 mm)			
Humus (NaOH)			
Kelpoisuus:			
Laatuluokka			
Huomautuksia			
Vaatimukset:			Geologi
Laatuluokka	Los A-luku	Parannettu haurausarvo	Muotoarvo
I	< 25	< 22	< 2,5/< 1,7
II	< 30(33)	< 26(28)	< 2,7/< 1,8
III	< 35(38)	< 30(32)	< 2,9/< 1,9
Sulkuarvoja voidaan käyttää vain materiaalin puutealueilla, jos taloudelliset vertailulaskelmat sitä edellyttävät.			Kari Lappalainen

TVL:n Turun piiri

6.10.1988

Tieosa/työmaa Turku-Naantali Pl 40+80	
Näytteen ottoaika Jyvämmätön näyte, Pl 40+80 ja jyrätty näyte Pl 4080	
Näytteen laatu <input type="checkbox"/> louhoskiveä <input type="checkbox"/> kiviä <input type="checkbox"/> soraa <input type="checkbox"/> murskettä <input type="checkbox"/> murskesoraa <input type="checkbox"/> sepeliä, lajite mm	
Näytteen ottoaika	Näytteen ottaja
Käyttötarkoitus	mm
Kivilaji	mm

Näytteen tunnus	188	182	
Tutkimustulokset:			
Kiintotiheys	2,69	2,70	
Los Angelesluku	-	-	
Parannettu haurausarvo	23,6	15,3	
Muotoarvo (c/a, b/a)	3,14/1,87	2,60/1,76	
Murtopintaluku			
Irtotiheys \square mm			
Liete (\square <0,074 mm)			
Humus (NaOH)			
Kelpoisuus:			
Laatuluokka			

Huomautuksia

Vaativukset:	Los A-luku	Parannettu haurausarvo	Muotoarvo	Geologi
Laatuluokka				
I	≤ 25	≤ 22	≤ 2,5/≤ 1,7	
II	≤ 30(33)	≤ 26(28)	≤ 2,7/≤ 1,8	
III	≤ 35(38)	≤ 30(32)	≤ 2,9/≤ 1,9	
Sulkuarvoja voidaan käyttää vain materiaalin puutealueilla, jos taloudelliset vertailulaskelmat sitä edellyttävät.				Kari Lappalainen

TVL:n Turun piiri

6.10.1988

Tieosa/työmaa Turku-Naantali			
Näytteen ottoaika Jyvämmätön näyte Pl 41+80 ja jyrätty näyte TVH:lle 4180			
Näytteen laatu <input type="checkbox"/> louhoskiveä <input type="checkbox"/> kiviä <input type="checkbox"/> soraa <input type="checkbox"/> mursketta <input type="checkbox"/> murskesoraa <input type="checkbox"/> sepeliä, lajite mm			
Näytteen ottoaika		Näytteen ottaja	
		mm	
Käyttötarkoitus			
mm			
Kivilaji			
Näytteen tunnus			
		186	192
Tutkimustulokset:			
Kiintotiheys		2,70	2,70
Los Angelesluku		-	-
Parannettu haurausarvo		20,8	21,8
Muotoarvo (c/a, b/a)		3,38/1,97	2,81/1,84
Murtopintaluku			
Irtotiheys [] mm			
Liete ([] <0,074 mm)			
Humus (NaOH)			
Kelpoisuus:			
Laatuluokka			
Huomautuksia			
Vaatimukset:			
Los A-luku	Parannettu haurausarvo	Muotoarvo	Geologi
Laatuluokka			
I	≤ 25	≤ 22	≤ 2,5/≤ 1,7
II	≤ 30(33)	≤ 26(28)	≤ 2,7/≤ 1,8
III	≤ 35(38)	≤ 30(32)	≤ 2,9/≤ 1,9
Sulkuarvoja voidaan käyttää vain materiaalin puutealueilla, jos taloudelliset vertailulaskelmat sitä edellyttävät.			
			Kari Lappalainen

TVL:n _____ Turun _____ piiri

6.10.1988

Tieosa/työmaa	
Näytteen ottoaika	
3900 jyrätty kantava, jyrätty näyte kantava 3800 (kaikkien jyräyksien jälkeen)	
Näytteen laatu	
<input type="checkbox"/> louhoskiveä <input type="checkbox"/> kiviä <input type="checkbox"/> soraa <input type="checkbox"/> murskettä <input type="checkbox"/> murskesoraa <input type="checkbox"/> sepeliä, lajite mm	
Näytteen ottoaika	Näytteen ottaja
	mm
Käyttötarkoitus	mm

Kivilaji

Näytteen tunnus	183	191	
Tutkimustulokset:			
Kiintotiheys	2,64	2,68	
Los Angelesluku	-	-	
Parannettu haurausarvo	18,3	15,0	
Muotoarvo (c/a. b/a)	2,38/1,61	2,50/1,70	
Murtopintaluku			
Irtotiheys [] mm			
Liete ([] <0,074 mm)			
Humus (NaOH)			
Kelpoisuus:			
Laatuluokka			

Autuksia

Vaativukset:	Los A-luku	Parannettu haurausarvo	Muotoarvo	Geologi
Laatuluokka				
I	≤ 25	≤ 22	≤ 2,5/≤ 1,7	
II	≤ 30(33)	≤ 26(28)	≤ 2,7/≤ 1,8	
III	≤ 35(38)	≤ 30(32)	≤ 2,9/≤ 1,9	
Sulkuarvoja voidaan käyttää vain materiaalin puutealueilla, jos taloudelliset vertailulaskelmat sitä edellyttävät.				Kari Lappalainen

6.10.1988

TVL:n Turun piiri

Tieosa/työmaa Turku-Naantali																											
Näytteen ottoaika Perusnäyte osuus 1 ja perusnäyte kantava Pl 3900																											
Näytteen laatu <input type="checkbox"/> louhoskiveä <input type="checkbox"/> kiviä <input type="checkbox"/> soraa <input type="checkbox"/> murskettä <input type="checkbox"/> murskesoraa <input type="checkbox"/> sepeliä, lajite mm																											
Näytteen ottoaika 4.7.88		Näytteen ottaja																									
Käyttötarkoitus																											
Kivilaji																											
Näytteen tunnus		184	187																								
Tutkimustulokset:																											
Kiintotiheys		2,69	2,70																								
Los Angelesluku		-	-																								
Parannettu haurausarvo		21,7	-																								
Muotoarvo (c/a, b/a)		2,69/1,69	3,12/1,94																								
Murtopintaluku																											
Irtotiheys \square mm																											
Liete (\square <0,074 mm)																											
Humus (NaOH)																											
Kelpoisuus:																											
Laatuluokka																											
Huomautuksia																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Los A-luku</th> <th>Parannettu haurausarvo</th> <th>Muotoarvo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vaatimukset:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Laatuluokka</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>≤ 25</td> <td>≤ 22</td> <td>$\leq 2,5/\leq 1,7$</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>$\leq 30(33)$</td> <td>$\leq 26(28)$</td> <td>$\leq 2,7/\leq 1,8$</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>$\leq 35(38)$</td> <td>$\leq 30(32)$</td> <td>$\leq 2,9/\leq 1,9$</td> </tr> </tbody> </table>				Los A-luku	Parannettu haurausarvo	Muotoarvo	Vaatimukset:				Laatuluokka				I	≤ 25	≤ 22	$\leq 2,5/\leq 1,7$	II	$\leq 30(33)$	$\leq 26(28)$	$\leq 2,7/\leq 1,8$	III	$\leq 35(38)$	$\leq 30(32)$	$\leq 2,9/\leq 1,9$	Geologi
	Los A-luku	Parannettu haurausarvo	Muotoarvo																								
Vaatimukset:																											
Laatuluokka																											
I	≤ 25	≤ 22	$\leq 2,5/\leq 1,7$																								
II	$\leq 30(33)$	$\leq 26(28)$	$\leq 2,7/\leq 1,8$																								
III	$\leq 35(38)$	$\leq 30(32)$	$\leq 2,9/\leq 1,9$																								
Sulkuarvoja voidaan käyttää vain materiaalin puutealueilla, jos taloudelliset vertailulaskelmat sitä edellyttävät.			Kari Lappalainen																								

TVL:n Turun piiri

Tieosa/työmaa : Turku-Naantali																											
Näytteen ottoaika Jyrätty näyte, Pl 43+40 ja jyräämätön näyte Pl 43+40																											
Näytteen laatu <input type="checkbox"/> louhoskiveä <input type="checkbox"/> kiviä <input type="checkbox"/> soraa <input type="checkbox"/> mursketta <input type="checkbox"/> murskesoraa <input type="checkbox"/> sepeliä, lajite mm																											
Näytteen ottoaika		Näytteen ottaja																									
		mm																									
Käyttötarkoitus mm																											
Kivilaji																											
Näytteen tunnus 185 190																											
Tutkimustulokset:																											
Kiintotiheys	2,71	2,72																									
Los Angelesluku	-	-																									
Parannettu haurausarvo	15,1	-																									
Muotoarvo (c/a, b/a)	2,51/1,78	2,66/1,75																									
Murtopintaluku																											
Irtotiheys \square mm																											
Liete (\square <0,074 mm)																											
Humus (NaOH)																											
Kelpoisuus:																											
Laatuluokka																											
Huomautuksia																											
V																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Los A-luku</th> <th>Parannettu haurausarvo</th> <th>Muotoarvo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vaatimukset:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Laatuluokka</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>≤ 25</td> <td>≤ 22</td> <td>≤ 2,5/≤ 1,7</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>≤ 30(33)</td> <td>≤ 26(28)</td> <td>≤ 2,7/≤ 1,8</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>≤ 35(38)</td> <td>≤ 30(32)</td> <td>≤ 2,9/≤ 1,9</td> </tr> </tbody> </table>				Los A-luku	Parannettu haurausarvo	Muotoarvo	Vaatimukset:				Laatuluokka				I	≤ 25	≤ 22	≤ 2,5/≤ 1,7	II	≤ 30(33)	≤ 26(28)	≤ 2,7/≤ 1,8	III	≤ 35(38)	≤ 30(32)	≤ 2,9/≤ 1,9	Geologi
	Los A-luku	Parannettu haurausarvo	Muotoarvo																								
Vaatimukset:																											
Laatuluokka																											
I	≤ 25	≤ 22	≤ 2,5/≤ 1,7																								
II	≤ 30(33)	≤ 26(28)	≤ 2,7/≤ 1,8																								
III	≤ 35(38)	≤ 30(32)	≤ 2,9/≤ 1,9																								
Sulkuarvoja voidaan käyttää vain materiaalin puutealueilla, jos taloudelliset vertailulaskelmat sitä edellyttävät.			Kari Lappalainen																								

LUETTELO VALOKUVISTA

Kuva nro	Aihe
1	Ennen jyräystä koeosuus yksi CA 30
2.	Ensimmäisen jyräyksierron jälkeen koeosuus yksi CA 30
3.	Toisen jyräyksierron jälkeen "
4.	Kolmannen jyräyskierron jälkeen "
5.	Neljännän jyräyskierron jälkeen "
6.	Ennen jyräystä koeosuus kolme CA 25
7.	Ensimmäisen jyräyskierron jälkeen koeosuus kolme CA 25
8.	Toisen jyräyskierron jälkeen "
9.	Kolmannen jyräyskierron jälkeen "
10.	Neljännän jyräyskierron jälkeen "
11.	Ennen jyräystä koeosuus kaksi CA 30
12.	Ensimmäisen jyräyskierron jälkeen koeosuus kaksi CA 30
13.	Toisen jyräyskierron jälkeen "
14.	Kolmannen jyräyskierron jälkeen "
15.	Neljännän jyräyskierron jälkeen "
16.	Ensimmäisen jyräyksierron jälkeen tutkimusosuus yksi CA 30
17.	Toisen jyräyskierron jälkeen tutkimusosuus "
18.	Kolmannen jyräyskierron jälkeen "
19.	Neljännän jyräyskierron jälkeen "
20.	Viidennen jyräyskierron jälkeen "
21.	Ennen jyräystä koeosuus neljä CA 30
22.	Toisen jyräyskierron jälkeen "
23.	Neljännän jyräyskierron jälkeen "
24.	kahdeksannen jyräyskierron jälkeen "

TÄRYJYRIEN AMPLITUDI- JA TAAJUUSMITTAUKSET 1988

Ajankohta
Kesäkuu 1988

Piirit
Turun , Mikkelin ja Keski-Suomen piirit

Aloite
Mittaukset sisältyvät rakentamistalouden toimiston täryjyräyksen laadunvarmistuksen tutkimusprojektiin. Tutkimus tehdään em piireissä kesällä 1988. Tutkimusten vetäjät Pentti Honkanen, Kari Häkkinen ja Antti Piirainen olivat piirissään mukana näissä mittauksissa.

Mittauslaitteet
BK2511 tärinämittari, Rion 1679 taajuussuodatin ja Rion LR04 piirturi. Edellisten rinnalla tehtiin mittaukset myös työnjohdolle kenttäkäyttöön tarkoitetuilla välineillä: Amplitude meter teipillä ja Treysit Sirometer taajuusmittarilla. Mittaaja Heikki Tomi TVH, Rr.

Mittaustapa
Mittauksissa selvitettiin jyrrien nimellisamplitudi, joka on joustavalla alustalla, tässä tapauksessa kahden vanhan kuorma-auton renkaan päällä, mitattu amplitudi. Todellinen amplitudi jyrästyössä riippuu mm tiivistettävän kerroksen ominaisuuksista ja on suurempi.

Mittausanturi kiinnitettiin pystysuoraan valssin päälle. Ellei toisin mainita oli anturi 1/3 etäisyydellä valssin pituudesta sen oikeassa päässä. Rinnakkaismittaukset teipillä ja taajuuskiekkolla tehtiin valssin molemmista päädyistä sen yläosasta.

Ellei toisin mainita käytettiin jyrää yleisohjeen mukaisesti lähes täydellä kierrosluvulla.

Tärysuositus
Kirjallisuustutkimuksen mukaan suositellaan seuraavia amplitudeja ja taajuuksia:

-syvätiivistys	1,5...2,0 mm	25...30 Hz
-pintatiivistys	0,4...0,9 mm	33...50 Hz

Mittaustulokset
Mittaustulosten yhteenvetotaulukko on seuraavalla sivulla. Tarkemmin tulokset on esitetty liitteessä 1. Valokuvat mitatuista jyristä ovat liitteessä 2.

Tärinämittarin ja teippi/kiekkomittausten välillä on melko systemaattinen pieni ero. Tärinämittarilla saadut tulokset ovat hieman pienempiä kuin teipillä ja kiekkolla. Käytännössä tällä erolla ei ole sanottavaa merkitystä. Mitattavan jyrän tärinäarvot / toimintakunto saadaan jyrästyötä varten riittävästi selvitettyä.

MITTAUSTULOSTEN YHTEENVETO

Mittaus no	Jyrän merkki malli vm	M i t t a u s t u l o k s e t			
		Pienempi/ainoa täry mm/Hz	Suurempi täry mm/Hz	Tärinä- mittari	Teippi/ kiekko
Turun piiri					
1.	Dynapac OH44T -62	2,2/20	2,5/20		
	Hinattava jyrä. Tulokset keskisuurella kierrosluvulla.				
2.	Wibromax W1102D -	0,5/36	0,6/40	1,7/28	1,9/29
3.	Dynapac CA15 -	0,7/28	1,0/31	1,4/28	1,8/30
4.	Dynapac CA25 -83	0,7/28	1,0/29	1,4/28	2,1/28
5.	Bitelli Jolly -84	0,3/37	0,5/37	0,7/32	1,2/32
	Vasen pää tärisee heikosti				
6.	Hamm 2410SD -86	---	1,7/25		
	Oikea pää ei tärisyt, mittaus vasemmasta päästä				
7.	Dynapac CA25D -84	0,7/30	1,0/33	1,6/30	1,8/33
8.	Simesa 290R -	0,5/30	0,8/31		
	Kaksoisvalssiijyrä				
9.	Dynapac CA15 -	1,4/28	1,7/30		
10.	Dynapac CA30 -88	0,7/30	0,9/32	1,5/30	1,7/32
Keski-Suomen piiri					
11.	Dynapac CA25 -	1,4/28	1,8/31		
12.	Bomag BW213D -88	0,7/38	0,9/38	1,3/28	1,6/30
13.	Bomag BW213D -85	0,9/40	1,1/44	1,3/30	1,6/30
Mikkelin piiri					
14.	Hamm 2401S -82	0,5/27	0,6/30	1,3 0,6/21	0,8/24
	Amplitudissa säätö 1-10. Jyrä väsyi mittausaikana, suuren säädön amplitudit alkoivat laskea.				
15.	Dynapac CA25 -	0,7/28	0,9/29	1,6/27	1,9/28
16.	Dynapac CA25 -	1,5/23	2,1/23	1,7/24	1,9/27
	Öljyvuoto, täryssä jotain pielessä.				
17.	Dynapac CA25	0,6/27	0,7/28	1,3/27	1,7/28
18.	Hamm HW2301S -85	0,5/27	0,6/25	1,2/22	1,7/23
19.	Hamm HW2301S -86	0,3/32	0,5/35	1,0/23	1,8/24
20.	Lokomo AT58B -79	1,7/27	2,1/30		
	Hinattava jyrä.				
21.	Lokomo AT58B -69 max r	1,6/28	2,0/30		
	lähes max r	3,6/23	2,7/25		
	Hinattava jyrä.				
22.	Dynapac CA25 -80	0,7/21	0,8/24	1,6/27	1,8/30

MITTAUSTULOKSET

	Tärinämittari mm / Hz	Teippi ja kiekko mm / Hz	
1. Dynapac OH 44T no 490261	vm -62	HINATTAVA	Raisio
Pieni r	3,1 / 19	3-4 / 22	v/o
Keskisuuri r	2,2 / 20	2,5 / 20	"
Suuri r	3,5 / 25, 14	3,2 / 27	"
Anturi kiinnitettiin lähelle valssin vasenta päätä.			
2. Wibromax W 1102 D no 840648203	vm		Kitula
2500 r			
Pieni amplitudi	0,5 / 36	0,6 / 40	v/o
Suuri "	1,7 / 28	1,9 / 29	"
3. Dynapac CA 15 no 492774	vm		Sauvo
TVH 575608			
Pieni amplitudi	0,7 / 28	1,0 / 31	v/o
Suuri "	1,4 / 28	1,8 / 30	"
4. Dynapac CA 25 no 575263	vm -83		Raisio
Pieni amplitudi	0,7 / 28	1,0 / 29	v/o
Suuri "	1,4 / 28	2,1 / 28	"
5. Bitelli Jolly no 02840133	vm -84		Pöytyä
Pieni amplitudi	0,3 / 37	0,2 / 39	vas
		0,5 / 37	oik
Suuri "	0,7 / 32	0,8 / 34	vas
		1,2 / 32	oik

VALSSIN VASEN PÄÄ TÄRISEE HEIKOSTI

6.Hamm 2410 SD no 2125685 vm -86

Huittinen

Pieni r	Ei mitattu	1,8 / 20	vas
		0 / 0	oik
Keskisuuri r	- " -	1,6 / 23	vas
		0 / 0	oik
Suuri r	- " -	1,7 / 25	vas
		0 / 0	oik

VALSSIN OIKEA PUOLISKO EI TARISSYT LAINKAAN

7.Dynapac CA 25 D no 575234 vm -84

Rauma

Pieni amplitudi	0,7 / 30	0,9 / 33	vas
		1,0 / 33	oik
Suuri "	1,6 / 30	2,2 / 33	vas
		1,8 / 33	oik

8.Simesa no 290R 000137D

Rauma

Etuvalssi	0,5 / 30	0,8 / 32	v/o
Takavalssi	ei mitattu	0,8 / 30	v/o

9.Dynapac CA15 no 939 S 17

Pori

	1,4 / 28	1,8 / 29	vas
		1,7 / 30	oik

10.Dynapac CA30 II D , no 577259 vm -88

Pori

Pieni amplitudi	0,7 / 30 v/o	0,9 / 32	v/o
Suuri "	1,5 / 30 v/o	1,7 / 32	v/o

11.Dynapac CA25 no 497344

Saarijärvi

	1,5 / 28 vas	2,0 / 31	vas
	1,4 / 28 oik	1,8 / 31	oik

12.Bomag BW 213 D NO 101400800337 vm -88

Pihtipudas

10640 /12100 kg			
Pieni amplitudi			
1800 r	0,8 / 28 vas	0,9 / 31	v/o
	0,8 / 30 oik		
2200 r	0,7 / 38 v/o	0,9 / 38	v/o
max	2400 r	0,7 / 38 v/o	0,9 / 41 v/o
Suuri amplitudi			
1800 r	1,3 / 28 v/o	1,6 / 30	v/o
max	1900 r	1,3 / 28 vas	1,6 / 32 v/o
		1,2 / 29 oik	

1 TUTKIMUSAIKA, -PAIKKA JA OLOSUHTEET

2 TUTKIMUSLAITTEISTO JA SEN TESTAUS

3 TUTKIMUSMENETELMISTÄ POIKKEAMINEN

4. TUTKIMUSTULOKSET PIEKSÄMÄELTÄ

- 4.1 Jakavan koeosuus
- 4.2 Jakavan tutkimusosuus
- 4.3 Jakavan koeosuus II ja tutkimusosuus II
- 4.4 Yhteenveto jakavan kerroksen tiivistämisestä
- 4.5 Kantavan koeosuus
- 4.6 Kantavan tutkimusosuus
- 4.7 Yhteenveto kantavan kerroksen tiivistämisestä

5 TUTKIMUSTULOKSET MIKKELISTÄ

- 5.1 Kantavan koeosuus
- 5.2 Kantavan tutkimusosuus I
- 5.3 Kantavan tutkimusosuus II
- 5.3 Yhteenveto Mikkelin tuloksista

1 TUTKIMUSAIKA, -PAIKKA JA OLOSUHTEET

1.1 Tutkimusaika- ja paikka:

Tutkimus suoritettiin TVL:n Mikkelin piirissä seuraavilla tienrakennushankkeilla:

- Kohde 1 10.6-23.6.1988 Mt450 Vaalijala-Kupr.
- Kohde 2 28.8-31.8.1988 Vt 13 Karikko-Siekkilä .

1.2 Olosuhteet

Kohde 1:

Kohteessa tutkittiin välpätystä luonnonsorasta rakennetun jakavan ja murskesorasta rakennetun kantavan kerroksen tiivistämistä.

Tutkimusaikana sää oli aurinkoinen/pilvinen, lämpötilan ollessa +15-+20 C.

Tutkimuskohde sijaitsi rakennetulla tieosalla, jossa alusrakennetyöt oli suoritettu talvella 1988.

Pohjamaan maalaji oli hiekkamoreenia, jonka vesipitoisuus ennen tutkimusta oli 15 - 40 % ja tutkimuksen jälkeen n. 6 - 20 %. Alusrakenteen yläpinnassa oli paikoin 5 - 10 cm:n epätaisuuksia.

Päällysrakennekerroksina oli:

suodatin	40 - 50 cm
jakava luonnonsora (lopullinen)	20 - 55 cm
kantava SrM 0-55 mm	10 - 30 cm

Suodatin (E-mod 50-70 MN/m²) ja jakava kerros (E-mod 200 MN/m²) rakennettiin n. kuukausi ennen tutkimusajankohtaa. Jakavan kerroksen paksuutta jouduttiin tutkimuksen aikana lisäämään n. 10 cm kerroksella soraa (E-mod 280 MN/m²), koska alkuperäisen kerroksen päältä ei saavutettu kuin n. 80 MN/m² kantavuus. Tässä raportissa esitetyt mittaustulokset on havaittu ensimmäisen kerroksen päältä.

Kerroksien päälle ei laskettu yleistä likennettä ennen tutkimusajankohtaa.

Kantava kerros rakennettiin päivää ennen tutkimusajankohtaa. Materiaali kipattiin jo levitetyn kerroksen päälle ja levitettiin tiehävylällä

Tutkimus oli jaettu kahteen osaan:

ns. KOEOSUUS plv 20490 - 20580, jossa pyrittiin määrittämään tarvittavat jyräskertamäärät.

ns. TUTKIMUSOSUUS plv 20640 - 20780 suoritettiin tiivistystyö koeosuuden antamien tulosten perusteella.

Kohde 2

Kohteessa tutkittiin kalliomurskeesta rakennetun kantavan kerroksen tiivistämistä.

Tutkimus suoritettiin kolmella osuudella:

ns. Koeosuus plv. 2260 - 2310, tutkimusosuus I plv. 2040 - 2200 ja tutkimusosuus II plv. 950 - 1050.

Tutkimusajankohtana sää oli sateinen/pilvinen lämpötilan ollessa 15 - 17 C.

Alusrakennetyöt oli suoritettu talvella 1988. Jakava ja suodatin oli ajettu ja tiivistetty n. kaksi viikkoa ennen tutkimusta.

Koeosuudella ja tutkimusosuudella I kantava kerros levitettiin tiehöyllä. Tutkimusosuudella II kantava kerros levitettiin PT08 penkkakoneella ja tasattiin tiehöylällä.

Koeosuudella ja tutkimusosuudella I kerroksen paksuus vaihteli 5 - 10 cm:n ja tutkimusosuudella II paksuus vaihteli 20 - 30 cm:n

2. TUTKIMUSLAITTEISTO JA SEN TESTAUS *****

2.1 Tutkimuksessa käytetyt jyrät

Kohde 1:

Itsekulkeva kumipyörävetoinen täryjyrä JTM 09 K, (DYNAPAC CA 25 D + valssiveto).

-kokonaispaino 9700 kg (valssi 5100 kg, pyörät 4600 kg).

-tiiviydentarkkailulaite Compactor meter + piirturi.

-pieni/iso amplitudi 0.8/1.6 mm.

Kohde 2:

Itsekulkeva kumipyörävetoinen täryjyvä JTM 09 K , (HAMM 2311 SD + valssiveto).

-vuosimalli 1988

-kokonaispaino 6800 kg (valssi 3600 kg, pyörät 3200 kg).

-tiiviydentarkkailulaite Compactometer HCM.

-pieni/iso amplitudi 0.7/1.5 mm.

2.2 Mittauslaitteet.

Kohteessa 1 ja 2 käytettiin samoja tiheydenmittausvälineitä.

-Troxler 1 nro 15249 malli 3412
-Troxler 2 " 15449 " "

Kohteessa 1 levykuormituslaitteena oli aluksi Mikkelin piirin laitteisto malli KOPO. Tutkimuksen aikaisessa tarkistusmittauksessa havaittiin laitteen manometrin lukeman ja todellisen kuormituksen välillä jopa 5-10 %:n heittoa. Laitteisto vaihdettiin tutkimuksen aikana Mikkelin piirin laitteistoon mallia LAUKAA. Kohteessa 2 levykuormituslaitteena oli Mikkelin piirin laitteisto malli LAUKAA.

Iskunpituus tarkistettiin amplitudin mittausteipillä malli Dynapac. Taajuuden tarkistus TREYSIT SIROMETER DGM mittarilla.

3 TUTKIMUSMENETELMISTÄ POIKKEAMINEN

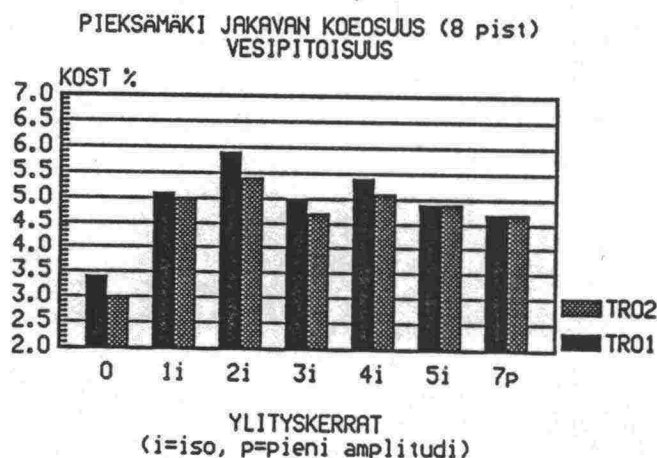
Kohteessa 1 levykuormituskokeet suoritettiin jokaisella mitauskerralla eri kohdasta, siten että siirto oli noin 30 cm.

Kohteessa 2 suoritettiin jyräys siten, että ylitys tapahtui aina samaan suuntaan ajaen.

4 TUTKIMUSTULOKSET PIEKSÄMÄELTÄ

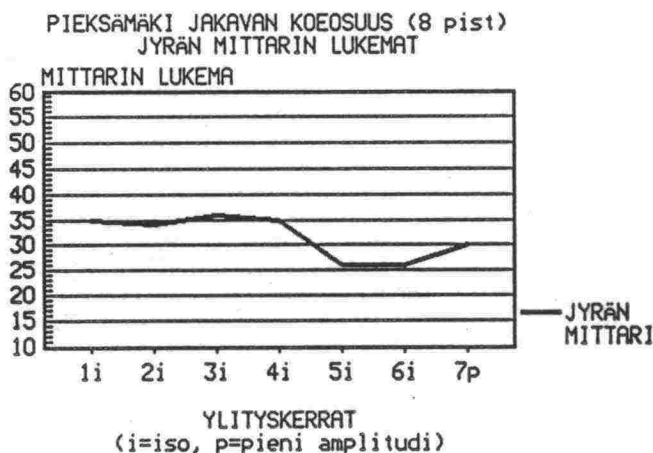
4.1 JAKAVAN KOEOSUUS / PIEKSÄMÄKI

4.1.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuudet



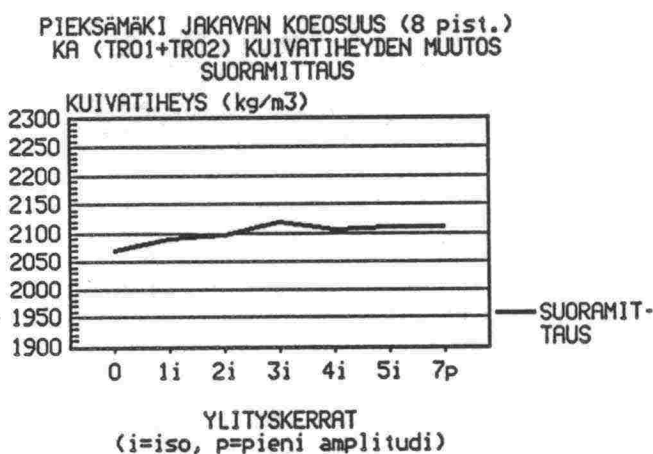
Vesipitoisuus pidettiin tutkimuksen ajan n. 5 %:ssa mikä täyttää vaatimuksen (+- 2 % optimivesipitoisuudesta. Kerrospaksuus mitattiin tutkimuksen jälkeisistä aukioista, ja paksuus vaihteli 15 - 30 cm:n välillä.

4.1.2 Jyrämittarin näyttämät



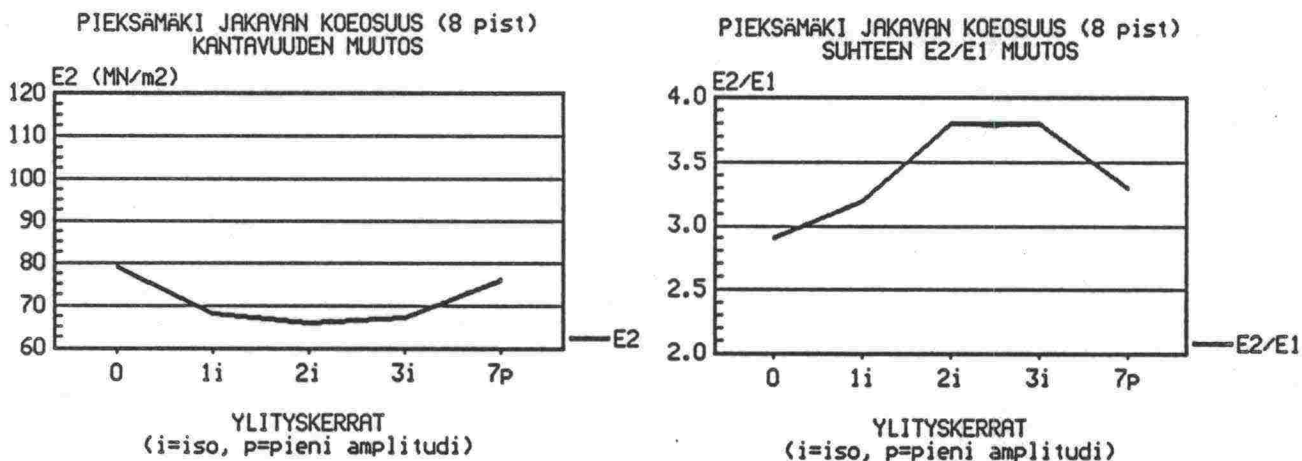
Jyrän mittarin mukaan vaadittava tiiviysaste saavutettiin neljän isolla amplitudilla ajetun ylityskerran jälkeen, jolloin olisi pitänyt vaihtaa pieni amplitudi ja jatkaa jyräystä. Tulos vastaa melko hyvin suhteellisen pientä kuivatiheyden muutosta. Suhteen E2/E1 ja kantavuuden E2 muutosta tulos ei vastaa.

4.1.3 Kuivatiheyden muutos



Materiaali oli jo lähtötilanteessa melko tiiviissä muodossa; kuivatiheys 2070 kg/m³. Tästä johtuen kuivatiheyden muutos oli melko pieni.

4.1.4 Kantavuuden E2 ja suhteen E2/E1 muutos



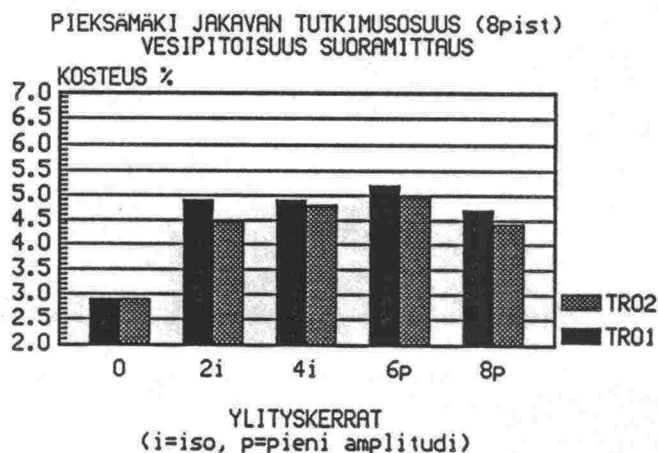
Jyrästyön edistyessä kantavuus E2 aluksi pieneni. E2 arvo kasvoi muutettaessa pienelle amplitudille. Suhde E2/E1 parani seitsemännellä ylityskerralla. Suhteen arvo oli koko ajan yli kolme. Mittaushavainnot osoittivat, että tällä rakenteella ei saavuteta vaadittavaa kantavuusarvoa. Todennäköisesti eivät jakavan kerroksen alapuolella olevat kerrokset olleet myöskään riittävästi tiivistyneet.

4.1.5 Materiaalimuutokset

Osuudelta ei otettu materiaalimuutosten määrittämiseen vaadittavia näytteitä.

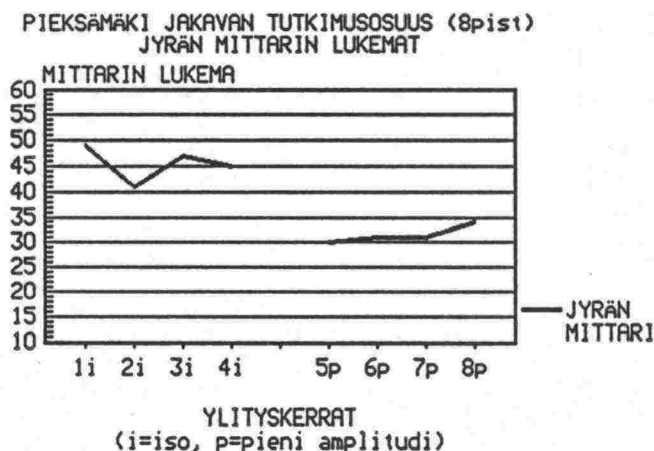
4.2 JAKAVAN TUTKIMUSOSUUS / PIEKSÄMÄKI

4.2.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus



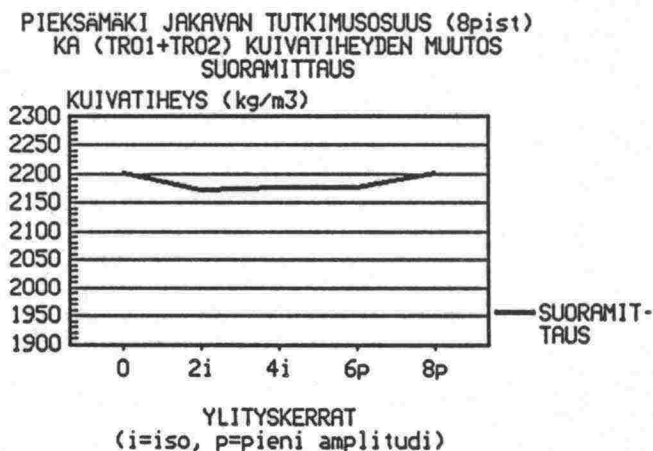
Vesipitoisuus pysyi 4.5 - 5.5 %:n välillä mikä vastaa asetettua vaatimusta. Kerrospaksuus vaihteli 15 - 30 cm:n välillä.

4.2.2 Jyrän mittarin näyttämät



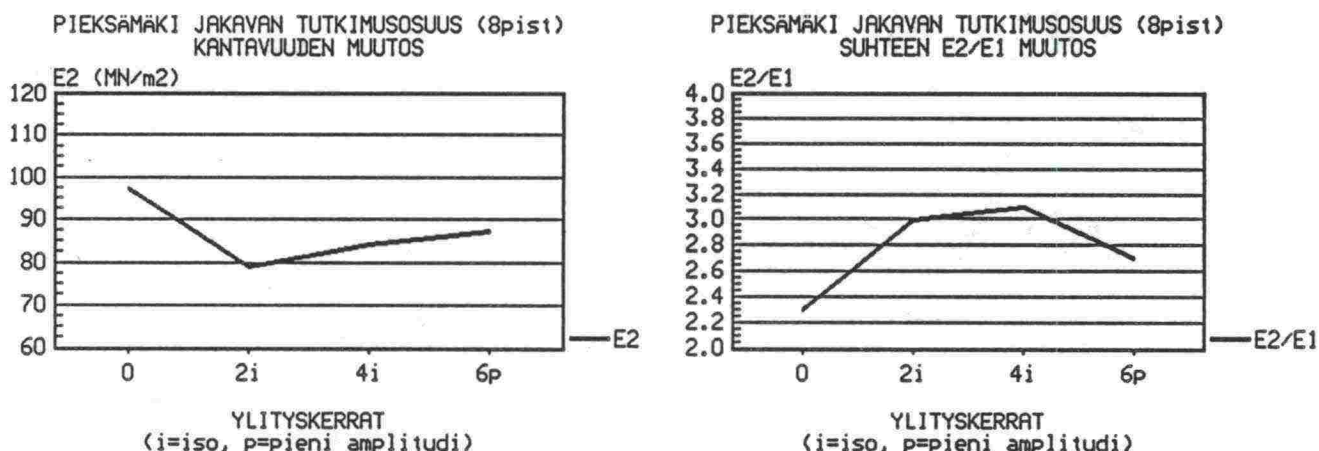
Isolla amplitudilla tiivistettäessä mittarin näyttämä vaihteli, mutta osoitti että 3 - 4 ylityskertaa riittäisi isolla amplitudilla. Pienellä amplitudilla jyrän mittarin lukema kasvoi hieman aina kahdeksanteen ylityskertaan asti. Jyrän mittarin näyttämät vastasivat melko hyvin kuivatilavuuspainon muutoksia, mutta suhteen E2/E1 ja kantavuuden E2 muutosta se ei vastannut.

4.2.3 Kuivatiheyden muutos



Materiaali oli jo kokeen alkaessa jo melko tiivistä (kuivatiheys 2200 kg/m³). Kuivatiheys pieneni lievästi jyrästyön aikana saavuttaen kahdeksan ylityskerran jälkeen alkuperäisen arvon.

4.2.4 Kantavuuden E2 ja tiiviysasteen E2/E1 muutos



Kantavuus E2 ja suhde E2/E1 huononi jyrästyön alussa. Arvot paranivat jyrästyön edistyessä. Tämä osoittaa sen, että al-
laolevat kerrokset eivät ole tiiviitä eikä tällä rakenteella
saavuteta asetettua kantavuustavoitetta.

4.2.5 Materiaalin muutokset

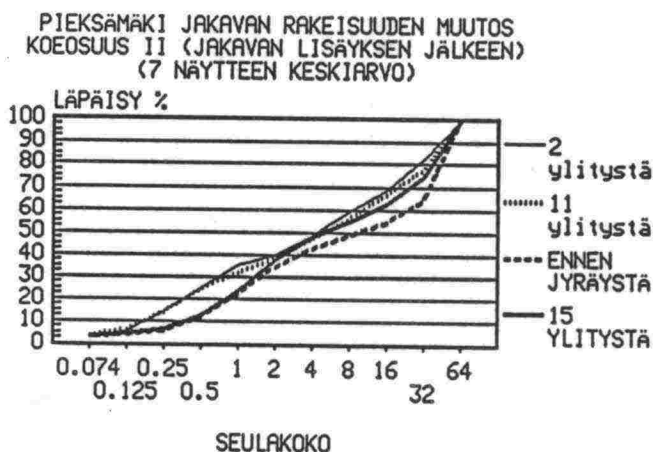
Osuudesta ei otettu materiaalinmuutosten määrittämiseen vaa-
dittavia näytteitä.

4.3 JAKAVAN KOEOSUUS II JA TUTKIMUSOSUUS II / PIEKSÄMÄKI

Koska tutkitulla rakenteella ei saavutettu vaadittua kanta-
vuutta, ajettiin jakavan kerroksen päälle 10 - 15 cm:n kerros
jakavan kerroksen soraa, joka tiivistettiin koeosuudella 15
ja tutkimusosuudella 8 kertaa.

Kerroksen päältä saavutettiin kantavuus 120 MN/m2 ja E2/E1
suhde oli 2.4.

4.3.1 Materiaalinmuutokset



Koeosuudelta otettiin ma-
teriaalinäytteet 10 cm:n
syvyydelle ennen jyräystä
sekä 2, 11 sekä 15 yli-
tyskerran jälkeen. Näyt-
teet osoittivat, että ma-
teriaali oli keskimäärin
eniten hienontunut jo
kahden ylityskerran jäl-
keen. 15 ylityskerran
jälkeen hienoneminen oli
rakeisuuskäyrien mukaan
pienempää ja 0.125 - 2
mm:n alueella hienonema
oli selvästi pienempää.
Pääsyy materiaalin hieno-
nemiseen oli hienoainek-
sen pintaannousu sekä
isompien kivien rikkoutu-
minen.

4.4 YHTEENVETO JAKAVAN KERROKSEN TIIVISTÄMISESTÄ / PIEKSÄMÄKI

Tutkimusosuudella itse jakavan kerroksen tiivistäminen vaati tutkimusjyrällä 4-5 ylityskertaa isolla amplitudilla ja 2-4 ylityskertaa pienellä amplitudilla.

Koska alapuoliset kerrokset eivät olleet tiiviit, jouduttiin osuudella suorittamaan jakavan kerroksen tiivistämistä liikaa, jonka seurauksena materiaalin rakeisuus muuttui.

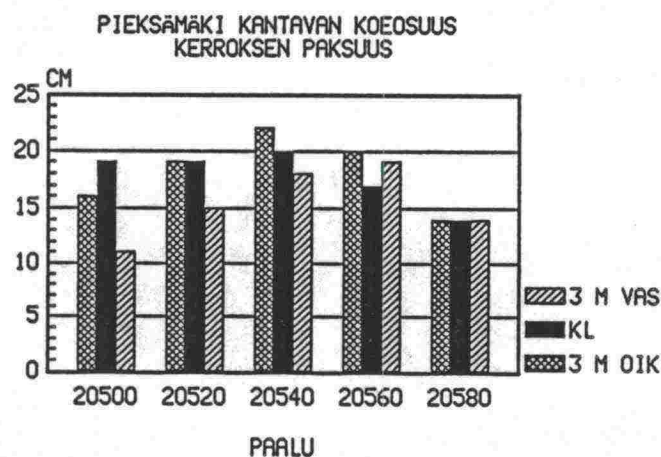
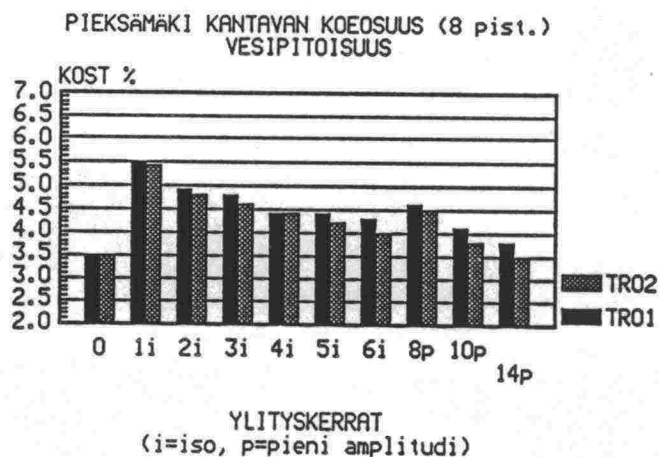
Osuuden tiivistystyötä ei voitu ohjata pelkän levykuormituskokeen perusteella, koska se ilmaisi selvästi alempien kerrosten tiivistystarvetta ja samalla aiheutti jakavan kerroksen ylijyräyksen.

Työn ohjaus ainoastaan Troxler-mittauksilla ja jyrän mittarin näyttämällä, ilman mittarin lukeman tasomäärittystä, olisi antanut jakavan kerroksen tiivistystyölle oikean tuloksen, mutta alempien kerrosten tiivistystarve ja rakenteen alimitoitus olisi jäänyt huomioimatta.

Kyseessäolevassa tapauksessa rakentamistyön ja tiivistystyön ohjaukseen tarvitaan sellaiset mittausvalineet, jotka kertovat kerrosten kantavuusvajeet (pudotuspainolaite), sekä jakavan kerroksen ja alapuolisten kerrosten tiivistämisterpeen (Troxlerin lisäksi joko pudotuspainolaite, levykuormituslaite tai jyrän mittari jolle on määritetty oikea taso koejyräyksellä)

4.5 KANTAVAN KOEOSUUS / PIEKSÄMÄKI

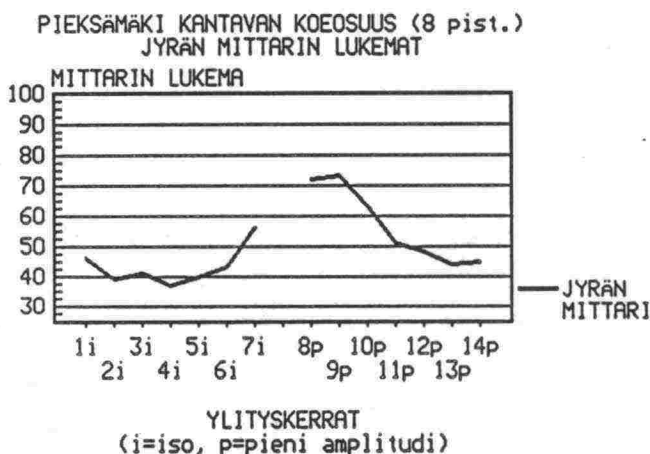
4.5.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus



Vesipitoisuus pysyi vaatimustasossa 4 - 5 %.

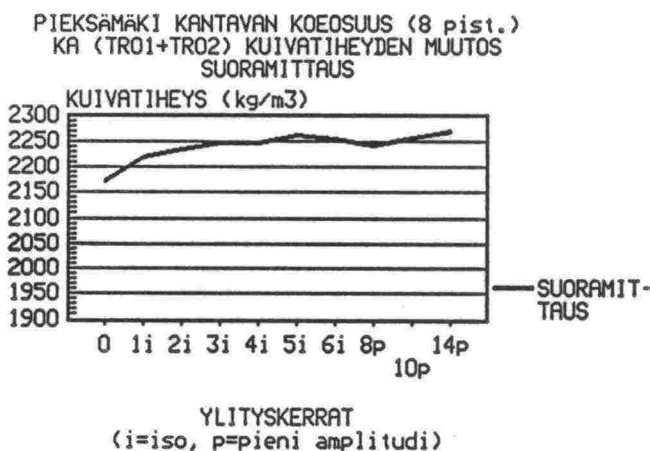
Kerrospaksuus vaihteli 11 - 22 cm:n välillä.

4.5.2 Jyrämittarin näyttämät



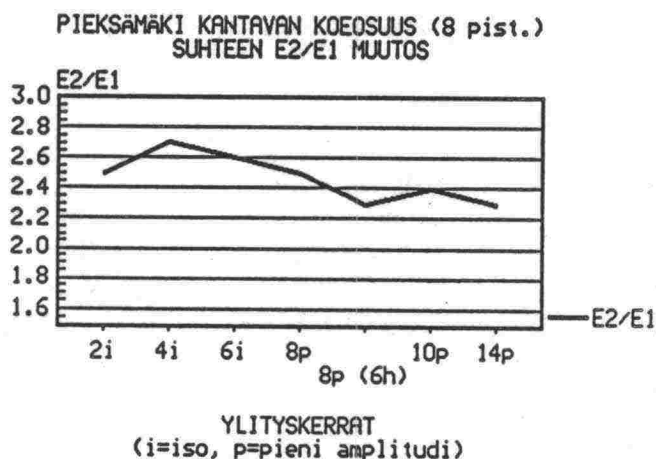
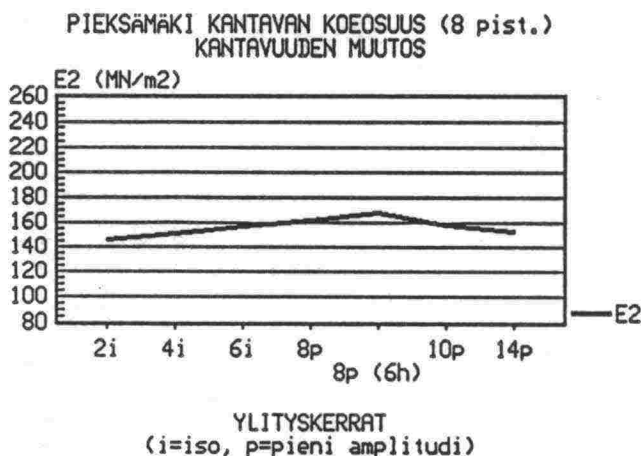
Jyrän mittarin lukema pysyi melko muuttumattomana kuuteen ylityskertaan ja nousi hieman setsemännellä ylityskerralla. Vaihdettaessa pienemälle amplitudille, alkoi jyrän mittarin lukema pienentyä yhdeksästä ylityskerrasta alkaen. Tulos ei vastannut kantavuuden E2 ja suhteen E2/E1 muutosta. Kuivatiheyden muutosta se vastasi yhdeksänteen ylityskertaan asti.

4.5.3 Kuivatiheyden muutos



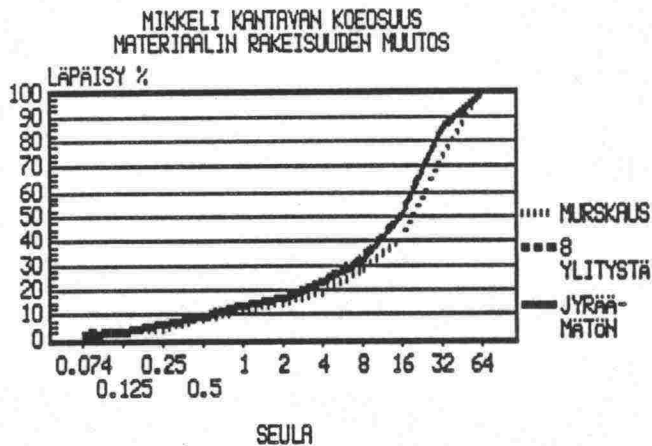
Kuivatiheys suureni viidenteen ylityskertaan asti, jonka jälkeen sanottavaa muutosta ei tapahtunut.

4.5.4 Kantavuuden E2 Ja suhteen E2/E1 muutos



Kantavuus lisääntyi hieman ja suhde E2/E1 parani kahdeksanteen ylityskertaan saakka. Tämän jälkeen ei mainittavampaa muutosta tapahtunut.

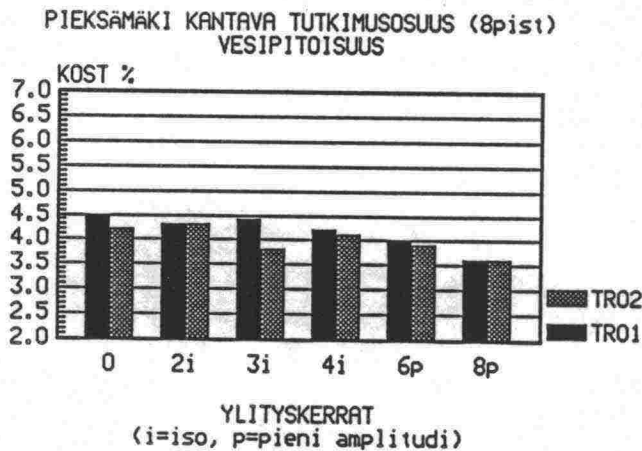
4.5.5 Materiaalimuutokset



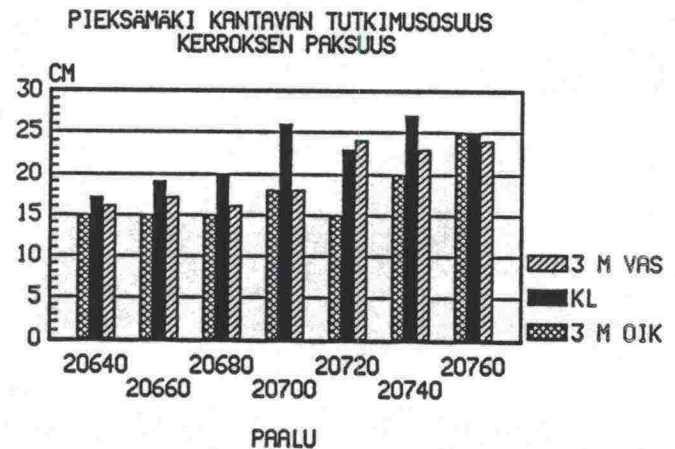
Vaikka osuudella suoritettiin 14 ylityskertaa niin materiaalissa ei esiintynyt kuin vähäistä hienonemista alle 4 mm:n rakeisuudella. Kerroksen pinnasta otetuista valokuvista (kuvat 1 - 7 ja 8 - 14) havaitaan, että kiviä rikkoontuu jonkin verran, mutta niiden vaikutus rakeisuuteen oli ilmeisen vähäinen.

4.6 KANTAVAN TUTKIMUSOSUUS / PIEKSÄMÄKI

4.6.1 vesipitoisuus ja kerrospaksuudet

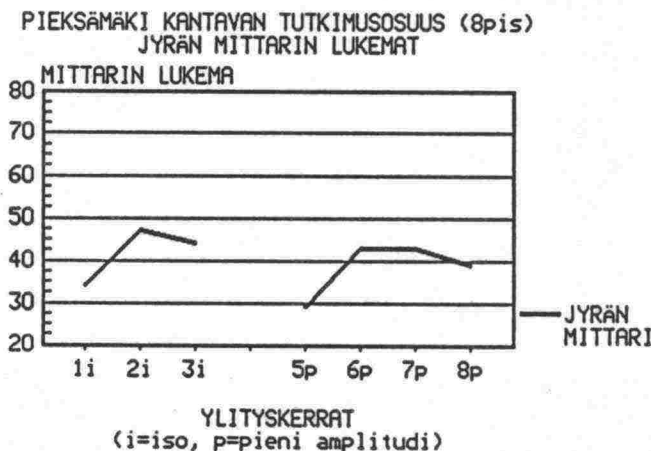


Vesipitoisuus pysyi vaatimustason alarajalla johtuen lämpimästä säästä.



Kerrospaksuudet vaihtelivat 15 - 27 cm:n välillä.

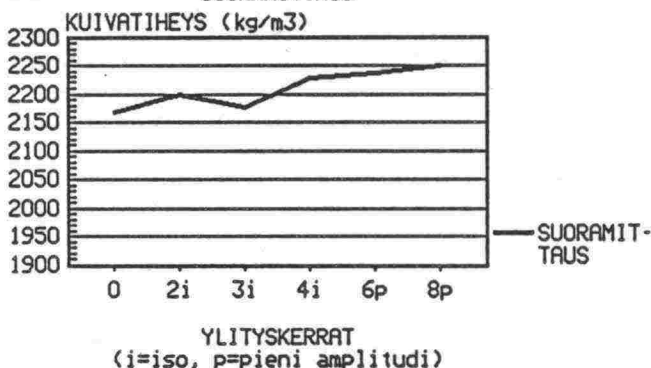
4.6.2 Jyrän mittarin näyttämät



Jyräys oli suunniteltu suoritettavaksi koeosuiden perusteella siten että isolla amplitudilla suoritettiin 4 ylitystä ja pienellä 2 ylitystä. Jyrän mittarin mukaan olisi riittänyt kolme ylitystä isolla amplitudilla.

4.6.3 Kuivatiheyden muutos

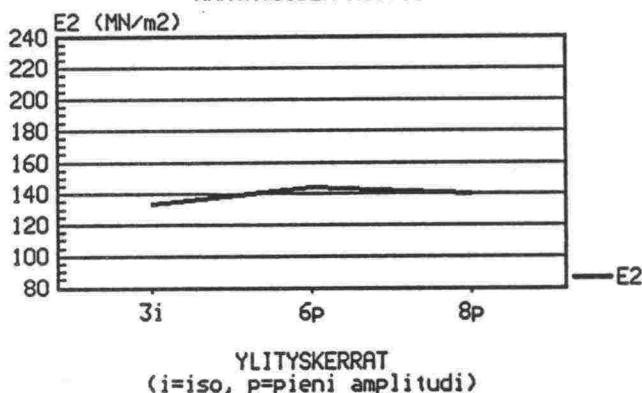
PIEKSÄMÄKI KANTAVA TUTKIMUSOSUUS (8pis)
KA (TR01+TR02) KUIVATIHEYDEN MUUTOS
SUORAMITTAUS



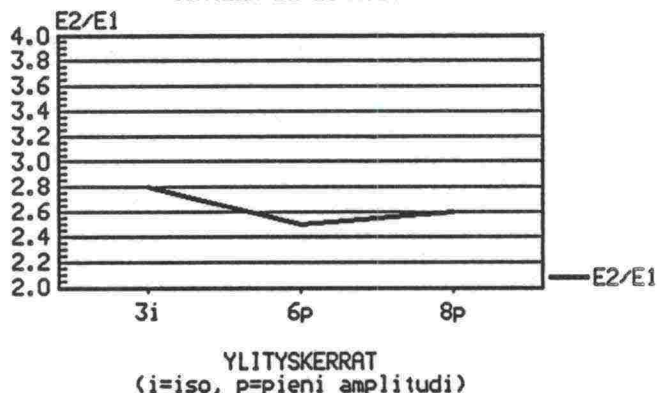
Kuivatiheys kasvoi koko tiivistystyön ajan lukunottamatta kolmannella ylityskerralla tapahtunutta lievää laskua. Kuivatiheys saavutti koeosuudella saavutetun arvon 99 %:sti.

4.6.4 Kantavuuden E2 ja suhteen E2/E1 muutos

PIEKSÄMÄKI KANTAVAN TUTKIMUSOSUUS (8pis)
KANTAVUUDEN MUUTOS



PIEKSÄMÄKI KANTAVAN TUTKIMUSOSUUS (8pis)
SUHTEN E2/E1 MUUTOS

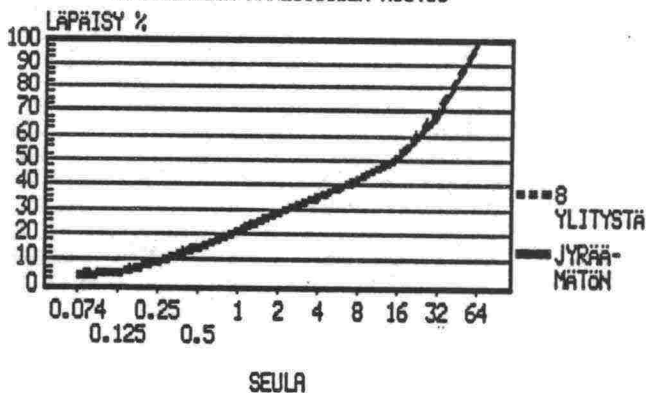


Kantavuus E2 pysyi koko tiivistystyön ajan lähes muuttumattomana

Suhde E2/E1 parani hieman, mutta se oli kuitenkin huono (2.4 - 2.6).

4.5.5 Materiaalimuutokset

PIEKSÄMÄKI KANTAVAN TUTKIMUSOSUUS
MATERIAALIN RAKEISUUDEN MUUTOS



Rakeisuuskäyrän perusteella ei materiaalissa tapahtunut mitään muutosta, jota havaintoa tukee myös valokuvat 15 - 18 ja 19 - 22.

4.7 YHTEENVETO KANTAVAN KERROKSEN TIIVISTÄMISESTÄ / PIEKSÄMÄTKI

Koeosuudella saatujen tulosten perusteella määritetyt tutkimusosuuden jyräyskertamäärät olivat oikeat, koska tutkimusosuudella saavutettiin tavoiteltu kuivatiheyden arvo.

Suhteen E2/E1 perusteella olisi kohde vaatinut lisäjyräystä, koska saavutettiin vain arvo 2.4. Jyräys tämän mukaan olisi ollut tarpeetonta, koska tutkimusosuuden 14 ylityskerrallaan ei saavutettu kuin arvo 2.3. Kantavuuteen E2 ei jyräys vaikuttanut sanottavasti.

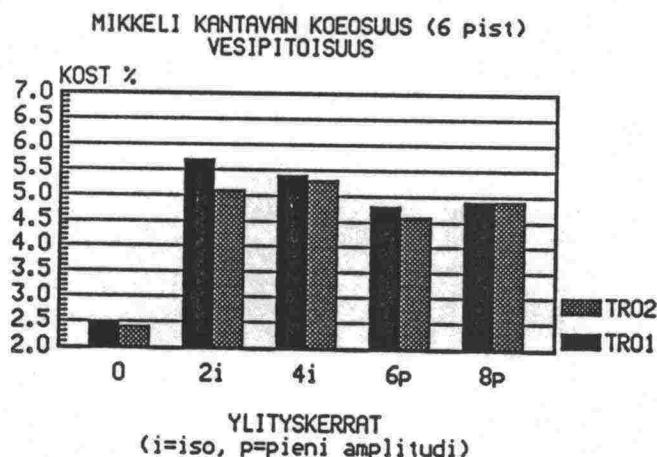
Jyrän mittarin näyttämät poikkesivat koe- ja tutkimusosuudella toisistaan. Tämä johtunee alapuolisten rakenteiden erilaisista tiiviysasteista (koeosuuden jakavaa oli jyrätty enemmän).

Tulosten perusteella tiivistetyn jakavan kerroksen päälle rakennetun kantavan kerroksen tiivistystyön ohjaukseen näyttää soveltuvan parhaiten menetelmä, jossa koejyräysalueella määritetään ylityskertamäärä jolla saavutetaan suurin kuivatilavuuspainon arvo. Jyrän mittarin lukemataso määritellään koealueella ja levykuormituskokeella tai pudotuspainokokeella tarkistetaan saavutetaanko tavoitekantavuus. Työkohteessa jyräys suoritetaan koealueen ylityskertamäärien mukaan ja tulosta seurataan kuivatiheyden ja jyrän mittarin lukemien perusteella.

5 TUTKIMUSTULOKSET MIKKELISTÄ

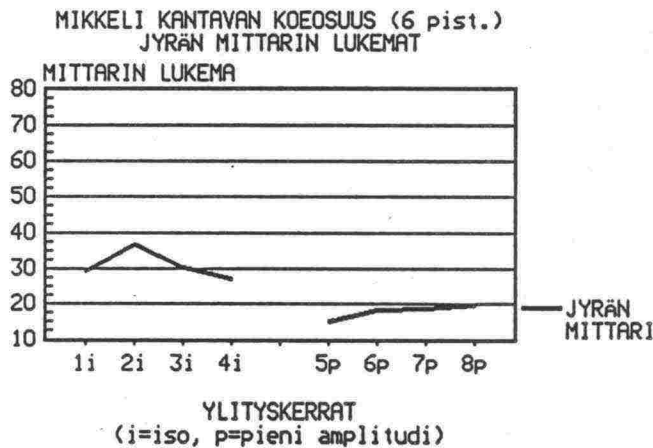
5.1 KANTAVAN KOEALUE / MIKKELI

5.1.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus



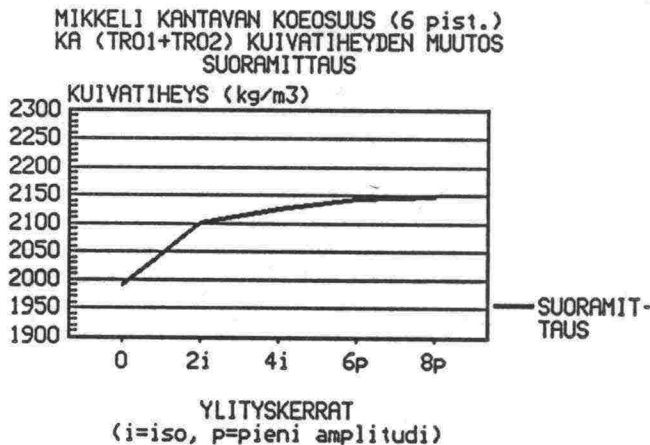
Vesipitoisuus pysyi hyvin vaaditussa tasossa vaihdellen 4.5 - 5.5 %:n välillä. Kerrospaksuus vaihteli 5 - 10 cm:n välillä.

5.1.2 Jyrän mittarin näyttämät



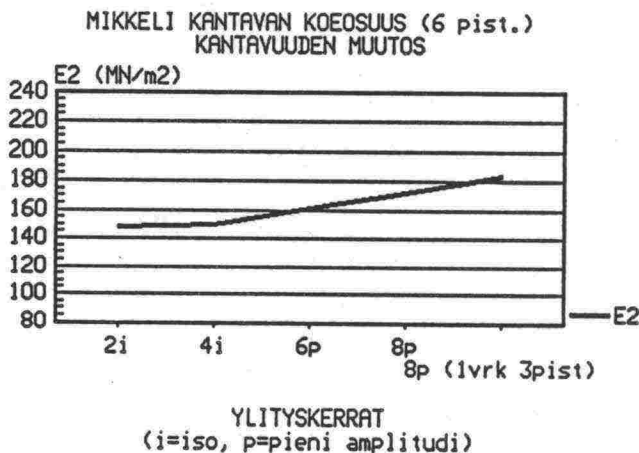
Jyrän mittarin mukaan kahdella isolla amplitudilla suoritettuna ylityskerran jälkeen olisi pitänyt vaihtaa pienelle amplitudilla. Tulos ei vastannut kuivatiheyden, kantavuuden eikä suhteen E2/E1 muutosta.

5.1.3 Kuivatiheyden muutos

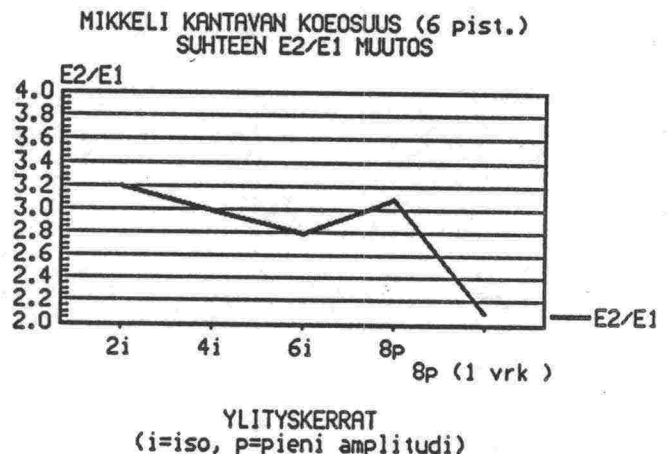


Kuivatiheys kasvoi koko tiivistystyön ajan 2150 kg/m³ maksimiarvoon saakka.

5.1.4 Kantavuuden E2 ja suhteen E2/E1 muutos

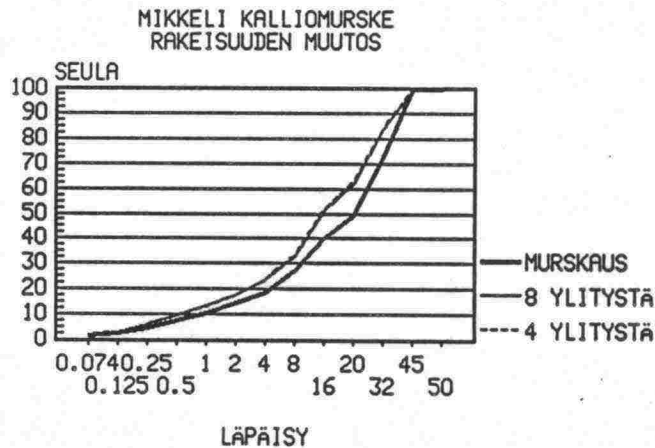


Kantavuus kasvoi koko tiivistystyön ajan, mutta kantavuus parani myös seuraavan vuorokauden aikana, vaikka ei tiivistetty.



Suhteen E2/E1 arvo parani isolla amplitudilla, mutta alkoi huonontua kun vaihdettiin pienelle amplitudille. Arvo parani jälleen vuorokaudessa, vaikka ei jyrätty enää.

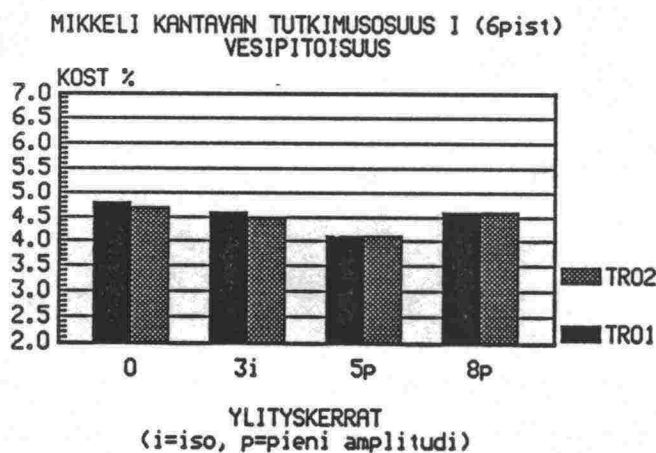
5.1.5 Materiaalimuutokset



Materiaalin rakeisuus ei muuttunut jyrästyön aikana. Materiaali tielle levitettynä puintaosastaan (10 cm) hienompaa kuin murskausaikaiset näytteet.

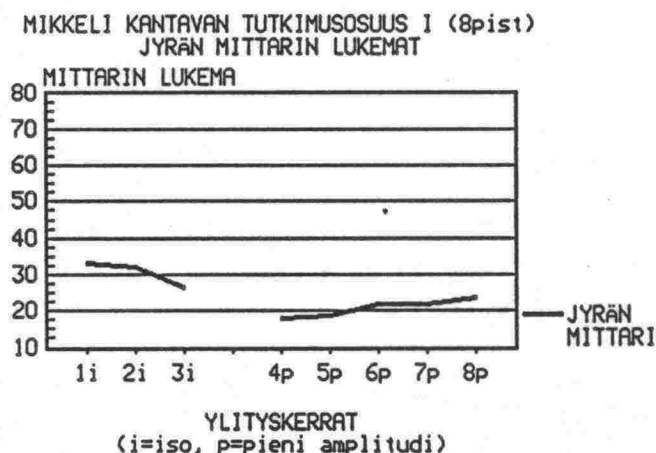
5.2 KANTAVAN TUTKIMUSOSUUS I / MIKKELI

5.2.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus



Vesipitoisuus pysyi n. 1 % pienempänä kuin koeosuudella. Kerrospaksuus vaihteli 5- 10 cm:n välillä.

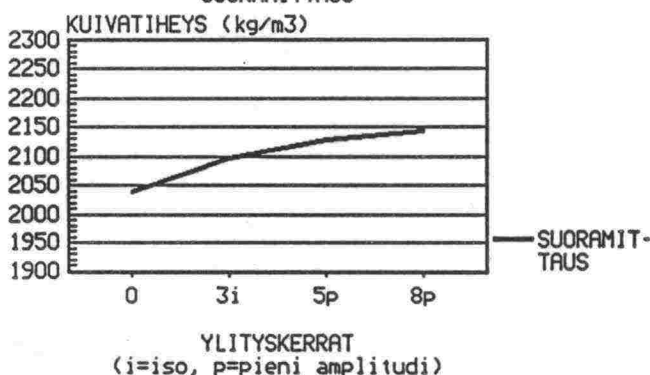
5.2.2 Jyrän mittarin näyttämät



Jyrän mittarin mukaan valittu kolme jyräyskerroksella amplitudilla ja viisi ylityskertaa pienellä amplitudilla ovat oikeat. Jyrän mittarin näyttämät vastaavat hyvin kuivatiheyden. Kantavuuden E2 ja suhteen E2/E1 muutosta.

5.2.3 Kuivatiheyden muutos

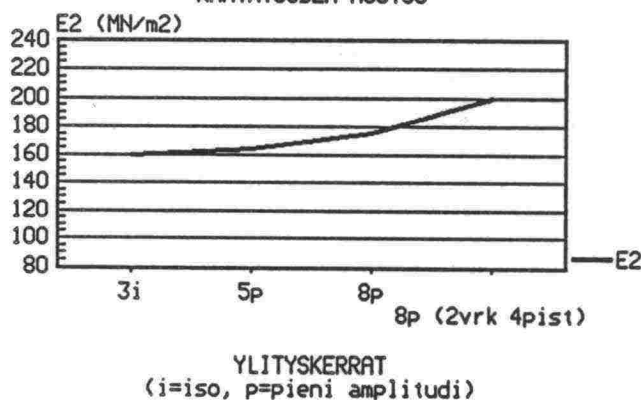
MIKKELI KANTAVAN TUTKIMUSOSUUS I (8pist)
KA (TR01+TR02) KUIVATIHEYDEN MUUTOS
SUORAMITTAUS



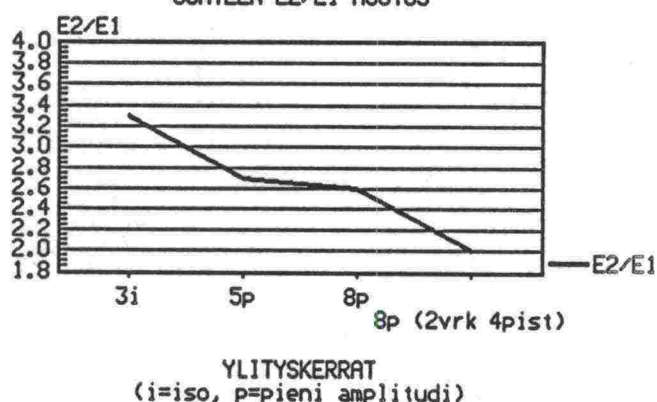
Kuivatiheys kasvoi koko tiivistystyön ajan ja saavutti koeosuuden saavutetun maksimiarvon; joten tiivistystyö onnistui suunnitellulla tavalla.

5.2.4 Kantavuuden E2 ja suhteen E2/E1 muutos

MIKKELI KANTAVAN TUTKIMUSOSUUS I (8pist)
KANTAVUUDEN MUUTOS



MIKKELI KANTAVAN TUTKIMUSOSUUS I (8pist)
SUHTEEN E2/E1 MUUTOS



Kantavuus parani koko tiivistystyön ajan.

Suhde E2/E1 parani koko tiivistystyön ajan.

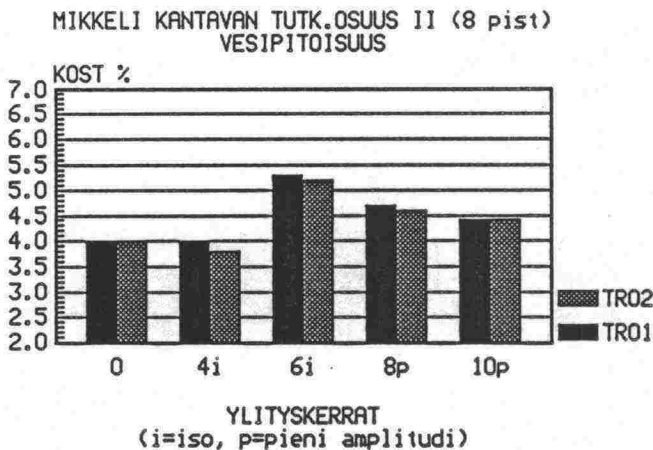
Kahden vuorokauden kuluttua suoritettujen mittausten perusteella kantavuus oli lisääntynyt n. 15 % ja suhde E2/E1 saavuttanut vaatimustason, vaikka ko. alueella ei tänä aikana suoritettu tiivistystä.

5.2.4 Materiaalimuutokset

Materiaalista ei otettu hienonemisnäytteitä, koska materiaalimuutokset oli tutkittu koealueella. Silmämääräisesti materiaali käyttäytyi samoin kummallakin alueella.

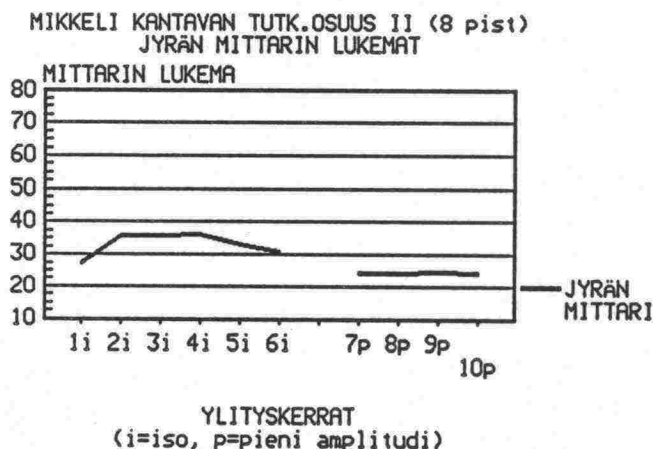
5.3 KANTAVAN TUTKIMUSOSUUS II / MIKKELI

5.3.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus



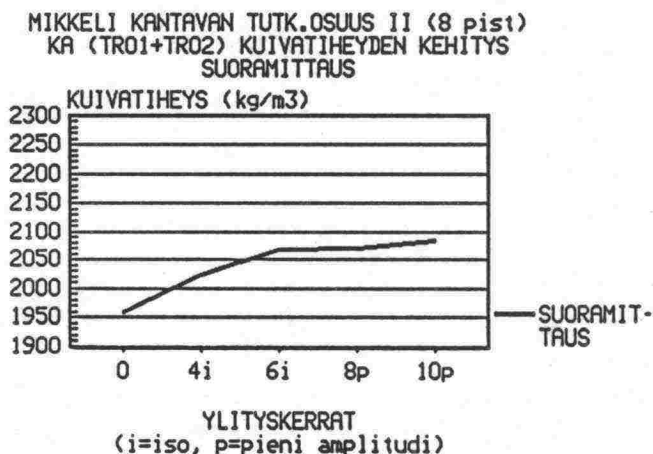
Vesipitoisuus vaihteli 4 - 5.3 %:n välillä ja pysyi kuitenkin vaatimustasossa. Kerrospaksuus vaihteli 20 - 30 cm:n välillä.

5.3.2 Jyrän mittarin näyttämät



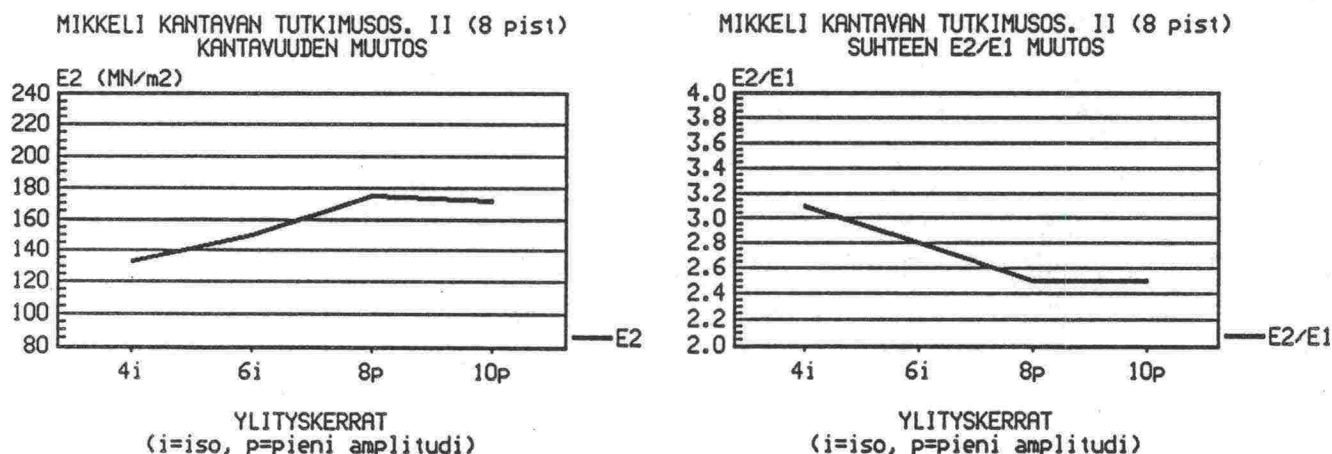
Jyrän mittarin perusteella alueella tulee suoritaa isolla amplitudilla 5 - 6 ylitystä ja pienellä amplitudilla 1 - 2 ylitystä. Jyrän mittarin näyttämät vastaavat hyvin kuivatiheyden, kantavuuden E2 ja suhteen E2/E1 muutosta, joskin kuivatiheydessä ei päästy kuin 95 %:in edellisten alueiden maksiarvosta.

5.3.3 Kuivatiheyden muutos



Kuivatiheys kasvoi koko tiivistystyön ajan, mutta saavutti vain 95 %:n tason edellisten alueiden maksimiarvosta. Viiden senttimetrin syvyydeltä suoritettujen mittausten perusteella materiaali oli saavuttanut maksimiarvon, joten kerroksen alaosa ei ollut tarpeeksi tiivis. Edellämainittu ilmiö johtunee käytetyn jyrän painoluokasta (7 t).

5.3.4 Kantavuuden E2 ja suhteen E2/E1 muutos



Kantavuus E2 parani kahdeksanteen ylityskertaan asti.

Suhde E2/E1 parani kahdeksanteen ylityskertaan asti.

5.3.5 Materiaalimuutokset

Silmämääräisesti tarkasteltuna materiaali näytti käyttäytyvän kuten edellisissä osuuksissa. Alueelta ei otettu varsinaisia materiaalinäytteitä.

5.4 YHTEENVETO MIKKELIN TUTKIMUSTULOKSISTA

Koeosuudella ja tutkimusosuudella I tarvittiin kantavan kerroksen tiivistämiseen ko. jyrällä 3 ylitystä isolla amplitudilla ja 1 - 2 ylitystä pienellä amplitudilla, mikä tulos vastaa hyvin edellisten vuosien kokemuksia.

Tutkimusosuudella II oli kantavan kerroksen paksuus huomattavasti isompi, jolloinka tarvittavat jyräysmäärät kasvoivat siten, että isolla amplitudilla tarvittiin jo yli seitsemän ylitystä. Pienellä amplitudilla ylityskertatarve ei sanottavasti lisääntynyt. Tutkimuksessa suoritettuihin kuusi ylityskertaa isolla amplitudilla olivat liian vähän. Käytetty kerrospaksuus vaatii aivan ilmeisesti seuraavan kokoluokan jyrän (10 t), jotta pysyttäisiin kohtuullisissa ylityskertamäärisissä.

Koska kohteessa alapuoliset kerrokset olivat hyvin tiivistetyt, vastasivat eri mittausten tulosten muutokset melko hyvin toisiaan. Suhde E2/E1 ei saavuttanut tiivistystyön aikana vaadittua arvoa. Lisäksi levykuormituskokeen tulos parani ajan myötä, vaikka alueella ei suoritettu lisätiivistämistä.

Vastaavanlaisissa olosuhteissa tiivistystyön ohjaukseen soveltuu parhaiten menetelmä, jossa koejyräysalueella määritellään materiaalin maksikuivatilavuuspaino arvo, sekä jyrän mittarin näyttämän taso, joihin tiivistystyön aikaisia havaintoja verrataan. Rakenteen mitoitusta tarkistetaan joko pudotuspainolaitteella tai levykuormituskokeella. Niiden antamaan tulokseen tulee lisäksi saada mukaan olosuhteiden vaikutus.

1. TUTKIMUSAIKA- PAIKKA JA OLOSUHTEET
2. TUTKIMUSLAITTEISTO JA SEN TESTAUS
3. TUTKIMUSMENETELMISTÄ POIKKEAMINEN
4. TUTKIMUSTULOKSET OSUUKSITTAIN PIHTIPUTAALTA
 - 4.1 Jakavan koeosuus
 - 4.2 Jakavan tutkimusosuus
 - 4.3 Kantavan koeosuus
 - 4.4 Kantavan tutkimusosuus
 - 4.5 Yhteenveto jakavan kerroksen tiivistämisestä
 - 4.6 Yhteenveto kantavan kerroksen tiivistämisestä

1. TUTKIMUSAIKA, -PAIKKA JA -OLOSUHTEET

1.1 Tutkimusaika- ja paikka:

Tutkimus suoritettiin TVL:n Keski-Suomen piirissä 8.8-15.8.1988. Tutkimuskohde sijaitsi tienrakennustyömaalla Mt 760 Alvajärvi-Pihtipudas.

1.2 Olosuhteet:

Kohteessa tutkittiin uudelleen käytetystä luonnonsorasta rakennetun jakavan ja soramurskeesta rakennetun kantavan kerroksen tiivistämistä.

Tutkimusaikana sää oli pilvinen/sateinen, lämpötilan ollessa +15-+17 C Tutkimuskohde sijaitsi perusparannettavalla tieosalla, jossa suoritettiin aukikaivu kiilasyvyteen n. 1.80m.

Pohjamaan maalaji oli SiHkMr, jonka vesipitoisuus oli n.15-25 %.

Päällysrakennekerroksina oli:

suodatin	n.1.30 m	
jakava (entiset kerr.)	n.0.25 m	Optimikosteus n. 5%
kantava srm 0-65 mm	n.0.25 m	" n. 5%

Rakennetuissa kerroksissa oli vaihteluita molempiin suuntiin.

Suodatin ja jakava kerros rakennettiin n. kuukautta ennen tutkimusajankohtaa. Jakavan kerroksen päälle ei laskettu yleistä eikä työmaa-liikennettä.

Kantava kerros rakennettiin päivää ennen tutkimusajankohtaa. Kerroksen levitys tehtiin asfaltinlevittimellä kahtena n. 15 cm:n kerroksena. Kantavaa kerrosta rakennettaessa pyrittiin välttämään ajokaluston aiheuttamaa jyräystä ajojärjestelyin.

Jakavan ja kantavan kerroksen tasauksen suoritti tiehöylä.

Tutkimus oli jaettu kahteen osuuteen:

ns. KOEOSUUS plv.35260-35360, jossa pyrittiin määrittämään tarvittavat jyräyskertamäärät.

ns. TUTKIMUSOSUUS plv.34700-34840, jossa suoritettiin tiivistystyö koeosuuden antamien tulosten perusteella.

Tutkimusosuudella pohjamaa oli tiivistetty ja koeosuudella tiivistämättä; lisäksi osalla tutkimusosuutta plv. 34760-34810 oli suodatin kangas.

2. TUTKIMUSLAITTEISTO JA SEN TESTAUS

2.1 Tutkimuksessa käytetty jyrä

Itsekulkeva kumipyörävetoinen täryjyrä JTM 11 K (BOMAG BW 213 D+valsiveto)

-vuosimalli 1988

-kokonaispaino 11100 kg (valssi 6500 kg, pyörät 4600 kg)

-Terrameter tiiviydentarkkailulaite, varustettuna piirturilla

-pieni/iso amplitudi 0.7/1.3 mm.

2.2 Mittauslaitteet:

-Troxler 1 nro 15936 malli 3411 B

-Troxler 2 " 9878 " "

Levykuormituslaite oli K-S:n piirin laitteisto malli Laukaa.

Iskunpituus tarkistettiin amplitudin mittausteipillä malli DYNAPAC.

Taajuuden tarkistus TREYSIT SIROMETER DGM mittarilla.

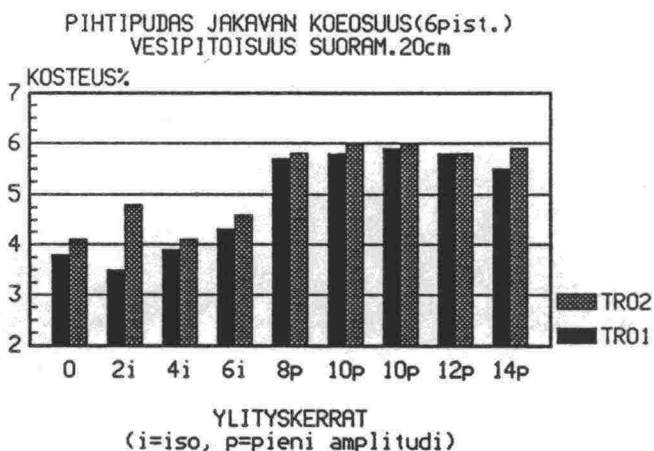
3. TUTKIMUSMENETELMISTÄ POIKKEAMINEN

Keski-Suomen piirissä ei poikettu valitusta tutkimusmenetelmästä.

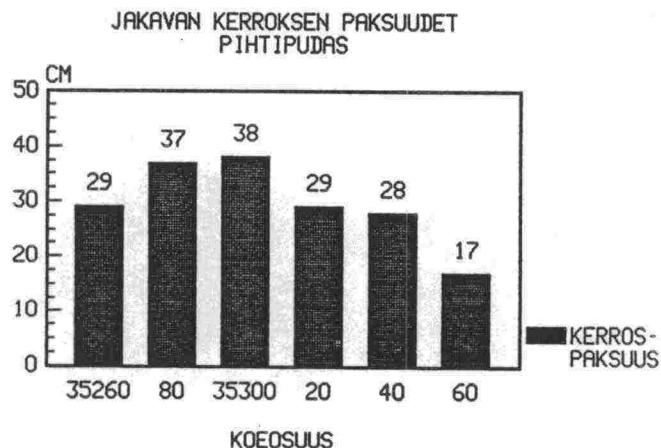
4. TUTKIMUSTULOKSET OSUUKSITTAIN

4.1 JAKAVAN KOEOSUUS

4.1.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus

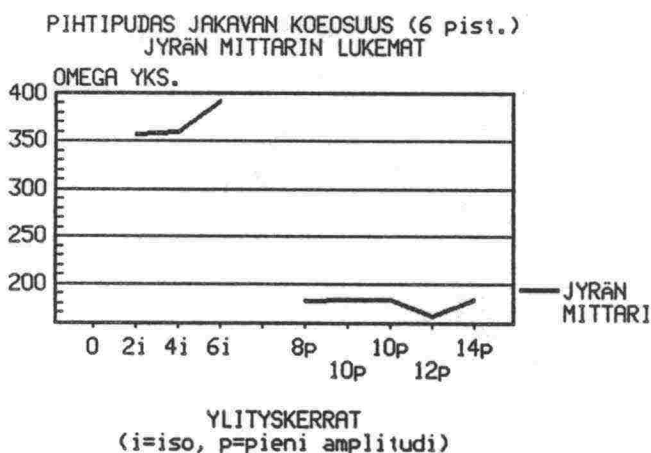


Vesipitoisuus oli optimikosteus alueella $\pm 2\%$, vaihdellen 4-6 %



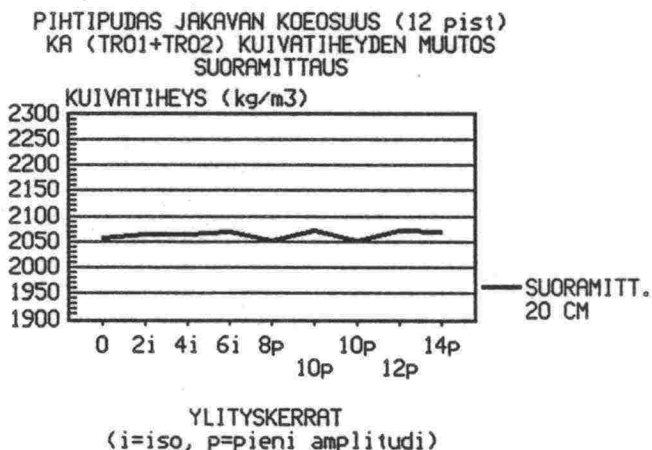
Kerrospaksuuksissa oli huomattavia vaihteluita. Paksuus keskilinjalta tutkimuspisteestä.

4.1.2 Jyrän mittarin näyttämät



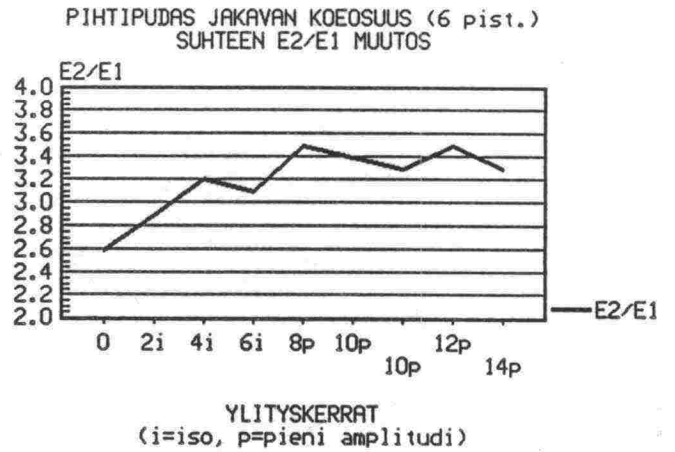
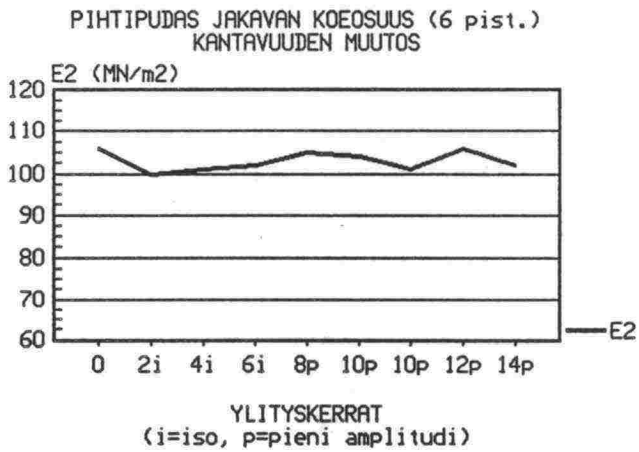
Kantavuuden/tiiviuden lisääntymistä oli havaittavissa aina kuuteen ylityskertaan isolla amplitudilla. Alla olevat kerrokset tiivistyivät lisää jyrän alla, mihin jyrän mittari reagoi. Siirryttäessä pieneen amplitudiin, tiivistyminen/kantavuuden lisäys oli $\pm 0\%$.

4.1.3 Kuivatiheyden muutos



Jyräskerrat eivät lisänneet kuivatiheyttä.

4.1.4 Kantavuuden E2 ja tiiviysasteen E2/E1 muutos



Jyräyksien aikana kantavuus ei lisääntynyt, eli jyrättävä kerros oli saavuttanut kantavuutensa ennen jyräämistä.

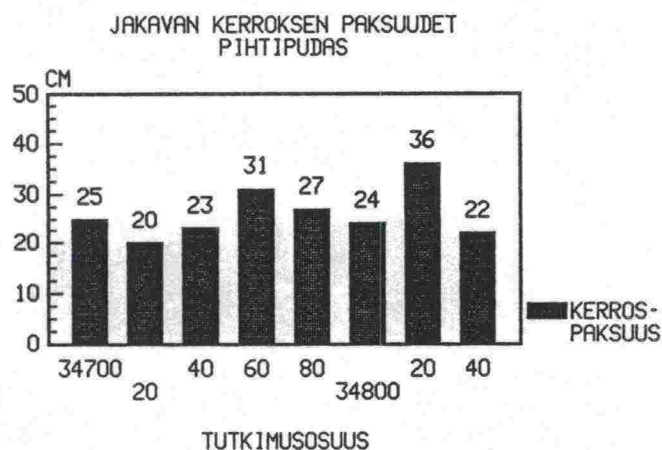
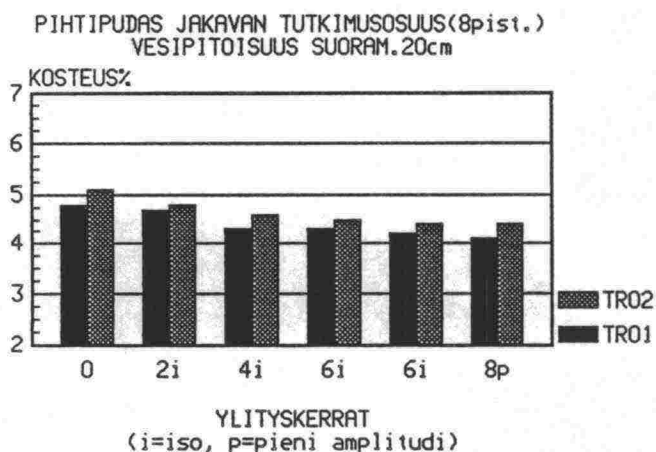
E2/E1 suhteen muutoksen suunta väärä, joten alla olevat kerrokset antoivat periksi sekä tiivistettävä kerros oli huonoa materiaalia.

4.1.5 Materiaalin muutokset

Osuudesta ei otettu näytteitä

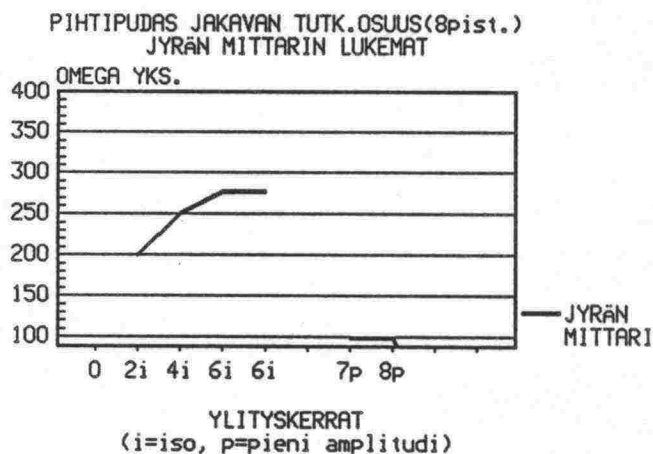
4.2 JAKAVAN TUTKIMUSOSUUS

4.2.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus



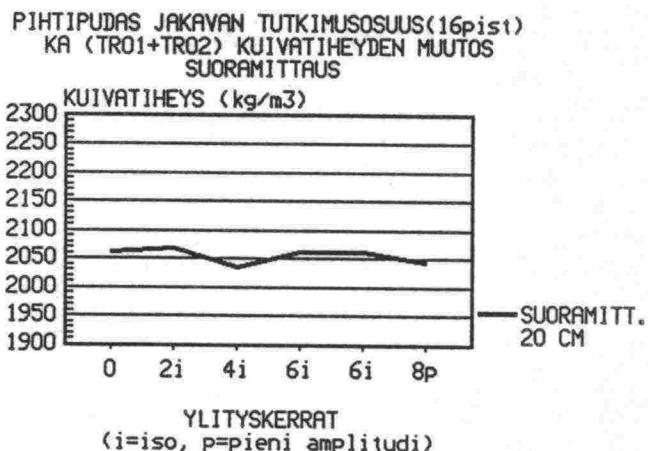
Vesipitoisuus pysyi 4 -5 %:n välillä, mikä vastaa asetettua vaatimusta. Kerrospaksuuksissa suuret vaihtelut; 20 -36 cm.

4.2.2 Jyrän mittarin näyttämät



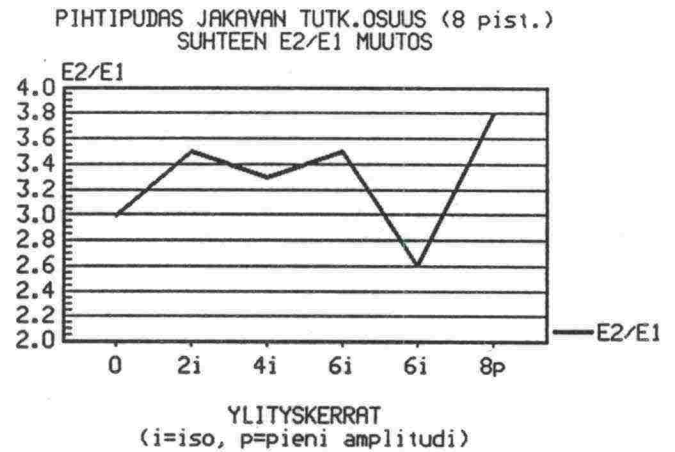
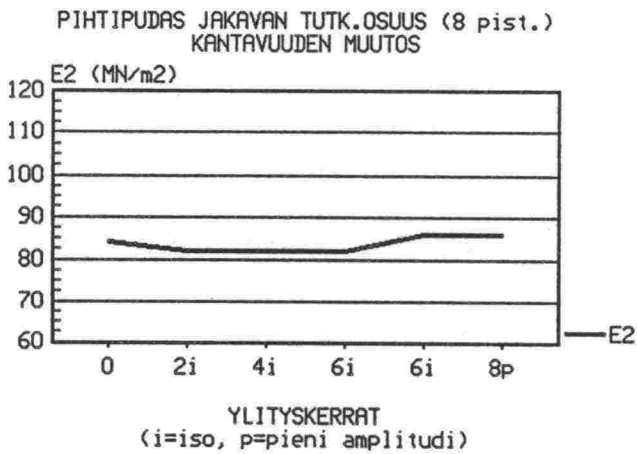
Kantavuuden/tiivistymisen paranemista kuuteen ylityskertaan isolla amplitudilla. Jyränmittari ei reagoinut E2/E1 suhteessa tapahtuneeseen yön aikaiseen paranemiseen.

4.2.3 Kuivatiheyden muutos



Muutokset kuivatiheydessä vähäiset jyräyksen edetessä. Kuivatiheyden arvo samalla tasolla koeosuuden kanssa.

4.2.4 Kantavuuden E2 ja tiiviysasteen E2/E1 muutos



E2 arvo (85 MN/m²) n. 20 % pienempi koeosuuteen verrattuna. Syynä lienee pohjamaan olosuhteet ja tiivistettävän kerroksen materiaali.

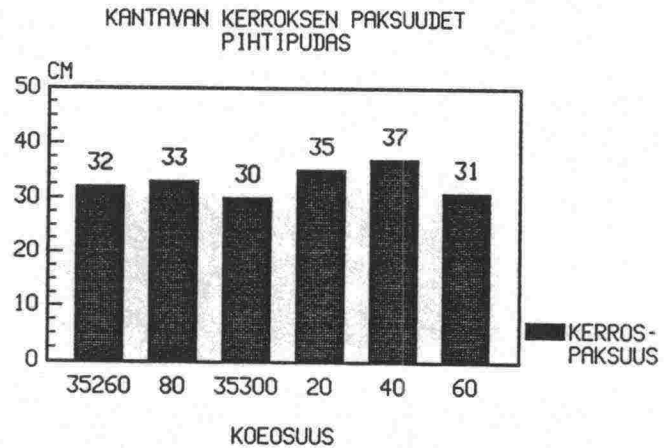
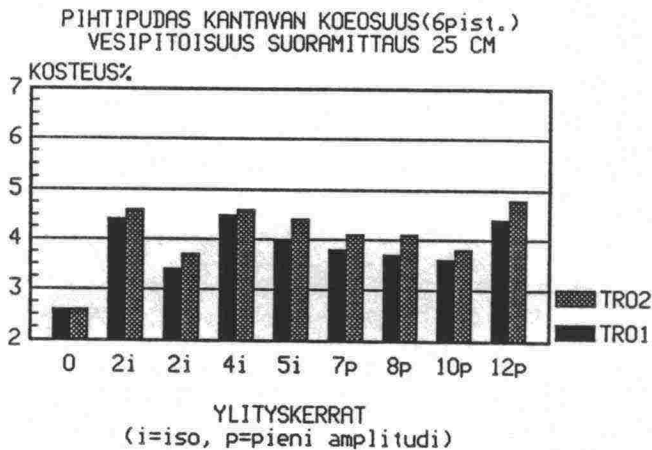
E2/E1 suhteen vaihtelu oli kirjavaa, eikä jyräyksen vaikutus tullut esille suhteen paranemisena. Huomioitavaa on suhteen paraneminen yön aikana (6i), vaikka kerrokselle ei tehty mitään.

4.2.5 Materiaalin muutokset

Osuudesta ei otettu näytteitä.

4.3 KANTAVAN KOEOSUUS

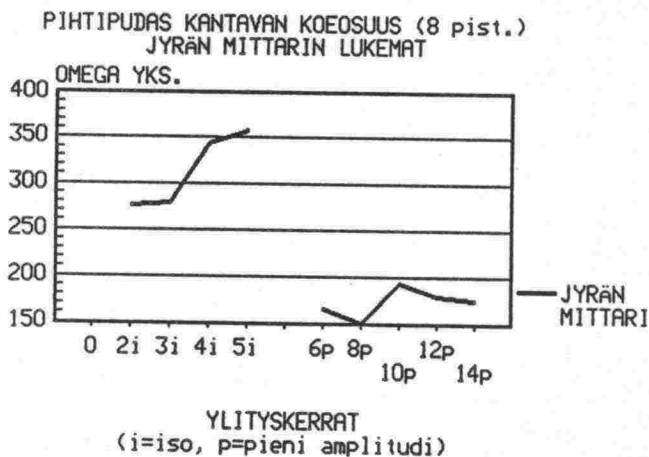
4.3.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus



Vesipitoisuus tutkimuspisteissä oli tasainen, lukuunottamatta ennen jyräystä havaittua arvoa.

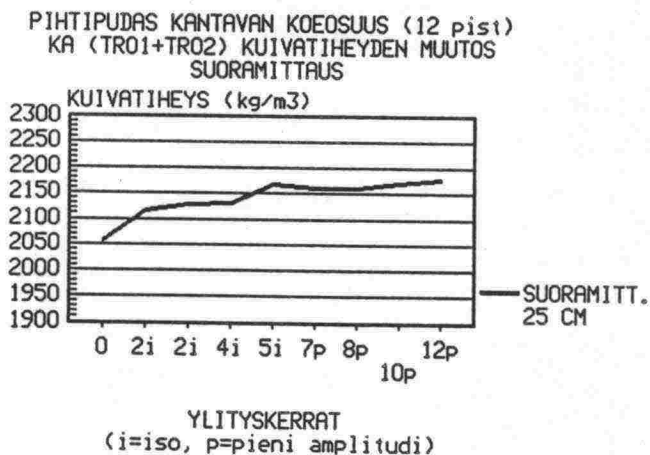
Kerrospaksuudet lähellä suunniteltuja vahvuuksia. Vaihtelu 30-37 cm.

4.3.2 Jyrän mittarin näyttämät



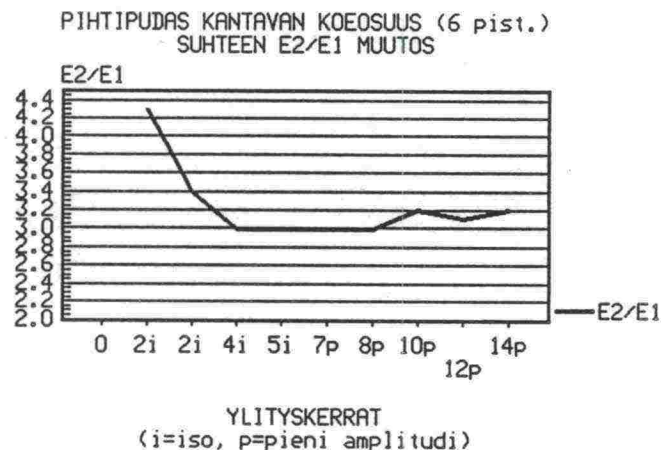
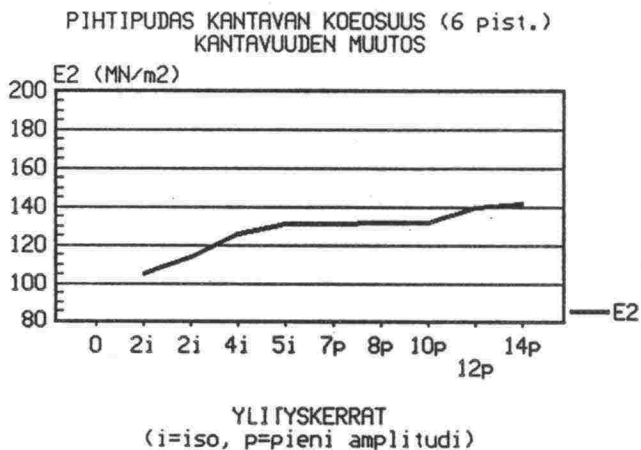
Mittarin mukaan 5:n ylityskerran jälkeen voitiin siirtyä käyttämään pientä amplitudia. Tarvittava tiiviyys saavutettiin mittarin mukaan pinnan osalta kahdella ylityskerralla.

4.3.3 Kuivatiheyden muutos



Kuivatiheys parani jyrän mittareiden mukaisesti. Jyräyksen edetessä muutos 2050 -2170 kg/m3.

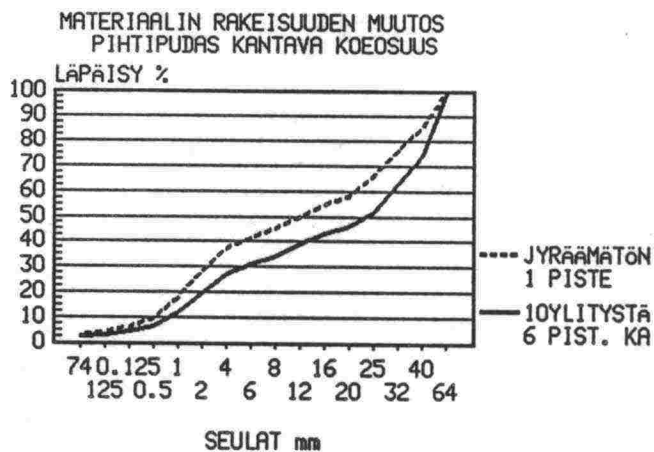
4.3.4 Kantavuuden E2 ja tiiviysasteen E2/E1 muutos



Kantavuuden kehitys oikean suunnan jyräyksen lisääntyessä. Jyräyksen jälkeinen arvo 140 MN/m² pieni, tavoitekantavuuteen 210 verrattuna.

E2/E1 ilta ja aamu mittauksen välillä huomattava suhteen paraneminen. (2i mittauksista ensimmäinen mitattiin illalla ja toinen aamulla) Mittausajankohdalla oli kutusta mittaustulokseen.

4.3.5 Materiaalin muutokset

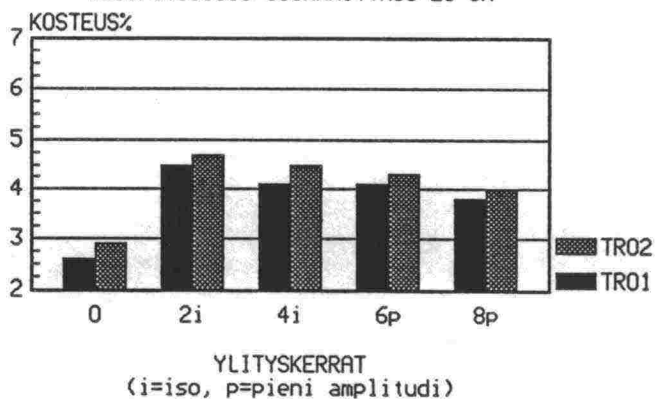


Koeosuudelta otettiin materiaalinäytteet 10 cm:n syvyydeltä ennen jyräyksiä ja jyräyksen jälkeen. Jyräämättömän kerroksen näyte (1 näyte) oli hienompaa kuin 10:n ylityskerran jälkeinen materiaali. Tulos ei ole täysin verrannollinen, koska jyräämättömän osalta näytemäärä vähäinen.

4.4 KANTAVAN TUTKIMUSOSUUS

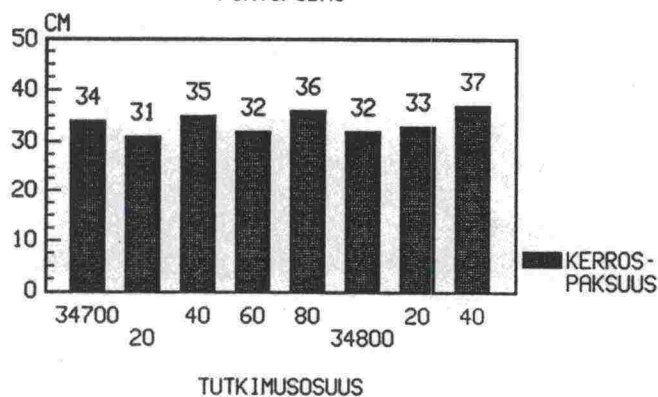
4.4.1 Vesipitoisuus ja kerrospaksuus

PIHTIPUDAS KANTAVAN TUTKIMUSOSUUS(8pist.)
VESIPITOISUUS SUORAMITTAUS 25 CM



Vesipitoisuuden vaihtelu tutkimuksen aikana vähäistä; kosteuden ollessa n.4 %.

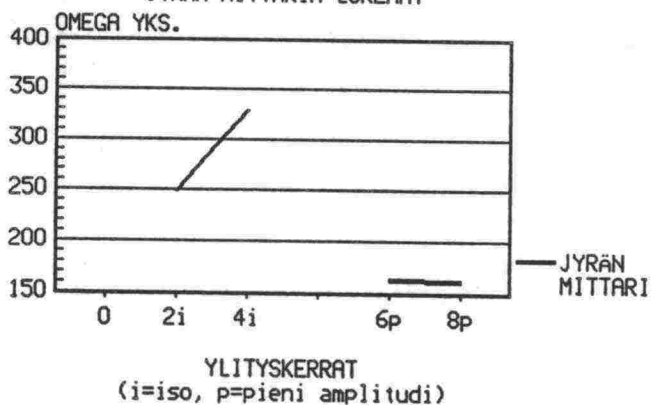
KANTAVAN KERROKSEN PAKSUUDET
PIHTIPUDAS



Kerrospaksuudet tutkimuspisteiden kohdalla 31-37 cm.

4.4.2 Jyrän mittarin näyttämät

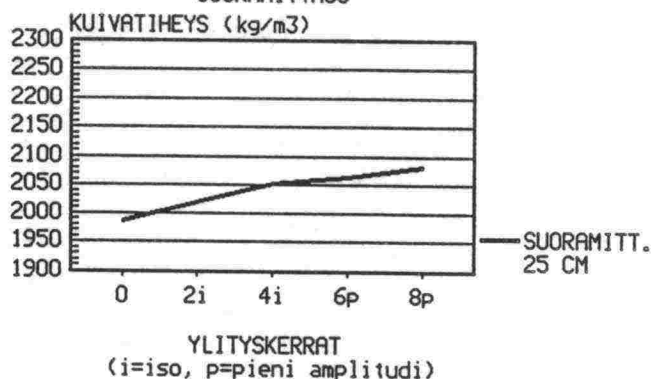
PIHTIPUDAS KANTAVAN TUTK.OSUUS(8pist.)
JYRÄN MITTARIN LUKEMAT



Jyrän mittarin tulos samansuuntainen levykuormituksen ja troxlerin tulosten kanssa. Pienen amplitudin alueella tiivistymistä ei enää tapahtunut mittarin mukaan.

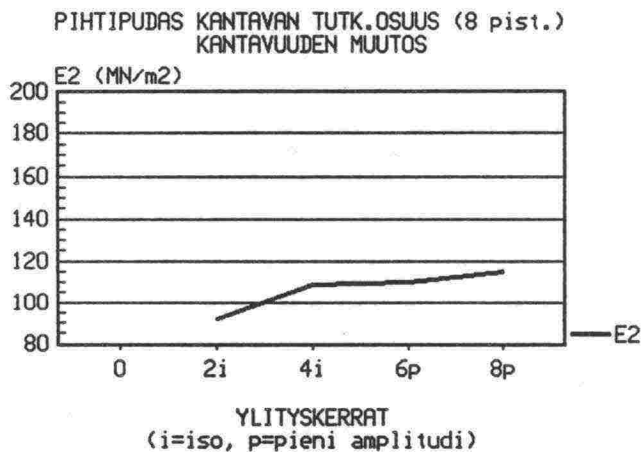
4.4.3 Kuivatiheyden muutos

PIHTIPUDAS KANTAVAN TUTKIMUSOSUUS(18p.)
KA (TR01+TR02) KUIVATIHEYDEN MUUTOS
SUORAMITTAUS

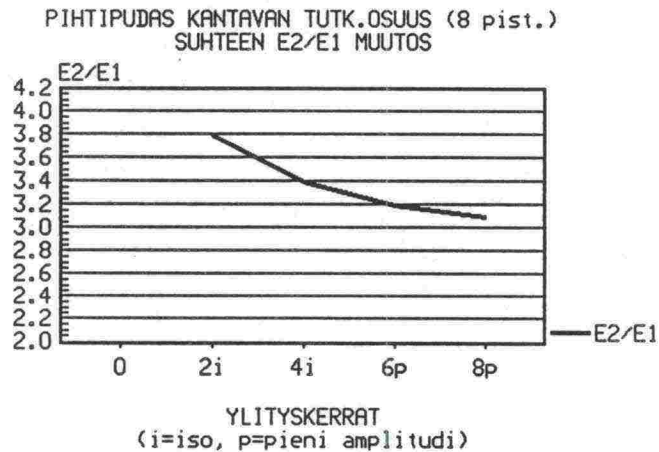


Kuivatiheys lisääntyi jyräyksien mukaan ja muutos oli samansuuntainen jyrämittarin mukaan.

4.4.4 Kantavuuden E2 ja tiiviysasteen E2/E1 muutos



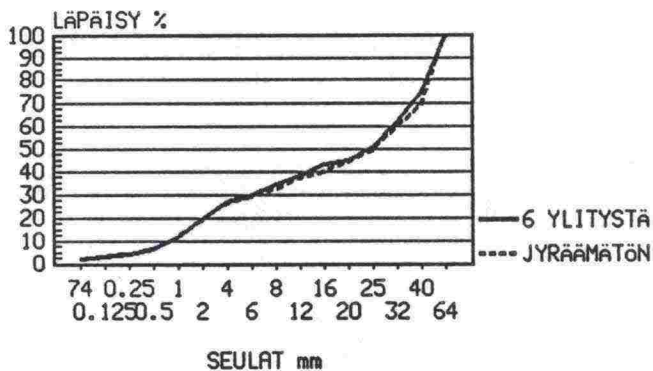
E2-kantavuuden muutoksen suunta oikea, mutta E2-arvo pieni jyräyksienkin jälkeen (115 MN/m²). Mittausajankoh- ta korostui ko. tuloksessa.



Suhteen muutos suunta oikea, mutta 8:n ylityskerran jäl- keinen suhde huono 3.1.

4.4.5 Materiaalin muutokset

MATERIAALIN RAKEISUUDEN MUUTOS
KANTAVAN TUTKIMUSOSUUS
8 PIST. KA



6:n ylityskerran jälkeen materiaa- lissa ei ollut tapahtunut muutok- sia rakeisuuden osalta. Soramurs- keella ylityskerrat eivät vaikut- taneet materiaalin rakeisuuteen.

4.5 YHTEENVETO JAKAVAN KERROKSEN TIIVISTÄMISESTÄ

Jakavan kerroksen tiivistäminen vaatii tutkimus-jyrällä 4- 6 ylityskertaa isolla amplitudilla ja 2- 3 ylityskertaa pienellä amplitudilla.

Jakavan kerroksen materiaali oli entisiä rakennekerroksia, joten tiivistetyssä materiaalissa oli mm. epäpuhtauksia, mikä osaltaan vaikutti hieman tiivistystulokseen.

Alla olevat kerrokset antoivat myös osin periksi, mikä ilmeni esim. kuivatiheyden muutoksen ja E1/E2-suhteen epäloogisuutena.

Levykuormituslaitteiston käyttö työn ohjaukseen ei olisi riittänyt yksin, koska laitteiston antamaan tulokseen oli mittausajankohdalla oleellinen vaikutus. Lisäksi levykuormituslaite on herkkä reagoimaan alempien kerrosten kantavuuteen.

Jakavan kerroksen kohdalla mittauslaitteilla täytyy pystyä selvittämään myös alla olevien kerrosten kantavuuspuutteet. Jakavan kerroksen osalta työn ohjaukseen olisi riittänyt jyrämittarin antama tulos, varmennettuna Troxler-laitteistolla.

Kerrospaksuudet vaihtelivat jakavan kerroksen kohdalla huomattavasti, johon yhtenä syynä oli suodatinkerroksen epätaisuudet.

4.6 YHTEENVETO KANTAVAN KERROKSEN TIIVISTÄMISESTÄ

Kantavan kerroksen tiivistäminen tutkimus-jyrällä vaatii 4- 5 ylityskertaa isolla amplitudilla ja 2 ylityskertaa pienellä amplitudilla.

Kantavan kerroksen tiivistyksen ohjaukseen olisivat tutkimuksen mukaan soveltuneet kaikki mukana olleet mittausvälineet, koska niiden kaikkien näyttämät olivat hyvin samansuuntaiset.

Tiivistystyön ohjauksessa kantavan kerroksen tiiviydentarkkailussa ei ole ongelmia, mikäli alla olevat kerrokset on tiivistetty kunnolla ja kerrospaksuudet ovat suunnitelman mukaiset.

Kantavana kerroksena käytetyn soramurskeen rakeisuus ei muuttunut käytetyillä jyräyskertamäärillä. (max.14 ylityskertaa)

TÄRYJYRIEN AMPLITUDI- JA TAAJUUSMITTAUKSET 1988

Ajankohta
Kesäkuu 1988

Piirit
Turun , Mikkelin ja Keski-Suomen piirit

Aloite
Mittaukset sisältyvät rakentamistalouden toimiston täryjyräyksen laadunvarmistuksen tutkimusprojektiin. Tutkimus tehdään em piireissä kesällä 1988. Tutkimusten vetäjät Pentti Honkanen, Kari Häkkinen ja Antti Piirainen olivat piirissään mukana näissä mittauksissa.

Mittauslaitteet
BK2511 värinämittari, Rion 1679 taajuussuodatin ja Rion LR04 piirturi. Edellisten rinnalla tehtiin mittaukset myös työnjohdolle kenttäkäyttöön tarkoitetuilla välineillä: Amplitude meter teipillä ja Treysit Sirometer taajuusmittarilla. Mittaaja Heikki Tomi TVH, Rr.

Mittaustapa
Mittauksissa selvitettiin jyrrien nimellisamplitudi, joka on joustavalla alustalla, tässä tapauksessa kahden vanhan kuorma-auton renkaan päällä, mitattu amplitudi. Todellinen amplitudi jyrästyössä riippuu mm tiivistettävän kerroksen ominaisuuksista ja on suurempi.

Mittausanturi kiinnitettiin pystysuoraan valssin päälle. Ellei toisin mainita oli anturi 1/3 etäisyydellä valssin pituudesta sen oikeassa päässä. Rinnakkaismittaukset teipillä ja taajuuskiekolla tehtiin valssin molemmista päädyistä sen yläosasta.

Ellei toisin mainita käytettiin jyrää yleisohjeen mukaisesti lähes täydellä kierrosluvulla.

Tärysuositus
Kirjallisuustutkimuksen mukaan suositellaan seuraavia amplitudeja ja taajuuksia:

-syvätiivistys	1,5...2,0 mm	25...30 Hz
-pintatiivistys	0,4...0,9 mm	33...50 Hz

Mittaustulokset
Mittaustulosten yhteenvetotaulukko on seuraavalla sivulla. Tarkemmin tulokset on esitetty liitteessä 1. Valokuvat mitatuista jyristä ovat liitteessä 2.

Tärinämittarin ja teippi/kiekkomittausten välillä on melko systemaattinen pieni ero. Tärinämittarilla saadut tulokset ovat hieman pienempiä kuin teipillä ja kiekolla. Käytännössä tällä erolla ei ole sanottavaa merkitystä. Mitattavan jyrän värinäarvot / toimintakunto saadaan jyrästyötä varten riittävästi selvitettyä.

MITTAUSTULOSTEN YHTEENVETO

Mittaus no	Jyrän merkki malli vm	M i t t a u s t u l o k s e t			
		Pienempi/ainoa täry mm/Hz Tärinä- mittari	Teippi/ kiekko	Suurempi täry mm/Hz Tärinä- mittari	Teippi/ kiekko
Turun piiri					
1.	Dynapac OH44T -62	2,2/20	2,5/20		
	Hinattava jyrä. Tulokset keskisuurella kierrosluvulla.				
2.	Wibromax W1102D -	0,5/36	0,6/40	1,7/28	1,9/29
3.	Dynapac CA15 -	0,7/28	1,0/31	1,4/28	1,8/30
4.	Dynapac CA25 -83	0,7/28	1,0/29	1,4/28	2,1/28
5.	Bitelli Jolly -84	0,3/37	0,5/37	0,7/32	1,2/32
	Vasen pää tärisee heikosti				
6.	Hamm 2410SD -86	---	1,7/25		
	Oikea pää ei tärisyt, mittaus vasemmasta päästä				
7.	Dynapac CA25D -84	0,7/30	1,0/33	1,6/30	1,8/33
8.	Simesa 290R -	0,5/30	0,8/31		
	Kaksoisvalssiyrä				
9.	Dynapac CA15 -	1,4/28	1,7/30		
10.	Dynapac CA30 -88	0,7/30	0,9/32	1,5/30	1,7/32
Keski-Suomen piiri					
11.	Dynapac CA25 -	1,4/28	1,8/31		
12.	Bomag BW213D -88	0,7/38	0,9/38	1,3/28	1,6/30
13.	Bomag BW213D -85	0,9/40	1,1/44	1,3/30	1,6/30
Mikkelin piiri					
14.	Hamm 2401S -82	0,5/27	0,6/30	1,3 0,6/21	0,8/24
	Amplitudissa säätö 1-10. Jyrä väsyi mittausaikana, suuren säädön amplitudit alkoivat laskea.				
15.	Dynapac CA25 -	0,7/28	0,9/29	1,6/27	1,9/28
16.	Dynapac CA25 -	1,5/23	2,1/23	1,7/24	1,9/27
	Öljyvuoto, täryssä jotain pielessä.				
17.	Dynapac CA25	0,6/27	0,7/28	1,3/27	1,7/28
18.	Hamm HW2301S -85	0,5/27	0,6/25	1,2/22	1,7/23
19.	Hamm HW2301S -86	0,3/32	0,5/35	1,0/23	1,8/24
20.	Lokomo AT58B -79	1,7/27	2,1/30		
	Hinattava jyrä.				
21.	Lokomo AT58B -69 max r	1,6/28	2,0/30		
	lähes max r	3,6/23	2,7/25		
	Hinattava jyrä.				
22.	Dynapac CA25 -80	0,7/21	0,8/24	1,6/27	1,8/30

MITTAUSTULOKSET

	Tärinämittari mm / Hz	Teippi ja kiekko mm / Hz	
1. Dynapac OH 44T no490261	vm -62	HINATTAVA	Raisio
Pieni r	3,1 / 19	3-4 / 22	v/o
Keskisuuri r	2,2 / 20	2,5 / 20	"
Suuri r	3,5 / 25, 14	3,2 / 27	"
Anturi kiinnitettiin lähelle valssin vasenta päätä.			
2. Wibromax W 1102 D no 840648203	vm		Kitula
2500 r			
Pieni amplitudi	0,5 / 36	0,6 / 40	v/o
Suuri "	1,7 / 28	1,9 / 29	"
3. Dynapac CA 15 no 492774	vm		Sauvo
TVH 575608			
Pieni amplitudi	0,7 / 28	1,0 / 31	v/o
Suuri "	1,4 / 28	1,8 / 30	"
4. Dynapac CA 25 no 575263	vm -83		Raisio
Pieni amplitudi	0,7 / 28	1,0 / 29	v/o
Suuri "	1,4 / 28	2,1 / 28	"
5. Bitelli Jolly no 02840133	vm -84		Pöytyä
Pieni amplitudi	0,3 / 37	0,2 / 39	vas
		0,5 / 37	oik
Suuri "	0,7 / 32	0,8 / 34	vas
		1,2 / 32	oik

VALSSIN VASEN PÄÄ TARISEE HEIKOSTI

6.Hamm 2410 SD no 2125685 vm -86			Huittinen	
Pieni r	Ei mitattu	1,8 / 20	vas	
		0 / 0	oik	
Keskisuuri r	- " -	1,6 / 23	vas	
		0 / 0	oik	
Suuri r	- " -	1,7 / 25	vas	
		0 / 0	oik	
VALSSIN OIKEA PUOLISKO EI TARISSTY LAINKAAN				
7.Dynapac CA 25 D no 575234 vm -84			Rauma	
Pieni amplitudi	0,7 / 30	0,9 / 33	vas	
		1,0 / 33	oik	
Suuri "	1,6 / 30	2,2 / 33	vas	
		1,8 / 33	oik	
8.Simesa no 290R 000137D			Rauma	
Etuvälssi	0,5 / 30	0,8 / 32	v/o	
Takavälssi	ei mitattu	0,8 / 30	v/o	
9.Dynapac CA15 no 939 S 17			Pori	
	1,4 / 28	1,8 / 29	vas	
		1,7 / 30	oik	
10.Dynapac CA30 II D , no 577259 vm -88			Pori	
Pieni amplitudi	0,7 / 30 v/o	0,9 / 32	v/o	
Suuri "	1,5 / 30 v/o	1,7 / 32	v/o	
11.Dynapac CA25 no 497344			Saarijärvi	
	1,5 / 28 vas	2,0 / 31	vas	
	1,4 / 28 oik	1,8 / 31	oik	
12.Bomag BW 213 D NO 101400800337 vm -88			Pihtipudas	
10640 /12100 kg				
Pieni amplitudi				
	1800 r	0,8 / 28 vas	0,9 / 31	v/o
		0,8 / 30 oik		
	2200 r	0,7 / 38 v/0	0,9 / 38	v/o
max	2400 r	0,7 / 38 v/0	0,9 / 41	v/o
Suuri amplitudi				
	1800 r	1,3 / 28 v/o	1,6 / 30	v/o
max	1900 r	1,3 / 28 vas	1,6 / 32	v/o
		1,2 / 29 oik		

13. Bomag BW 213 D no 400122224 vm -85 Viitasaari

Pieni amplitudi	0,9 / 40	0,9 / 44 vas
		1,1 / 44 oik
Suuri "	1,3 / 30	1,4 / 30 vas
		1,6 / 30 oik

14. Hamm 2401 S no 23765 vm -82 Heinola-Mar-
joniemi

Valssissa 1800 r

Säätöasento

1	0,5 / 27	0,6 / 30
2	0,5	
3	0,6	
	0,5	
4	0,6	
	0,5	
5	0,6 / 23	0,8 / 26
6	0,7	
	0,6	
7	0,7	
	0,6	
8	0,8	
	0,6	
9	0,8	
	0,6	
10	1,3	
	0,9	
	0,8	
	0,6 / 20	
	0,6 / 22	0,8 / 24

Jyrä väsyi mittauksen aikana. Säätöasennossa 10 huomattiin, että arvot alkoivat pudota. Putoaminen oli suurinta säätöasennossa 10.

Mittaus tehtiin ensin kertaalleen kaikissa säätöasennossa. Sitten otettiin uusintalukemia asennossa 10 ja myös muissa asennossa.

15. Dynapac CA 25 Hartola-Sysmä

Pieni amplitudi	0,7 / 28	0,9 / 29 v/o
Suuri amplitudi	1,6 / 27	1,9 / 28 v/o

Pieni amplitudi

1750 r 1,2 / 17
 2300 r 1,5 / 23
 2500 r 1,0 / 23

1,4 / 23 v/o
 { 1,3 / 23 vas
 2,1 / 23 oik

Suuri amplitudi

1750 r 4,4 / 17
 2300 r 1,7 / 24
 2500 r 1,6 / 26

{ 3,3 / 18 vas
 2,7 / 18 oik
 1,9 / 27 v/o

Tärinäarvot vaihtelevat kovasti eri kierrosluvuilla.
 Valssin öljyvuoto saattaa kytkeytyä samaan asiaan.

17. Dynapac CA. 25 no 32118/04

Pieksämäki mlk

Pieni amplitudi 0,7 / 26 vas
 0,8 / 25 oik

1,0 / 27 vas
 1,0 / 27 oik

Suuri amplitudi 2,1 / 25 vas
 1,9 / 24 oik
 2400 r 1,7 / 28 oik

2,3 / 26 vas
 2,2 / 26 oik
 2,1 / 29 v/o

MITTAUSTA HAITTASI PEHMEÄ POHJA, RENKAAAT UPPOSIVAT HIEKKAAN

17. UUSITAMITTAUS KOVEMMALLA POHJALLA

Pieni amplitudi 0,6 / 27

0,7 / 28 v/o

Suuri " 1,3 / 27

1,7 / 28 v/o

Anturi valssin vasemmassa päässä.

18. Hamm HW 2301 S no 0928029 vm -85

Vaaluvirta

Pieni amplitudi

Keski r 0,6 / 22
 Lähes max r 0,5 / 27
 Max r 0,4 / 28

0,7 / 24 v/o
 0,5 / 26 v/o

Suuri amplitudi

Keski r 1,2 / 11
 Lähes max r 1,2 / 22
 Max r 1,1 / 23

1,6 / ? v/o
 1,7 / 23 v/o
 1,5 / 25 v/o

Jyrän taajuussäätö asetettiin seuraavasti
 Pieni amplitudi 40 Hz alue
 Suuri amplitudi 25 Hz alue

Anturi valssin oikeassa päässä.

19.Hamm HW 2301 S no 0929777 vm -86

Punkaharju Vuoriniemi

Pieni amplitudi

Lähes max r 0,3 / 32
Max r 0,3 / 380,5 / 35 v/o
0,5 / 41 v/o

Suuri amplitudi

Lähes max r 1,0 / 23
Max r 0,9 / 251,4 / 24 vas
1,8 / 24 oik
1,5 / 28 vas
1,6 / 27 oik

Jyrän taaajuussäätö asetettiin seuraavasti

Pieni amplitudi 40-45 Hz

Suuri " 25-30 Hz

Anturi valssin oikeassa päässä.

20.Lokomo AT 58B no 583196 vm -79/-81 HINATTAVA Mikkeli

1,7 / 27

2,0 / 29 vas
2,1 / 30 oik

Joskus pintatiivistyksessä jyrässä käytössä pieni moottorin kierros-luku

1,1 / 10

1,0 / ? vas
0,5 / ? oik

21.Lokomo AT58B no 58996 vm -69 HINATTAVA Mäntyharju

Keskim r 2,2 / 19

Lähes max r 3,6 / 23

2,7 / 25 vas
3,0 / 25 oik

Max r 1,6 / 28

2,0 / 30 v/o

Anturi kiinnitettiin lähelle vasenta päätä.

22.Dynapac CA25 no 4971912 vm -80

Pieksämäki mlk

Pieni amplitudi

2300 r 0,7 / 21

0,8 / 23 vas
0,8 / 24 oik

2400 r 0,7 / 24

Ei mitattu

Suuri amplitudi

max r 1,6 / 27

1,8 / 30 v/o

Suurta amplitudia ei saatu paikallakäytössä päälle. KytKentä tehtiin ajossa ja jyrä ajettiin sitten renkaiden päälle.

ISBN - 951 - 47 - 1642 - 6