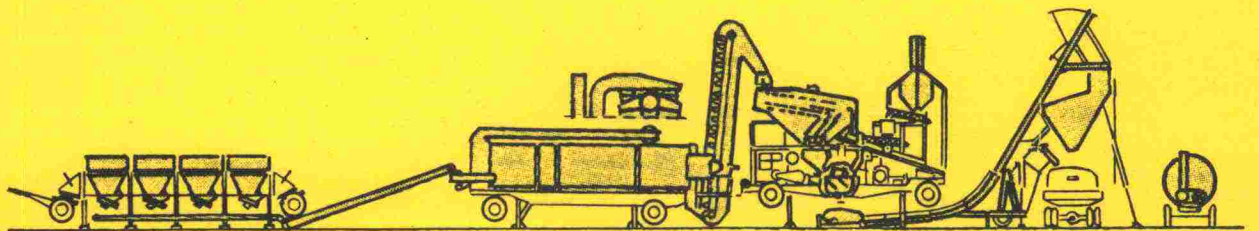


ASFALTTIBETONIPÄÄLLYSTEIDEN LAADUNARVOSTELUN PERUSTEET



TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
TIENRAKENNUSTOIMISTO 1980

TVH 731608 A4



ASFALTTIBETONIPÄÄLLYSTEIDEN LAADUNARVOSTELUN
PERUSTEET

ISBN 951-46-4629-0

Tie- ja vesirakennushallitus
Tienrakennustoimisto

SISÄLLYSLUETTELO

Sivu

1. JOHDANTO	1
2. LAATUOMINAISUUDET JA NIIDEN MERKITYS	1
2.1 Raaka-aineet	1
2.11 Kiviaines	1
2.12 Sideaine	4
2.13 Täytejauhe	6
2.14 Tartuke	7
2.2 Massa	7
2.21 Yleistä	7
2.22 Rakeisuus	8
2.23 Sideainepitoisuus	9
2.24 Lämpötila	11
2.3 Valmis päällyste	11
2.31 Yleistä	11
2.32 Kaltevuus	11
2.33 Tasaisuus	12
2.34 Kitka	13
2.35 Massamäärä	14
2.36 Tiiviys ja lujuus	15
2.37 Ulkonäkö	17
2.38 Muut ominaisuudet	18
3. LAATUPOIKKEAMIEN SYYT	19
3.1 Yleistä	19
3.2 Raaka-aineet ja suhteitus	19
3.3 Massan valmistus	20
3.4 Massan kuljetus ja levitys	22
3.5 Tiivistäminen	23
3.6 Näytteiden otto ja tutkiminen	24
3.7 Olosuhteet	26

4. TILASTOLLISET MENETELMÄT LAADUN ARVOSTELUSSA	26
4.1 Yleistä	26
4.2 Tunnusluvut	27
4.3 Jakautuman normaalisuuden tutkiminen	31
4.4 Virheellisten havaintojen poisjättäminen	31
4.5 Tarvittava näytteiden määrä	31
4.6 Esimerkkejä tilastollisista laskelmista	32
5. YHTEENVETO	34
KIRJALLISUUTTA	35

1. JOHDANTO

Tämä tutkimus on lyhennelmä tekn.yo. T. Kallionpään tekemästä diplomityöstä "Asfalttibetonipäällysteiden laadun arvostelu". Diplomityö on tehty v. 1979 Helsingin teknillisessä korkeakoulussa professori Hyypän johdolla ja tie- ja vesirakennushallituksen toimeksiannosta. Tutkimuksessa on esitetty asfalttibetonipäällysteiden laadun arvostelussa tarvittavia tietoja laatuominaisuuksien merkityksestä, laatupoikkeamien syistä ja laadun arvostelun tilastollisista perusteista.

2. LAATUOMINAISUUDET JA NIIDEN MERKITYS

2.1 RAAKA-AINEET

Raaka-aineiden ominaisuuksien tutkimisella pyritään varmistamaan raaka-aineiden kelpaavuus ja saamaan päällystesuunnittelussa tarvittavat tiedot.

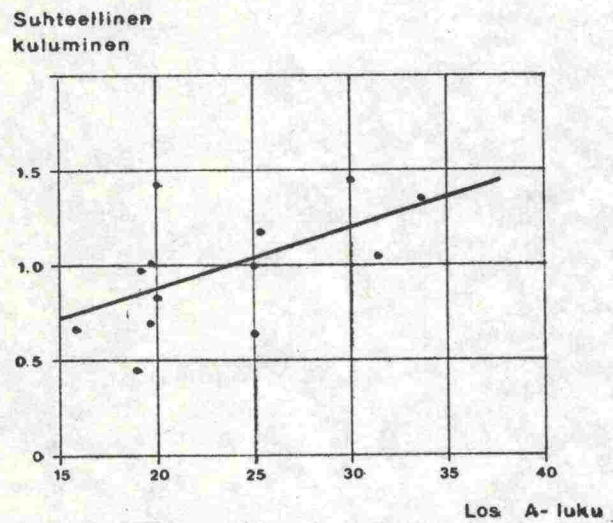
2.11 Kiviaines

Asfalttibetonin kiviainesseokseen voidaan käyttää sepeliä, murskesoraa, luonnonhiekkaa ja täytejauhetta /2/. Kiviaineksen käyttökelpoisuus riippuu sen rakeisuus-, kosteus-, puhtaus-, raemuoto- ja raepintaominaisuuksista, mekaanisesta ja kemiallisesta kestävydestä sekä petrologisesta luonteesta. Kun tunnetaan kiviaineksen ominaisuuksien vaikutus päällysteen kestävyteen, voidaan tehdä taloudellisia kannattavuuslaskelmia hinnaltaan ja laadultaan erilaisten kiviainesten välillä. Samoin voidaan verrata erilaisia päällysrakennevaihtoehtoja.

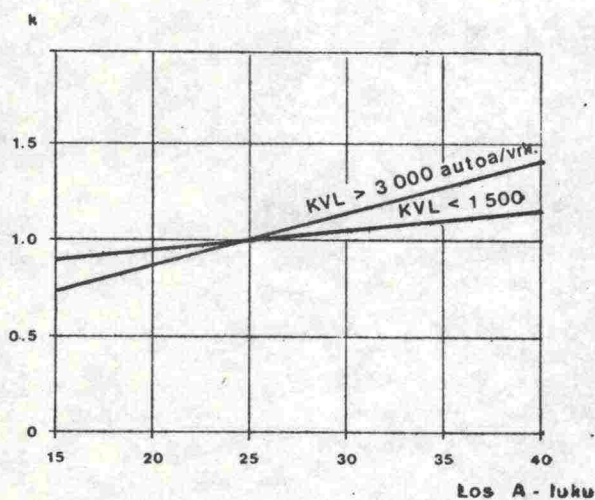
Kiviaineksen lujuus- ja kulutusominaisuuksien arvosteluun käytetään Los Angeles-lukua ja haurausarvoa. Kun päällysteiden pääasiallinen kuluminen ei aiheudu suurten kiviainesrakeiden irtoamisesta, on selvää, että kulumiskestävyys riippuu suurten rakeiden lujuudesta. Kuitenkin on huomattava, että kiviaineksen lujuuden vaikutus kulumiseen on kulumisen alkuvaiheessa ja vähäisellä liikenteellä pienempi, koska kuluminen on tällöin suuremmassa määrin mastiksin kulumista.

Lujuusarvoiltaan huonon kiviaineksen rakeet saattavat murtua jyräyksessä aiheuttaen halkeamia päällysteeseen. Tämä ilmenee yleensä päällysteen alhaisena Marshall-lujuutena ja verrattain korkeina tyhjätila-arvoina.

Kuvien 1 ja 2 avulla voidaan arvioida kiviaineksen lujuuden vaikutusta päällysteen kestoikään. Kuvat perustuvat koetuloksiin ja käytännön kokemuksiin.



Kuva 1. Kiviaineksen lujuuden vaikutus kestopäällysteen kulumiseen /3/.



Kuva 2. Arviointiperusteet kiviaineksen lujuuden vaikutuksesta kestopäällysteen kestoikään /3/.

K= suhteellinen kuluminen + muu kestoikää lyhentävä vaurioituminen

Huonot kiviaineksen muotoarvot, puikkoisuus ja liuskaisuus, lisäävät päällysteen tyhjätilaprosenttia ja siten vähentävät päällysteen kulutuskestävyyttä varsinkin maksimiraekokoon nähden ohuissa päällysteissä /3/. Pitkulaiset ja laattamaiset rakeet myös särkyvät helposti jyrättäessä tai liikenteen alla. Murskeen rakeet ovat sitä kuutiollisempia, mitä useammassa vaiheessa murskaus suoritetaan. Tavallisilla leuka- ja kartiomurskaimilla ei kuitenkaan voida sanottavasti vaikuttaa syntyneen tuotteen raemuotoon.

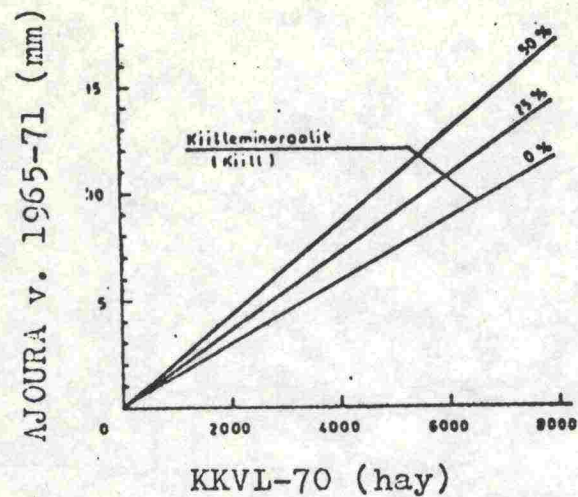
Kiviaineksen murskausaste ilmoitetaan tavallisesti ns. murtopintalukuna. Murskatusta kiviaineksesta valmistetun päällysteen Marshall-stabiliteetti on suurempi kuin saman raekoostumuksen omaavasta luonnonsorasta valmistetun päällysteen ja siksi sen deformatumisalttius on pienempi. Saman tiiviysasteen saavuttaminen vaatii kuitenkin enemmän tiivistystyötä.

Päällystystarkoituksiin Suomessa käytettävä kiviaines koostuu tavallisesti useammasta eri kivilajista, joista kukin voi taas sisältää useita eri mineraaleja. Mineraalit ovat kiteisiä kemiallisia yhdisteitä. Hyviä kivilajeja ovat yleensä mm. diabaasit, gabrot, amfiboliitit, keski- ja hienorakeiset graniitit ja gneissit. Sen sijaan heikkoja kivilajeja ovat mm. karkeahkot kiilleliuskeet, pegmatiitit, karkearakeiset graniitit ja kiteiset kalkkikivet /4/.

Kivilajin ominaisuuksiin vaikuttavat mm. siinä olevien mineraalien paljoussuhteet, mineraalirakeiden koko, raemuoto ja rakeiden suuntaus.

Mineraalirakeiden pieni koko yleensä lisää kivilajin lujuutta. Jos kivilaji on luonnostaan voimakkaasti suuntautunutta, sillä on taipumus murskautua pitkulaisiksi tai lituskaisiksi rakeiksi.

Erityisesti kiviaineksessa olevien kiillemineraalien on Suomessa havaittu heikentävän päällysteiden kestävyyttä. Kiillepitoisuuden vaikutusta päällysteen kestävyyteen voidaan arvioida kuvan 3 avulla.



Kuva 3. Päällysteeseen syntyneen ajouran syvyyden riippuvuus liikennemäärästä ja käytetyssä kiviaineksessa olleiden kiillemineraalien määrästä /5/.

Kiviaineksen rakeisuusvirheet voivat aiheuttaa huomattavia kustannuksia esim. asfalttiaseman tehon putoamisen ja kiviaineksen hukkakuumentamisen muodossa. Lisäksi rakeisuuden vaihdellessa voimakkaasti päällysteestä voi tulla epähomogeeninen ja kestävydeltään heikko.

Kiviaineksessa olevat epäpuhtaudet voivat haitata päällystemassan valmistusta ja heikentää päällysteen laatua.

Kiviaineksen hiotuvuusluvulla on merkityksensä päällysteen kitkalle. Hyypän /6/ mukaan Suomessa käytettyjen kiviainesten hiotuvuusluku on liikenteen asettamiin vaatimuksiin nähden riittävän suuri. Kiviaineksen ja etenkin sen karkean osan väri ja valonheijastuskyky vaikuttavat tien näkyvyyteen pimeällä ja valaistuskustannuksiin. Vaaleat, läpinäkymättömät kiviainekset ovat tässä mielessä parhaita.

2.12 Sideaine

Asfalttibetonin sideaineena käytetään yleensä tislattuja bitumeja.

Bitumi sisältää maaöljyn raskaimmat ja vaikeimmin tislautuvat hiilivedyt sekä myös tislautumattomat ainesosat, kuten suolat ym. mineraaliainekset.

Bitumin ominaisuuksiin vaikuttaa suuresti sen valmistukseen käytetyn raakaöljyn alkuperä.

Bitumin reologisia ominaisuuksia kuvaavat mm. tunkeuma, pehmenemispiste, murtumispiste, viskositeetti 60°C , viskositeetti 135°C , lasittumispiste ja venymä. Suomessa tislautut bitumit on jaettu eri lajeihin tunkeuman perusteella. Tunkeuma kuvaa sideaineen kovuutta 25°C :n lämpötilassa.

Tiebitumien pehmenemispiste on $30\dots 60^{\circ}\text{C}$. Sen merkitys arvosteluperusteena on pienehkö.

Mitä alhaisempi on bitumin murtumispiste, sitä paremmin päällyste kestää kulutusta murtumatta matalissa lämpötiloissa.

60°C on useiden asfalttilujuusmittausten standardilämpötila.

Siinä lämpötilassa mitatut lujuusarvot ovat verrannollisia bitumin viskositeettiin samassa lämpötilassa. Päällysteen deformaation vaara kesälämpötilassa on siten sitä pienempi, mitä suurempi on bitumin viskositeetti 60°C lämpötilassa.

Viskositeetti 135°C :ssa kuvaa bitumin ominaisuuksia korkeissa lämpötiloissa. Kuumasekoituksessa ovat edullisia bitumit, joilla tämä arvo on alhainen. Tällöin riittää myös alhaisempi sekoituslämpötila, mikä merkitsee pienempää bitumin kovenemisen vaaraa ja säästöä lämmityskustannuksissa. Lasittumispiste edustaa lämpötila-aluetta, jolloin bitumi muuttuu nestemäisestä kiinteäksi aineeksi menettäen samalla joustavuutensa. Alhaista lasittumispistettä pidetään positiivisena ominaisuutena.

Venymän merkityksestä ei aivan varmuudella olla selvillä, mutta nimenomaan alhaisten lämpötilojen venymää pidetään hyvänä kriteeriona tiebitumien arvostelussa. Suuri venyvyys alhaisissa lämpötiloissa on suositeltava ominaisuus

Bitumin vanhenemisella tarkoitetaan bitumissa tapahtuvia rakenteellisia muutoksia, jotka ilmenevät bitumin kovettumisena. Bitumin vanhenemisominaisuuksia voidaan tutkia mm. ohutkalvokokeen avulla.

Liukoisuus trikloorieteeniin ilmaisee sideaineen puhtauden eli sen aineen määrän, joka toimii sitovana liimana kiviainesarakeiden välillä.

Leimahduspiste on bitumien turvallista käyttöä esittävä ominaisuus ja sen tulisi olla mahdollisimman korkea. Se osoittaa myös kevyiden komponenttien määrää bitumissa ja siten vanhenemisominaisuuksia.

2.13 Täytejauhe

Täytejauheella tarkoitetaan kiviainesta, joka pääasiallisesti läpäisee 0,074 mm:n seulan. Tavallisimmat täytejauheet ovat ns. syklonijauhe ja kalkkikivijauhe. Syklonijauheella tarkoitetaan kiviaineksen kuivausvaiheessa asfalttiaseman pölyneroittimiin kertyvää hienoa kiviainesta. Sitä palauteetaan yleensä kiviainekseen niin paljon, että vaadittu rakeisuus saavutetaan erillisen täytejauheliäyksen jälkeen.

Täytejauheen raekoostumuksen on todettu vaikuttavan päällysteen laatuun. Karkeilla täytejauheilla ominaispinta-ala on pienempi kuin raekoostumukseltaan hienoilla jauheilla. Mitä suurempi jauheen pinta-ala on, sitä enemmän se kykenee pidättämään sideainetta ja sitä tehokkaampana sitä pidetään.

Syklonipöly on varsin tasarakeista eikä siinä ole alle 0,001 mm:n hiukkasia lainkaan. Sen sijaan kalkkikivestä jauhamalla tehty täytejauhe on rakeisuudeltaan hyvin suhteistunut ja tiiviiksi pakkautuvaa. Kalkkikivellä on muiden emäkisten kivilajien tavoin myös hyvät tarttuvuusominaisuudet. Näiden ominaisuuksien vuoksi saadaan pelkästä kalkkifillerin ja bitumin seoksesta valmistetuilla koekappaleilla parempia Marshall-lujuuden arvoja kuin syklonipölyn ja bitumin seoksella. Kalkkikivitäytejauhe parantaa kulutuskestävyyttä myös siten, että sen avulla massa sekoittuu tasalatuiseksi ja on helpommin työstettävää ja jyrättävää, jolloin tyhjätilat jäävät pienemmiksi.

2.14 Tartuke

Tartukkeet ovat pinta-aktiivisia lisä-aineita, jotka sideaineeseen sekoitettuna edistävät sideaineen ja kiviaineksen välistä tarttuvuutta ja päällysteen veden- ja säänkestävyyttä. Asfalttibetoneissa voidaan erikseen sovittaessa käyttää di- tai polyamiinityyppejä tartukkeita. Edullisimpia tartukkeen lisäyskohteita ovat asfalttibetonit, joiden kiviaines on normaalia happamempaa tai joihin käytetään parafiinista bitumia. Myös vähäliikenteisille teille tehtävät asfalttibetonit, joiden kestoiän ratkaisee enemmän säänkestävyys kuin kulutuskestävyys, ovat edullisia tartukkeiden käyttökohteita.

Kuumasekoitteisissa asfalttimassoissa käytettäviltä tartukkeilta vaaditaan tarttuvuuden lisäämisvaikutuksen ja veden vastustamisvaikutuksen ohella hyvää lämmönkestävyyttä. Tiettyillä tartukkeilla on huono lämmönkestokyky ja täten niiden tehokkuus kärsii kuumana sekoituksesta ja säilytyksestä. Nyrkisääntönä voidaan pitää, että tartuketta ei saisi pitää yli 8 h yli 100^oC:n lämpötilassa /2,7/.

2.2 MASSA

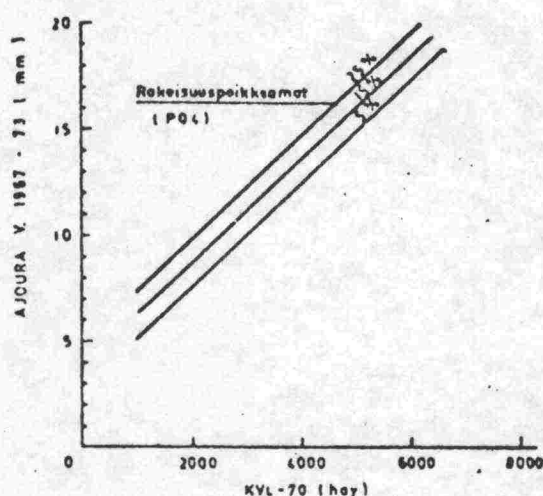
2.21 Yleistä

Eri käyttötarkoituksiin tulevilta asfalttimassoilta vaaditaan toisistaan poikkeavia tai ainakin eri tavoin painotettuja ominaisuuksia. Käyttökohteen vaatimukset, edellytetty laatutaso ja kustannukset on pyrittävä sopeuttamaan keskenään asianmukaisesti. Suhteitusohjeella vaikutetaan osaltaan myös siihen, mitkä ovat työn suorittajan edellytykset saada aikaan vaatimusten mukaista päällystettä. Kun suhteitus on oikein suoritettu, ohjearvoista poikkeaminen merkitsee yleensä päällysteen laadun huonontumista tai ainakin kustannusten lisääntymistä /3/.

Massan laatua valvotaan tarkkailemalla sen ulkonäköä ja lämpötilaa sekä tutkimalla siitä otetuista näytteistä rakeisuus ja sideainepitoisuus.

2.22 Rakeisuus

Asfalttimassan rakeisuudella eli raekoostumuksella tarkoitetaan sen kiviaineksen eri raekokojen painosuhteita. Varsinaisen rakeisuuden lisäksi on siihen liittyvinä asfalttimassan laatuominaisuuksina pidettävä rakeisuuden hajontaa ja rakeisuuspoikkeamien määrää /8/. Rakeisuuspoikkeamien vaikutusta päällysteen kestävyys voidaan arvioida kuvan 4 avulla.



Kuva 4. Päällysteeseen 6 vuoden aikana syntyneen ajouran keskimääräisen syvyyden riippuvuus liikennemäärästä ja 4 mm:n seullalla havaituista rakeisuuspoikkeamista /5/.

Esimerkki.

Kuvan perusteella liikennemäärän ollessa 4 000 hay/vrk ja 4 mm:n seullalla havaittujen rakeisuuspoikkeamien osuus 5 % kaikista näytteistä kuuden vuoden aikana syntyneen ajouran keskimääräinen syvyys on 12,5 mm. Rakeisuuspoikkeamien osuuden ollessa 25 % vastaava ajouran syvyys on noin 14,5 mm. Jos otetaan sallituksi urasyvyudeksi 23 mm, 5 % rakeisuuspoikkeamaa vastaavaksi päällysteen kestoikäksi saadaan $\frac{23 \cdot 6}{12,5} = 11$ vuotta. 25 % rakeisuuspoikkeamaa vastaava kestoikä on puolestaan 9,5 vuotta.

Rakeisuuspoikkeamien vaikutusta päällysteen arvoon voidaan

tämän jälkeen arvioida esim. annuiteettimenetelmällä, jolloin vuosikustannukset (poisto + 7,5 % korko) saadaan kertomalla päällysteen rakentamiskustannukset sen kestoikää vastaavalla annuiteettitekijällä (katso esim. Päällystesuunnittelu 1978, sivu 42/3/). Rakentamiskustannusten ollessa 100 000 mk ovat 5 % rakeisuuspoikkeamaa vastaavat vuosikustannukset 0,136 · 100 000 mk = 13 600 mk. Jotta 25 % rakeisuuspoikkeamia sisältävän päällysteen vuosikustannukset olisivat yhtä suuret, tulee päällysteen hinnan olla halvempi eli $x = \frac{13600}{0,151} = 90\,066$ mk. Tämän perusteella siis päällysteen, jossa 4 mm seulalla on havaittu 25 % rakeisuuspoikkeamia, arvo on 9,9 % pienempi kuin päällysteen, jossa 4 mm seulalla on havaittu ainoastaan 5 % rakeisuuspoikkeamia.

Seuraavassa asetelmassa on esitetty päällystelajien AB 20...25 massan rakeisuustutkimustulosten yhteenveto vuodelta 1978. Yhteenveto on laadittu tie- ja vesirakennuslaitoksen tutkimien 1829 massanäytteen perusteella. Asetelma antaa jonkinlaisen kuvan rakeisuuden normaaleista arvoista, keskimääräisestä hajonnasta ja keskimääräisestä rakeisuuspoikkeamien määristä eri seuloilla.

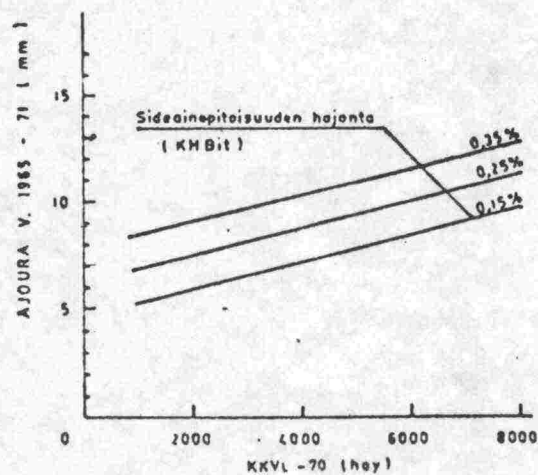
Seula (mm)	Keskim. ohjearvo (%)	Keski- arvo (%)	Keskim. Keski- hajonta (%)	Keskim. Rakeis. poikk.os. (%)	Keskim. Til.mat. poikk. (%)
0,074	8,7	8,8	0,7	2,1	3,1
4	48,9	49,7	2,5	5,5	7,3
12	74	74	3	7,9	11,5

2.23 Sideainepitoisuus

Tarvittavaan sideainepitoisuuteen vaikuttavat mm. kiviaines-seoksen rakeiden yhteispinta-ala, tiiviiksi sullotun kiviaineksen tyhjättila, kiviaineksen tiheys, rakeiden pintaominaisuudet ja sideainelaji. Lisäksi on otettava huomioon käytännön päällystystyössä esiintyvä sideainepitoisuuden vaihtelu, koska laadultaan huonoin 5-10 % päällysteestä määrää yleensä sen kestoiän.

Vuonna 1978 tie- ja vesirakennuslaitoksen tutkimien AB 20...25:n massanäytteiden tutkimustulosten mukaan sideainepitoisuus oli keskimäärin 5,83 %, sideainepitoisuuden keskimääräinen keskihajonta 0,18 %, laatuvaatimuksista poikkeavia tutkimustuloksia oli keskimäärin 6,0 % ja laskettu tilastomatemattinen poikkeama oli keskimäärin 7,1 %. Sideainepitoisuuden ohjearvo oli keskimäärin 5,77 %.

Liian vähän sideainetta sisältävien päällysteen kohtien kulu- ja säänkestävyys on huono. Liian paljon sideainetta sisältävät kohdat taas ovat liukkaita ja helpommin deformatuvia. Sideainepitoisuuden hajonnan ollessa pieni sideainetta voidaan käyttää vähemmän kuin hajonnan ollessa suuri. Sideainepitoisuuden vaihtelun vaikutusta päällysteen urautumiseen voidaan arvioida kuvan 5 avulla.



Kuva 5. Päällysteeseen 6 vuoden aikana syntyneen ajouran keskimääräisen syvyyden riippuvuus liikennemäärästä ja sideainepitoisuuden hajonnasta /5/.

Esimerkki

Kuvan perusteella liikennemäärää 4 000 hay/vrk ja sideainepitoisuuden hajontaa 0,15 % vastaava urasyvyys on n. 7 mm. Samaa liikennemäärää ja 0,25 % sideainepitoisuuden hajontaa vastaava urasyvyys on n. 9 mm. Tekemällä vastaavat olettamukset

ja laskutoimitukset kuin edellä rakeisuuspoikkeamien osalta, voidaan todeta, että sideainepitoisuuden hajonnan ollessa 0,25 %, päällysteen arvo on 13,3 % pienempi kuin sideainepitoisuuden hajonnan ollessa 0,15 %.

2.24 Lämpötila

Massan sallitun sekoituslämpötilan ylittäminen aiheuttaa sideaineen normaalia suuremman kovettumisen sekoituksen aikana. Siitä taas on seurauksena, että päällysteen kestävyys, varsinkin alhaisissa lämpötiloissa huononee. Liian kuumassa massassa myös sideaine erottuu helposti kuljetuksen aikana. Sallitun lämpötilan alueen alarajan alittaminen taas aiheuttaa sen, ettei massa sideaineen liian suuresta viskositeetista johtuen sekoitu kunnolla. Myöskin massan levityksessä ja tiivistämisessä voi tulla vaikeuksia massan lämpötila ollessa liian alhainen.

2.3 VALMIS PÄÄLLYSTE

2.31 Yleistä

Tärkeimmät valmiista päällysteestä tutkittavat ja mitattavat laatuominaisuudet ovat: massamäärä, tyhjättila, sivukaltevuus, tasaisuus ja sauman suhteellinen tiiviys. Lisäksi päällystettä joudutaan arvostelemaan sen ulkonäön perusteella. Tärkeimmät ulkonäköarvostelussa huomioitavat seikat ovat saumat, päällysteessä olevat halkeamat ja lajittumat. Näistä ominaisuuksista massamäärä, tyhjättila, sauman suhteellinen tiiviys ja halkeamat vaikuttavat pääasiassa päällysteen kestävyYTEEN. Sivukaltevuus, tasaisuus, saumojen teon onnistuminen ja lajittumat vaikuttavat sekä päällysteen kestävyYTEEN että liikenneturvallisuuteen.

2.32 Kaltevuudet

Päällyste tehdään vahvistetussa suunnitelmassa, työkohtaisessa työselityksessä tai urakkaohjelman työkohtaisessa osassa mainittuun sivukaltevuuteen. Tien sivukaltevuuden pieneneminen ("tien latistuminen") vaikeuttaa veden poistumista päällyste-

teeseen pääasiassa kulumisen seurauksena syntyneestä ajourasta. Uran pohjalle jäävä vesi on merkittävä liikenneturvallisuutta vaarantava tekijä. Siksi esimerkiksi sivukaltevuuden poikkeama ohjearvosta 3 % alaspäin 1 %-yksiköllä pienentää sallittua uransyvyyttä noin 5 mm ja aiheuttaa ennenaikaisen päällysteen korjaus- tai uusimistarpeen

2.33 Tasaisuus

Epätasaisuuden suuruus ilmoitetaan poikkeamana päällysteen pintaa vasten asetetusta oikolaudasta. Pituussuuntaisten epätasaisuuksien toteamiseen voidaan käyttää myös yhteenlaskevaa sysäysmittaria. Tietyn tieosuuden tasaisuutta kuvaavat oikolautamittausten perusteella määritetty keskiepätasaisuus h_n (cm) ja yhteenlaskevan sysäysmittarin antama epätasaisuusluku e (cm/km). Keskiepätasaisuus määritellään seuraavasti:

$$h_n = \frac{n}{20} \times h_k$$

jossa n on yli 3 mm epätasaisuuksien lukumäärä/100 m ($n \geq 20$)
 h_k on epätasaisuuksien keskikorkeus eli

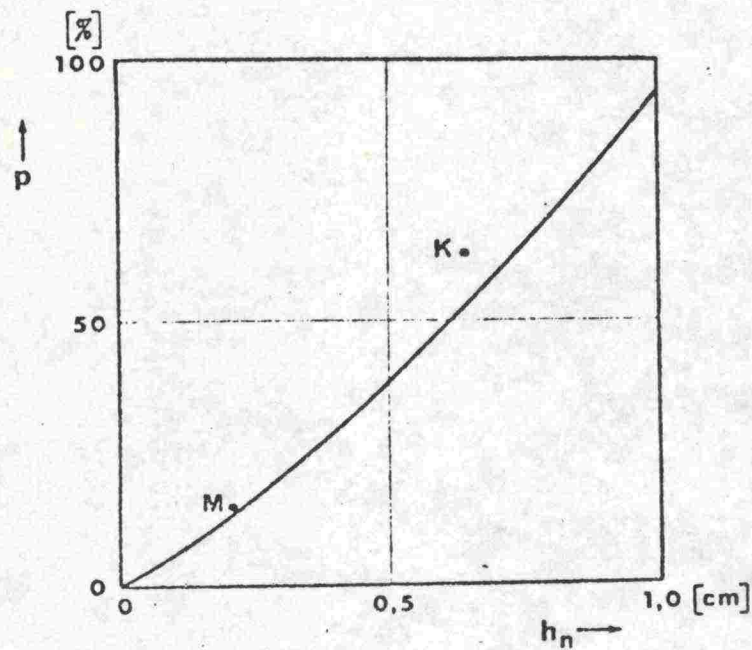
$$\sum_{i=1}^n h_i \text{ (cm)}$$

Yhteenlaskevan sysäysmittarin antama epätasaisuusluku e (cm/km) voidaan muuntaa keskiepätasaisuudeksi h_n (cm) seuraavan empirisen kaavan avulla:

$$h_n = 0,00294 \times e - 0,258$$

Epätasaisuuden haittavaikutuksista voidaan mainita mm. tien lisäkuormittuminen dynaamisten iskujen vuoksi ja sen seurauksena suuremmat tienpitokustannukset, ajoneuvon ja tien kosketusvoiman (kitkan) ajoittaisen pienentymisen aiheuttama ajoturvallisuuden heikkeneminen, ajoneuvon korin värähtelyn aiheuttama epämukavuus matkustajille, suuresta epätasaisuudesta johtuva aikakustannusten kasvu ja tärinän aiheuttamat vauriot ajoneuville ja kuljetettavalle tavaralle.

Epätasaisuuden aiheuttamaa tien rasituksen kasvua voidaan arvioida kuvan 6 avulla.



Kuva 6. Tien rasituksen kasvu keskiepätasaisuuden funktiona. Käyrä perustuu kaikkien maanteiden keskiarvoliiikenteeseen /8/.

Esimerkki

Päällysrakenteen mitoitus- ja kuoletusajanjakso on 20 vuotta. Oletetaan, että epätasaisuuden 130 cm/km aiheuttama tien lisärasitus sisältyy mitoitukseen. Tällöin epätasaisuudesta 200 cm/km aiheutuva päällysrakenteen lisärasitus teoriassa lyhentää sen kestoikää. Epätasaisuuslukuja 130 cm/km ja 200 cm/km vastaavat keskiepätasaisuudet ovat 0,124 cm ja 0,33 cm. Kuvas-
ta 6 saadaan vastaaviksi $p:n$ arvoiksi 8 % ja 22 %. Tällöin vastaavat päällysrakenteen kestoiät ovat 20 vuotta ja
 $10 + \frac{10 \cdot 1,08}{1,22} = 18,9$ vuotta, jos kulutuskerros uusitaan 10 vuoden kuluttua. Jotta annuiteettimenetelmällä (7,5 % korko) lasketut vuosikustannukset olisivat yhtäsuuria tulisi epätasaisemman päällysrakenteen olla 2 % halvempi. Mahdollisia eroja kunnossapitokustannuksissa ja jäännösarvoissa ei ole otettu huomioon.

2.34 Kitka

Päällysteen kitka-arvo (kitkakerroin) on lukuarvo, jolla määritellään auton renkaiden ja päällysteen välisen kitkan suu-

ruus. Se on parhaimmillaan kuivalla asfaltilla ollen 0,7-0,9. Märällä asfaltilla se on hyvissä olosuhteissa 0,5-0,6. Olosuhteet ovat liukkaat, jos kitka-arvo on pienempi kuin 0,3. Kitkaan vaikuttavia tekijöitä ovat päällysteen pinnan karkeus, tiellä olevan veden määrä, auton nopeus ja renkaiden kunto sekä monet muut renkaiden ominaisuudet. Kitkan puute saattaa olla liikenneonnettomuuden osasyynä. Erityistä huomiota on kiinnitettävä liikenteellisesti vaarallisten kohtien, kuten risteysalueiden, kaarteiden, jyrkkien nousujen ja siltojen päällysteiden kitkaan /9,2/.

Asfalttibetonista tehdyn kulutuskerroksen kitka riippuu mm. kiviaineksen rakeisuudesta, hienoaines- ja sideaineprosentista, sideaineen viskositeetista ja päällysteen tyhjätilasta.

Asfalttibetoneissa, joiden rakeisuuskäyrä kulkee Asfalttinormeissa /2/ esitetyillä rakeisuuden ohjealueilla III-V, on päällysteellä riittävä kitka alusta alkaen ja kaikilla nopeuksilla. Päällysteillä, joiden maksimiraekoko on suuri, kitka on parempi kuin maksimiraekoon ollessa pieni. Sideaine- ja hienoainesprosentin lisääminen vaikuttaa päällysteen kitkarvoja pienentävästi. Sideaineen viskositeetin ja tyhjätilan ollessa päällysteessä suuria sen kitka on parempi kuin mainittujen ominaisuuksien ollessa pieniä. Päällysteen huono kitka voi johtua myös asfalttimassan lajittumisesta, jolloin päällysteeseen bitumin pintaannousun vuoksi muodostuu paikallisia liukkaita kohtia /7/. Ne tulisi karkeuttaa jyräyksen aikana sopivalla sepeli- tai muulla lajitteella /10/.

2.35 Massamäärä

Massamäärää valvotaan massapunnitusten ja poranäytteiden tutkimustulosten perusteella. Vuoden 1978 päällystystöissä AB 25/120:ta otettujen poranäytteiden mukaan massamäärän keskiarvo oli 124 kg/m^2 ja keskimääräinen keskihajonta $14,9 \text{ kg/m}^2$ /11/.

Kuten aikaisemminkin on todettu päällysteen huonoin 5...10 % määrää yleensä sen kestoiän. Edellä olevien tilastolukujen perusteella voidaan todeta (olettamalla massamäärän jakautuma normaaliseksi), että vaikka massamäärä keskimäärin on huomatta-

vasti ohjearvoa suurempi, n. 5 % päällysteestä on todennäköisesti massamäärältään alle 99 kg/m^2 ($124 - 1,65 \cdot 14,9$). Hajonnan suuruus aiheuttaa sen että massaa kuluu turhan paljon ja päällysteessä voi silti olla liian ohuita kohtia. Paikallinen massamäärän alitus heikentää luonnollisesti päällysteen kantavuutta ja joskus jopa päällysteen kestävyyskannalta merkittävästi.

Varsinkin ohuessa, sitomattomalle alustalle tehdyssä päällysteessä voivat massamääräalitukset huomattavasti lyhentää sen kestoikää. Tämä johtuu siitä, että sidotun kerroksen kuluessa ohueksi, tunkeutuu vesi lajittumakohdista sitomattomaan kerrokseen heikentäen kantavuutta. Tällöin päällyste voi purkautua hyvinkin nopeasti. Jäljellä olevan sidotun kerroksen kriittinen paksuus on noin 20 mm. Ohuissa päällysteen kohdissa jää myös tyhjättila helposti normaalia suuremmaksi ja Marshall-lujuus normaalia pienemmäksi. Tällöin päällyste vaurioituu näistä kohdista nopeammin kuin muualta.

2.36 Tiiviys ja lujuus

Asfalttibetonin tiiviys voidaan ilmaista tyhjättilan tai suhteellisen tiiviyyden avulla

Tyhjättilan suuruuteen vaikuttavat mm. kiviaineksen raekoostumus ja raemuoto, sideainepitoisuus ja tiivistystyön tehokkuus.

Suhteellinen tiiviys ilmaisee lähinnä tiivistystyön tehokkuuden.

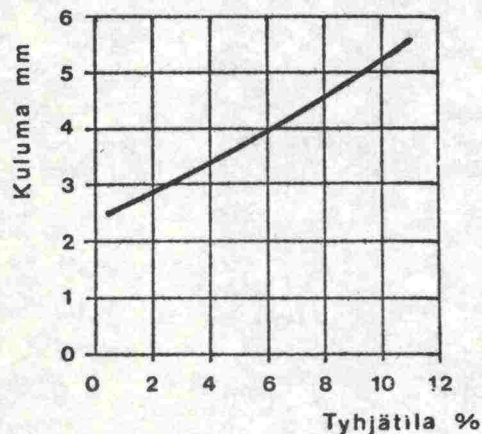
Vuonna 1978 poranäytetutkimusten yhteenvedon /11/ mukaan päällystelajin AB 25/120 tyhjättila oli keskimäärin 2,3 til.-% ja sen keskimääräinen keskihajonta 0,9 til.-%. Poikkeamia ohjearvosta oli keskimäärin 1,4 % ja tilastomatemattinen poikkeama oli keskimäärin 1,2 %.

Suhteitettaessa pyritään tyhjättila saamaan keskimäärin alueelle 2...3 til.-%. Tällöin tyhjättilan hajonnasta johtuvia liian pieniä tai suuria tyhjättiloja saadaan mahdollisimman vähän.

Tyhjätilan ollessa liian pieni liikenteen lisätiivistys ja sideaineen kiviainesta suurempi lämpölaajeneminen voivat aiheuttaa päällysteen deformatumista ja sideaineen pintaannousta.

Suomessa kuitenkin enemmän päällystevaurioita aiheutuu liian suurista tyhjätiloista. Jos päällysteen tyhjätila on suuri, päällyste läpäisee vettä helposti ja sitä tunkeutuu kiviaineksen ja sideaineen rajapintoihin. Seurauksena on rakenteen heikkeneminen. Vuorottainen jäätyminen ja sulaminen edistää rapautumista. Myös bitumin vanheneminen tapahtuu nopeammin avoimissa päällysteissä. Tiivis kulutuskerros suojaa sen alla olevia kerroksia veden vahingolliselta vaikutukselta /2/.

Tyhjätilan vaikutusta asfalttibetonipäällysteen kulumiseen voidaan arvioida esim. kuvan 6 perusteella.



Kuva 6. Tyhjätilan vaikutus asfalttibetonipäällysteen kulumiseen /3/.

Esimerkki

Verrataan kahta tyhjätila-arvoiltaan erilaista päällystettä ja oletetaan, että tyhjätila-arvo, jota suurempia päällysteessä on 5 %, määrää päällysteen kestävyuden. Päällysteessä, jonka tyhjätilan keskiarvo on 2,3 til.-% ja keskihajonta 0,9 til.-%, on 3,8 til.-% suurempia tyhjätiloja noin 5 % (olettaen tyhjätilan jakautuma normaaliseksi). Kuvan 6 perusteella tyhjätilaa 3,8 til.-% vastaava kuluma on noin 3,3 mm.

Tyhjätilan keskiarvon ollessa 3,1 til.-% ja sen keskihajonnan 1,2 til.-% tyhjätilan arvo, jota suurempia päällysteessä todennäköisesti on noin 5 %, on $3,1 + 1,65 \cdot 1,2 = 5,1$ til.-%. Sitä vastaava kuluma kuvasta 6 on noin 3,8 mm. Kuluma on siis 15 % suurempi ja kestoikä vastaavasti lyhyempi kuin ensimmäisen päällysteen. Arvioitaessa ensimmäisen päällysteen kesto-
iän olevan 10,5 vuotta tyhjätila-arvoiltaan huonomman päällysteen kestoikä on 9,1 vuotta. Jos halutaan päällysteiden vuosikustannusten olevan yhtäsuuria on huonomman päällysteen oltava noin 10 % halvempi kuin parempi päällyste (annuiteettimenetelmä, 7,5 % korko). On kuitenkin muistettava, että tyhjätilan vaikutus riippuu monista tekijöistä, mm. sideainepitoisuudesta, kiviaineksen rakeisuuskäyrän muodosta ja filleripitoisuudesta. Sideainerikas päällyste kuuluu suurestakin tyhjätilasta huolimatta verrattain vähän eikä ole tässä mielessä yhtä altis suhteitus- ja työvirheille kuin sideaineköyhä päällyste. Lisäksi tiivistyy sideainerikas päällyste myöhemmin lisää liikenteen alla runsaammin kuin sideaineköyhä massa.

Marshall-stabilisuus (-lujuus) kuvaa asfalttipäällysteen kykyä vastustaa plastisia muodonmuutoksia. Jos päällysteen stabilisuus on riittämätön, seurauksena voi olla päällysteen tai sen alustan muodonmuutoksia eli deformaatioita. Huomattavaa deformaation tapahtua saattaa vilkkaasti ja raskaasti liikennöidyillä kapeilla teillä etenkin hellesäällä. Vilkkaisissa risteyksissä ajoneuvojen jarrutukset ja kiihdytykset tehostavat deformaation tapahtua jyrkissä kaarteissa. Päällystesuunnitteluohjeiden /3/ mukaan deformaation estämiseksi tulee Marshall-lujuuden olla vähintään 2800 N teillä, joilla liikennemäärä on 2000...10000 ajon./vrk. Vähäliikenteisimmillä teillä riittää 2000 N Marshall-lujuus. Mikäli liikennemäärä ylittää 10000 ajon./vrk lujuuden tulee vastaavasti olla vähintään 3500 N /3/.

2.37 Ulkonäkö

Kaikki päällysteen virheet eivät ilmene mittauksista eivätkä tutkimustuloksista. Siksi päällysteen laatua on arvosteltava myös sen ulkonäön perusteella.

Päällysteen kestävyysvaikuttavia ulkonäkövirheitä ovat lajittumat, halkeamat, verkkohalkeama-alueet, hiushalkeama-alueet, reiät, purkautumat, saumavirheet ja porareikien huono paikkaus.

Liikenneturvallisuuteen vaikuttavia ulkonäkövirheitä ovat sideainerikkaat alueet, sideaineläikät, karkeutusvirheet, epätasaisuus, kouruisuus ja profiilivirheet. Lähinnä vain päällysteen ulkonäköön ja ajomukavuuteen vaikuttavia virheitä ovat jyrän jäljet, päällysteen reunojen tai saumojen häiritsevä mutkaisuus, repiminen ja sauman liima-aineen pintaanousu.

2.38 Muut ominaisuudet

Muita päällysteen laatuominaisuuksia ovat mm sauman tiiviys ja päällysteen valoteknilliset ominaisuudet.

Sauman tiiviys arvostellaan vertaamalla saumanäytteiden keskimääräistä irtotiheyttä muiden näytteiden irtotiheyksien keskiarvoon ja ottamalla huomioon myöskin saumanäytteiden tyhjätilan keskiarvo.

Sauma on yleensä päällysteen heikoin kohta. Roudan vaikutuksesta, tien pinnan noustessa keskeltä enemmän kuin reunoilta, sauma aukeaa helposti. Vaikkakin roudan sulaessa saumakohta saattaa umpeutua, on varsin tavallista, että avoimeen halkeamaan tunkeutunut lika estää päällysteen kiinniliimautumisen /12/.

Päällysteen valoteknillisistä ominaisuuksista riippuvat näkemismahdollisuudet ajoneuvovaloilla ajettaessa. Ne vaikuttavat myös merkittävästi tievalaistuksen laatuun ja taloudellisuuteen.

Sideaineen kuluessa päällysteen pinnasta sen valoteknilliset ominaisuudet paranevat. Päällysteen valoteknillisiin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa mm. kiviaineksen valinnalla: graniitti on parempi kuin diabaasi ja 20 % vaaleita lisäaineita rakeisuuskäyrän yläosalla nostaa vaaleusasteen kaksinkertai-

seksi. Muihin päällysteen ominaisuuksiin verrattaessa voidaan todeta, että hyvät valoteknilliset ja kitkaominaisuudet esiintyvät samanaikaisesti /13/.

3. LAATUPOIKKEAMIEN SYYT

3.1 YLEISTÄ

Päällystystöiden massaluonteesta johtuen raaka-aineiden, massan ja valmiin päällysteen laatuominaisuudet vaihtelevat aina jossakin määrin. Normaaliksi katsottava vaihtelu otetaan huomioon laatuvaatimuksia asetettaessa. Havaittujen laatutasoalitusten syyt tulisi selvittää, jotta virheet voitaisiin vastaisuudessa välttää ja jotta laadunarvostelu olisi oikeudenmukaista.

Laatupoikkeamia voivat aiheuttaa mm. raaka-aineiden ominaisuuksien poikkeaminen edellytetystä tai niiden suuri vaihtelu, virheellinen suhteitus, virheet työn suorituksessa, koneiden tai laitteiden viat, virheet näytteiden otossa ja tutkimisessa, alustan laatu ja päällystystyön kannalta epäedulliset sääolosuhteet.

3.2 RAAKA-AINEET JA SUHTEITUS

Päällysteen raaka-aineena käytetyn kiviaineksen rakeisuuden suuri vaihtelu voi aiheuttaa rakeisuuspoikkeamia päällysteeseen. Esim. vuosina 1965...-75 AB 20...25:een käytetyn kiviaineksen murskauksen aikaiset ja massatutkimusten mukaiset rakeisuuden hajonta-arvot eri seuloilla ovat olleet keskimäärin seuraavat:

Seula (mm)	Murskauksen aikainen keskihajonta (%)	Massatutkimusten mu- kainen keskihajonta (%)
0,074	1,1	1,0
4	5,5	3,0
12	5	3

Rakeisuuden hajonta 4:n ja 12 mm:n seuloilla on siis alentunut keskimäärin 40...45 % /14/.

Päällysteeseen käytettävä kiviaines saadaan murskauksen ja murskaamistuotteen varastoinnin yhteydessä tasalaatuisemmaksi kiinnittämällä huomiota mm. seuraaviin seikkoihin:

- Kuormauskoneella on suoritettava ns. karkeasuhteitus siten, että murskaamon syöttösiiloon kuormataan vuorotellen hienompaa ja karkeampaa ainesta sellaisessa suhteessa, että rakeisuus pysyy ohjealueella.
- Raaka-aineen syötön tulee olla tasaista ja vastata murskauslaitoksen kapasiteettia.
- Murskaustuotteen varastointi suoritetaan siten, että tuotteen rakeisuus saadaan homogeenisemmaksi välttämällä erityisesti lajittumista varastokasan reuna-alueilla.

Virheet suhteituksessa johtuvat tavallisesti siitä, että raaka-ainesta koskevat tiedot ovat virheellisiä tai puutteellisia taikka niitä ei ole otettu huomioon. Esimerkiksi kiviaineksen rakeisuuden poikkeaminen oletetusta, kiviaineksen kiintotiheyden, murskausasteen, muotoarvon sekä ilman lämpötilan normaalista poikkeavat arvot on otettava huomioon sideainepitoisuuden ohjearvoa määrättäessä. Näiden muutostekijöiden vaikutusta on tarkemmin selvitetty päällystesuunnitteluohjeissa /3/.

3.3 MASSAN VALMISTUS

Massan valmistukseen liittyvistä laatupoikkeamien syistä ja virheiden välttämiseksi voidaan luettelonomaisesti todeta seuraavaa:

- Lähtökiviaineksen rakeisuuden, vesipitoisuuden ja lujuuden vaihtelu vaikeuttavat tasalaatuisen massan valmistusta.
- Pelkän lajittuneen aineksen kuormaamista syöttösiiloon on vältettävä.
- Lajitteiden sekoittumista keskenään on varottava
- Kiviaineksen holvaantuminen silloihin voidaan estää esim. tärytyksen avulla.
- Annostelun epätarkkuus voi johtua mm. siitä, että

- vaa'at ovat epäkunnossa, siilujen luukut eivät sulkeudu tiiviisti tai sideaineen annostelulaite vuotaa.
- Seulonnan tarkkuuteen vaikuttaa mm. kiviaineksen rae-
muoto, seulojen kunto ja rakenne, seulalle tuleva
materiaalimäärä sekä seulontatyön tehokkuus ja kes-
toaika.
 - Ylivuoto siiloon voi johtua mm. seulan tukkeutumisesta
tai aseman toimimisesta seulan kapasiteettiin näh-
den liian suurella teholla. Tukkeutuminen voidaan ta-
vallisesti estää tai sitä voidaan ainakin vähentää
käyttämällä rakoseulaa tai hieman suurempiaukkoista
verkkoseulaa.
 - Seuloihin tulleet reiät aiheuttavat tietenkin rakei-
suuspoikkeamia.
 - Kuivausrummussa syntyy lajittumia varsinkin asfalt-
timassan valmistuksen aloitus- ja lopetusvaiheissa,
koska karkeat rakeet pyrkivät kulkemaan kuivausrummun
läpi nopeammin kuin hienot.
 - Annossekoittimessa syntyneet lajittumat voivat johtua
siitä, että sekoittimen siivet, seinämät tai pohjale-
vyt ovat liian kuluneita tai sekoittimen kärkilappujen
ja pohjalevyn välinen etäisyys on väärin säädetty.
Liian täysi tai vajaa annos ei myöskään sekoitu kun-
nolla.
 - Massan työntyessä määrätyllä nopeudella jatkuvatoimi-
sen koneen sekoittimesta annostelijaan tai annosvaa-
kaan painavimmat ja suurimmat osaset lentävät kauem-
maksi kuin kevyemmät ja pienemmät. Tämä ilmiö aiheut-
taa jatkuvan verrattain suuren lajittuman, joka osit-
tain siirtyy päällysteeseen. Virhe voidaan poistaa
käyttämällä sopivasti asetettuja ohjauslevyjä.
 - Sekoittimen tai massanannostelijan ollessa huomatta-
vasti massaa kuljettavan kuorma-auton lavaa korkeam-
malla (yli 1,5...2 m) karkeammat kiviainekset pyrki-
vät vierimään lavan reunoille. Massa saadaan tasalaa-
tuisemmaksi, jos kuorma-autoa siirretään siten, että
siilon tyhjentyminen tapahtuu moniin lavan eri kohtiin.

- Massan lämpötilan vaihtelut ovat yleensä suurimmat työvuoron alussa ja keskeytysten jälkeen, jolloin massan lämpötilaan on kiinnitettävä erityistä huomiota.
- Jos sekoitusaika on riittämätön tai massaa valmistetaan liian suurella teholla, massa jää epähomogeeniseksi. Päällyste näyttää tällöin kirjavalta ja laikukkaalta ja siinä saattaa esiintyä myös puhtaita sideaineettomia raepintoja /15,16/.

3.4 MASSAN KULJETUS JA LEVITYS

Massan kuljetus liittää aseman ja levityskoneen toiminnan yhtenäiseksi työketjuksi. Kuorma-autojen lukumäärä on mitoitettava ensisijaisesti kuljetusmatkan, aseman kapasiteetin ja kuormakoon perusteella sellaiseksi, että kuljetus on jatkuvaa ja tehokasta. Keskeytykset yleensä huonontavat päällysteen laatua.

Kuljetuksen aikana voi tapahtua massan lajittumista jos kuljetusmatka on pitkä ja tie huono. Lajittumista edistävät massan korkea lämpötila ja sideainepitoisuus sekä mahdollisesti käytetty pehmeä bitumilaji. Sekoituslämpötiloja alentamalla voidaan em. virhe yleensä poistaa.

Kylmällä ilmalla ja pitkän kuljetusmatkan aikana on käytettävä kuormapeitteitä, jotta massa säilyisi sopivassa levityslämpötilassa. Massan kuljetuksen maksimimatka on yleensä n. 100 km. Kuormia purettaessa on vältettävä töytäisyjä, jotka aiheuttavat epätasaisuuksia päällysteeseen.

Levittimen kierukoiden tai tiivistyspalkin kuluneisuus ja kierukan epäjatkuvuuskohdat saattavat aiheuttaa pituussuuntaisten lajittumakaistaleiden muodostumista.

Jos levityspalkki on liian kylmä, seurauksena voi olla massan tarttuminen siihen kiinni ja päällysteen pinnan repeytyminen.

Jos levitin ajetaan liian tyhjäksi massakuormien välillä, päällysteeseen muodostuu muutaman neliömetrin suuruisia läikkiä

säännöllisten välimatkojen päähän toisistaan.

Levityspalkin korkeuden usein tapahtuvaa muuttamista on vältettävä, jotta päällysteestä tulisi tasainen.

Lisättäessä levittäjän työleveyttä jatkokappaleita käyttämällä on erityisesti huolehdittava siitä, että massa jakautuu levittimessä tasaisesti yli koko levityspinnan.

3.5 TIIIVISTÄMINEN

Päällysteen tiivistäminen jyräämällä on viimeistelytoimenpide, jolla aikaansaadaan päällysteen lopullinen tiiviys ja tasaisuus. Tiivistämisen onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. jyräyskaluston laatu ja määrä, jyräyskaavio, jyräyslämpötila, jyräyskertojen lukumäärä, alustan laatu ja sääolosuhteet. Näitä tekijöitä on seuraavassa käsitelty lähinnä tiivistämissuorituksen osalta.

Täryjyrällä on taipumusta aiheuttaa vertikaalista lajittumista tiivistettäessä verraten kuumaa, koostumukseltaan tiivistä massaa. Ajosuuntaa vaihdettaessa täryttäminen aiheuttaa haitallisen painuman, ellei tärytintä kytketä pois suunnan vaihdon ajaksi. Tasainen siirtyminen vanhalta päällysteeltä uudelle ilman porrastusta saavutetaan, kun jyräys aloitetaan siten että suurin osa valssista on tiivistetyllä ja kylmällä päällysteellä.

Jyräys tulisi yleensä aloittaa kaistan alimmasta osasta, koska kuumalla asfalttimassalla on taipumus siirtyä jyrän paineen alla kohti kaistan alinta osaa.

Esijyräyksen tarkoituksena on kuuma massa kevyesti tiivistämällä sulkea massan huokokset varastoimaan lämpöä tiivistystä varten. Jos massa pääsee jäähtymään liiaksi ennen esijyräystä, massaan tulee varsinaisen tiivistysjyräyksen aikana helposti hiushalkeamia.

Sileävalssiyrällä jyrättäessä on vetovalssin oltava levittimeen päin, jotta päällysteeseen ei tulisi aaltoilua. Jyrkissä nousuissa on kuitenkin etuvalssin kuljettava edellä.

Jos ajosuuntaa muutetaan liian nopeasti tai jyrä seisoo liian kauan paikallaan, päällysteeseen syntyy painumia.

Yleisesti päteviä tiivistysjyräyksessä noudatettavia lämpötiloja ei voida asettaa. Sopiva lämpötila on riippuvainen mm. massan koostumuksesta, päällysteen paksuudesta, sideaineen laadusta, levittimestä ja jyrän painosta. Yleensä tiivistysjyräys suoritetaan massan lämpötilan ollessa välillä $110...60^{\circ}$ C. Massan lämpötilan ollessa alle 60° C:n jyräys on yleensä tuloksetonta. Massan liian korkea lämpötila havaitaan mm. aaltoilusta valssin vieressä, poikittaishalkeamista jyrän takana, massan tarttumisesta valssiin tai pyöriin vesihuuhtelusta huolimatta tai massan työntymisestä valssin edellä.

Jyräyskertojen optimimäärään vaikuttavat jyrä- ja päällystetyyppi, päällysteen paksuus, kiviaines, sideaine ja sääolosuhteet. Yleensä haluttu tiiveys saavutetaan 6...10 jyrän ylityskerralla. Jyrättäessä runsassideaineista, tiiviiksi pakkautuvaa päällystettä liian paljon ja korkeassa lämpötilassa saattaa sen pinta tulla sileäksi ja liukkaaksi sideaineen noustua pintaan. Etenkin valssijyrää käytettäessä liiallinen jyräys voi aiheuttaa päällysteen tiiveyden ja lujuuden huonontumista.

Jälkijyräyksessä poistetaan päällysteen pinnan viimeisetkin epätasaisuudet, joita valssin reunat tai kumipyöräjyrän renkaat ovat aiheuttaneet. Jälkijyräys suoritetaan pinnan lämpötilan ollessa välillä $70...50^{\circ}$ C.

3.6 NÄYTTEIDEN OTTO JA TUTKIMINEN

Päällysteiden laatua arvosteltaessa ei pidä unohtaa, että osa tutkimustulosten vaihtelusta johtuu näytteidenoton ja testauksen virheistä ja epätarkkuuksista.

Tutkimustulosten keskihajonta S_k voidaankin jakaa varianssi-analyysin avulla esimerkiksi seuraaviin komponentteihin:

- päällysteen laadun vaihtelusta johtuva hajonta S_m ,
- näytteenotosta johtuva hajonta S_n ja
- näytteiden tutkimisen epätarkkuuksista johtuva hajonta S_t .

Kokonaishajonta S_k voidaan silloin lausua seuraavan kaavan muodossa:

$$S_k = \sqrt{S_m^2 + S_n^2 + S_t^2} \quad /17/.$$

Laadun vaihtelusta johtuvan hajonnan suuruuteen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. lajitteiden rakeisuuden vaihtelu, lajitteiden, täytejauheen ja sideaineen annosteluiden tarkkuus, sekoituksen tehokkuus ja lajittuminen.

Tutkimustulosten kokonaishajonnan suuruuteen vaikuttavat lisäksi mm. näytemäärät, suurin raekoko, näytteenottokohdat, näytteiden yhdistäminen, tutkimusmenetelmän tarkkuus, eri laboratorioden ja tutkimuksen suorittajien tutkimustulosten yhdistäminen ja tulosten esittämistapa (yksittäiset määritykset vai kahden tai useamman määrityksen keskiarvot).

Tutkittavan näytteen määrän kasvaessa näytteiden tutkimustulosten hajonta pienenee. Kustannussyistä tutkittavan näytteen määrä on kuitenkin pidettävä mahdollisimman pienenä. Karkearakeisista massoista otetaan suurempi näyte tutkittavaksi kuin hienorakeisista massoista.

Esimerkiksi massanäyte pyritään ottamaan kuorma-auton lavalta siten, että se kuvaa kuorman keskimääräistä laatua. Siksi näyte otetaan kuorma-auton lavalta kuudesta eri kohdasta. Jos näyte otettaisiin aina yhdestä, satunnaisesta kohdasta kuormaa, tutkimustulosten hajonta olisi suurempi.

Tutkimustulosten keskihajonta toistettavuuskokeissa (sama tekijä, sama laboratorio) on pienempi kuin toistuvuuskokeissa (eri tekijä, eri laboratorio). Jos tutkimustulosten keskihajonta on s , niin $n:n$ tutkimustuloksen keskiarvojen keskihajonta on s/\sqrt{n} .

Sideainepitoisuuden määrityksen epätarkkuus (kaksinkertainen keskihajonta) on $\pm 0,07... \pm 0,4$ %, tyhjätilan määrityksen $\pm 0,7... \pm 1,3$ % ja rakeisuuden $\pm 2,4... \pm 4,4$ %. Käytettävissä olleet tiedot /2, 17, 18/ määritysten tarkkuuksista vaihtelivat siis melkoisesti. Ne osoittanevat kuitenkin, että näytteidenoton ja tutkimisen epätarkkuus voi joskus vaikuttaa mer-

kittävästi laadunarvosteluun. Tutkimuksissa voi myös laatuominaisuuksien todellinen merkitys peittyä epätarkkuuden aiheuttaman tulosten hajonnan johdosta.

3.7 OLOSUHTEET

Myös päällysteen alusta ja päällystystöiden aikaiset sääolosuhteet voivat vaikuttaa merkittävästi päällysteiden laatuun.

Verkkohalkeama-alueet, painumat tai päällysteen korkeat tyhjätila-arvot voivat johtua alustan pehmeystä. Alustan epätasaisuudet heijastuvat aina päällysteen pintaan joskin pienentyneinä. Märkä, jäinen tai luminen alusta jäädyttää päällysteen alapinnan niin nopeasti, ettei kunnollista tiivistämistä ehditä suorittaa. Jos sidottu alusta on pölyinen ja likainen, päällysteen liimaaminen voi epäonnistua ja päällyste irrota alustasta.

Sateen vaikutuksesta jyrättävän päällysteen yläpinta jäähtyy hyvin nopeasti. Sateisina kesinä tehtyjen päällysteiden tyhjätila-arvojen on todettu olevan keskimäärin korkeampia kuin normaaleina tai kuivina kesinä saadut vastaavat arvot.

4. TILASTOLLISET MENETELMÄT LAADUN ARVOSTELUSSA

4.1 YLEISTÄ

Laadun arvostelua vaikeuttaa tutkittavien laatuominaisuuksien saamien arvojen suurehko hajonta. Tämän johdosta yksittäisen tutkimustuloksen perusteella voidaan saada hyvinkin harhaanjohtava kuva päällysteen laadusta. Toisaalta laatututkimusten hitaus ja kalleus rajoittaa päällysteestä otettavien näytteiden määrää. Tilastomatematiikan avulla tutkimustulosten sisältämä informaatio saatetaan helpommin tulkittavaan muotoon lasquemalla laatua kuvaavia tunnuslukuja. Se miten hyvin nämä tunnusluvut kuvaavat päällysteen todellista laatua riippuu mm. tutkimustulosten hajonnasta ja lukumäärästä. Tilastomatematiikka antaa myös keinot arvioida tätä luotettavuutta. Jos laadun arvostelun luotettavuudelle asetetaan tavoite tai vaatimus, voidaan määrittää tarvittava näytteiden lukumäärä.

Yleisimmin käytetyt tunnusluvut ovat keskiarvo, keskihajonta ja tilastomatemattinen poikkeama. Seuraavassa esitetään niiden määrittäminen ja luotettavuuden arviointiin liittyvät tilastolliset laskelmat.

4.2 TUNNUSLUVUT

Oletetaan, että massasta on otettu n näytettä, joista on tutkittu esim. sideainepitoisuus. Tutkimustulosten x_i keskiarvo \bar{x} voidaan laskea seuraavan kaavan perusteella:

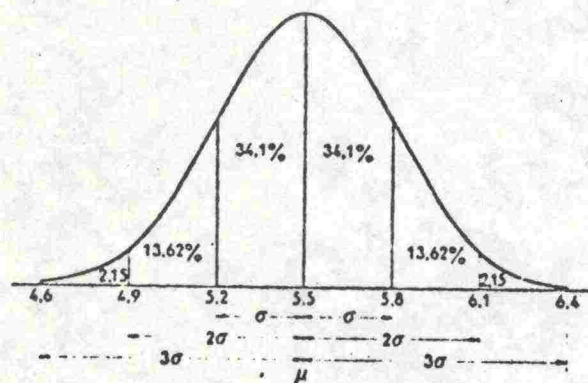
$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Keskihajonta s lasketaan kaavalla

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Keskiarvo on arvio massan keskimääräisestä sideainepitoisuudesta ja keskihajonta sideainepitoisuuden vaihtelusta.

Useiden päällysteen laatuominaisuuksien tutkimus- ja mittaus- tulosten on todettu noudattavan tyydyttävästi normaalijakautumaa. Kuvassa 8 on esitetty sideainepitoisuuden tutkimustulosten perusteella piirretty normaalijakautuman frekvenssifunktion kuvaaja.



Kuva 7. Normaalijakautuman frekvenssifunktion kuvaaja (keskiarvo $\mu = 5,5 \%$ ja keskihajonta $\sigma = 0,3 \%$) /19/.

Normaalijakautumassa keskiarvo muodostaa symmetria-akselin. Keskiarvon molemmin puolin välillä $\mu \pm \sigma$ on 68,26 % kaikista arvoista. Välillä $\mu \pm 2\sigma$ on 95,44 % ja välillä $\mu \pm 3\sigma$ 99,73 % kaikista arvoista.

Normaalijakautuman hyväksikäyttöön perustuu ns. tilastomatemattisen poikkeaman määrittäminen. Tilastomatemattinen poikkeama on arvio siitä, kuinka suuri osuus päällysteestä tai massasta poikkeaa annetuista vaatimusrajoista.

Tilastomatemattista poikkeamaa määritettäessä lasketaan ensin otoksen keskiarvo \bar{x} ja keskihajonta s . Sitten lasketaan testisuure:

$$z = \left| \frac{x_r - \bar{x}}{s} \right|$$

x_r vaatimusraja

\bar{x} lukujen keskiarvo

s lukujen keskihajonta

Taulukosta 1 saadaan testisuureen arvon perusteella vaatimusrajan ylittävien näytteiden todennäköinen prosenttimäärä silloin, kun keskiarvo on vaatimusrajojen sisällä. Jos keskiarvo on rajan ulkopuolella, saadaan taulukosta rajojen sisään jääneiden näytteiden prosenttimäärä.

Taulukko 1. Testisuureen arvoa vastaava vaatimusrajan ylittävien näytteiden todennäköinen prosenttimäärä /2/.

Testisuure z	Ylittävät näytteet %	Testisuure z	Ylittävät näytteet %
0,00	50,0	1,60	5,5
0,10	46,0	1,70	4,5
0,20	42,1	1,80	3,6
0,30	38,2	1,90	2,9
0,40	34,5	2,00	2,3
0,50	30,8	2,10	1,8
0,60	27,4	2,20	1,4
0,70	24,2	2,30	1,1
0,80	21,2	2,40	0,8
0,90	18,4	2,50	0,6
1,00	15,9	2,60	0,5
1,10	13,6	2,70	0,4
1,20	11,5	2,80	0,3
1,30	9,7	2,90	0,2
1,40	8,1	3,00	0,1
1,50	6,7	3,10	0,1

Tehtäessä tilastollisia päättelyjä on aina muistettava, että otoksesta lasketut tunnuslukujen estimaatit ovat otoksesta toiseen vaihtelevia satunnaissuureita. Käsitys tunnusluvun tarkkuudesta saadaan laskemalla ns. varmuusväli, jonka sisällä tunnusluvun todellinen arvo on tietyllä todennäköisyydellä. Varmuusvälin päätepisteitä voidaan kutsua varmuusrajoiksi. Riittävänä varmuutena pidetään yleensä 95 %:n todennäköisyyttä. Keskiarvon varmuusvälin yläraja voidaan laskea kaavalla

$$x_y = \bar{x} + \frac{t}{\sqrt{n}} \cdot s \text{ ja vastaavasti alaraja kaavalla}$$

$$x_a = \bar{x} - \frac{t}{\sqrt{n}} \cdot s$$

Kaavoissa x_y ja x_a ovat keskiarvon varmuusvälin ylä- ja alaraja, \bar{x} ja s ovat otoksesta lasketut keskiarvon ja keskihajonnan estimaatit, n on otokseen kuuluvien näytteiden lukumäärä ja t :lle saadaan arvo studentin t -jakautuman taulukosta vapausasteen $(n-1)$ ja vaaditun tilastollisen varmuuden perusteella. Taulukossa 2 on esitetty 95 %:n tilastollista varmuutta ja erilaisia näytemääriä vastaavia kertoimen $\frac{t}{\sqrt{n}}$ arvoja

Taulukko 2. Keskiarvon 95 %:n varmuusvälin määrittämisessä tarvittavia kertoimia. n = näytteiden lukumäärä, t = vapausastetta $n-1$ ja 95 %:n todennäköisyyttä vastaava t -jakautuman arvo /20/.

n	$\frac{t}{\sqrt{n}}$	n	$\frac{t}{\sqrt{n}}$	n	$\frac{t}{\sqrt{n}}$	n	$\frac{t}{\sqrt{n}}$
2	8,99	15	0,555	28	0,388	121	0,180
3	2,48	16	0,533	29	0,380	141	0,166
4	1,59	17	0,514	30	0,373	161	0,156
5	1,24	18	0,497	31	0,367	181	0,147
6	1,05	19	0,482	36	0,338	201	0,139
7	0,926	20	0,467	41	0,316		
8	0,838	21	0,456	46	0,297		
9	0,770	22	0,443	51	0,281		
10	0,715	23	0,432	61	0,256		
11	0,672	24	0,422	71	0,237		
12	0,635	25	0,413	81	0,221		
13	0,605	26	0,404	91	0,208		
14	0,577	27	0,396	101	0,197		

Keskihajonnan varmuusrajat taas saadaan seuraavien kaavojen avulla:

$$S_y = \mathcal{K}_y \cdot s = \text{ylempi varmuusraja}$$

$$S_a = \mathcal{K}_a \cdot s = \text{alempi varmuusraja}$$

Kaavoissa s merkitsee otoksen keskihajontaa ja kertoimet \mathcal{K}_y ja \mathcal{K}_a ovat näytteiden lukumäärästä ja halutusta tilastollisesta varmuudesta riippuvia tekijöitä. Taulukossa 3 on esitetty 95 %:n tilastollista varmuutta ja erilaisia näytemääriä vastavia \mathcal{K}_y :n ja \mathcal{K}_a :n arvoja.

Taulukko 3. 95 %:n tilastollista varmuutta vastaavia \mathcal{K}_a :n ja \mathcal{K}_y :n arvoja /20/.

Näytteiden lukumäärä	\mathcal{K}_a	\mathcal{K}_y	Näytteiden lukumäärä	\mathcal{K}_a	\mathcal{K}_y
2	0,51	15,00	30	0,83	1,27
3	0,53	4,40	35	0,84	1,23
4	0,62	2,90	40	0,85	1,22
5	0,65	2,40	50	0,86	1,20
6	0,67	2,10	60	0,87	1,18
7	0,69	1,90	70	0,88	1,16
8	0,70	1,80	80	0,88	1,14
9	0,72	1,70	90	0,89	1,12
10	0,73	1,65	100	0,90	1,11
15	0,77	1,45	150	0,91	1,10
20	0,80	1,35	200	0,92	1,09

Kun otoksesta määritetty keskihajonta siis kerrotaan taulukosta saadulla \mathcal{K}_y :n arvolla, saadaan keskihajonta, jota pienempi todellinen keskihajonta on 95 %:n todennäköisyydellä. Vastavasti \mathcal{K}_a :lla kertomalla saadaan keskihajonnalle arvio, jota suurempi todellinen keskihajonta on 95 %:n varmuudella. \mathcal{K}_y :n ja \mathcal{K}_a :n arvot voidaan myöskin laskea χ^2 -jakautumasta tai F-jakautumasta saatavien arvojen avulla.

Pienestä otoksesta lasketun tilastomatemattisen poikkeaman arvo on melko epäluotettava. Arvostelun luotettavuutta voidaan arvioida laskemalla tilastomatemattisen poikkeaman minimi- ja maksimiarvot keskiarvon ja keskihajonnan 95 %:n varmuusväleissä.

4.3 JAKAUTUMAN NORMAALISUUDEN TUTKIMINEN

Kun tilastollisessa päättelyssä käytetään hyväksi normaalijakautumaa on aina varmistauduttava siitä, että tutkittavan laatuominaisuuden arvojen jakauma on tosiaan likipitäen normaalin. Satunnaissuureen jakautuma muodostuu normaaliseksi, kun satunnaissuureen arvoihin vaikuttavat useat tosistaan riippumattomat satunnaiset tekijät. Ns. systemaattiset syyt kuten esimerkiksi suhteituksen tai raaka-aineiden laadun jyrkkä muuttuminen tai kahden laboratorion, joista toisen tutkimuksissa on tehty systemaattisia virheitä, tulosten yhdistäminen voi aiheuttaa useampihiippuisen tai vinon jakautuman syntymisen. Joskus voidaan yksinkertaisella histogrammitarkastelulla todeta havaintomateriaalin olevan riittäväällä tarkkuudella normaalin. Todennäköisyyspaperilla voi myös tarkistaa sopiiko tietyn havaintomateriaalin satunnaisvaihtelua kuvaamaan normaalijakautuma. Tällöin menetellään seuraavasti. Olkoon arvoa x pienempien havaintoarvojen luku F_x ja kaikkien havaintojen lukumäärä N . Piirretään suureen F_x/N kuvaaja todennäköisyyspaperille, johon argumenttiasteikolle on merkitty tarkoituksenmukainen tasavälinen jaotus. Jos kuvaaja on (likipitäen) suora, voidaan empiiristä jakautumaa approksimoida käytännössä riittävän hyvin normaalijakautumalla.

Myös χ^2 -testillä voidaan testata, noudattaako havaintomateriaali normaalijakautumaa.

4.4 VIRHEELLISTEN HAVAINTOJEN POISJÄTTÄMINEN

Jos jokin havainto on hyvin harvinainen muiden samaan joukkoon kuuluvien havaintojen jakautumassa, sitä voidaan epäillä virheelliseksi. Paras peruste havainnon poisjättämiselle on kuitenkin todellinen tieto virheen sattumisesta. Etenkin pienten näytteiden ollessa kyseessä, johtopäätösten tekoa ei pidä suorittaa kaavamaisten laskujen perusteella.

4.5 TARVITTAVA NÄYTTEIDEN LUKUMÄÄRÄ

Laadun arvostelussa voi tehdä kahdenlaisia virhepäätelmiä, jotka johtuvat näytteiden ottoon aina liittyvästä sattumasta.

1. Otoksen mukaan poikkeamaprosentti (vaatimusrajoista poikkeavien tulosten osuus) on sallittua suurempi, vaikka perusjoukon (koko arvostelun kohteena oleva massa tai päällyste) poikkeamaprosentti onkin pienempi (todennäköisyydellä α , joka on ns. urakoitsijan riski).

2. Otoksen poikkeamaprosentti on hyväksyttävissä rajoissa, vaikka perusjoukon poikkeamaprosentti onkin sallittua suurempi (todennäköisyydellä β , joka on ns. rakennuttajan riski).

Erehtymismahdollisuuksiin vaikuttaa laatuominaisuuden vaihtelun suuruus ja näytteiden lukumäärä. Keskiarvon ja keskihajonnan varmuusvälit antavat käsityksen arvostelun luotettavuudesta erilaisilla näytemäärillä. Näytteiden lukumäärän valintaa varten on laadittu myöskin valmiita taulukoita. Usein kuitenkin valitaan, tosin sangen epätyytyttävien perusteiden, näytteen suuruus vain niin, että tietty ero saadaan esille $p\%$:n varmuudella. Silloin jätetään vaille huomiota urakoitsijan riski. Tarvittavan näytteen suuruus voidaan tässä tapauksessa laskea testisuureesta sangen yksinkertaisesti ja siitä onkin eräs esimerkki esitetty seuraavassa kappaleessa.

4.6 ESIMERKKEJÄ TILASTOLLISISTA LASKELMISTA

24 näytteestä määritetyt 4 mm seulan läpäisyprosentit olivat: 45, 49, 53, 51, 55, 49, 48, 49, 50, 54, 52, 55, 50, 47, 47, 53, 56, 51, 53, 52, 53, 54, 55, 50.

Tutkimustulosten keskiarvo lasketaan kaavan perusteella.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\bar{x} = 1/24 \cdot (45+49+\dots+50) = 51,29$$

Keskihajonnan laskukaava on:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$s = \sqrt{\frac{(45-51,29)^2 + (49-51,29)^2 + \dots + (50-51,29)^2}{24 - 1}} = 2,94$$

Läpäisyprosentin ohjearvo oli 54 ja laatuvaatimusten mukaan yksittäisestä näytteestä määritettynä sallittu poikkeama ohjearvosta on ± 5 %. Normaalijakautumaa hyväksi käyttäen voidaan arvioida todennäköinen vaatimusrajoista poikkeava osuus päällysteessä. Testisuureen laskukaava on:

$$z = \left| \frac{x_r - x}{s} \right|$$

Kaavassa x_r tarkoittaa suurinta tai pienintä sallittua läpäisyprosenttia. Suurin sallittu on tässä tapauksessa $54 + 5 = 59$ %. Pienin sallittu puolestaan on $54 - 5 = 49$ %.

Testisuure suurimman sallitun arvon ylityksiä laskettaessa on:

$$z = \left| \frac{59 - 51,29}{2,94} \right| = 2,62$$

Pienimmän sallitun arvon alituksia laskettaessa testisuure taas on:

$$z = \left| \frac{49 - 51,29}{2,94} \right| = 0,78$$

Taulukosta 1 saadaan interpoloimalla vaatimusrajan ylittävän päällysteen todennäköiseksi osuudeksi 0,44 %. Samalla tavalla laskettuna todennäköisesti 21,77 % päällysteestä alittaa 4 mm seulan läpäisyprosentille sallitun pienimmän arvon. Yhteensä vaatimusrajoista poikkeava osuus on siis $0,44 + 21,77 = 22,21$ %.

Esimerkissä interpoloitiin taulukosta saatujen arvojen välillä, mutta tulosten tarkkuus huomioonottaen interpolointi ei yleensä ole tarpeellinen. Keskiarvon 95 %:n varmuusväli voidaan laskea kaavan $\bar{x} \pm \frac{t}{\sqrt{n}} \cdot s$ avulla.

Taulukosta 2 saadaan näytteiden lukumäärää 24 vastaava $\frac{t}{\sqrt{n}} = 0,422$. Varmuusväli on siis $51,29 \pm 0,422 \cdot 2,94$ eli 95 %:n varmuudella 4 mm seulan keskimääräinen läpäisyprosentti on välillä 50,00... 52,5. Taulukon 3 avulla voidaan arvioida saatua keskihajonnan arvoa. Taulukosta saadaan näytemäärää 24 vastaavaksi \mathcal{K}_a :n arvoksi 0,81 ja \mathcal{K}_y :n arvoksi 1,30. 95 %:n todennäköisyydellä todellinen keskihajonta on siis suurempi kuin $0,81 \cdot 2,94 = 2,38$ % ja pienempi kuin $1,30 \cdot 2,94 = 3,82$ %.

Tilastomatemaattiselle poikkeamalle saadun arvon luotettavuutta voidaan arvioida käyttäen hyväksi keskiarvon ja keskihajonnan varmuusvälejä. Arvio tilastomatemaattisen poikkeaman ylärajalle saadaan ottamalla keskiarvoksi tässä tapauksessa 50,0 % ja keskihajonnaksi 3,82 %. Näitä vastaava tilastomatemaattinen poikkeama on $39,8 + 1,0 = 40,8$ % (al. + ylit.) Vastaava arvio alarajalle saadaan olettamalla varmuusvälin rajoissa keskiarvon olevan mahdollisimman lähellä ohjearvoa eli 52,5 %. Keskihajonnan minimiarvo käytetyllä varmuudella oli 2,38 %. Näitä vastaava tilastomatemaattinen poikkeama on $7,1 + 0,4 = 7,5$ %. 24 näytteen perusteella voidaan siis arvioida tilastomatemaattisen poikkeaman olevan 7,5...40,8 %. Tilastomatemaattiseen poikkeamaan perustuva arvostelu voi siis joskus olla merkittävästi virheellinen. Esimerkkitapauksessamme arvonvähennyksen suuruus olisi ollut 2 % urakkasummasta. Edellä laskettuja tilastomatemaattisen poikkeaman minimi- ja maksimiarvoja vastaavat arvonvähennykset olisivat 0 ja 7 %. Näyttemäärä 24 on siis tässä tapauksessa liian pieni, koska hyvällekin työlle voidaan otoksen perusteella määrätä arvonvähennyksiä ja toisaalta huono työ voi sattumalta selvitä arvonvähennyksittä.

5. YHTEENVETO

Päällysteet pyritään tekemään taloudellisuus huomioon ottaen mahdollisimman kestäviksi ja liikenneturvallisuuden sekä ajomukavuuden asettamat vaatimukset täyttäviksi. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi päällysteet on suunniteltava ja rakennettava oikein tarkoitukseen soveltuvia raaka-aineita käyttäen. Päällystystyön valvonnan ja laadun arvostelun avulla varmistetaan, että päällyste mahdollisimman hyvin täyttää sille asetetut vaatimukset.

Päällysteen laatua arvosteltaessa verrataan päällysteen raaka-aineista, massasta ja valmiista päällysteestä tutkittuja, mitattuja tai havaittuja ominaisuuksia urakka-asiakirjoissa esitettyihin vastaaviin vaatimuksiin. Laatuvaatimuksia asetettaessa on pyritty ottamaan huomioon laatuominaisuuksien merkitys ja normaali hajonta sekä vaatimusten vaikutus kustannuksiin. Erilaiset laatu poikkeamia aiheuttavat tekijät on tunnettava arvioidaessa johtuuko laatu poikkeama päällystystyön suorituksesta

vai jostain muusta seikasta.

Laadun arvostelua vaikeuttaa tutkittavien laatuominaisuuksien saamien arvojen suurehko hajonta ja käytössä olevien testausmenetelmien hitaus, epätarkkuus ja kalleus. Tilastollisia menetelmiä hyväksikäyttäen voidaan kuitenkin laskea tutkimusaineistosta päällysteen laatua kuvaavia tunnuslukuja ja arvioida miten luotettavasti ne kuvaavat päällysteen todellista laatua.

KIRJALLISUUTTA:

- /1/ Kallionpää, T., Asfalttibetonipäällysteiden laadun arvostelu. Diplomityö, HTKK 1979.
- /2/ Asfalttinormit 1979, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, julkaisu RIL 134, 1979.
- /3/ Päällystesuunnittelu 1978, TVH 732853.
- /4/ Muskaustyön valvontaohjeet 1979, TVH 732810.
- /5/ Weckström, L., kiviaineksen vaikutuksesta asfalttipäällysteiden ominaisuuksiin Suomessa vuosina 1965...72 suorite-
tuista tienpäällystystöistä saatujen tulosten valossa.
Helsinki 1974. Julkaisu TVH 2.811.
- /6/ Tienpäällystysurakan urakkaohjelma 1979. TVH 731461
A4 3000.
- /7/ Tartukkeiden käyttö kuumasekoitteisissa asfalttipäällysteissä. VTT:n Tie- ja liikennelaboratorio, tutkimusselostus 158, Espoo 1979.
- /8/ Lehtinen, E., Suomen teiden ajoradan tasaisuudesta liikenne- ja rakennusteknisenä kysymyksenä. Helsinki 1970. Valtion teknillinen tutkimuslaitos. Julkaisu 159.
- /9/ Sistonen, M., Päällysteiden kitka-arvojen merkitys. Päällystekursseilla 1980 pidetty luento.

- /10/ Päällystystöiden työselitys 1979. TVH 732802.
- /11/ Tiepäällysteet 1.1.1979. TVH 732803.
- /12/ Hyyppä J.M.I., Asfalttipäällysteiden ja saumojen liimauksesta. Valtion teknillinen tutkimuslaitos. Tiedotussarja III-Rakennus 116. Helsinki 1968.
- /13/ Hautala, P., Tievalaistuksen kannattavuus. Tie- ja liikenne 10/1978.
- /14/ Tie- ja vesirakennushallituksen maatumkimustoimistosta saadut yhteenvetotilastot.
- /15/ Päällystystöiden valvontaohjeet 1979. TVH 732815.
- /16/ Hyyppä, J.M.I. & Savolainen, K., Asfalttipäällysteiden lajittuneisuudesta ja tiiveyden vaihteluista. Valtion teknillinen tutkimuslaitos. Julkaisu 108. Helsinki 1966.
- /17/ Haas, H. & Rode, F., Streuungen der Prüfergebnisse von bituminösen Mischgut. Bitumen 7/1972.
- /18/ Granley, C. G., Quality Assurance in Highway Construction. Part 4 - Variations of bituminous Construction. Public Roads. Vol. 35, No 9 (1969).
- /19/ Wester, K., Produktionskontrolle und Statistik. Strassen- und Tiefbau 8/1970.
- /20/ Gragger, F., "Über die Arbeitsgenauigkeit von Asphaltmischanlagen, Bitumen-Teere-Asphalte-Peche und verwandte Stoffe. Bitumen 9/1969.

