

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
Yhdyskuntatekniikka

Ella Finnilä

Asfalttipäällysteiden suunnittelu

Opinnäytetyö 2019

Tiivistelmä

Ella Finnilä

Asfalttipäällysteiden suunnittelu, 82 sivua, 5 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma

Yhdyskuntatekniikka

Opinnäytetyö 2019

Ohjaajat: lehtori Sami Kurkela, Saimaan ammattikorkeakoulu, projektipäällikkö

Ville John, Ramboll Finland Oy (sekä päällysteasiantuntijat: projektipäällikkö

Janne Sikiö, Ramboll Finland Oy, projektipäällikkö Miikka Himmi, Ramboll CM

Oy)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli koota yhteen asfalttipäällysteiden suunnitteluun liittyvät ohjeet ja tutkia haastattelujen avulla suunnittelun nykytilaa. Lisäksi tavoitteena oli selvittää, mitä asioita suunnittelussa tulisi huomioida, jotta päällyste olisi riittävän laadukas käytössä ja soveltuva käyttöympäristöönsä. Työn teoriaosuuden tilaajana toimi suunnittelu- ja konsultointiyritys Ramboll Finland Oy.

Tutkimusaineistona käytettiin voimassa olevia erilaisia suunnitteluohjeita ja normeja sekä asiantuntijahaastatteluita Kaakkois-Suomen alueelta. Työn teoriaosuuksessa esitellään erilaiset asfalttityypit, asfalttimassaan tarvittavat ainesosat sekä päällysteen ominaisuuksiin vaikuttavat tekijät. Lisäksi esitellään suunnittelun näkökulmasta tärkeitä laatuvaatimuksia.

Haastatteluiden perusteella havaittiin, että katukohteissa päällysteen suunnittelu on melko vähäistä tiekohteisiin verrattuna. Lisäksi havaittiin, että katukohteiden suunnittelussa ei kiinnitetä riittävästi huomiota päällysteen käyttöympäristöön ja sen tuomiin vaatimuksiin. Toisaalta todettiin myös, että suunnitteluohjeita on alalla vähän eikä riittävää koulutusta juurikaan ole saatavilla.

Opinnäytetyön lopussa pohditaan, mitä asfalttipäällysteestä tulisi suunnitella ja määrittää katu- ja tiekohteissa sekä miten asfalttialaa voitaisiin kehittää, jotta päällystesuunnittelun laatua voitaisiin jatkossa parantaa.

Asiasanat: asfalttipäällyste, päällystesuunnittelu, laatuvaatimus, käyttöympäristö

Abstract

Ella Finnilä

The design of asphalt pavements, 82 Pages, 5 Appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Civil infrastructure

Bachelor's Thesis 2019

Instructors: Mr Sami Kurkela, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences,

Mr Ville John, Project Manager, Ramboll Finland Oy (and pavement specialist:

Project Manager Janne Sikiö, Ramboll Finland Oy, Project Manager Miikka

Himmi, Ramboll CM Oy)

The aim of this thesis was to summarize different planning instructions for asphalt pavements and to assess the current state of pavement planning through interviews. A secondary objective was to find out what factors should be taken into account for the pavement to best serve its purpose and environment. The theory section of the study was commissioned by Ramboll Finland Ltd.

The data for this study was collected from a wide variety of effectual pavement norms and planning instructions as well as interviews carried out to expert planners in South Eastern Finland. The theory section is an assessment of different types of asphalt, ingredients and factors affecting the properties of the pavement. Quality criteria pertaining to pavement design are also introduced.

The interviews indicated that pavement planning for streets is somewhat overlooked compared to the design of roads and highways. It was also discovered that the demands of the surroundings or the milieu are often not taken into account in the planning. On the other hand, there are few manuals or instructions for this and education for this field is unavailable.

The thesis ends with the author's view of what should be taken into account when planning street and highway pavements. Also, the results of the interviews are presented alongside the author's assessment of how to improve the quality of pavement design in the industry.

Keywords: Asphalt, Pavement, Pavement design, Quality criteria

Sisällys

1	Johdanto.....	7
2	Asfalttipäällysteen suunnittelua ohjaavat normit ja säännökset sekä materiaalien vaatimukset	8
3	Asfalttityypit.....	9
3.1	Asfalttibetoni	10
3.1.1	Kulutuserroksen asfalttibetoni (AB)	10
3.1.2	Sidekerroksen asfalttibetoni (ABS).....	12
3.1.3	Kantavan kerroksen asfalttibetoni (ABK).....	12
3.1.4	Tiivis asfalttibetoni (ABT)	13
3.2	Pehmeä asfalttibetoni (PAB).....	14
3.3	Kivimastikiasfaltti (SMA)	16
3.4	Valuasfaltti (VA).....	17
3.5	Avoin asfaltti (AA)	19
3.6	Komposiittipäällysteet	21
3.7	Esimerkkejä päällystetyypin valinnasta.....	23
4	Kiviaines	25
4.1	Rakeisuus.....	26
4.2	Hienoainekset.....	28
4.2.1	Suodatinpöly	30
4.2.2	Kalkkifilleri (KF)	30
4.2.3	Lentotuhka	31
4.2.4	Muut hienoainesmateriaalit	31
4.3	Kiviaineksen litteysluokka (FI).....	31
4.4	Nastarengaskulutuskestävyys (A _N).....	32
4.5	Kiviaineksen valinnan suositukset	33
4.6	AVCP-luokat	34
5	Sideaineet.....	35
5.1	Bitumit.....	35
5.2	Viskositeetti ja tunkeuma	35
5.3	Käyttö ja valinta	37
5.4	Tiebitumit.....	38
5.5	Bitumiliuokset (BL) ja fluksatut bitumit	40
5.6	Bitumiemulsiot (BE)	41
5.7	Polymeerimodifioidut bitumit (PMB).....	42
6	Mastiksi.....	44
7	Lisäaineet	45
7.1	Kuidut	45
7.2	Tartukkeet.....	47
7.3	Luonnonasfaltti	47
7.4	Muut lisäaineet.....	48
8	Asfalttirouhe (RC)	49
8.1	Määräykset	49
8.2	Ominaisuudet.....	49
8.3	Käyttö	51
9	Asfalttimassan- ja päällysteen suunnittelu (suhteitus).....	53
9.1	Kokemusperäinen suunnittelu	53
9.2	Toiminnallinen suunnittelu	54
9.3	Suunnittelutavan valinta.....	54

10	Päällysteen paksuus	56
10.1	Päällystekerrosten paksuus ja määrä	56
10.2	Tie- tai katurakenteen mitoitus.....	58
10.2.1	Odemarkin menetelmä.....	59
10.2.2	Analyyttinen mitoitusmenetelmä	60
10.2.3	Kuormituskertaluvut	61
10.2.4	Routamitoitus.....	61
11	Asfalttimassan ja -päällysteen laatuvaatimukset.....	62
11.1	Laatuvaatimusluokat.....	63
11.2	Deformaatiokestävyys ja urautuminen.....	63
11.3	Kulumiskestävyys	67
12	Haastattelut.....	68
12.1	Toteutus.....	68
12.2	Tulokset.....	69
13	Yhteenveto: Asfalttipäällysteestä määritettävät ominaisuus- ja laatuvaatimukset suunnitteluvaiheessa.....	72
14	Pohdinta.....	75

Liitteet

Liite 1	Tien tai kadun päällysrakenne
Liite 2	Kadun normaalipäällysrakenteet ja kantavuusvaatimukset kerroksittain
Liite 3	Katuluokat
Liite 4	Asfalttimateriaaleille ja -massoille sekä päällysteille asetetut vaatimukset
Liite 5	Urasyvyyden tavoitearvon ennustamisen laskentakaava

Käsitteet

Alku-ura:	Uuden päällysteen alkutiivistyminen (mm), joka voidaan mitata 3–6 viikon kuluessa päällysteen valmistamisesta.
Asfaltti:	Kiviaineksen, bitumisen sideaineen ja lisäaineen seos.
Asfalttimassa:	Kiviaineksesta, sideaineesta ja lisäaineista tietyn suunnitelman mukaan valmistettu seos.
Asfalttinormi:	Asfalttipäällysteiden Suomessa käytettävät yleiset laatuvaatimukset ja asfalttimassoja käsittelevien eurooppalaisten tuotestandardien kansallinen soveltamisohje.
Asfalttipäällyste:	Levitetty ja tiivistetty tai valettu asfalttimassa.
Deformaatiokestävyys:	Päällysteen kyky vastustaa muodonmuutoksia.
Elvytin:	Yleensä pehmeää bitumia (esimerkiksi 650/900 tai viskositeettiä luokiteltua V3000), jonka avulla saadaan asfalttirouheen vanhentunut ja kovettunut sideaine pehmenemään halutun bitumiluokan mukaiseksi.
InfraRYL:	Infrarakenteiden yleiset laatuvaatimukset.
KVL:	Vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne.
Kuormituskertaluku:	Kuvataan liikenteen aiheuttamaa rasitusta mitoituskohdassa tapahtuvien standardiakselien ylityskertojen lukumäärällä. Suomessa käytetään standardiakselina 100 kN painoista paripyörin varustettua akselia.
Massapintausta:	Massapintausta menetelmässä levitetään entisen päällysteen päälle uusi päällystekerros. Ennen uuden päällystekerroksen levittämistä vanha päällyste puhdistetaan ja pinnalle levitetään bitumiemulsiota, joka parantaa uuden päällystekerroksen tarttumista vanhan pintaan. Uutta päällystettä levitetään yleensä 80...100 kg/m ² , joka vastaa noin 3...4 cm:n vahvuista kerrosta.
Prall- testi:	Testillä määritetään päällysteen kulumiskestävyys päällysteestä otettujen koekappaleiden avulla.
REM-menetelmä:	Uusiopintausta menetelmä, jossa vanha päällyste kuumennetaan tiellä kulkevilla kuumentimilla, jyrsitään irti ja sekoitetaan uuden massan kanssa, jonka jälkeen se levitetään uudeksi päällystepinnaksi. Uutta lisämassaa tarvitaan ainoastaan tien kuluneisuuden verran, tavallisesti noin 20...25 kg/m ² .

1 Johdanto

Asfalttipäällysteen suunnittelun tärkein asia on, että päällyste on suunniteltu oikeaan käyttöympäristöönsä. Päällyste on yksi kalleimmista rakennusosista tietä tai katurakenteessa. Sen kustannus on euroina merkittävä ja siksi onkin ensiarvoisen tärkeää, että päällysteen tilaaja tietää, mitä ominaisuuksia se haluaa valmiilta päällysteeltä. Tämän jälkeen päällyste voidaan suunnitella halutun kaltaiseksi ja saavutetaan haluttu laatutaso.

Suomen tiet ovat huonossa kunnossa ja esimerkiksi Väylävirasto on arvioinut vuonna 2016, että liikenneväylien (sisältäen maantie-, rata- ja vesiväylät) korjausvelka on 2,5 miljardia euroa. Riittävää rahoitusta teiden korjaamiseen ei ole ja siksi olisi tärkeää, että tehtävät toimenpiteet ovat tarpeeksi laadukkaita ja teiden elinkaari olisi täten mahdollisimman pitkä. Teiden ja katujen huonoon kuntoon vaikuttaa moni tekijä, mutta päällystevaurioiden syntyyn vaikuttaa muun muassa:

- riittävä päällysteen suunnittelu ja sen soveltuvuus käyttöympäristöönsä
- päällystystyö ja sen eri työvaiheiden onnistuminen
- päällysteen alla olevien rakennekerrosten sekä niiden kuivatuksen riittävyys
- ylläpito- ja huoltotyöt, erityisesti talvikunnossapito
- katu- tai tierakenteen pohjamaa.

Asfalttipäällysteiden suunnittelussa tarvittavia ohjeita on saatavilla hyvin niukasti. Ohjeistuksia on saatavilla siellä täällä pieninä palasina ja merkittävä osa näistä ohjeista on huomattavan vanhoja. Asfalttinormit antaa asfalttipäällysteelle, -massalle ja sen materiaaleille erilaisia laatuvaatimuksia ja raja-arvoja, mutta se ei anna valmiita vastauksia siitä, mitä arvoja suunnittelussa tulee käyttää missäkin kohteessa. Asfalttinormien antamat ohjeet soveltuvat enemmän asfalttiasemilla tehtävään työhön kuin päällystesuunnittelijan työhön. Hyvin usein tilanne on se, että tilaaja antaa asfalttiurakoitsijalle tiedon vain halutusta asfalttityypistä, sen maksimiraekoosta sekä laatan paksuudesta, kuten esimerkiksi AB16 40 mm. Tämän jälkeen urakoitsijalle jää mahdollisuus päättää päällysteen laatu, kustannukset ja sen muut ominaisuudet.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on koota yhteen nykyiset asfalttipäällysteiden suunnitteluun liittyvät ohjeet ja tutkia, miten suunnittelijat määrittävät tällä hetkellä päällysteet suunnittelukohteisiinsa Kaakkois-Suomessa. Lisäksi selvitetään, mitä asioita suunnittelussa tulisi huomioida, jotta päällyste olisi riittävän laadukas käytössä ja soveltuva käyttöympäristöönsä. Työtä varten haastatellaan päällystyskohteiden eri osapuolia Kaakkois-Suomessa, kuten suunnittelijoita, tilaajia ja rakennuttajia. Haastatteluiden avulla on tarkoitus selvittää suunnittelutavat ja suunnitelmien laajuus, tyytyväisyys tehtyihin suunnitelmiin sekä ovatko päällysteet olleet käytössä riittävän laadukkaita. Työn teoriaosuuden tilaajana toimii suunnittelu- ja konsultointiyritys Ramboll Finland Oy.

Työssä käytetään aineistonkeruumenetelmänä jo olemassa olevaa kirjallista aineistoa sekä haastatteluja. Olemassa olevaa kirjallisuutta ovat normit, standardit, ohjeet ja käsikirjat. Tässä työssä keskitytään asfalttipäällysteen suunnitteluun päällystesuunnittelijoiden näkökulmasta uudiskohteissa. Työssä ei käsitellä asfaltin eri ainesosien varastointia ennen massan sekoittamista eikä varsinaista massan valmistusprosessia, massan kuljetusta, levitystä eikä sen tiivistämistä. Lisäksi työssä ei käsitellä erikseen siltakohteiden eikä ympäristönsuojaurakenteiden päällystysratkaisuja.

2 Asfalttipäällysteen suunnittelua ohjaavat normit ja säännökset sekä materiaalien vaatimukset

Asfalttipäällysteen suunnittelua ohjaa Suomessa Asfalttinormit ja sen lisälehdet sekä InfraRYL. Asfalttinormit on julkaissut PANK ry eli Päällystealan neuvottelukunta Ry. Se on yleishyödyllinen yhteisö, jota edustaa 21 jäsentä. Jäsenet edustavat valtion virastoja ja laitoksia, kuntia, tutkimuslaitoksia, alan urakoitsija- ja suunnitteluyhtiöitä, alan koneita, laitteita ja raaka-aineita tuottavia yhtiöitä sekä alan toimijoita edustavia yhdistyksiä. Asfalttinormeissa esitetään asfalttipäällysteiden, asfalttimassojen ja asfaltin raaka-aineiden Suomessa käytettävät yleiset laatuvaatimukset. Lisäksi se on asfalttimassojen eurooppalaisten tuotestandardien kansallinen sovellusohje. InfraRYL eli Infrarakenteiden yleiset laatuvaatimukset kertoo rakennusalalla yleisesti hyväksytyyn hyvän rakennustavan kuvauk-

sen. InfraRYL käsittelee päällysteitä pääluvuissa 21400 Päällysteet ja pintarakenteet sekä 42330 Sillan päällyste. Asfalttipäällysteistä on julkaistu myös muita suunnitteluun liittyviä ohjeita teille ja kaduille, kuten esimerkiksi:

- Tierakenteen suunnittelu 28.11.2018, Liikenneviraston ohjeita 38/2018
- Täydentäviä ohjeita siltojen suunnitteluun, Liikenneviraston ohjeita 25/2017
 - kohta: 5.2.6 Ajoneuvoliikenteen sillan päällyste ja sen saumat
 - kohta: 5.2.8 Täydentävä aineisto
- Tien melusteiden suunnittelu, Liikenneviraston ohjeita 21/2015
 - kohta: 2.3.3 Melua vaimentavat asfalttipäällysteet
- Päällysteiden paikkaus, Tiehallinto 2009
- RIL 165-2 Liikenne ja väylä II, 2006
 - kohta: 5.3 Päällysteet
- Asfalttipäällysteiden valintaohje; kadut, pihat ja erityisliikennealueet, Suomen Kuntaliitto 2000
- Taajamapäällysteet ja reunatuet, Tiehallinto 1997
- Päällysteiden suunnittelu, Tiehallinto 1997
- Asfalttipäällysteet, Rakentajain Kustannus Oy 1983

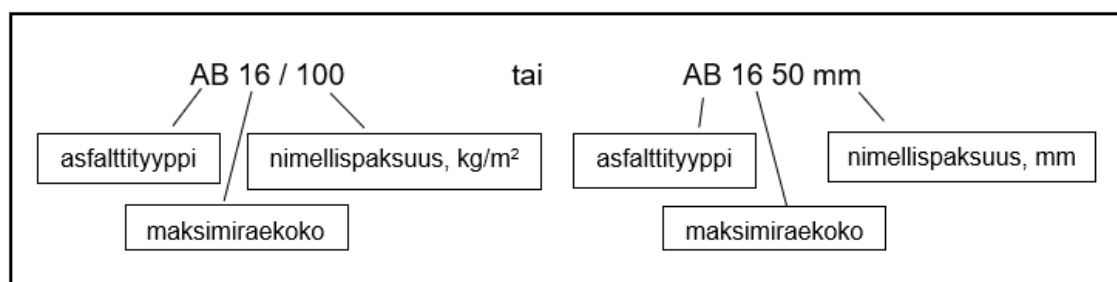
Asfalttimassan kaikilla raaka-aineilla, joilla on yhdenmukaistettu tuotestandardi, tulee olla CE-merkintä. Asfalttimassan ja sen raaka-aineiden CE-merkinnässä on noudatettava rakennustuoteasetusta ja kyseistä yhdenmukaista tuotestandardia, joka on julkaistu EU:n virallisessa lehdessä. Lisäksi Suomessa valmistettava asfalttimassa sekä sen valmistusprosessi on oltava kolmannen osapuolen valvonnassa.

3 Asfalttityypit

Yleisimmät asfalttityypit ovat asfalttibetoni (AB), pehmeä asfalttibetoni (PAB), kivimastikiasfaltti (SMA), valuasfaltti (VA) ja avoin asfaltti (AA). Asfalttimassan koostumukseen vaikuttaa eniten kiviaineksen rakeisuus ja sideainepitoisuus. Jokaiselle asfalttityypille on määritelty asfalttinormeissa yleiset rakeisuuden ja side-

aineen ohjealueet. Sideaineelle on määritetty sopivat bitumityypit, sideainepitoisuusraja-arvot sekä asfalttimassalle on määritetty vakiopaksuisen laatan minimi- ja maksimimassamäärä. (PANK ry 2017.)

Asfalttipäällystekerrosten tiedot ilmaistaan yleensä lyhenteinä. Asfalttityyppiä ilmaisevan kirjainlyhenteen perään merkitään maksimiraekokoa ilmaiseva luku millimetreissä. Tämän lisäksi ilmaistaan päällysteen paksuus joko millimetreinä tai kg/m^2 ilmaisevalla luvulla. Esimerkki merkitsemistavasta on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Esimerkki asfalttipäällystetyypin ja sen paksuuden merkitsemisestä

3.1 Asfalttibetoni

Asfalttibetonia voidaan käyttää päällysrakenteen kulutus-, side- sekä kantavassa kerroksessa sekä myös massapintauksissa, tasauksissa sekä paikkauksissa. Asfalttibetoni on yleisin käytetty asfalttipäällyste ja se soveltuu moniin erilaisiin kohteisiin, kuten esimerkiksi ajoradoille, jalkakäytävälle, kevyen liikenteen väylille, pihoille, kentille ja jopa lattianpäällysteiksi. Asfalttibetonin eurooppalainen tuotestandardi on SFS-EN 13108-1, joka sisältää asfalttityypit AB, ABS ja ABK:n. (PANK ry 2017, 37; PANK Oppimateriaali C3 2018, 8.)

3.1.1 Kulutuskerroksen asfalttibetoni (AB)

AB-päällysteen kiviaineksen maksimiraekoko voi olla 5, 8, 11, 16 tai 22 mm. Sille soveltuvat bitumit ovat kovat tiebitumit sekä vaativissa kohteissa polymeerimodifioidut bitumit. Sideainepitoisuus voi vaihdella 4,8–6,6 massaprosentin välillä, riippuen kiviaineksen rakeisuudesta. Tarkemmat raja-arvot on esitetty taulukossa 1. Kuvassa 2 on esitetty esimerkki AB-päällysteen poranäytteestä. (PANK ry 2017, 37–42; PANK Oppimateriaali C3 2018, 7–8.)

Asfaltti- tyyppi	EN-standardin mukainen nimi, esimerkiksi (ei käytetä Suomessa)	Maksimi- raekoko	Sideaine	Sideaine- pitoisuus (massa-%)	Vakiopaksuisen päällystelaatan massamäärä (kg/m ²)
AB	AC 5 surf 70/100	5	Tiebitumit 35/50-160/220, PMB75/130-65, PMB75/130-70, PMB40/100-70	5,6-6,6	50-75
AB	AC 8 surf 70/100	8		5,4-6,4	60-100
AB	AC 11 surf 70/100	11		5,2-6,2	75-100
AB	AC 16 surf 70/100	16		5,0-6,0	100-125
AB	AC 22 surf 70/100	22		4,8-5,8	125-150

Taulukko 1. Asfalttibetonille asetetut raja-arvot (PANK ry 2017, 38–42)



Kuva 2. Poranäyte asfalttibetonipäällysteestä

Hienorakeiset asfalttibetonit (AB 6...11) soveltuvat hyvin väylille, jossa liikenne ei ole raskasta ja kuluttavaa, kuten esimerkiksi jalkakäytävälle ja kevyen liikenteen väylille. Ajoratapäällysteenä sitä voidaan käyttää kohteissa, joissa KVL (vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne) on välillä 500–2500 ajon/vrk. Karkearakeiset asfalttibetonit (AB 16...22) soveltuvat puolestaan edellä mainittujen kohteiden lisäksi hyvin katupäällysteeksi, kun KVL on alle 5000 ajon/vrk. AB-päällystettä suositellaan myös kiertoliittymien päällysteeksi *Tierakenteen Suunnittelu 28.11.2018* – ohjeen mukaan. (Liikennevirasto 2018, 61; PANK Oppimateriaali C3 2018, 8–9.)

3.1.2 Sidekerroksen asfalttibetoni (ABS)

Sidekerroksen asfalttibetonipäällysteen kiviaineksen maksimiraekoko voi olla 16 tai 22 mm. Liitteessä 1 on esitetty ABS-päällysteen sijainti päällysrakenteessa ja sille soveltuvat bitumit ovat esitetty taulukossa 2. Kiviaines tulisi valita rakeisuuskäyrän ohjealueen alarajan tuntumasta. ABS-päällystekerrosta käytetään erittäin raskaasti kuormitetuissa kohteissa, joissa sen tavoitteena on muodostaa jäykkä ja hyvin deformaatiota (eli muodonmuutoksia) kestävä päällysrakenne. Deformaatiokestävyyttä käsitellään laajemmin kappaleessa 11.2. ABS-päällysteen massat ovat hyvin samanlaiset kuin AB16- ja AB22-massat; esimerkiksi rakeisuuskäyrät ovat täysin samanlaiset. Niiden ainoat erot ovat, että ABS-massassa sideainetta on vähemmän ja se on kovempaa kuin AB-massassa. (PANK ry 2017, 37; Liikennevirasto 2018, 61; PANK Oppimateriaali C3 2018, 7–8.)

Asfaltti- tyyppi	EN-standardin mukainen nimi, esimerkiksi (ei käytetä Suomessa)	Maksimi- raekoko	Sideaine	Sideaine- pitoisuus (massa-%)	Vakiopaksui- sen päällyste- laatan massa- määrä (kg/m ²)
ABS	AC 16 bin 70/100	16	Tiebitumit 35/50- 100/150, PMB75/130-65, PMB75/130-70, PMB40/100-70	4,6-5,4	100-125
ABS	AC 22 bin 70/100	22		4,4-5,2	125-150

Taulukko 2. Sidekerroksen asfalttibetonille asetetut raja-arvot (PANK ry 2017, 43–44)

3.1.3 Kantavan kerroksen asfalttibetoni (ABK)

Kantavan kerroksen asfalttibetonipäällysteen kiviaineksen maksimiraekoko voi olla 22 tai 31mm. Liitteessä 1 on esitetty ABK-päällysteen sijainti päällysrakenteessa. Kiviaines tulisi valita rakeisuuskäyrän ohjealueen ylärajan tuntumasta. Sille soveltuvat bitumit ja muut raja-arvot on esitetty taulukossa 3. ABK:n rakenne voidaan mitoittaa jäykäksi valitsemalla kova bitumi. Puolestaan jos rakenne halutaan mitoittaa enemmän vetoa kestäväksi, valitaan pehmeä bitumi. (PANK ry 2017, 37; PANK Oppimateriaali C3 2018, 7–8.)

Asfaltti- tyyppi	EN-standardin mukainen nimi, esimerkiksi (ei käytetä Suomessa)	Maksi- miraekoko	Sideaine	Sideaine- pitoisuus (massa-%)	Vakiopaksui- sen päällyste- laatan massa- määrä (kg/m ²)
ABK	AC 22 base 70/100	22	Tiebitumit 20/30- 160/220,	4,2-5,2	125-175
ABK	AC 31 base 70/100	31	PMB75/130-65, PMB75/130-70, PMB40/100-70	3,8-4,8	170-200

Taulukko 3. Kantavan kerroksen asfalttibetonille asetetut raja-arvot (PANK ry 2017, 45–46)

3.1.4 Tiivis asfalttibetoni (ABT)

Tiiviin asfalttibetonin kiviaineksen maksimiraekoko voi olla 8, 11, 16 tai 22 mm. Sille soveltuvat bitumit ja muut raja-arvot on esitetty taulukossa 4. Tiivis asfalttibetoni tulee suunnitella siten, että sille saadaan riittävän pieni tyhjätila, jotta päällyste saavuttaa alhaisen vedenläpäisevyyden. ABT-päällyste soveltuu hyvin ympäristösuojauskohteisiin ja sillä ei ole eurooppalaista tuotestandardia. Asfalttinormien mukaista ABT-päällystettä ei käytetä tierakenteissa. (PANK ry 2017, 37; PANK Oppimateriaali C3 2018, 7–8.)

Asfaltti- tyyppi	Maksimiraekoko	Sideaine	Sideainepitoisuus (massa-%)	Yksittäisen näytteen tyhjätila (%)	Laatan minipaksuus (mm)
ABT	8	Tiebitumit 50/70- 160/220, PMB75/130-65, PMB75/130-70, PMB40/100-70, PMB40/100-75	6,5-7,8	≤ 3,0	30
ABT	11		6,2-7,5	≤ 3,0	35
ABT	16		5,7-6,9	≤ 3,0	40
ABT	22		5,2-6,4	≤ 3,0	55

Taulukko 4. Tiiviille asfalttibetonille asetetut raja-arvot (PANK ry 2017, 47–50)

3.2 Pehmeä asfalttibetoni (PAB)

Pehmeää asfalttibetonipäällystettä käytetään yleensä kulutuskerroksessa vain vähäliikenteisissä kohteissa eli KVL:n ollessa <1500 ajon/vrk. ja sen suhteisuusluokaksi riittää D eli kokemuseräinen suhteitus. PAB-päällyste on korvannut aikaisemmin yleiset päällysteet öljysoran (nykyisin PAB-V) ja kevytasfalttibetonin (nykyisin PAB-B). Kuvassa 3 näkyy PAB-massan levitys ja tiivistys käsityönä tehtynä. (Liikennevirasto 2018, 61; PANK Oppimateriaali C3 2018, 16.)



Kuva 3. PAB-paikkausmassan levitys käsityönä ja tiivistys tärvelyllä (Väylävirasto 2019c, 8)

PAB-päällysteet luokitellaan eri tavalla kuin muut asfaltit. Luokittelu tehdään käytetyn sideaineen perusteella. Sideaineena käytetään pehmeitä bitumeja, jonka ansiosta se kestää paremmin roudan aiheuttamia liikkeitä. Luokittelu on esitetty taulukossa 5. Sen eurooppalainen tuotestandardi on SFS-EN 13108-3 ja Suomessa yleensä käytetään standardin mukaista tyyppiä B. (Suomen Kuntaliitto 1999, 14; PANK ry 2017, 51; PANK Oppimateriaali C3 2018, 16.)

PAB-B	kun käytetään pehmeitä tiebitumeja	käytetään kulutuskerroksessa AB:n vaihtoehtona, KVL max. 2500 ajon/vrk
PAB-V	kun sideaine on viskositeetti-luokiteltua V1500 tai V3000	käytetään kulutuskerroksessa, KVL max. 500 ajon/vrk (ei kuitenkaan saa olla raskasta liikennettä liittymissä)
	tai kun sideaine on fluksattua bitumia BL2Bio	käytetään paikkauksiin ja väliaikaisiin päällysteisiin

Taulukko 5. Pehmeän asfalttibetonin luokittelu ja yleisimmät käyttökohteet (PANK ry 2017, 51; Liikennevirasto 2018, 61)

Kiviaineksena PAB-päällysteissä käytetään yleensä mursketta, jonka hienoisuus on alhaisempi kuin vastaavassa asfalttibetonissa käytettävän murskeen, vaihdellen välillä 3–8%. PAB-päällysteessä käytetty sideainemäärä on hie-man alhaisempi kuin muissa asfalttimassoissa. Lisäksi asfalttimassan sekoitus-tekniikka on yksinkertainen, joten sen hinta on melko edullinen. (Suomen Kunta-liitto 1999, 14; PANK Oppimateriaali C3 2018, 16–17.)

Lisäaineena PAB-päällysteissä on usein syytä käyttää tartukkeita, kuten esimerkiksi diamiinia. Sen avulla pystytään estämään veden pääsy sideaineen ja kiviaineksen väliin sekä parantamaan näiden välistä tartuntaa. Taulukossa 6 on esi-tetty pehmeälle asfalttibetonille asetetut raja-arvot. (PANK ry 2017, 52–55; PANK Oppimateriaali C2 2018, 28.)

Asfaltti- tyyppi	Maksimi- raekoko	EN- standardin mukainen nimi, esimerkiksi (ei käytetä Suomessa)	Sideaine	Lisäaine	Sideaine- pitoisuus (massa-%)	Vakiopaksui- sen päällyste- laatan massa- määrä (kg/m ²)
PAB-B	11	SA 11-d- 500/650 type B	pehmeät tiebitumit 250/330- 650-900	esim. diamiini 0,3-0,9% sideai- neen massasta	4,2-4,6	75-100
PAB-B	16	SA 16-d- 650/900 type B			4,0-4,5	100-125
PAB-B	22	SA 22-d- 650/900 type B			3,9-4,3	125-150
PAB-V	16	SA 16-o- V1500 type B	Viskositeet- tiluokiteltu tiebitumi V1500, V3000; BL2Bio		3,2-3,7	100-125

Taulukko 6. Pehmeälle asfalttibetonille asetetut raja-arvot (PANK ry 2017, 52–55)

3.3 Kivimastiksiasi-asfaltti (SMA)

Kivimastiksiasi-asfalttipäällyste on nastarengaskulutuskestävyydeltään paras päällystevaihtoehto, mikä johtuu sen epäjatkuvasta kiviaineksen rakeisuuskäyrästä. SMA-päällyste on kuitenkin jonkin verran kalliimpi vaihtoehto kuin AB-päällyste. Sen käyttö on kannattavaa kulutuskerroksessa yleensä kuin kaistan liikennemäärä on yli 2500 ajon/vrk. (PANK ry 2017, 56; Liikennevirasto 2018, 61.)

SMA-päällysteen kiviaineksesta tulee olla vähintään 85% kalliomursketta. Sen sideaineena käytetään tiebitumeja sekä polymeerimodifioituja bitumeja. Lisäaineena käytetään kuituja, kuten esimerkiksi selluloosakuitua. Kuitujen ansiosta massaan saadaan korkea sideainepitoisuus. Tarkemmat SMA-päällysteelle asetetut raja-arvot on esitetty taulukossa 7. SMA-päällysteen eurooppalainen tuotestandardi on SFS-EN 13108-5. Kuvassa 4 on esitetty esimerkki SMA-päällysteen poranäytteestä. Vertailtaessa SMA-poranäytettä AB-poranäytteeseen (kuva

2), voidaan huomata selkeästi, kuinka SMA-päällysteestä puuttuu lähes täysin kiviaineksen keskikoiset rakeet. (Suomen Kuntaliitto 1999, 14; PANK ry 2017, 56.)

Asfaltti- tyyppi	Maksimi- raekoko	EN-standardin mukainen nimi, esimerkiksi (ei käytetä Suomessa)	Sideaine	Lisäaine	Side- aine-pi- toisuus (massa- %)	Vakiopaksui- sen päällyste- laatan massa- määrä (kg/m ²)
SMA	5	SMA 5 70/100	Tiebitumit 50/70-100/150, PMB75/130- 65, PMB75/130- 70, PMB40/100-70	esim. sel- luloosa- kuitu 0,3-0,5% sideai- neen mas- sasta	6,5-7,3	50-75
SMA	8	SMA 8 70/100			6,3-7,1	60-100
SMA	11	SMA 11 70/100			6,1-6,9	75-100
SMA	16	SMA 16 70/100			5,7-6,7	100-125
SMA	22	SMA 22 70/100			5,5-6,5	125-150

Taulukko 7. Kivimastiksiasfaltille asetetut raja-arvot (PANK ry 2017, 57–60)



Kuva 4. Poranäyte kivimastiksiasfalttipäällysteestä

3.4 Valuasfaltti (VA)

Valuasfaltin erikoisuutena on se, että siinä on paljon sideainetta ja siksi sitä ei tarvitse tiivistää jyräämällä. Tarkoituksena on, että sideaine täyttää kiviaineksen

tyhjätilan kokonaan eli käytännössä tyhjätila on yleensä alle 2 tilavuusprosenttia. (Suomen Kuntaliitto 1999, 16; PANK ry 2017, 62.)

Valuasfaltin sideaineena käytetään yleensä ajoradoilla polymeerimodifioitua bitumia, jotta sen massalle saadaan riittävä deformaatio- ja pakkasenkestävyys. Sideaineena voidaan käyttää myös tiebitumeja. Jos valuasfalttia käytetään ajoradalla päällysteenä, tulee tien pinnalle levittää kuivattua tai bitumoitua kalliomursketta, jotta pinnasta saadaan riittävän karkea. VA-päällyste voidaan levittää joko koneellisesti tai käsin. Levitystavasta riippuen, kiviaineksen rakeisuuskäyrät eroavat toisistaan. Taulukossa 8 on esitetty valuasfaltin sideaineet, niiden määrät ja levitystavat. (PANK ry 2017, 62–63.)

Asfalttityyppi	Maksimiraekoko	EN-standardin mukainen nimi, esimerkiksi (ei käytetä Suomessa)	Sideaine	Sideainepitoisuus (massa-%)	Levitystapa
VA	5	MA 5 KB85	PMB40/100-75, (PMB75/130-70, PMB40/100-70), Tiebitumit 50/70- 100/150	7,5-11,5	käsin levitys
VA	8	MA 8 KB85			
VA	11	MA 11 KB85			
VA	16	MA 16 KB85			kone- levitys

Taulukko 8. Valuasfaltin sideaineet ja levitystavat (PANK ry 2017, 62–63)

Valuasfaltin nastarengaskulumiskestävyys on muita asfalttityyppejä huonompi. Lisäaineena voidaan käyttää ajoratapäällysteissä luonnonasfalteja, Trinidad-asfalttia tai Gilsoniittia, jotka lisäävät päällysteen deformaatiokestävyyttä. Valuasfaltin kiviaineksena käytetään hiekkaa ja mursketta. Yli 5,6 mm:n kiviainesarakeista on oltava $\geq 50\%$ kokonaan tai osittain murskattuja rakeita. Jos valuasfalttia levitetään ajoradalle, kiviaineksen yli 2 mm rakeiden tulee olla kalliomursketta, jotta voidaan varmistaa päällysteen stabiilisuus. Valuasfaltti tulee suhteittaa toiminnallisella suhteituksella. (PANK Oppimateriaali C3 2018, 19.)

VA-päällystettä voidaan käyttää ohuena kulutuskerroksena muun päällysteen päällä tai teiden paikkauksissa, kuten kuvassa 5. Paikkauksissa sitä käytetään silloin, kuin reikää tai uraa ei voida täyttää sään vuoksi samanlaisella päällysteellä, mitä tiessä jo on. Valuasfalttia voidaan käyttää päällysteenä ahtaissa paikoissa, joihin tiivistyskalusto ei pääse. Valuasfalttia käytetään vedeneristeenä erityiskohteissa, kuten huoltoasemilla, pihojen ja kattojen kansirakenteissa, silloissa sekä ympäristörakenteissa, joissa tarvitaan suurta tiiveyttä. (Suomen Kuntaliitto 1999, 16; Liikennevirasto 2018, 62.)



Kuva 5. Valuasfalttipaikkauksen levitys (Väylävirasto 2019c, 7)

3.5 Avoin asfaltti (AA)

Avoimen asfaltin ominaisuus on sen huokoinen rakenne, jonka vesi läpäisee hyvin. Sen vuoksi se soveltuu hyvin paikkoihin, jossa on haasteita vedenohjautuvuuden ja kuivatuksen kanssa. Tällöin kuitenkin tulee ottaa huomioon, että päällysteen alla tulee olla hyvät vettä johtavat rakenteet. Koska päällysteen rakenne on niin avoin, liittyy käyttöön myös riskejä. Avoin rakenne ei sovellu kohteisiin, jotka ovat pohjavesialuetta tai raskaanliikenteen pysäköintialueita, sillä öljypitoiset vedet voivat kulkeutua pohjaveteen tai maaperään. Avoimen asfaltin ensisijaiset käyttökohteet ovat pysäköintialueet sekä kevyesti liikennöidyt kentät ja pihat. Kuvassa 6 on esitetty esimerkki avoimesta asfalttipäällysteestä, josta näkyy hyvin päällysteen huokoinen rakenne. (Liikennevirasto 2018, 62; PANK Oppimateriaali C3 2018, 21.)



Kuva 6. Poranäyte avoimesta asfalttipäällysteestä (De Ingenieur 2018)

Etenkin hienorakeinen avoin asfaltti vaimentaa rengasmelua asfalttibetonipäällystettä paremmin suuren huokostilavuutensa ansiosta. Sen nastarengaskulutuskestävyys on kuitenkin melko heikko, joten sen käyttömahdollisuudet Suomessa ovat melko rajoitetut. Keski-Euroopassa sitä käytetään melko yleisesti taajamien läpiajoväylillä melun torjumiseksi. Avoimen asfaltin heikkoutena on, että hiekoi-tushiekka ja nastarenkaiden irrottamat materiaalit tukkivat helposti avoimen päällysteen huokokset. Tämän vuoksi päällystettä tulisi huoltaa vuosittain pesemällä sitä painepesulla. (Suomen Kuntaliitto 1999, 16–17; PANK Oppimateriaali C3 2018, 21.)

Avoimen asfaltin kiviaineksen rakeisuuskäyrä on epäjatkua. Sille soveltuu sideaineeksi kovat tiebitumit sekä polymeerimodifioidut bitumit. Erikoistapauksissa, kuten esimerkiksi urheilukentillä, voidaan käyttää pehmeämpää tiebitumia 100/150. Lisäaineena käytetään selluloosakuitua tai luonnonasfalttia. Avoin asfaltti tulee suhteittaa toiminnallisesti, sillä sen ominaisuudet muuttuvat herkästi. Taulukossa 9 on esitetty avoimelle asfaltille määritetyt raja-arvot. (PANK ry 2017, 64; PANK Oppimateriaali C3 2018, 21–22.)

Asfaltti- tyyppi	Maksimi- raekoko	EN-standardin mukainen nimi, esimerkiksi (ei käytetä Suomessa)	Sideaine	Lisäaine	Sideaine- pitoisuus (massa-%)	Vakiopak- suisen päällyste- laatan mas- samäärä (kg/m ²)
AA	5	PA 5 70/100	Tiebitumit 35/70- 70/100, PMB75/130-65, PMB75/130-70, PMB40/100-70, erikoistapauk- sissa 100/150	selluloo- sakuitu tai luon- nonas- faltti	4,8-5,8	50-75
AA	8	PA 8 70/100			4,8-5,6	60-100
AA	11	PA 11 70/100			4,8-5,3	75-100
AA	16	PA 16 70/100			4,5-5,1	100-125

Taulukko 9. Avoimelle asfaltille asetetut raja-arvot (PANK ry 2017, 57–60)

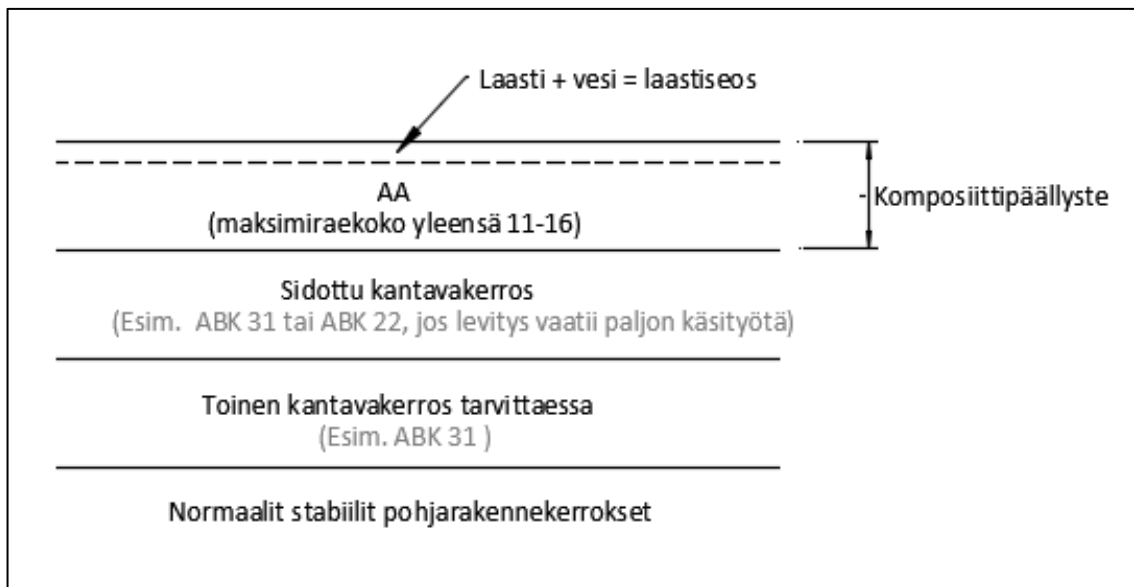
3.6 Komposiittipäällysteet

Komposiittipäällyste on avoimen asfaltin ja erikoislaastin yhdistelmä. Ensin avoin asfaltti levitetään tiiviille alustalle ja tiivistys tehdään staattisella jyrällä. Tämän jälkeen päälle levitetään erikoislaasti pumppaamalla ja lastalla tasoittamalla. Löysä laasti täyttää asfaltin tyhjt huokokset, eikä päällystettä tarvitse enää jyrätä. Tämän jälkeen päällysteen annetaan kuivua kahdesta neljään päivään. Kauppanimikkeinä tunnetaan esimerkiksi Confalt ja Strongphalt. (PANK Oppimateriaali C9 2018, 8; NCC 2019a; YIT 2019.)

Komposiittipäällysteiden eduiksi voidaan lukea, että ne kestävät hyvin staattista rasitusta sekä pistekuormia ja niiden rakenne on tiivis ja saumaton. Lisäksi rakenne on joustavampi kuin teräsbetonin ja se kestää hyvin kulumista, kemiakaa-
leja ja pakkasta. Komposiittipäällyste on kuitenkin melko kallista ja siksi sen käyttö rajoittuu yleensä vain erikoiskohteisiin. (NCC 2019a; YIT 2019.)

Jussi Inkinen opinnäytetyössään *Densiphalt-päällystysprosessin riskitarkastelu* esittää, että komposiittipäällysteen rakenteen paksuus on melko ohut, yleensä n. 25–60 mm, ja siksi se vaatii huolella tehdyt pohjarakenteet. Pohjarakenteen tulee olla stabiili, jotta routa tai liikenteen kuormitukset eivät riko päällystettä. Jos pääl-

lystettä tehdään vanhojen rakenteiden päälle, tulee varmistua vanhoista pohjarakenteista. Inkinen esittää työssään myös, että komposiittipäällyste vaatii alleen sidotun kantavan kerroksen, mikä yleensä tehdään ABK-päällysteestä. Sidottuja kantavia kerroksia voidaan tehdä kaksi, jos päällysteeseen kohdistuu suuria kuormia. Kuvassa 7 on esitetty esimerkki komposiittipäällysteen rakennetyyppi-leikkauksesta. Kuvassa 8 on esitetty erikoislaastin levitys avoimen asfaltin päälle ja kuvassa 9 on esitetty poranäyte komposiittipäällysteestä. (Inkinen 2014; NCC 2019a.)



Kuva 7. Komposiittipäällysteen periaatteellinen rakennetyyppi-leikkaus (Inkinen 2014; NCC 2019a)



Kuva 8. Erikoislaastin levitys avoimen asfaltin päälle (NCC 2019b)



Kuva 9. Komposiittipäälyste (NCC 2019b)

3.7 Esimerkkejä päällystetyypin valinnasta

Asfalttinormeissa on esitetty esimerkkejä asfalttipäälysteen valinnasta kulutuskerrospäälysteeksi kaduille, erikoisliikennealueille sekä yleisille teille. Nämä taulukot on esitetty tässä työssä taulukkoina 10 ja 11. Taulukoiden perusteella voidaan todeta, että katu- ja tiekohteisiin suositellaan yleensä aina AB- ja SMA-päälysteitä, paitsi vähäliikenteisillä teillä. (PANK ry 2017, 108–109.)

Kadut ja erikoisliikennealueet

Käyttökohde ja liikennemäärä KVL (autoa/d)	AB 5-11	AB 16-22	PAB-B	PAB-V	SMA 5-11	SMA 16-22	VA	AA 11-16
> 15 000		2			2	1		
10 000 - 15 000		2			2	1		
5000 - 10 000		2			1	1		
2500 - 5000		1			1	2		
500 - 2500	2	1	3		2			
< 500	2	1	2	3				
Sillat		2 *)			2 *)	2 *)	1	
Linja-autokaistat		1			2	1		
Erikoisliikennealueet								
Jalkakäytävät	1						2	
Kevyen liikenteen väylät	1		2					
Kentät ja pihat, raskas liikenne		1				2		
Kentät ja pihat, henkilöautot- ja kevytliikenne	1		3				2	3
Teollisuus- ja varastohallit		1					2	
Huoltoasemat	2	1					3	
Pysäköintialueet		1						
Pysäköintipaikat katoksessa	1	2						
Pysäköintipaikat katolla							1	
1 = sopivin, 2 = toiseksi sopivin, 3 = kolmammeksi sopivin Jos päällysteen kulumiskestävyys ei ole ratkaisena valintaperuste tai jos massa levitetään käsityönä, voidaan käyttää hienorakeisempaa massaa.								

Taulukko 10. Esimerkkejä asfalttityypin valinnasta katu- ja erikoisliikennealueiden kulutuskerrospäällysteeksi (PANK ry 2017, 108)

Yleiset tied

Käyttökohde ja liikennemäärä KVL (autoa/d)	AB 8-11	AB 16-22	PAB-B 11-16	PAB-V 16	SMA 5-11	SMA 16-22	VA	AA 11-16
> 10 000						1		
5000 - 10 000		2			2	1		
2500 - 5000		1			2	2		
500 - 2500		1	2 ¹⁾					
250 - 500		2	1	2				
< 250			2	1				3
Sillat		1 ²⁾			2 ²⁾	2 ²⁾	1	
Erikoisliikennealueet								
Kevyen liikenteen väylät	1	3	2					
Levähdys- ja pysäköintialueet	2	1	3					
¹⁾ Kun KVL <1000 ajon./vrk ²⁾ Vedeneristyksen on oltava kunnossa Kohteissa, joissa ongelmana on melu, voi tulla kysymykseen ns. hiljainen päällyste								

Taulukko 11. Esimerkkejä asfalttityypin valinnasta yleisen tien kulutuskerrospäällysteeksi (PANK ry 2017, 109)

4 Kiviaines

Asfalttipäällysteen runkoaineena käytetään kiviainesta. Kiviainesmateriaali koostuu kallio- tai soramurskeesta sekä hiekasta. Kiviaineksen valintaan vaikuttaa moni tekijä, kuten esimerkiksi bitumin tartunta sekä kiviaineksen mineraalikoostumus, kulutuksenkestävyys ja rapautuminen. (PANK Oppimateriaali C2 2018, 14–15.)

Yksi kiviaineksen tärkeimmistä ominaisuuksista on sen tarttuvuus bitumiin. Bitumin tartuntaan vaikuttaa kiviaineksen puhtaus sekä kivilaji, eli sen mineraalikoostumus. Esimerkiksi sorakiviaineksen pinnalla voi joskus esiintyä humusta tai savea, jotka heikentävät bitumin tarttuvuutta. Epäpuhtauksien lisäksi bitumin tartuntaa heikentää kivien pinnassa olevat mineraalit, sillä ne määräävät kiven pinnan fysikaaliset ominaisuudet. Suomalaisista kivilajeista heikoiten päällysteisiin soveltuvia kivilajeja ovat graniitti, granodioriitti ja osa gneisseistä, sillä ne sisältävät merkittävän määrän tartuntaa heikentäviä mineraaleja, kuten kvartssia, kiilteitä ja kalimaasälpää. (PANK Oppimateriaali C2 2018, 14.)

Kivilajin mineraalikoostumus vaikuttaa kiven rapautumisalttiuteen kivessä mahdollisesti olevan suuren kiillepitoisuuden ja pehmeiden mineraalien takia. Mineraalikoostumus vaikuttaa myös yhdessä kiven rakenteen kanssa kiven lujuuteen ja kulutuskestävyyteen. Kiven lujuuteen vaikuttaa mineraalien lujuus ja se, kuinka hyvin kiven mineraalit ovat kiinni toisissaan. Voidaankin todeta, että mineraalikooltaan hienorakeiset kivet kestävät karkearakeisia selväpiirteisimpiä kiviä paremmin iskuja ja nastarengaskulutusta, sillä hienorakeisten kiviainesten mineraalirakeiden väliset raerajat ovat haaroittuneita ja täten tiukemmin kiinni toisissaan. (PANK Oppimateriaali C2 2018, 14.)

Asfalttipäällysteen kiviaines valmistetaan aina murskausprosessilla. Soraa käytettäessä, siitä valmistettavista kivituohteista tulee olla rakeista vähintään 30 % täysin murskautuneita ja korkeintaan 30 % saa olla täysin murskautumattomia, kuten kuvassa 10. Kuvassa 11 on esitetty kivirakeiden eroavaisuus murskautumattomien ja täysin murskautuneiden välillä. Murskausprosessilla on suuri merkitys kivituohteen muotoon ja siten myös päällysteeseen. (PANK Oppimateriaali C2 2018, 15.)



Kuva 10. Sorakiviainesta asfalttimassaan, jossa on vähintään 30 % täysin murskautuneita ja korkeintaan 30 % täysin murskautumatonta kiviainesta



Kuva 11. Vasemmalla murskautumatonta ja oikealla täysin murskautunutta kiviainesta

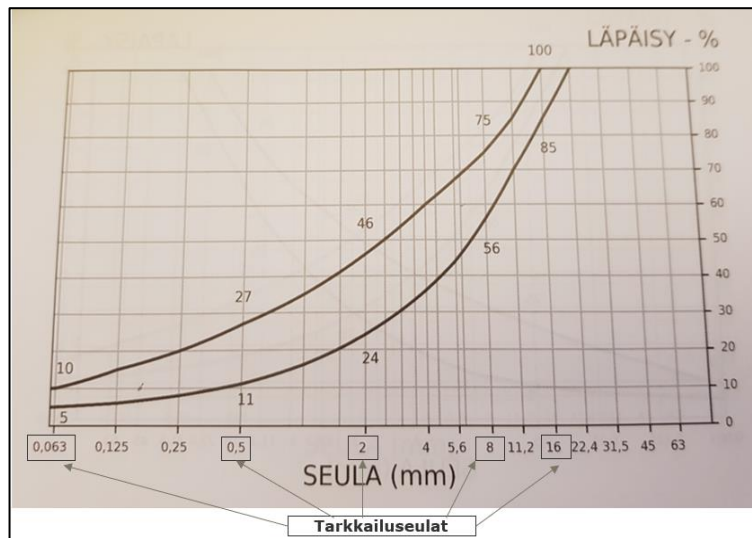
Asfalttimassassa käytettävä kiviaines tulee olla CE-merkittyä. Kiviaineksen tulee täyttää standardin SFS-EN 13043 ja sen kansallisen vaatimustasostandardin SFS 7004 vaatimukset. CE-merkintä osoittaa, että kiviaineksen valmistuksessa on noudatettu standardin mukaista laadunvalvontaa valmistuksen aikana. (PANK ry 2017, 76.)

4.1 Rakeisuus

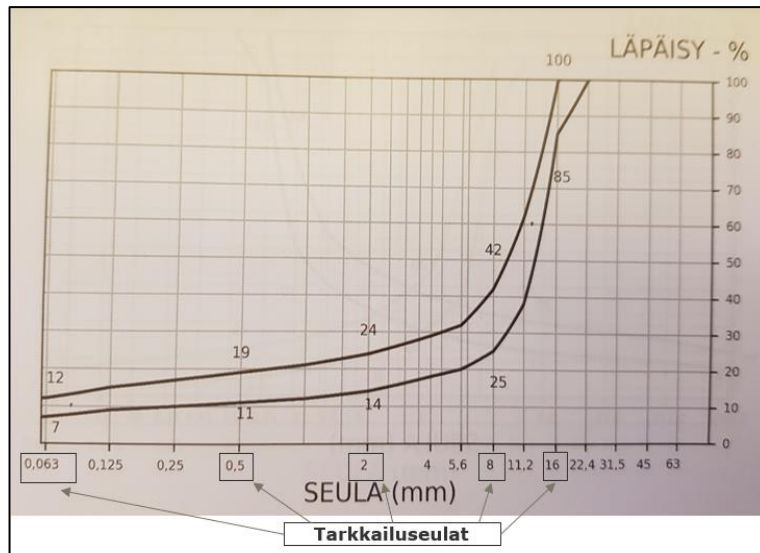
Asfalttipäällysteen pinnan ominaisuuksia voidaan säädellä kiviaineksen rakeisuudella ja bitumin määrällä. Kiviaineksen pienellä maksimiraekoolla saadaan aikaan päällysteeseen tasaisempi ja tiiviimpi pinta, mutta se huonontaa päällysteen

kulutuskestävyyttä. Puolestaan kiviaineksen maksimikokoa suurentamalla parannetaan päällysteen kulumis- ja deformaatiokestävyyttä, mutta se kasvattaa liikenteen aiheuttamaa rengasmelua. (RIL 165-2 2006, 220; Liikennevirasto 2018, 62.)

Kiviaineksen rakeisuuskäyrän avulla pystytään helposti havainnollistamaan aineksen karkeutta. Käyrän sijainnin, jyrkkyyden ja muodon avulla pystytään nopeasti analysoimaan kiviaineksen ominaisuuksia. Tiepäällysteissä suositetaan normaalisti hyvin tiivistyviä kiviainesseoksia, jolloin rakeisuuskäyrä kaartuu jatkuvasti, kuten kuvassa 12. Vilkkaasti liikennöidyillä teillä kuitenkin suositellaan epäjatkuvaa rakeisuutta, kuten kuvassa 13, jolloin kulutuskestävyys on parempi. Tällöin rakeisuuskäyrästä puuttuvat lähes kokonaan helpoimmin irtoavat keskikarkeat rakeet ja käyrä kulkee näillä kohdilla miltei vaakasuorassa. Vaikka tyhjätila kasvaa, on siitä aiheutuva haitta pienempi kuin kulutuskestävyyden parantumisesta saatu hyöty. (Lehtipuu 1983, 101–103.)



Kuva 12. AB16 – asfalttibetonimassan rakeisuuden ohjealue, rakeisuuskäyrä kaartuu jatkuvasti (PANK ry 2017, 41)



Kuva 13. SMA16 – kivimastixiasfalttimassan rakeisuuden ohjealue, rakeisuuskäyrä on epäjatkuva (PANK ry 2017, 60)

Kun kiviaines valitaan rakeisuuskäyrän ohjealueen alemman rajakäyrän eli karkean kiviaineksen läheltä, saadaan päällysteestä hyvin kulutusta ja deformatiivista kestävästä. Puolestaan jos kiviaines valitaan ohjealueen ylemmän eli hienon kiviaineksen rajakäyrän läheltä, saadaan päällysteestä tiiviimpää ja sileämpää. (PANK ry 2017, 36–37.)

Jokaiselle asfalttityypille on määritelty omat kiviaineksen rakeisuuden ohjealueet. Asfalttimassan rakeisuuskäyrän on oltava ohjealueella tarkkailuseulojen kohdalla. Tarkkailuseulat on valittu perusseulasarjasta ja lisäseulasarjasta 1 ja tarkkailuseulat vaihtelevat asfalttimassasta riippuen. (PANK ry 2017.)

Asfalttimassassa käytetyille kiviaineksille on esitetty Asfalttinormeissa paljon erilaisia laatuvaatimuksia, kuten esimerkiksi geometrisiä, mekaanisia, fysikaalisia ja kemiallisia vaatimuksia. Näiden vaatimusten määrittämiseen ei keskitytä tässä työssä, sillä ne koskevat suurimmalta osalta asfalttiasemia ja siellä tehtävän lopullisen reseptin suunnittelua.

4.2 Hienoainekset

Hienoaines toimii asfalttimassassa sideaineen jäykistäjänä ja se koostuu runkoaineksen hienoaineksesosta sekä erikseen lisättävästä hienoaineksesta. Hienoai-

nekseksi katsotaan kiviaines, joka läpäisee \varnothing 0,063 mm seulan (Suomen Kuntaliitto 1999, liite 1 (3/5)). Hienoainespitoisuus tulee ilmoittaa kaikille kiviaineksille standardin SFS-EN933-1 mukaisesti pesuseulonnalla, taulukon 12 mukaisesti. (PANK ry 2017, 81; PANK Oppimateriaali C2 2018, 19.)

	Hienoainespitoisuuden luokka	0,063 seulan läpäisyprosentti
Karkea kiviaines	$f_{0,5}$	$\leq 0,5$
	f_1	≤ 1
	f_2	≤ 2
Hieno kiviaines	f_3	≤ 3
	f_{10}	≤ 10
	f_{16}	≤ 16
	f_{22}	≤ 22
Koostekiviaines	f_3	≤ 3
	f_7	≤ 7
	f_{11}	≤ 11

Taulukko 12. Kiviaineksen hienoainespitoisuuden luokka (PANK ry 2017, 81)

Asfalttimassaan erikseen lisättävästä hienoaineksesta käytetään useita erilaisia nimityksiä asfalttialalla, kuten esimerkiksi täytejauhe tai fillerikiviaines. Tässä työssä asiasta puhutaan lisättävänä hienoaineksena.

Lisättävä hienoaines läpäisee kokonaan \varnothing 2 mm:n ja suurimmaksi osaksi \varnothing 0,063 mm:n seulan ja sitä käytetään kaikissa asfalttibetoneissa, kivimastikiasfaltissa sekä valuasfaltissa (Suomen Kuntaliitto 1999, liite 1 (3/5)). Lisättävällä hienoaineksella on kolme tärkeää tehtävää:

1. sen avulla korvataan kiviaineksen hienoainevajausta, koska runkokiviaineksen hienoainesosa ei riitä nostamaan rakeisuuskäyrän alaosaa tarpeeksi ylös. Hienoainesta ei siis ole tarpeeksi täyttämään karkeiden rakeiden välistä tyhjättilaa. Mitä karkeampi päällyste on, sen suurempi lisättävän hienoaineksen tarve on.
2. se stabiloi bitumia sekä mekaanisesti että kemiallisesti, jolloin bitumi on viskoosisempaa ja mikä puolestaan lujittaa huomattavasti valmista päällystettä.
3. se parantaa päällysteen säänkestävyyttä, sillä se hidastaa päällysteen haurastumisesta johtuvaa vanhenemista sekä se estää veden ja jäätyksen aiheuttamaa rapautumista. (Lehtipuu 1983, 106–110.)

Asfalttibetonipäälysteissä lisättävän hienoaineksen määrä on koko hienoainemäärästä 30–40 % ja kivimastikiasfalttipäälysteissä osuus on 40–60 %. Lisättävällä hienoaineksella voidaan parantaa päälysteen ominaisuuksia kuten pitkän ajan vedenkestävyyttä. Lisättävä hienoaineksena yleensä käytetään suodatinpölyä, kalkkifilleriä, lentotuhkaa tai sammutettua kalkkia. (Suomen Kuntaliitto 1999, 35; PANK ry 2017; PANK Oppimateriaali C2 2018, 19.)

4.2.1 Suodatinpöly

Suodatinpölyksi kutsutaan hienoainesta, mikä irtoaa kiviaineksesta sen kuumentamisprosessin yhteydessä ja kerääntyy pölysuodattimiin, joista se palautetaan erilliseen pölysäiliöön ja siitä uudelleen käytettäväksi asfalttimassassa. Pölysuodattimien käyttö yleistyi 90-luvulla, mutta sitä ennen runkoaineksen hienoaines levisi suurimmalta osin savukaasujen mukana asfalttiaseman ympäristöön. Nykyään käytetään huomattavasti tehokkaampia ns. A-luokan pölynsuodattimia. Niiden tehokkuudesta johtuen suodatinpölyn määrä on kasvanut ja puolestaan lisättävän hienoaineksen määrä on vähentynyt. Suodatinpölyn määrä on noin puolet hienoaineksen kokonaismäärästä, vaikka sen laatua ei välttämättä tutkita lainkaan, toisin kuin erikseen lisättävän hienoaineksen. (PANK Oppimateriaali C2 2018, 19.)

4.2.2 Kalkkifilleri (KF)

Aikaisemmin, kun A-luokan pölynsuodattimia ei käytetty, asfalttimassaan jouduttiin lisäämään hienoainesta. Tilalle lisättiin kalkkifilleriä sen hyvän koostumuksensa vuoksi. Kalkkifilleri on emäksistä ja siksi sen tarttuvuus bitumiin on hyvä. Vesi ei vaikuta kalkkiin (CaCO_3), sillä se ei aiheuta kalkkissa eroosiota ja lisäksi tuote on emäksinen, jonka vuoksi sen tarttuvuus bitumiin on hyvä. 90-luvun alussa asfalttimassaan lisättiin vähintään 3 % kalkkifilleriä. Kun A-luokan pölynsuodattimien käyttö yleistyi, oli lisättyä kalkkifilleriä vaikeuksia saada mahtumaan massaan, koska massassa oli itsessään jo enemmän hienoainesta. Nykyään kalkkifillerin käyttö ei ole enää siis niin yleistä kuin aiemmin. Kalkkifillerin tulee täyttää Asfalttinormien vaatimukset ja sille on asetettu vaatimus sen liukoisuudesta suolahappoon asiakirjassa PANK 2405. (PANK Oppimateriaali C2 2018, 19-21.)

4.2.3 Lentotuhka

Lentotuhkaa syntyy kivihiilen polton sivutuotteena ja se koostuu hyvin pienistä hiukkasista. Se on hyvin kevyttä ja se kerätään talteen suodattimien avulla savukaasuista. Lentotuhkan koostumus riippuu poltettavasta kivihiilestä ja sen koostumuksesta. Lentotuhkaa on käytetty erikseen lisättävä hienoaineksena 90-luvun alun betoniteollisuuden lamasta lähtien. Sen materiaaliominaisuudet voivat vaihdella tuotantotekijöistä johtuen, joten sen näytteenotoista ja testauksista on huolehdittava. (PANK ry 2017; Finn Ash-Power Oy Ltd 2017; PANK Oppimateriaali C2 2018, 19–21.)

4.2.4 Muut hienoainesmateriaalit

Uusia hienoainesmateriaaleja testataan asfalteissa jatkuvasti. Teollisuudesta syntyy useita erilaisia jauhemaisia sivutuotteita, joita voitaisiin käyttää asfalttimassoissa. Testeissä ei ole kuitenkaan löytynyt mitään uutta tuotetta, jonka kustannustehokkuus voittaisi nykyisin käytössä olevat tuotteet. Yleensä kustannustehokkuus kaatuu tiukentuviin ehtoihin ja vaatimukseen tuotteen varastoinnin osalla. Ympäristöasioiden kannalta sivutuotteiden käyttömahdollisuuksien selvittäminen on erittäin tärkeää, niin materiaalien uusiokäytön kuin niiden saastuttavuuden kannalta. (PANK ry 2017, 103–104; PANK Oppimateriaali C2 2018, 19–21.)

4.3 Kiviaineksen litteysluokka (FI)

Karkean ja koostekiviaineksen raemuoto eli litteysluokka määritetään standardin SFS-EN 933-3 menetelmän mukaan. Litteysluokka saadaan standardissa määritettyjen litteyslukutulosten keskiarvon perusteella. Kiviaineksen raemuoto vaikuttaa suoraan tarvittavaan sideaineen määrään sekä massan työstettävyyteen. Lisäksi huonon raemuodon omaava kiviaines rikkoutuu helposti jyräysvaiheessa ja vähentää myös samalla päällysteen kulumiskestävyyttä. Kiviaineksen optimaalinen raemuoto on kuutiomallinen, kun puolestaan pitkulaisuus ja litteys ovat epäedullisia ominaisuuksia. Litteysluokat on esitetty taulukossa 13. Mitä pienempi lukuarvo litteysluokassa on, sitä parempi kiviaines on. (Lehtipuu 1983, 96; Suomen Kuntaliitto 1999, 34; PANK ry 2017, 81.)

Litteysluokka	Litteysluvun arvo
Fl ₁₀	≤ 10
Fl ₁₅	≤ 15
Fl ₂₀	≤ 20
Fl ₃₅	≤ 35

Taulukko 13. Litteysluvun enimmäisarvojen luokat (PANK ry 2017, 82)

4.4 Nastarengaskulutuskestävyys (A_N)

Kiviaineksen nastarengaskulutuskestävyys määritetään standardin SFS-EN 1097-9 (pohjoismainen kuulamylyarvo) mukaisesti. Kuulamylykokeen avulla määritetään kuulamylyarvo K_r , jonka avulla pystytään arvioimaan kiviaineksen kestävyttä tien päällystekerroksen ja kantavan kerroksen materiaalina. Koe soveltuu murskatuille luonnonkiville tai keinotekoisille materiaaleille. (PANK-2207 1995; PANK ry 2017, 82.)

Kuulamylyarvo kertoo kiviaineksen painoprosentteina sen määrän, joka jauhautuu hienommaksi kuin 2 mm. Näytteen esivalmisteluissa murskattu kiviaines seulotaan 11,2–16,0 mm:n lajitteiksi. Lajitteet jaetaan kahdeksi näytteeksi ja seuloaan vielä erikseen välppäseuloilla: 11,2–14,0 mm lajite 8 mm:n ja 14,0–16,0 mm lajite 10,0 mm:n välppäseulalla. Koe tehdään välpille jääneistä materiaaleista. Saadut kiviainesnäytteet yhdistetään ja jauhetaan jauhinsylinterissä kuulien avulla. Sylinteriin lisätään myös vettä. 5400 kierroksen jälkeen 2 mm seulan läpäissyt aines punnitaan. Lopullinen kuulamylyarvo lasketaan painoprosentteina alkuperäisen näytteen määrästä. (PANK-2207 1995.)

Nastarengaskulutuskestävyysluokka A_{N7} on laadultaan paras ja A_{N30} on laadultaan heikkolaatuisin. Nastarengaskulutuskestävyysluokat on esitetty taulukossa 14.

Luokka	Kuulamylyarvo
A _N 7	≤ 7,4
A _N 10	≤ 10,4
A _N 14	≤ 14,4
A _N 19	≤ 19,4
A _N 30	≤ 30,4

Taulukko 14. Nastarengaskulutuskestävyyden luokat (PANK ry 2017, 82)

4.5 Kiviaineksen valinnan suositukset

Kiviaineksen valinnan suositukset on esitetty taulukossa 15, jossa on esitetty kiviaineksen nastarengaskulutuskestävyyden eli kuulamylyarvon sekä litteyslunun luokat eri asfalttipäällysteille liikennemäärien perusteella. Kiviaineksen valinnassa tulee ottaa kuitenkin myös huomioon kiviaineksen alueelliset saatavuuden erot. Taulukko 15 koskee vain yksiajorataisia teitä tai katuja. Kaksiajorataisten kaistakohtaiset vaatimukset tulee aina määrittää kohdekohtaisesti. (PANK ry 2017, 89-90.)

Nopeusrajoitus: (km/h)	Liikennemäärä				
	KVL (autoa/vrk)				
≥ 80	<1000	1000-2000	2000-5000	5000-10000	>10000 *)
< 80	<1500	1500-3000	3000-7500	7500-15000	>15000 *)

Asfalttityypit:	Kiviaineksen kuulamylyarvon ja litteyslunun luokka				
AB	A _N 30 / Fl ₃₅	A _N 19 / Fl ₃₅	A _N 14 / Fl ₂₀	A _N 10 / Fl ₁₅ ; Fl ₂₀	A _N 7 / Fl ₁₅ ; Fl ₂₀
SMA	-	-	A _N 10 / Fl ₁₅	A _N 10 / Fl ₁₅	A _N 7 / Fl ₁₀ ; Fl ₁₅
ABK, ABS **)	A _N 30 / Fl ₃₅	A _N 19 / Fl ₃₅	A _N 19 / Fl ₃₅	A _N 19 / Fl ₃₅	A _N 19 / Fl ₃₅
PAB	A _N 30 / Fl ₃₅	A _N 19 / Fl ₃₅	-	-	-
*) Kiviaineksen valinnan ratkaisee valittu asfaltin kulumisluokka **) Vaiheittain rakennettaessa talven yli liikenteelle jääville päällysteille asetetaan vaatimukset tapauskohtaisesti					

Taulukko 15. Kiviaineksen alustavia valintaperusteita liikennemäärän perusteella yksiajorataiselle tielle tai kadulle (PANK ry 2017, 90)

4.6 AVCP-luokat

Asfalttimassoissa käytettävän kiviaineksen tulee olla AVCP-luokiteltua. AVCP-luokittelulla tarkoitetaan suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmentamisjärjestelmää. Sen avulla määritetään, missä laajuudessa ilmoitettu kiviaineksen tuottavalaitos osallistuu tuotteen ominaisuuksien ja valmistuksen laadunvalvonnan varmentamiseen. AVCP-luokkia on viisi: 4, 3, 2+, 1 ja 1+. (hEN Helpdesk.)

Suomessa käytetään luokkia 2+ ja 4 asfalttimassojen kiviaineksissa. AVCP-luokkaa 2+ tulee käyttää asfalttipäällysteen kulutuskerroksessa, kun liikenne on >10 000 ajon/vrk ja nopeusrajoitus on <60 km/h tai kun liikenne on >5000 ajon/vrk ja nopeusrajoitus on >60 km/h. Lisäksi luokkaa 2+ käytetään lisättävälle hienoainekiviainekselle. ACVP-luokkaa 4 käytetään puolestaan tilanteissa, joissa luokan 2+ ehdot eivät täyty. Asfalttipäällysteen tilaaja voi kuitenkin määrittää käytettäväksi luokkaa 2+ kaikissa kiviaineksissa. (Liikennevirasto 2015.)

Taulukossa 16 on esitetty eri AVCP-luokkien väliset erot. Suomessa käytettävien luokkien erot ovat käytännössä siinä, tarvitaanko ulkopuolista laadunvalvontaa vai ei. (hEN Helpdesk.)

AVCP-luokat					
Kontrolli keinot	1	1+	2+	3	4
Tehtaan sisäinen dokumentoitu laadunvalvonta	V	V	V	V	V
Tehtaalla testausohjelman mukainen lisätestaus	V	V	V		
Tuotetyypin määrittäminen tyyppitestauksen, laskennan, taulukko arvojen jne. perusteella	TS	TS	V	L	V
Tehtaan sisäisen laadunvalvonnan alkutarkastus	TS	TS	LS		
Tehtaan sisäisen laadunvalvonnan jatkuva valvonta, arviointia ja hyväksyntä	TS	TS	LS		
Pistokoetestaus ennen tuotteen saattamista markkinoille	TS				
V = valmistaja, L = testauslaboratorio, LS = laadunvalvonnan sertifiointilaitos, TS = tuotesertifiointilaitos					

Taulukko 16. AVCP-luokitus (hEN Helpdesk)

5 Sideaineet

Sideaine sitoo kiviainekset toisiinsa. Asfalttipäällysteen sideaineena käytetään bitumeja, joita ovat tiebitumit, polymeerimodifioitu bitumi, bitumiliuos, fluksattu bitumi ja bitumiemulsio. Sideaineiden laatuvaatimukset on määritelty SFS-EN -tuostandardeissa ja niiden markkinointi edellyttää CE-merkintää. Sideaineessa ei saa esiintyä epäpuhtauksia haitallisissa määrin ja sen tulee olla tasalaatuista. Sideaineen valinnassa tulee huomioida asfalttityyppi, suunnittelukohteen liikennekuormitus, ilmasto-olot sekä tärkeimpiä asioina päällysteen deformaatio- ja pakkasenkestävyys. (Suomen Kuntaliitto 1999, 35; PANK ry 2017, 94.)

5.1 Bitumit

Ihminen on käyttänyt bitumia jo tuhansia vuosia, n. 3800 eKr lähtien. 1800-luvun lopulle asti bitumin ainoita saantilähteitä olivat luonnon asfalttiesiintymät. Tämän jälkeen maaöljyn jalostus alkoi tuottamaan bitumia. Nykyään bitumi valmistetaan raakaöljystä ja sen kemiallinen koostumus on useiden hiilivetyjen seos. Bitumin valmistuksen kannalta, raakaöljyn tärkeimmät komponentit ovat sen suurimolekyyllisimmat osat eli asfalteenit. Asfalteenien määrä kuvastaa saatavan bitumin määrää raakaöljystä. Raakaöljyesiintymät ovat aina erilaisia, sillä esiintymät ovat eri-ikäisiä ja ovat syntyneet erilaisissa ympäristöissä ympäri maailmaa. Asfalteenien pitoisuus siis vaihtelee ja tämän vuoksi raakaöljystä saadun bitumin määrä voi vaihdella suuresti. (Blomberg 1990, 8-16.)

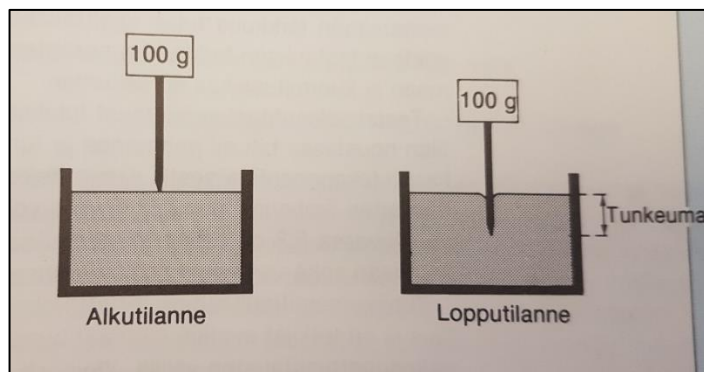
Bitumi on myrkytön luonnontuote ja se ei reagoi muiden aineiden kanssa. Sen vuoksi se soveltuu hyvin kohteisiin, jossa se joutuu lähelle luontoa ja ihmistä sekä sääolosuhteiden rasittamaksi. (Blomberg 1990, 139.)

5.2 Viskositeetti ja tunkeuma

Bitumit luokitellaan sen viskositeetin tai tunkeuman mukaan. Viskositeetti kuvaa aineen sisäistä kitkaa eli kykyä vastustaa virtaamista. Bitumin viskositeetti on hyvin lämpötilasta riippuvainen. Bitumeita käsitellään yleensä kuumennettuina, sillä niiden koostumus on silloin viskoosinen ja puolikiinteä. Matalassa lämpötilassa bitumi on elastinen ja lasimainen aines. Kylmänä käsitellään bitumiliuoksia ja

-emulsioita. (Blomberg 1990, 93,119-120, 127; PANK Oppimateriaali C2 2018, 7-8.)

Bitumin tunkeuma määritetään kokeessa, jossa bituminäytettä kuormitetaan painamalla neulalla 100 g:n painolla viiden sekunnin ajan, kuten kuvassa 14. Koe uusitaan 3 kertaa ja lopullinen tulos saadaan näiden kokeiden keskiarvosta. Koe tulee tehdä 25°C lämpötilassa. Tunkeuma ilmoitetaan 1/10 mm mittayksikkönä, eli tällöin bitumilaadun 70/100 tunkeuman tulee kokeessa asettua 7-10 mm väliin. (Blomberg 1990, 83.)



Kuva 14. Bitumin tunkeuman määrittäminen menetelmän periaate (Blomberg 1990, 83)

Tunkeuman mukaan luokittelussa, bitumin tyyppimerkintänä käytetään tunkeuma-alueen ala- ja ylärajaa, esimerkiksi 70/100 [0,1 mm]. Viskositeetin mukaan luokitellussa bitumissa, tyyppimerkintänä käytetään kirjainta V ja keskimääräistä kinemaattista viskositeettia 60°C:ssa, esimerkiksi V1500 tai V3000 [mm²/s]. (PANK ry 2017, 96–99.)

Tunkeuma kuvaa bitumin kovuutta: mitä pienempi tunkeuman arvo on, sen kovempaa bitumi on. Kovin tiebitumi on 20/30 ja puolestaan pehmein on 650/900. Bitumin kovuudella pystytään vaikuttamaan asfalttipäällysteen ominaisuuksiin. Kovalla bitumilla saadaan aikaan hyvä deformaatiokestävyys, mutta asfalttipäällysteen pakkasenkestävyys heikkenee. Kova bitumi myös vanhenee nopeammin, mikä näkyy halkeiluna. Kova bitumi tulee valmistaa ja levittää kuumissa olosuhteissa, jotta asfalttipäällysteen pinnasta saadaan aikaan tiivis ja tasainen. (RIL 165-2 2006, 220–221; PANK ry 2017, 96–97.)

5.3 Käyttö ja valinta

Bitumin tärkeimpiä ominaisuuksia, sen käytön kannalta, ovat sen hyvä tartuntakyky ja sitkeys. Tämän vuoksi sitä käytetään esimerkiksi sideaineena, liimana, vedeneristeenä ja jossain tapauksissa sähköneristeenä. (PANK Oppimateriaali C2 2018, 7.)

Kovilla pakkasilla tiehen syntyy poikkisuuntaisia halkeamia, kun päällyste kutistuu. Sideaineen laadulla on suurin vaikutus päällysteen pakkasenkestävyyteen. Pehmeä bitumi kestää paremmin kovempia pakkasia halkeamatta kuin kova bitumi. Suunnittelua tehdessä tulee kuitenkin huomioida, että deformaatiokestävyys on yleensä merkittävämpi asia kuin päällysteen pakkasenkestävyys. Tämän vuoksi sideaineeksi tulee valita pehmein sideaine, jolla saavutetaan riittävä deformaatiokestävyys. (Suomen Kuntaliitto 1999, 29; Alkio ym. 2001, 96.)

Etelä- ja Pohjois-Suomessa käytetään yleensä erilaisia bitumeja, sillä niiden sääolosuhteet ja väylien liikennesuorat ovat erilaisia. Etelä-Suomessa käytetään yleensä kovempia bitumeja, koska ne kestävät suurempia liikennesuorituksia ja puolestaan Pohjois-Suomessa käytetään pehmeämpiä bitumeja, sillä niillä on parempi joustavuus matalissa lämpötiloissa. (Blomberg 1990, 139–140.)

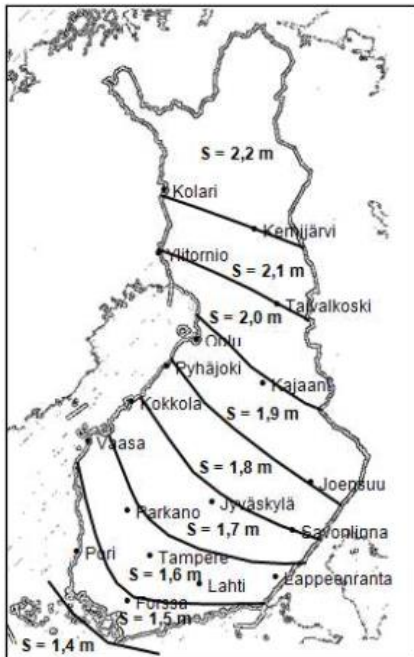
Jokaiselle asfalttityypille on omat bitumisuositukset, jotka perustuvat Asfalttiorneihin. Monelle asfalttityypille saattaa olla esitetty useampi bitumivaihtoehto. Jos kyseessä on AB- tai SMA-päällyste, tulee bitumi valita ensisijaisesti mitoitusroudan syvyyden perustuen laskemalla kaavan 1 avulla:

$$Tunkeuma [mm] = S/200 \quad (1)$$

S= mitoitusroudan syvyys, kts. kuva 15.

Esimerkiksi kuvan 15 mukaan Lappeenrannassa mitoitusroudan syvyyden ollessa 1,6 m, saadaan tunkeuman arvoksi 8 mm. Tällöin saatu tunkeuman arvo muutettuna lähimmäksi bitumin tunkeumaluokaksi on 70/100, jossa tunkeuma on välillä 7,0...10,0 mm. Puolestaan Rovaniemellä mitoitusroudan syvyys on 2,1m, jolloin tunkeuma arvo on 10,5 mm ja bitumiluokaksi muutettuna 100/150. Huomiointavaa on, että ABS-päällysteen bitumiluokka on yleensä sama tai yhtä luokkaa

ylempi, kuin mitoitusroudan syvyyden avulla laskettu bitumiluokka ABK-, AB- tai SMA-päällysteille. (Liikennevirasto 2018, 88; Eskola 2019.)



Kuva 15. Tierakenteen mitoittava roudansyvyys, S (Liikennevirasto 2018, 26)

5.4 Tiebitumit

Tiebitumit ovat luokiteltu kolmeen ryhmään:

- (kovat) tiebitumit (tunkeuma 20...220 [0,1 mm])
- pehmeät tiebitumit (tunkeuma 250...900 [0,1 mm])
- viskositeettiluokitellut bitumit (V1500...V3000 [mm²/s]).

Tiebitumien laatuvaatimukset on määritelty standardissa SFS-EN 12591 ja ne on esitetty taulukoissa 17-19. (PANK ry 2017, 94.)

Bitumiluokka		Menetelmä	20/30	35/50	50/70	70/100	100/150	160/220
Tunkeuma, 25 °C	0,1 mm	SFS-EN 1426	20-30	35-50	50-70	70-100	100-150	160-220
Pehmenemispiste	°C	SFS-EN 1427	55,0-63,0	50,0-58,0	46,0-54,0	43,0-51,0	39,0-47,0	35,0-43,0
Dynaaminen viskositeetti, 60 °C	Pas	SFS-EN 12596	≥ 440	≥ 225	≥ 145	≥ 90	≥ 55	≥ 30
Kinemaattinen viskositeetti, 135 °C	mm ² /s	SFS-EN 12595	≥ 530	≥ 370	≥ 295	≥ 230	≥ 175	≥ 135
Murtumispiste	°C	SFS-EN 12593		≤ -5	≤ -8	≤ -10	≤ -12	≤ -15
Ohutkalvokoe		SFS-EN 12607-1						
- massan muutos	± m-%		≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 1,0
- jäännöstunkeuma	%		≥ 55	≥ 53	≥ 50	≥ 46	≥ 43	≥ 37
- pehmenemispisteen nousu	°C	SFS-EN 1427	≤ 10	≤ 11	≤ 11	≤ 11	≤ 12	≤ 12
Leimahduspiste	°C	SFS-EN ISO 2592	≥ 240	≥ 240	≥ 230	≥ 230	≥ 230	≥ 220
Liukoisuus tolueeniin	m-%	SFS-EN 12592	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0

Taulukko 17. Tiebitumien laatuvaatimukset, tunkeuma 20...220 [0,1 mm] (PANK ry 2017, 96)

Bitumiluokka		Menetelmä	250/330	330/430	500/650	650/900
Tunkeuma, 15 °C	0,1 mm	SFS-EN 1426	70-130	90-170	140-260	180-360
Dynaaminen viskositeetti, 60 °C	Pas	SFS-EN 12596	≥ 18	≥ 12	≥ 7,0	≥ 4,5
Kinemaattinen viskositeetti, 135 °C	mm ² /s	SFS-EN 12595	≥ 100	≥ 85	≥ 65	≥ 50
Murtumispiste	°C	SFS-EN 12593	≤ -16	≤ -18	≤ -20	≤ -20
Ohutkalvokoe		SFS-EN 12607-1				
- massan muutos	± m-%		≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 1,5
- viskositeettisuhde, 60 °C			≤ 4,0	≤ 4,0	≤ 4,0	≤ 4,0
Leimahduspiste	°C	SFS-EN ISO 2719	≥ 180	≥ 180	≥ 180	≥ 180
Liukoisuus tolueeniin	m-%	SFS-EN 12592	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0

Taulukko 18. Pehmeiden tiebitumien laatuvaatimukset, tunkeuma 250...900 [0,1 mm] (PANK ry 2017, 97)

Bitumiluokka		Menetelmä	V1500	V3000
Viskositeetti, 60 °C	mm ² /s	SFS-EN 12595	1000-2000	2000-4000
Ohutkalvokoe, 120 °C		SFS-EN 12607-2		
- massan muutos	± m-%		≤ 2,0	≤ 1,7
- viskositeettisuhde, 60 °C			≤ 3,0	≤ 3,0
Leimahduspiste	°C	SFS-EN ISO 2719	≥ 160	≥ 160
Liukoisuus tolueeniin	m-%	SFS-EN 12592	≥ 99,0	≥ 99,0

Taulukko 19. Viskositeettiluokiteltujen tiebitumien laatuvaatimukset (PANK ry 2017, 98)

5.5 Bitumiliuokset (BL) ja fluksatut bitumit

Bitumiliuoksen avulla bitumia voidaan käsitellä kylmänä, ilman että sitä tarvitsee lämmittää. Bitumiliuoksen tärkein ominaisuus on sen viskositeetti. Se kuvaa tuotteen työstettävyyttä, eli kuinka helposti tuotetta pystytään ruiskuttamaan tai sivelemään. Mitä alhaisempi tuotteen viskositeetti on, sitä matalammassa lämpötilassa bitumiliuos on työstettävissä ja sitä ohuempi kerros sitä voidaan levittää. (Blomberg 1990, 120–122.)

Bitumiliuoksessa ja fluksatussa bitumissa käytetään liuotteina maaöljy- tai biopohjaisia hiilivetyliuotteita tai biopohjaisia flukseja, joilla alennetaan bitumipohjan viskositeettia. Bitumiliuokset luokitellaan kuivumisajan, viskositeetin ja liuosten valmistukseen käytetyn bitumin mukaan. Bitumiliuokset merkitään kirjaimilla BL ja viskositeettiluokkaa ilmaisevalla numerolla (ei viskositeettiarvolla), esimerkiksi BL0. Mitä suurempi luokkanumero on, sitä paksumpaa bitumiliuos on. Suomessa käytetyt bitumiliuokset BL0 ja BL5 kuivuvat nopeasti. Puolestaan fluksatussa bitumissa BL2Bio käytetään hyvin hitaasti haihtuvia flukseja. (Blomberg 1990, 120–122; PANK ry 2017, 96.)

Bitumiliuoksen laatuvaatimukset on määritelty standardissa SFS-EN 15322. Suomessa suositellaan käytettäväksi bitumiliuoksia, joiden laatuvaatimukset on esitetty taulukossa 20. (PANK ry 2017, 94.)

Bitumiliuos		Menetelmä	BL0	BL5	BL2Bio
Bitumiliuosluokka		SFS-EN 15322	Fm7B6	Fm7B2	Fv7B2
Viskositeetti 60 °C ¹⁾	mPas	SFS EN 13302	15 - 30	3000 - 6000	325 - 675
Liukoisuus tolueniin	m-%	SFS-EN 12592	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0
Leimahduspiste	°C	SFS-EN ISO 2719			≥ 100
Leimahduspiste ²⁾	°C	SFS-EN ISO 13736	> 35	> 45	
Jakotislaus		SFS-EN 13358			
- kokonaistislemäärä 360 °C:ssa	t-%		< 55	< 15	
- tisleestä tislautunut 225 °C mennessä	t-%		> 55	< 15	
Haihdutusjäännöksen pehmenemispiste	°C	SFS-EN 13074-1 SFS-EN 1427			≤ 35
Stabiloidun haihdutusjäännöksen tunkeuma, 25 °C	0,1 mm	SFS-EN 13074-1 SFS-EN 13074-2 SFS-EN 1426	≤ 220	≤ 220	

1) Dynaamista viskositeettia käytetään bitumiliuosten tyyppitestauksessa. Valmistuksen aikainen laadunvarmistus voidaan tehdä 60 °C kinemaattisella viskositeetilla menetelmän SFS-EN 12595 mukaan, jolloin vaatimukset ovat BL0: 17-30 mm²/s, BL5: 3000-6000 mm²/s ja BL2Bio: 350-675 mm²/s.

2) Adel closed cup menetelmää käytetään bitumiliuosten tyyppitestauksessa. Valmistuksen aikana laadunvarmistus voidaan tehdä Pensky Martens closed cup menetelmällä (SFS-EN ISO 2719), jolle vaatimukset ovat samat.

Taulukko 20. Bitumiliuosten ja fluksattujen bitumien laatuvaatimukset (PANK ry 2017, 100)

5.6 Bitumiemulsiot (BE)

Bitumi saadaan kylmäkäsiteltävämpään muotoon bitumiemulsion avulla ja se koostuu bitumin ja veden seoksesta. Seoksessa bitumi on emulgoitunut eli jakautunut veteen pieniksi pisaroiksi. Tätä tilaa pitää yllä emulgaattori, mikä stabiloi syntyneen emulsion. Ilman emulgaattoria, vesi ja bitumi erkanisivat toisistaan. Koska bitumiemulsiot pyrkivät luontaisesti erottumaan, on erityisen tärkeää, että bitumituote sekoitetaan huolellisesti ennen käyttöä. Sideainepitoisuutta laskiessa tulee ottaa huomioon, että bitumiemulsiossa sideaineena toimii vain emulsion bituminen osa. Suomessa käytetään yleensä happamia (pH alle 7) eli kationisia emulsioita. (Blomberg 1990, 127; PANK ry 2017, 94–95.)

Bitumiemulsiot merkitään yleensä kirjainlyhenteellä BE sekä sen käyttötarkoituksen mukaan, esimerkiksi BE-SIP (L=liimaemulsio, SIP=sirotepintausta, SOP=sorattien pintausta, AB=asfalttibetoni, PAB=pehmeä asfalttibetoni ja PBE = pehmeä bitumiemulsio). Bitumiemulsion laatuvaatimukset on määritelty standardissa SFS-

EN 13808. Suomessa suositellaan käytettäväksi bitumiemulsiota, joiden laatuvaatimukset on esitetty taulukossa 21. (PANK ry 2017, 95.)

Bitumiemulsio		Menetelmä	BE-L	PBE-L	BE-SIP	BE-SOP	BE-AB BE-PAB
Emulsioluokka		SFS-EN 13808	C60B3 ¹⁾²⁾ C60B4 C60B5	C60BP3 ¹⁾²⁾ C60BP4 C60BP5	C67B3 ¹⁾ C67BF3	C60B4 ¹⁾ C60BF4 C60B5	C60B4 ¹⁾ C60B5
Viskositeetti, 40°C	mPas	SFS-EN 13302	20-300 tai ³⁾	20-300 tai ³⁾	³⁾	³⁾	³⁾
Murtuvuus hiekkaan	g	SFS-EN 13075-1	²⁾³⁾	²⁾³⁾	³⁾	³⁾	³⁾
Tislaus 260°C asti		SFS-EN 1431 ⁴⁾					
- tislausjäännös	m-%		≥ 58	≥ 58	≥ 65	≥ 58	≥ 58
Haihdutusjäännöksen ominaisuudet		SFS-EN 13074-1 ⁴⁾					
- tunkeuma, 25°C	0,1 mm	SFS-EN 1426	≤ 220	≤ 220	≤ 220	≤ 220 ⁵⁾	≤ 220 ⁵⁾
- viskositeetti, 60°C	mm ² /s	SFS-EN 12595				≥ 2000 ⁵⁾	≥ 2000 ⁵⁾
- voimavenymä, 5°C	J/cm ²	SFS-EN 13589 ⁶⁾ SFS-EN 13703		≥ 1			
Seulontajäännös 0,5 mm:n seualle	%	SFS-EN 1429	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5
<p>1) Emulsioluokka: B bitumiemulsio, BP polymeerimodifioitu bitumiemulsio 2) Syksyllä ja keväällä nopeasti murtuva 3) Valmistaja ilmoittaa tuotestandardin SFS-EN 13808 mukaisen luokan 4) Tyyppitestausten menetelmä, voidaan käyttää myös yksinkertaisempia in-house, menetelmiä, jos testimenetelmien vastaavuus on määritetty 5) Tunkeuma 25°C tai viskositeetti 60°C ilmoitettava 6) SFS-EN 13589 on modifioitun bitumin voimavenymän testistandardi, SFS-EN 13703 on muodonmuutosenergian määrittäysstandardi</p>							

Taulukko 21. Bitumiemulsioiden laatuvaatimukset (PANK ry 2017, 101)

5.7 Polymeerimodifioidut bitumit (PMB)

Polymeerimodifioituun bitumiin on lisätty polymeeria bitumin ominaisuuksien parantamiseksi. Polymeeria lisäämällä pyritään yleisesti bitumin käyttöikää merkittävästi pidentämään. Polymeerin avulla voidaan vaikuttaa seuraaviin bitumin ominaisuuksiin: lujuus, venymä, joustavuus, palautuvuus, kylmäominaisuudet, korkeiden lämpötilojen ominaisuudet, väsymiskestävyys, tarttuvuus, vanheneminen ja säänkestävyys. Polymeeria lisätään bitumiin yleensä noin 2–20 %. Polymeerien ansiosta bitumeita on voitu alkaa käyttämään kohteissa, joissa tavallista bitumia ei ole voitu tai ei ole kannattanut käyttää. (Blomberg 1990, 136–137.)

Kumibitumi on polymeerimodifioitu bitumi, johon on lisätty elastomeereja, jolloin se on saanut kumimaisia ominaisuuksia. Kumibitumi parantaa asfaltin vesitii-

veyttä ja deformaatiokestävyyttä. Suomessa eniten käytetty polymeeri on styreenibutadieeniblokkikopolymeeri (SBS), joka on synteettinen termoplastinen kumi. Se parantaa merkittävästi bitumin kylmäominaisuuksia ja elastisuutta. (Blomberg 1990, 137; PANK ry 2017, 94; Liikennevirasto 2018, 62.)

Kansainvälisesti polymeerimodifioidut bitumit merkitään lyhenteellä PMB. Kirjainlyhenteen jälkeen merkitään tunkeuman ala- ja yläraja sekä minimipehmenemispiste, esimerkiksi PMP 75/130-65. Suomessa käytetään lyhennettä KB (kumibitumi) ja tuotteen keskimääräistä pehmenemispistettä, esimerkiksi KB65. Päinvastoin kuin tiebitumeissa, kumibitumissa on sitä matalampi pehmenemispiste, mitä pehmeämpi bitumi on. (PANK ry 2017, 94,99.)

Kumibitumien laatuvaatimukset on määritelty standardissa SFS-EN 14023. Suomessa suositellaan käytettäväksi kumibitumeita, joiden laatuvaatimukset on esitetty taulukossa 22. (PANK ry 2017, 94.)

PMB-luokka ¹⁾ (kansainvälinen merkintätapa)		Menetelmä	PMB 75/130-65	PMP 75/130-70 PMB 40/100-70	PM 40/100-75
Vanha merkintä (Suomessa käytetty merkintätapa)			KB65	KB75	KB85
Tunkeuma, 25°C	0,1 mm	SFS-EN 1426	75-130	40-130 ²⁾	40-100
Pehmenemispiste	°C	SFS-EN 1427	≥ 65	≥ 70	≥ 70
Voimavenymä, 5°C	J / cm ²	SFS-EN 13703, SFS-EN 13589	≥ 1	≥ 2	≥ 2
Palautuma, 5°C	%	SFS-EN 13398	≥ 50	≥ 75	≥ 75
Leimahduspiste	°C	EN ISO 2592	≥ 220	≥ 220	≥ 220
Varastointikestävyys, pehmenemispiste-ero	°C	SFS-EN 13399, SFS-EN 1427	≤ 5	≤ 5	≤ 5

1) Polymeerimodifioidun bitumin luokkamerkintänä käytetään tunkeuma-alueen ala- ja ylärajaa sekä pehmenemispisteen alarajaa. Valmistaja ilmoittaa SFS-EN14023 mukaisen luokan. Myös muiden luokkien mukaiset tuotteet voivat täyttää taulukon vaatimukset.

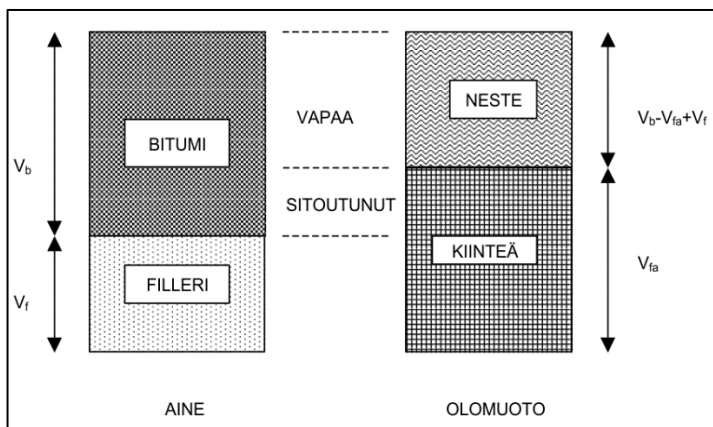
2) Valmistaja ilmoittaa SFS-EN 14023 mukaisen tunkeumaluokan.

3) Jos pehmenemispiste-ero on suurempi kuin 5°C tai sitä ei ilmoiteta, täytyy sideaineen toimittajan antaa ohjeet käsittelystä erottumisen välttämiseksi.

Taulukko 22. Polymeerimodifioitujen bitumien laatuvaatimukset (PANK ry 2017, 99)

6 Mastiksi

Hienoaines ja bitumi muodostavat yhdessä seoksen eli mastiksin, jonka ominaisuudet riippuvat sekä bitumin että hienoaineksen laadusta ja määrästä. Mastiksin avulla pyritään täyttämään kiviaineksen tyhjätila, jotta päällysteelle saadaan tiiviimpi rakenne ja näin parantamaan sen säänkestävyyttä. Lisäksi sen toinen tärkeä tehtävä on pitää kiinni paremmin karkeat rakeet päällysteessä. Mastiksia esiintyy valuasfalteissa sekä kivimastiksiasifaltissa. Mastiksin avulla pystytään parantamaan päällysteen mekaanista kestävyyttä eli parempaa säänkestävyyttä sekä jäykkyyttä eli stabiilisuutta. Nämä ominaisuudet tulevat esille, kun mastiksi on käyttölämpötiloissa jäykistynyt eli bitumin nesteolomuoto on muuttunut kiinteäksi olomuodoksi, kuten kuvassa 16 on esitetty. (Ehrola 1996, 231; PANK Oppimateriaali C2 2018, 24.)



Kuva 16. Bitumin hienoainesosasten olomuodot (PANK Oppimateriaali C2 2018, 24)

Mastiksin hienoaineksen määrän kasvaessa, mastiksin jäykkyys kasvaa eli samalla myös päällysteen jäykkyys (stabiilisuus) ja tiiveys kasvaa. Hienoaineksen määrää ei kuitenkaan voida lisätä loputtomasti, sillä sen suuri määrä saa aikaan päällysteen muuttumisen hauraammaksi, kuivemmaksi sekä halkeiluerkemmäksi. Optimaalista seossuhdetta on tutkittu ja amerikkalaisen selvityksen mukaan hienoaineksen ja bitumin optimi seossuhde painon perusteella laskettuna on AB-päällysteillä 1–1,5. Koska Suomessa käytetään pehmeämpiä bitumeja, voidaan täällä soveltaa ohjeen ylärajaa. Mitään tarkkaa optimia ei kuitenkaan voida määrittää, sillä tarkka suhdeluku on seoskohtainen. (PANK Oppimateriaali C2 2018, 24.)

7 Lisäaineet

Asfalttipäällysteen toiminnallisia ominaisuuksia pystytään muokkaamaan lisäaineiden avulla. Niiden avulla voidaan saavuttaa myös teknistaloudellisesti edullisempi lopputulos. On kuitenkin tärkeää, että lisäaineiden käyttö on aina dokumentoitua. (PANK ry 2017, 102.)

7.1 Kuidut

Asfalttipäällysteissä käytettävät kuidut voidaan jakaa neljään pääryhmään: orgaanisiin, mineraali-, teräs- ja synteettisiin kuituihin. Kuidut vaikuttavat päällysteen murtuman luonteeseen ja ennaltaehkäiset niitä. Lisäksi ne vaikuttavat sideaineen valuvuuteen, deformaatioon, vedenkestävyyteen, kulumiskestävyyteen sekä lujittumiseen. Esimerkiksi jos asfalttimassan kiviaines on melko heikkolaatuista, voidaan kuitujen avulla parantaa päällysteen kulumiskestävyyttä merkittävästi. Kuitujen avulla pystytään jakamaan myös päällysteeseen kohdistuvat voimat tasaisemmin alusmateriaaleihin. (Peltonen 1989, 3; Saarela 1993, 11.)

Eniten kuituja käytetään tällä hetkellä parantamaan kivimastikiasfaltin (SMA) jäykkyyttä. SMA-päällysteessä olevien bitumin ja hienoaineksen on kuljetuksen, levityksen ja tiivistämisen aikana vaarana erottua toisistaan. Kuidut jäykistävät massaa niin, että ainekset pysyvät yhteen liimaantuneina, kunnes massan lämpötila on laskenut käyttölämpötiloihin. Kuitujen tärkein tehtävä on siis vaikuttaa massaan sen valmistuksen ja levityksen aikana. (PANK Oppimateriaali C2 2018, 27.)

Yleisimmin käytetty kuitu on selluloosa. Sillä on suuri ominaispinta-ala, nauhamainen rakenne sekä sen pituus on noin 0,1–2 mm. Selluloosakuituja lisätään yleensä kivimastikiasfalttiin, sillä kuidun suuren ominaispinta-alan ansiosta se pystyy sitomaan runsaasti bitumia ja sen avulla pystytään valmistamaan paksumpia bitumikalvoja. Tällöin päällyste on stabiilia ja kestää paremmin kulumista ja näin sen käyttöikä on pidempi. (Peltonen 1989, 3; PANK ry 2017, 102.)

Kuitujen tulee olla puhtaita ja ne eivät saa sisältää epäpuhtauksia tai jauhautumatonta materiaalia. Puhtautta seurataan silmämääräisesti tai tarvittaessa mik-

roskoopilla tai tasalaatuisuuskokeella. Asfalttipäällysteessä käytettävien irtosel-
lukuitujen tulee täyttää taulukon 23 mukaiset vaatimukset vesipitoisuuden ja het-
kellisen lämmönkestävyyden suhteen. (PANK ry 2017, 102.)

Ominaisuus	Yksikkö	Vaatus	Menetelmä
Vesipitoisuus (Bitumilla sidotusta kuitu- granulaatista ei voi määrit- tää vesipitoisuutta)	massa-%	≤ 7,0	PANK 3103
Hetkellinen lämmönkesto -massamuutos (Lämmönkestovaatimus on 220°C / 5 min.)	massa-%	≤ 7,0	PANK 3104

Taulukko 23. Asfalttipäällysteisiin soveltuvien selluloosakuitujen laatuvaatimuk-
set (PANK ry 2017, 102)

Selluloosakuiduille on myös esitetty suosituksia erilaisille ominaisuuksille, kuten
irtotiheydelle, tasalaatuisuudelle, kuitupituudelle sekä ominaispinta-alalle. Nämä
laatuvaatimukset eivät kuitenkaan ole sitovia. Suositukset on esitetty taulukossa
24. (PANK ry 2017, 102-103.)

Ominaisuus	Yksikkö	Vaatus	Menetelmä
Irtotiheys 25°C	g/ dm ³	20-35	PANK 3105
Tasalaatuisuus	%	2,0-2,8	PANK 3107
Kuitupitoisuusja- kauma: 50% arvo	mm	0,8-1,6	PANK 3106
Kuitupitoisuusja- kauma: 80% arvo	mm	0,5-0,8	PANK 3106
Ominaispinta-ala	m ² /g	2,0-3,0	PANK 2401

Taulukko 24. Asfalttipäällysteisiin soveltuvien selluloosakuitujen ohjeellisia arvoja
(PANK ry 2017, 103)

7.2 Tartukkeet

Tartukkeiden avulla pyritään parantamaan bitumisen sideaineen ja kiviaineksen välistä tartuntaa. Eniten niitä käytetään pehmeissä asfalttibetoneissa, sillä sen kiviainesta ei aina lämmitetä. Tartukkeet voivat toimia myös emulgaattoreina bitumiemulsioiden yhteydessä, sillä niiden avulla pystytään varmistamaan veden ja bitumin seoksen pysyvyys. (PANK ry 2017, 103; PANK Oppimateriaali C2 2018, 28.)

Yleisin tartukelaji on rasvahappopohjainen diamiini. Kun massalla on riittävä tartunta, estää se veden tunkeutumisen kiviaineksen ja sideaineen väliin. Tartukkeita käytettäessä on huomioitava, että tartukkeet menettävät tehoaan ilman vaikutuksesta korkeassa lämpötilassa. Tämä on huomioitava siten, että tartuketta annostellaan enemmän tuhoutuvan tartukkeen korvaamiseksi. Yleensä diamiinin lisäysmäärä on noin 1 paino-% sideaineen määrästä ja diamiini lisätään sideaineen valmistuksen yhteydessä. (PANK ry 2017, 103; PANK Oppimateriaali C2 2018, 28.)

Suomessa eniten käytetyt kiviainekset päällysteissä ovat happamia. Tavallisimmat tartukkeet ovat alkyylimiamiineja, jotka ovat tehokkaita happamien kiviainesten kanssa. Niissä on positiivinen varaus ja ne vetävät happaman kiviaineksen negatiivista varausta puoleensa. Alkyylimiamiinin hiilivetyketju tarttuu bitumiin ja muu osa kiviainekseen. (PANK ry 2017, 103; PANK Oppimateriaali C2 2018, 28.)

7.3 Luonnonasfaltti

Luonnonasfaltti on luonnontuote, jota tavataan eripuolilla maailmaa. Se koostuu bitumin ja mineraaliaineksen seoksesta ja sitä käytetään bitumin lisäaineena. Muutamissa luonnon asfalttiesiintymissä on hyvin korkea bitumipitoisuus, kuten esimerkiksi Yhdysvaltojen Utahissa ja Karibianmerellä sijaitsevassa Trinidadin saarivaltiossa. Utahista saatava Gilsoniitti ja Trinidad-asfaltti ovat käytetyimmät luonnonasfalttituotteet. (Blomberg 1990, 16; Asphalt Institute and Eurobitume 2011, 6; PANK ry 2017, 103.)

Luonnonasfaltin avulla pystytään parantamaan päällysteen deformaatiokestävyyttä, työstettävyyttä ja jäykkyyttä samalla, kun sen joustavuus matalissa lämpötiloissa säilyy. Trinidad-asfaltti on hyvin kovaa asfalttia ja tuotteesta miltei puolet on erittäin hienojakoista kiviainesta. Sen tunkeuma on alle 5 1/10 mm eli alle 0,5 mm lämpötilassa 25°C ja sen pehmenemispiste on alle 100°C. Trinidad-asfalttia käytetään yleensä valuasfaltissa parantamaan sen stabiliteettia. Myös Gilsoniitti on hyvin kovaa asfalttia. Gilsoniitti se on hyvin puhdasta ja se sisältää vain alle 2 % mineraaliainesta. Sen pehmenemispiste on 130–200°C, tunkeuma on lähes nolla ja sen käyttömäärä on 1–3 paino-% asfaltin painosta. Gilsoniitin avulla pystytään parantamaan päällysteen lujuutta ja kestävyyttä, lämmön sietoa, veden kestoja sekä mekaanista ja kemiallista tarttuvuutta. Luonnonasfalttien tulee noudattaa standardin SFS-EN 13108-4 liitteen 4 mukaisia vaatimuksia. (Blomberg 1990, 16; PANK ry 2017, 103; American Gilsonite Company 2019.)

7.4 Muut lisäaineet

Asfaltti on ensimmäisen vuoden jälkeen väriltään melko harmaata. Kiviaineksen väri vaikuttaa hieman asfaltin lopulliseen väriin. Asfalttia on mahdollista värjätä, mutta se on suhteessa hyvin kallista ja sitä tehdään vain erikoiskohteissa. Värjäyksessä asfaltin bitumista poistetaan mustia molekyylejä, jotta uutta väripigmenttiä tarvittaisiin mahdollisimman vähän sen kalliin hinnan vuoksi. (PANK Opimateriaali C2 2018, 29.)

Asfalttinormit 2017 mukaan asfaltissa voidaan käyttää lisäaineena myös esimerkiksi kumi- ja muovirouheetta tai sammutettua kalkkia ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Sammutettu kalkki on kuitenkin melko kallista ja siksi sitä käytetään yleensä vain lentokenttien päällysteissä. Tällaisten lisäaineiden käyttö vaatii aina, että asfalttimassa suunnitellaan tapauskohtaisesti ja myös niiden asettamat vaatimukset on otettava huomioon asfalttimassan valmistuksessa sekä levityksessä. Muiden lisäaineiden käyttö on aina dokumentoitava. Niiden laaduntarkkailua määräävät erilaiset kriteerit sekä niiden käyttö tulee ottaa huomioon asfaltin uusiokäytössä. Muita lisäaineita käytettäessä tulee aina huomioida työterveysasiat ja -turvallisuus sekä aineen ympäristökelpoisuus. (PANK ry 2017, 103–104.)

8 Asfalttirouhe (RC)

Asfalttipäällysteisiä teitä ja katuja joudutaan avaamaan monista erilaisista syistä, kuten esimerkiksi kunnallistekniikan huolto- ja rakennustöiden vuoksi. Poistettu asfaltti voidaan kuitenkin käyttää uudelleen asfalttimassan valmistamiseen, jos se viedään esimerkiksi asfalttiasemalle ja murskataan siellä. Poistettava asfaltti voidaan myös jyrsiä tien pinnasta ja saatu jyrshintärouhe voidaan käyttää uudelleen. Asfalttirouheeksi (RA – Reclaimed Asphalt) kutsutaan siis vanhasta asfaltista tehtyä kierrätysrouhetta. Vanhaa asfalttia, mikä on kerätty päällyste- tai rakennuskohteesta asfalttirouhetta varten, kutsutaan kerätyksi asfaltiksi (RAP – Reclaimed Asphalt Pavement). (Pohjoismaiden tie- ja liikennefoorumi 2012; PANK ry 2017, 9.)

8.1 Määräykset

Asfalttirouheesta tehtyä asfalttia koskevat samat normit ja määräykset kuin uusista materiaaleista tehtyä asfalttia. Tämän vuoksi on ensiarvoisen tärkeää, että tiedetään, mitä asfalttirouhe pitää sisällään, jotta se voidaan uusiokäyttää. Asfalttirouheen tulee täyttää standardin SFS-EN13108-08 mukaiset vaatimukset. Lisäksi asfalttirouheen epäpuhtausluokka tulee olla F1, standardin SFS-EN 12697-42 mukainen. Epäpuhtausluokassa F1 asfalttirouhe saa sisältää korkeintaan 1 % epäpuhtauksia, joiksi katsotaan betoni, tiili ja metalli, tai se saa sisältää korkeintaan 0,1 % muita epäpuhtauksia, kuten puuta tai muovia. (Lehtimäki 2012, 24; Pohjoismaiden tie- ja liikennefoorumi 2012; PANK ry 2017, 91.)

8.2 Ominaisuudet

Asfalttirouheen ominaisuuksiin vaikuttaa vanhan päällysteen asfalttityyppi, sideaine ja sen määrä sekä päällysteen ikä. On tärkeää, että asfalttirouheen ominaisuudet tutkitaan, ennen kuin sitä käytetään asfaltin raaka-aineena. Uuden asfaltin laatuun vaikuttaa merkittävästi siinä käytetyn asfalttirouheen ominaisuudet. (Lehtimäki 2012, 23.)

Asfalttirouheen sideaineen ominaisuudet tulee olla tiedossa uuden massan sideainetta valittaessa, sillä valmistettavan massan tulee täyttää tilaajan vaatiman

bitumiluokan vaatimukset. Asfalttirouheen sideainetta voidaan käsitellä tarvittaessa esimerkiksi erilaisilla elvyttimillä, kuten esimerkiksi pehmeällä bitumilla. Valmistettavan asfalttimassan sideaineesta voidaan laskea sen tunkeuma, pehmenemispiste sekä sen viskositeetti ohessa esitettyjen kaavojen 2–4 avulla. (PANK ry 2017, 91–93.)

Asfalttirouhetta sisältävän massan sideaineen tunkeuma,

$$\lg pen_{mix} = a \lg pen_1 + b \lg pen_2 \quad (2)$$

pen_{mix} = valmistettavan massan sideaineen laskennallinen tunkeuma

pen_1 = asfalttirouheesta talteen otetun sideaineen tunkeuma

pen_2 = uuden lisätyn sideaineen tunkeuma

$a + b$ = asfalttirouheen sideaineen (a) ja lisätyn sideaineen (b) osuudet valmistettavassa asfalttimassassa; $a+b=1$.

(PANK ry 2017, 93)

Asfalttirouhetta sisältävän massan sideaineen pehmenemispiste,

$$T_{R\&Bmix} = a \times T_{R\&B1} + b \times T_{R\&B2} \quad (3)$$

$T_{R\&Bmix}$ = valmistettavan massan sideaineen laskennallinen pehmenemispiste

$T_{R\&B1}$ = asfalttirouheesta talteen otetun sideaineen pehmenemispiste

$T_{R\&B2}$ = uuden lisätyn sideaineen pehmenemispiste

$a + b$ = asfalttirouheen sideaineen (a) ja lisätyn sideaineen (b) osuudet valmistettavassa asfalttimassassa; $a+b=1$.

(PANK ry 2017, 93)

Asfalttirouhetta sisältävän massan sideaineen viskositeetti,

$$(a + b) \lg \lg visc_{mix} = a \times \lg \lg visc_1 + b \times \lg \lg visc_2 \quad (4)$$

$visc_{mix}$ = valmistettavan massan sideaineen laskennallinen viskositeetti

$visc_1$ = asfalttirouheesta talteen otetun sideaineen viskositeetti

$visc_2$ = uuden lisätyn sideaineen viskositeetti

$a + b$ = asfalttirouheen sideaineen (a) ja lisätyn sideaineen (b) osuudet valmistettavassa asfalttimassassa; $a+b=1$.

(PANK ry 2017, 93)

Asfalttirouhe tulee lämmittää ennen kuin se lisätään uuteen asfalttimassaan, mikäli sen osuus uudesta massasta on yli 10 %. Lämmityksen avulla asfalttirouheesta poistetaan kosteus, mikä siihen on voinut kerääntyä esimerkiksi varastoinnin aikana. Asfalttirouheessa oleva vesi heikentää uuden massan sideaineen ja kiviaineksen välistä tartuntaa. Lisäksi lämmitys pehmentää myös RAP-sideaineen eli asfalttirouheen sideaineen ja parantaa näin sen sekoituvuutta. RAP-sideaine tulee lämmittää sen pehmenemispistettä 70–80 % korkeammaksi, ennen kuin se lisätään asfalttimassaan. (Lehtimäki 2012, 24-25.)

8.3 Käyttö

Vaikka asfaltti voidaan kierrättää yleensä 100-prosenttisesti, asfalttirouheen määrän käyttöä uudessa asfalttimassassa on rajoitettu. Kulutuskerroksissa asfalttirouhetta voidaan käyttää 50 % ja muissa sidotuissa rakennekerroksissa sitä voidaan käyttää 70 %. Suurempien määrien käyttö voi olla mahdollista tilaajan määrittämässä kohteissa, joiden kiviaineksen nastarengaskulutuskestävyyden luokat ovat A_N14 tai A_N19. Tällaiset kohteet arvioidaan kuitenkin aina tapauskohtaisesti. Asfalttimassan tyyppitestausraportissa tulee kertoa, kuinka paljon asfalttirouhetta on käytetty. Taulukossa 25 on kerrottu mitä tietoja asfalttirouheesta tulee ilmoittaa ja mitä ominaisuuksia siitä tulee testata. (PANK ry 2017, 91.)

Käyttökohde	Asfalttirouheen määrä (%)	Ilmoitettavat tiedot	Vaatimukset
Kulutuskerros	≤10%	Raekokajakautuma ja sideainepitoisuudet	Ilmoitettava, testataan 2000 t välein
Kulutuskerros	> 10%	Raekokajakautuma ja sideainepitoisuudet	Ilmoitettava, testataan 2000 t välein, vähintään 5 näytettä
		Kiviaineksen maksimi raekoko	Ilmoitettava, $D_{RA} \leq D$
		Asfalttityyppi (AB, PAB-B, PAB-V, VA, SMA, ABS tai ABK)	Ilmoitettava
		Sideaineen tyyppi sekä tunkeuma tai pehmenemispiste tai viskositeetti	Ilmoitettava, vähintään 2 testiä/murskauserä
Muut sidotut rakennekerrokset	≤20%	Raekokajakautuma ja sideainepitoisuudet	Testataan 2000 t välein
Muut sidotut rakennekerrokset	> 20%	Raekokajakautuma ja sideainepitoisuudet	Testataan 2000 t välein, vähintään 5 näytettä
		Kiviaineksen maksimi raekoko	Ilmoitettava, $D_{RA} \leq D$
		Asfalttityyppi (AB, PAB-B, PAB-V, VA, SMA, ABS tai ABK)	Ilmoitettava
		Sideaineen tyyppi sekä tunkeuma tai pehmenemispiste tai viskositeetti	Ilmoitettava vähintään 2 testiä/murskauserä

Taulukko 25. Asfalttirouheesta ilmoitettavat tiedot ja testattavat ominaisuudet (PANK ry 2017, 92)

Mikäli suunnittelukohde on vilkkaasti liikennöity maantie (KVL 2500 ajon/vrk), tulee huomioida kulutuskerroksen suunnittelussa tulevat kulumisurien korjausmenetelmät. Asfalttirouhetta ei tule käyttää kulutuskerroksessa, jos takuuajan jälkeen tehtävät kulumisurien korjaukset tehdään REM-menetelmällä. Asfalttirouhetta voidaan kuitenkin käyttää muissa päällystekerroksissa tässä tapauksessa. Polymeerimodifioitua bitumia käytettäessä asfalttirouheen käyttö on myös kielletty. Lisäksi asfalttirouheen suurin sallittu määrä on 10 % massan kokonaismäärästä, jos kyseessä on sillan päällystys tai pohjavedensuojusrakenteissa käytetty vesitiivisasfaltti. Asfalttirouhetta käytettäessä SMA-päällysteessä, tulee ottaa huomioon rouheen käytön rajoitukset sekä suunnittelukohteen erityispiirteet, kuten esimerkiksi myöhemmin tehtävät REM-uusiopintaukset. (Liikennevirasto 2018, 83–87.)

Materiaalina asfalttirouhe on verrattavissa luonnonkiviainekseen (Mroueh ym. 2007). Sitä voidaankin käyttää myös muuhun kuin asfalttimassan raaka-aineeksi,

kuten esimerkiksi väliaikaisena pinnoitteena työmailla, piha-alueilla ja varastokentillä sekä sitä voidaan käyttää tien reunatäytöksi. Lisäksi asfalttirouhetta voidaan lisätä tien kantavan kerroksen murskeen joukkoon sellaisenaan MARA-asetuksen (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa) puitteissa. (Lämsä 2005, 18–19.)

Kun asfalttirouhetta käytetään päällysteessä, tulee massan sideaineen laskennallinen tunkeuma määrittää asfalttinormien mukaisesti, silloin kuin asfalttirouheen osuus on ylimmässä urakkaan kuuluvassa päällystekerroksessa yli 10 % tai muussa päällystekerroksessa yli 20 %. Tunkeuman tulee olla sama kuin roudan mitoitussyvyyden perusteella (kts. kohta 5.3 Käyttö ja valinta) tai ABK-kerroksessa 5-10 mm, mikä vastaa luokkia 50/70 ja 70/100, eli sama kuin asfalttirouhetta ei käytettäisi. Jos taas asfalttirouhetta käytetään vähemmän kuin yllämainitussa, vaatimus koskee vain lisättyä bitumia. (Liikennevirasto 2018, 88.)

9 Asfalttimassan- ja päällysteen suunnittelu (suhteitus)

Aikaisemmin Asfalttinormeissa käytettiin termiä suhteitus, kun puhuttiin asfalttimassan koostumuksen suunnittelusta. Nykyään suhteitus-sanankäytöstä on luovuttu. Tässä työssä asiasta käytetään termiä suunnittelu.

Asfalttipäällysteen suunnittelun tarkoituksena on laatia asfalttiasemalla päällystemassalle valmistusohje eli resepti, jolla saavutetaan suunnittelukohteelle asetetut tavoitteet ja ominaisuudet, kuten kulutuskestävyys ja mahdollisimman hyvä deformaatiokestävyys. Suunnittelussa määritetään massassa käytettävät materiaalit sekä niiden seossuhteet eli määritetään kiviaineksen rakeisuus, sideainepitoisuus sekä mahdollisten lisäaineiden pitoisuudet. Asfalttimassan suunnittelu jaetaan kokemusperäiseen ja toiminnalliseen suunnitteluun. (Tielaitos 1997, 34; Suomen Kuntaliitto 1999, 16–17; PANK ry 2017, 30.)

9.1 Kokemusperäinen suunnittelu

Asfalttimassan suunnittelutapa valitaan sen perusteella, mihin käyttötarkoitukseen massaa valmistetaan. Kokemusperäistä suunnittelua voidaan käyttää vä-

hemmän vaativissa kohteissa, kuten esimerkiksi pihossa, vähäliikenteisillä kaduilla ja teillä sekä kevyenliikenteen väylillä. Siinä käytetään uudelleen aikaisemmin hyväksi todettuja asfalttimassan arvoja, mutta tämän edellytyksenä on, että käytettävissä on täsmälleen samat raaka-aineet samalla asfalttiasemalla sekä sama asfalttityyppi. Käytännössä nämä ehdot täyttyvät harvoin, sillä yleensä ainakin jonkun raaka-aineen ominaisuudet ovat muuttuneet. Kokemusperäisessä suunnittelussa massalle määritetään laskennallisesti sideainepitoisuus ja rakeisuus. Asfalttinormien mukaan KVL:n ollessa alle 2500 ajon/vrk. voidaan käyttää kokemusperäistä suunnittelua. Asfalttimassalle tulee kuitenkin määrittää vedenkestävyyssvaatimus. (Suomen Kuntaliitto 1999, 27; PANK ry 2017, 30, 110; PANK Oppimateriaali C3 2018, 26.)

9.2 Toiminnallinen suunnittelu

Toiminnallista suunnittelua käytetään kohteissa, joissa vaatimustaso on korkea tai kun ei tunneta riittävän hyvin materiaalien käyttäytymistä asfalttimassassa (Suomen Kuntaliitto 1999, 27). Toiminnallisessa suunnittelussa määritetään sideainepitoisuus ja rakeisuus, kuten kokemusperäisessä suunnittelussa. Näiden lisäksi määritetään myös tilavuussuhteet eli kiviaineksen tyhjätila, kiviaineksen tyhjätilan täyttöaste, päällysteen tyhjätila sekä tiivistettävyyys ja vedenkestävyyys. Vaativissa kohteissa tulee määrittää vielä nastarengaskulutuskestävyyys sekä deformaatiokestävyyys. Asfalttinormien mukaan KVL:n ollessa yli 2500 ajon/vrk. tulee suunnittelu tehdä aina toiminnallisesti. (PANK ry 2017, 30, 110.)

Vaikka suunnittelutapa olisi kumpi tahansa, tulee massan omaisuudet pystyä osoittamaan vaatimusten mukaisiksi. Vaatimusten täytyminen on helpointa osoittaa toiminnallisen suunnittelun tuloksilla. (Suomen Kuntaliitto 1999, 27.)

9.3 Suunnittelutavan valinta

Urakkakohtaisten asiakirjojen perusteella määritetään, kumpaa suunnittelutapaa käytetään. Jos vaatimuksena on käyttää toiminnallista suunnittelua, tulee vaatimuksessa olla ilmoitettu vaaditut ominaisuudet ja niiden raja-arvot. Asfalttinormeissa on annettu ohjeelliset valintataulukot vaatimusten asettamisesta toiminnallisessa suunnittelussa ja ne on esitetty tässä työssä taulukoissa 26 ja 27. (PANK ry 2017, 30.)

Yleiset tiet ja kadut: KULUTUSKERROS

Toiminnallinen ominaisuus					
Käyttökohde ja liikennemäärä KVL (ajon./d)	Rakeisuus ja bitumipitoisuus	Tilavuussuhteet	Kuluminen	Deformaatio	Vedenkestävyys
> 10 000	X	X	I	I	X
5000 - 10 000	X	X	II	(II) ²⁾	X
2500 - 5000	X	X			X
500 - 2500	X	(X) ¹⁾			X
250 - 500	X				X
< 250	X				X
Linja-autokaistat	X	X		I	X
Kevyenliikenteen väylät	X				
Levähdys- ja pysäköintialueet	X				
Kentät, pihat; raskas liikenne	X	X		I	X
Kentät, pihat; kevyt liikenne	X				
Muut erikoisliikennealueet	X	Valitaan tapauskohtaisesti käyttötarkoituksen mukaan			
¹⁾ Materiaalit, joista ei ole aikaisempaa kokemusta ²⁾ Valitaan tapauskohtaisesti I,II,III Päällysteen luokat					

Taulukko 26. Ohjeellinen valintaulukko toiminnallisessa suunnittelussa määriteltävistä ja vaadituista ominaisuuksista yleisten teiden ja katujen kulutuskerroksessa (PANK ry 2017, 110)

Yleiset tiet ja kadut: KANTAVA- JA SIDEKERROS

Toiminnallinen ominaisuus					
Käyttökohde ja liikennemäärä KVL (ajon./d)	Rakeisuus ja bitumipitoisuus	Tilavuussuhteet	Kuluminen	Deformaatio	vedenkestävyys
> 10 000	X	X		I-II	*)
5000 - 10 000	X	X		II	*)
2500 - 5000	X	(X) ^{*)}		(II) ^{*)}	*)
500 - 2500	X				*)
250 - 500	X				*)
< 250	X				*)
Linja-autokaistat	X	X		I	*)
Kevyenliikenteen väylät	X				
Levähdys- ja pysäköintialueet	X				
Kentät, pihat; raskas liikenne	X	X		I	*)
Kentät, pihat; kevyt liikenne	X				
Muut erikoisliikennealueet	X	Valitaan tapauskohtaisesti käyttötarkoituksen mukaan			
I,II,III Päällysteen luokat *) valitaan tapauskohtaisesti					

Taulukko 27. Ohjeellinen valintaulukko toiminnallisessa suunnittelussa määriteltävistä ja vaadituista ominaisuuksista yleisten teiden ja katujen kantavassa ja sidekerroksessa (PANK ry 2017, 111)

10 Päällysteen paksuus

Asfalttipäällysteen kokonais- ja kerrospaksuuksiin vaikuttaa kiviaineksen maksiraekoko ja sen tuoma minimi- ja maksimikerrospaksuus, asfalttinormien suositukset sekä tierakenteen kuormituskestävyysmitoitus tai katurakenteen vaadittu kantavuusarvo.

10.1 Päällystekerrosten paksuus ja määrä

Asfalttinormeissa on esitetty jokaiselle asfalttityypille suositus vakiopaksuisen päällystelaatan massamäärästä (kg/m^2) tai laatan minimipaksuudesta (mm). Asfalttinormien suositukset on esitetty taulukossa 28. Vaatimusta esitettäessä tulee käyttää joko massamäärää tai paksuutta, ei molempia. *Tierakenteen suunnittelu 28.11.2018* – ohjeen mukaan päällystekerroksen paksuus tulisi aina esittää paksuutena suunnitelmissa sekä esitettäessä vaatimuksia. Massamäärä $25 \text{ kg}/\text{m}^2$ vastaa 10 mm paksuutta tiivistetyssä päällysteessä, kun päällysteen tiheytenä käytetään $2500 \text{ kg}/\text{m}^3$. Esimerkiksi $100 \text{ kg}/\text{m}^2$ massamäärä vastaa tällöin 40 mm kerrospaksuutta. Päällysteen tiheys määräytyy käytetyn kiviainesseoksen ja muiden raaka-aineiden mukaan. Tämän vuoksi päällysteen paksuuden ja massamäärän vastaavuudet vaihtelevat. Asfalttinormeissa esitetyt suositukset massamäärästä perustuvat kiviaineksen kiintotiheyteen $2,65 \text{ Mg}/\text{m}^3$. (Suomen Kuntaliitto 1999, 16; PANK ry 2017, 18; Liikennevirasto 2018, 60.)

Harmaalla tekstillä kirjatut paksuudet on muutettu massamääristä (kg/m ²) millimetreiksi (25 kg/m ² = 10 mm) eli ovat suuntaa-antavia arvoja!				
	min.		max.	
	kg/m ²	mm	kg/m ²	mm
AB 5	50	20	75	30
AB 8	60	25	100	40
AB 11	75	30	100	40
AB 16	100	40	125	50
AB 22	125	50	150	60
ABS 16	100	40	125	50
ABS 22	125	50	150	60
ABK 22	125	50	175	70
ABK 31	170	68	200	80
ABT 8	-	30	-	-
ABT 11	-	35	-	-
ABT 16	-	40	-	-
ABT 22	-	55	-	-
PAB-B 11	75	30	100	40
PAB-B 16	100	40	125	50
PAB-B 22	125	50	150	60
PAB-V 16	100	40	125	50
SMA 5	50	20	75	30
SMA 8	60	24	100	40
SMA 11	75	30	100	40
SMA 16	100	40	125	50
SMA 22	125	50	150	60
AA 5	50	20	75	30
AA 8	60	24	100	40
AA 11	75	30	100	40
AA 16	100	40	125	50
VA	Ei suositusta, vain ohuina kerroksina. (Vanhoissa Asfalttinormeissa määräksi on esitetty 50-100 kg/m ² eli 20-40 mm)			

Taulukko 28. Asfalttinormien antamat suosituspaksuudet asfalttityypeille (PANK ry 2017, 38–68)

Asfalttipäällysteen kerrospaksuuteen vaikuttaa myös massassa käytetyn kiviaineksen maksimiraekoko. *Tierakenteen suunnittelu 28.11.2018* -ohjeen mukaan kerrospaksuuden vähimmäispaksuus tulee olla 2,5 kertaa asfalttimassan maksimiraekoko vakiopaksuisessa (tasapaksuisessa) päällysteessä. Taulukossa 29 on esitetty tästä ohjeesta saadut minipaksuudet. Samassa taulukossa on esitetty myös Asfalttinormien antamat raja-arvot, sillä kuten taulukosta voidaan todeta, ovat ohjeistukset osittain ristiriitaisia. Päällysteiden kerrospaksuuksien minimi- ja

maksimipaksuuksista ei ole alalla selvää ohjeistusta, mitä ohjetta tulisi noudattaa.
(Liikennevirasto 2018, 60.)

Maksimiraekoko		5	8	11	16	22	31
Maksimiraekoko x 2,5 (Tierakenteen suunnittelu 28.11.2018 -ohjeen mukaisesti)	min.	12,5 mm	20 mm	27,5 mm	40 mm	55 (50*) mm	70 ** mm
	min.	20 mm	24 (30***) mm	30 mm	40 mm	50 mm	68 mm
Asfalttinormien mukaisesti	max.	30 mm	40 mm	40 mm	50 mm	60 (70****) mm	80 mm
* poikkeus, Tierakenteen suunnittelu 28.11.2018 -ohjeen mukaan ABK22, AB22 ja SMA22 vähimmäispaksuus on 50mm							
** poikkeus, Tierakenteen suunnittelu 28.11.2018 -ohjeen mukaan ABK 31 vähimmäispaksuus on 70mm							
*** poikkeus: Asfalttinormin mukaan ABT 8 minimipaksuus 30 mm							
**** poikkeus: Asfalttinormin mukaan ABK 22 maksimipaksuus 70 mm							

Taulukko 29. Päälystekerroksen minimi- ja maksimipaksuudet (PANK ry 2017, 38–68; Liikennevirasto 2018, 60.)

10.2 Tie- tai katurakenteen mitoitus

Päälystettä suunniteltaessa tulee aina ottaa huomioon tie- tai katurakenteen mitoitus. Erilaiset kantavuusvaatimukset vaikuttavat aina asfalttipäällysteiden kerrosten määrään ja paksuuteen. On kuitenkin huomioitava, että pelkkä katuluokan perusteella saatu kantavuusvaatimus ei aina huomioi kaikkia mitoittavia asioita. Esimerkiksi päällysteen käyttöympäristöstä ja raskaan liikenteen määrästä johtuen voidaan joutua käyttämään suurempia kerrospaksuuksia ja kerrosmääriä, kuin mitä varsinainen kantavuusvaatimus vaatisi.

Mitoitus voidaan tehdä joko perinteisellä Odemarkin menetelmällä tai analyyttisen mitoitusmenetelmän avulla. Käytettiin kumpaa tapaa tahansa, oleellisinta on määrittää niiden avulla vaadittava kantavuusarvo sitomattoman kantavan kerroksen päältä (E_A) sekä sidotun päällysteen päältä (E_Y). Tällöin selvitetään minkä lisäkantavuuden päällyste tuo koko rakenteeseen. Tässä työssä ei keskitytä eri mitoitusmenetelmien laskentakaavojen tarkempaan käyttöön, vaan tässä työssä

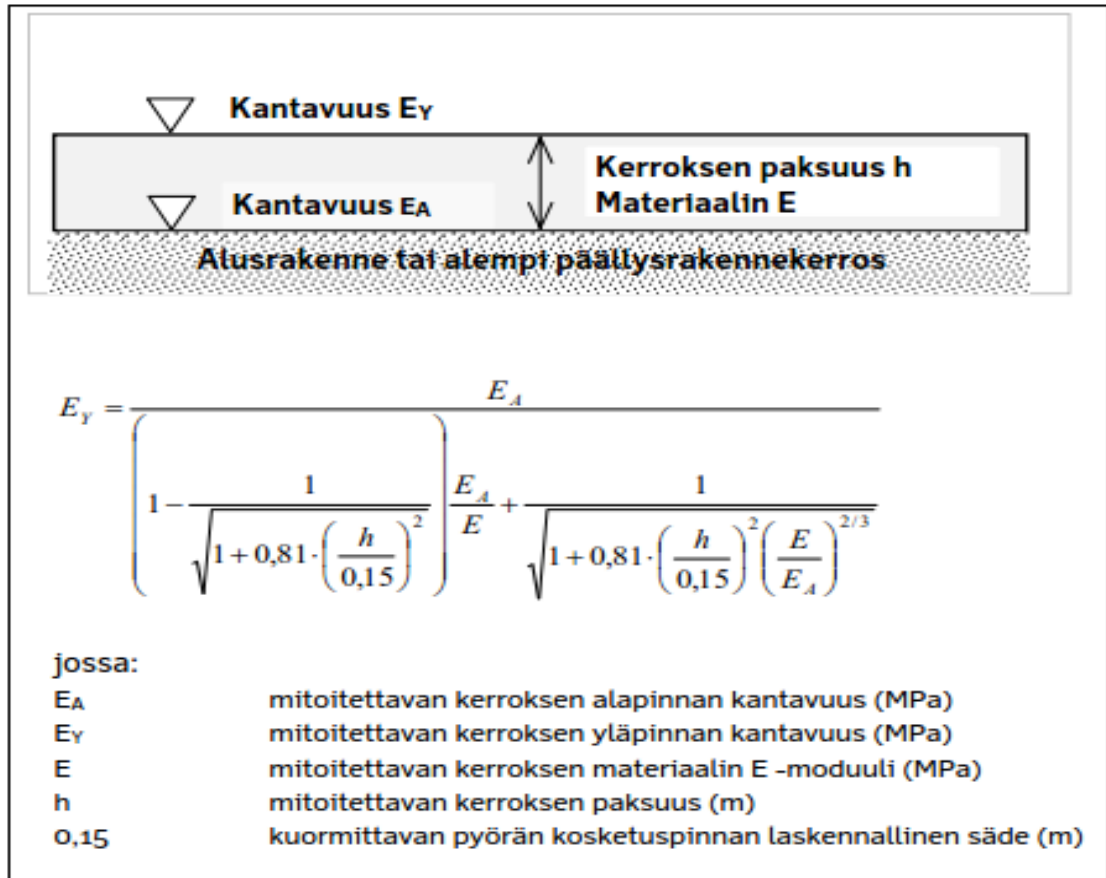
ne esitellään yleisellä tasolla. Tarkemmat ohjeet esimerkiksi Odemarkin menetelmän kaavasta ja sen käytöstä löytyy *Tierakenteen suunnittelu 28.11.2018* – ohjeesta. (Tiehallinto 2002, 18; Liikennevirasto 2018, 43–44.)

10.2.1 Odemarkin menetelmä

Odemarkin menetelmä perustuu kimmoteoriaan, jonka kehitti vuonna 1949 ruotsalainen Nils Odemark. Menetelmän tarkoituksena oli helpottaa sen aikaista laskentaa ja siksi se perustuu useisiin yksinkertaistuksiin ja oletuksiin. Esimerkiksi oletuksena on, että rakenteen jäykkyys kuvaa suoraan rakenteen kuormituskestävyyttä. Odemarkin menetelmä on hyvin perinteinen ja sitä käytetään vielä nykyäänkin paljon. (Malassu 2016, 48–50.)

Odemarkin menetelmässä käytetään tien tai kadun rakennekerroksissa käytettyjen materiaalien jäykkyysmoduuleita eli E-moduuleita. E-moduulit voidaan tarvittaessa määrittää takaisinlaskemalla rakenteesta mitattujen levykuormituskokeiden tai pudotuspainolaitemittausten tuloksista. Tavanomaisille materiaaleille on kuitenkin annettu esimerkiksi InfraRYL:ssä tai *Tierakenteen suunnittelu 28.11.2018* -ohjeessa valmiit E-moduuli-arvot. Ohjeissa on eri asfalttityypeille annettu E-moduuli-arvoksi 2500 MPa (AB, ABS, ABK, SMA), 1650 MPa (PAB-B) tai 1400 MPa (PAB-V). Jaottelu on tehty vain asfalttityypin mukaan. Asfaltin E-moduuli arvoon kuitenkin vaikuttaa asfalttityypin lisäksi maksimiraekoko, bitumi sekä mahdolliset lisäaineet, kuten esimerkiksi Gilsoniitillä ja tartukkeet. (Malassu 2016, 48; Liikennevirasto 2018, 45.)

E-moduulien avulla saadaan laskettua eri rakennekerrosten paksuudet ja kerrosten ylä- tai alapinnan laskennallinen kantavuus. Tämän jälkeen saatua laskennallista kantavuus arvoa verrataan asetettuun kantavuusvaatimukseen. Katukoh-teissa käytetään yleensä valmiita InfraRYL:ssä ilmoitettuja kantavuusvaatimuk-sia (liite 2) katuluokittain (liite 3). Mikäli pohjamaa on routivaa, InfraRYL:ssä on esitetty tavoitekantavuusarvot katurakenteelle ja sen osille. Kuvassa 17 on esi-tetty Odemarkin kantavuuskaava ja kaavaan liittyvät käsitteet. (Malassu 2016, 48.)



Kuva 17. Odemarkin kantavuuskaava ja kaavassa käytettävät käsitteet (Liikennevirasto 2018, 44)

Odemarkin menetelmän heikkoutena on, että se ei ota huomioon tie- ja katurakenteen eri osiin syntyviä jännityksiä ja muodonmuutoksia, jotka aiheutuvat liikennekuormituksista. Se ei myöskään täysin ota huomioon erilaisten materiaalien väsymiskestävyyksien eroja eikä eri materiaalien ominaisuuksissa ajan tai olosuhteiden vuoksi tapahtuvia vaihteluja. (Tiehallinto 2002, 18; Malassu 2016, 50.)

10.2.2 Analyttinen mitoitussuunnitelma

Analyttisessä mitoitussuunnitelmässä otetaan huomioon kantavuuden lisäksi myös taipumasuppilon muoto sekä päällysteeseen kohdistuva veto. Mitoituksessa suunnitelmat tehdään niin, että kuormituskestävyyden kannalta kriittisimmät rasitukset jäävät riittävän alhaisiksi, kuten sidottujen päällystekerrosten alapinnan vetomuodonmuutokset sekä pohjamaanpinnan puristusjännitykset. Ana-

lyyttinen mitoitusmenetelmä on perinteistä Odemarkin mitoitusmenetelmää huomattavasti monimukaisempi ja siksi sen käyttö edellyttää aina ohjelmiston käyttöä. Analyyttisiä mitoitusmenetelmiä on useita, mutta Suomessa yleisin menetelmä on APAS (Analyttinen Päällysrakenteen suunnittelu), jossa mitoitus tehdään jäykkyys- ja väsymisominaisuuksien perusteella. (Tiehallinto 2002, 19.)

10.2.3 Kuormituskertaluvut

Tiekohteissa tavoitekantavuudet määritellään kuormituskertalukujen avulla saatavien kuormitusluokkien perusteella. Kuormituskertaluku lasketaan mitoitusajanjakson, raskaanliikenteen määrän ja laadun sekä tien leveyden perusteella. Kuormitusluokat ja niiden tavoitekantavuudet on esitetty taulukossa 30. (Tiehallinto 2002, 18; Rakennustieto 2017, 250–256.)

Kantavan kerroksen tyyppi	Kuormitusluokka	Viimeistään vuonna 6 tien liikenteelle otosta		Kantavan päältä
		Tavoitekantavuus, E_A , Mpa	Päällysteen vähimmäispaksuus, mm	Tavoitekantavuus, E_V , Mpa
M, MHST	60,0	540	240	160
SST		545	140	290
M, MHST	25,0	470	200	160
SST		520	130	290
M, MHST	10,0	417	170	160
SST		495	120	290
M, MHST	5,0	360 *)	140*)	160
SST		470 **)	110 **)	290
M, MHST	2,0	285	100	160
SST		420 ***)	90 ***)	290

M = murske, MHST= masuunihiekkastabilointi, SST= sementtistabilointi

*) = Viimeistään vuonna 8 tien liikenteelle otosta,
 **) = Viimeistään vuonna 2 liikenteelle otosta,
 ***) = Liikenteelle otosta

Taulukko 30. Kuormitusluokat (Liikennevirasto 2018, 40–41)

10.2.4 Routamitoitus

Routa voi olla usein määräävä mitoittava tekijä tie- tai katurakenteen kokonaispaksuutta suunniteltaessa. Routamitoitus ei suoraan vaikuta päällysteen mitoitukseen, mutta tie- tai katurakenteen kokonaispaksuus tulee aina tarkastaa rou-

dan varalta. Routamitoituksen avulla saadaan laskettua laskennallinen routanousu, jota verrataan suunnittelukohteen sallittuun routanousuun. Mikäli routanousu on liian suuri, tulee rakennekerroksia kasvattaa. Routamitoituksessa käytetään suunnittukohdepaikkakunnalla kerran kymmenessä vuodessa ylittyvää pakkasmäärää ja kohteen muita olosuhdetekijöitä. Routamitoituksen kaava on esitetty kuvassa 18.

$$RN_{lask} = (S - a_1 \cdot R_1 - a_2 \cdot R_2 - a_{rva} \cdot R_{rva} - jne.) \cdot t / 100 + R_{rva} \cdot t_{rva} / 100$$

missä RN_{lask} on laskennallinen routanousu [mm]
 R_i routimattoman kerroksen paksuus [mm]
 R_{rva} routivan kerroksen paksuus [mm]
 S mitoitusroudan syvyys [mm]
 a_i materiaalin vastaavuus eristävyden kannalta [-]
 a_{rva} routivan kerrosmateriaalin vastaavuus eristävyden kannalta [-]
 t alusrakenteen routaturpoama [%]
 t_{rva} routivan kerrosmateriaalin routaturpoama [%].

Kuva 18. Routamitoituksen laskentakaava (Oulun kaupunki 2017, 9)

11 Asfalttimassan ja -päällysteen laatuvaatimukset

Asfalttipäällysteelle asetetaan laatuvaatimukset sopimusasiakirjoissa. Laatuvaatimuksia määrittäessä tulee huomioida tapauskohtaisesti päällystyskohteessa tarvittavat ominaisuudet sijainnin ja käyttötarkoituksen sekä liikennemäärien mukaisesti. (PANK ry 2017, 17.)

Asfalttinormeissa on esitetty asfaltin raaka-aineille, asfalttimassalle sekä -päällysteelle erilaisia laatuvaatimuksia, kuten esimerkiksi massamäärä, tasalaatuisuus, koostumus, tyhjätila, kitka, tasaisuus, kaltevuus ja korkeusasema. Puolestaan työmenetelmien ja työn tekemistä koskevat laatuvaatimukset on esitetty InfraRYL:ssä sekä sopimusasiakirjoissa. Asfalttinormien mukaisten laatuvaatimusten täyttymisen edellytyksenä on, että asfaltointi suoritetaan riittävän hyvissä sääolosuhteissa. Huonoja sääolosuhteita ovat esimerkiksi kova tuuli, kylmä sää (< 5°C) ja vesisade, silloin kun vesi pääsee lammikoitumaan sidotulle alustalle. Mikäli työn tilaaja edellyttäisi, että asfaltointityö tehtäisiin huonoissa oloissa, tulee

tilaajan ja urakoitsijan sopia erillisistä noudatettavista laatuvaatimuksista. Lisäksi laatuvaatimukset tulee sopia erikseen, jos asfaltin alusta on huonokuntoinen ja siihen ei ole urakka-asiakirjojen perusteella suunniteltu tehtäväksi korjausta, jolloin päällysteen tekemisessä ei voida noudattaa normaalia päällystystyön suorittamista. Liitteessä 4 on InfraRYL:ssä esitetty listaus erilaisista laatuvaatimuksista mitä voidaan asettaa asfalttimassalle, -päällysteelle ja sen raaka-aineille. Tässä työssä on käsitelty vain ne laatuvaatimukset, jotka ovat oleellisia päällystesuunnittelijan näkökulmasta. (PANK ry 2017, 17.)

11.1 Laatuvaatimusluokat

Teille ja kaduille on määritetty laatuvaatimusluokitus, joka on esitetty taulukossa 31. Luokittelu on tehty suunnittelukohteen nopeusrajoituksen sekä KVL:n suhteen ja se koskee vain kaksikaistaisia kohteita. Taulukon arvot ovat minimejä eli suunnitteluvaiheessa voidaan tarvittaessa valita korkeampi laatuvaatimusluokka. Mikäli kohteessa on enemmän ajoratoja, luokitusta käytetään vain tapauskohtaisesti. Laatuvaatimusluokka vaikuttaa päällysteestä otettujen näytteiden siideainepitoisuuden ja rakeisuuden sallittuihin poikkeamiin sekä sallittuun tyhjätilaan. (PANK ry 2017, 17–21.)

Laatuvaatimusluokat		
Nopeusrajoitus (km/h)		
	≥ 80	< 80
KLV (autoa/vrk)		
A	> 5000	> 10 000
B	2500 - 5000	5000 - 10 000
C	1500 - 2500	2500 - 5000
D	< 1500	< 2500

Taulukko 31. Laatuvaatimusluokat kaksikaistaiselle tielle tai kadulle (PANK ry 2017, 17)

11.2 Deformaatiokestävyys ja urautuminen

Päällysteen tärkeimmät toiminnalliset ominaisuudet ovat deformaatiokestävyys sekä seuraavassa aluvussa esiteltävä kulumiskestävyys. Deformaatiokestävyydellä tarkoitetaan päällysteen kykyä vastustaa muodonmuutoksia. Asfaltti-päällysteen deformaatiokestävyys mitataan standardin SFS-EN 12697-25A mu-

kaisesti. Koe tehdään asfalttipäällysteestä poratuista näytteistä jaksollisella virumiskokeella. Päällysteen deformaatioluokat on esitetty taulukossa 32. Luokka I on kestävin. Suunnittelussa on huomioitava, että vaatimusta deformaatioluokalle ja bitumiluokalle ei voi asettaa yhtä aikaa päällysteelle. Deformaatioluokkavaatimus asetetaan yleensä vain tiepäällysteille. (PANK ry 2017, 26; Liikennevirasto 2018, 88.)

Deformaatioluokka (asfalttipäällysteet)	Pysyvä muodonmuutos ϵ_n (%) SFS-EN 12697-25A
I	$\leq 2,0$
II	$\leq 3,5$

Taulukko 32. Päällysteestä porattujen näytteiden deformaatioluokat (PANK ry 2017, 26)

Tierakenteen suunnittelu 28.11.2018 – ohjeen mukaan deformaatioluokkia käytetään maanteiden suunnittelussa seuraavasti:

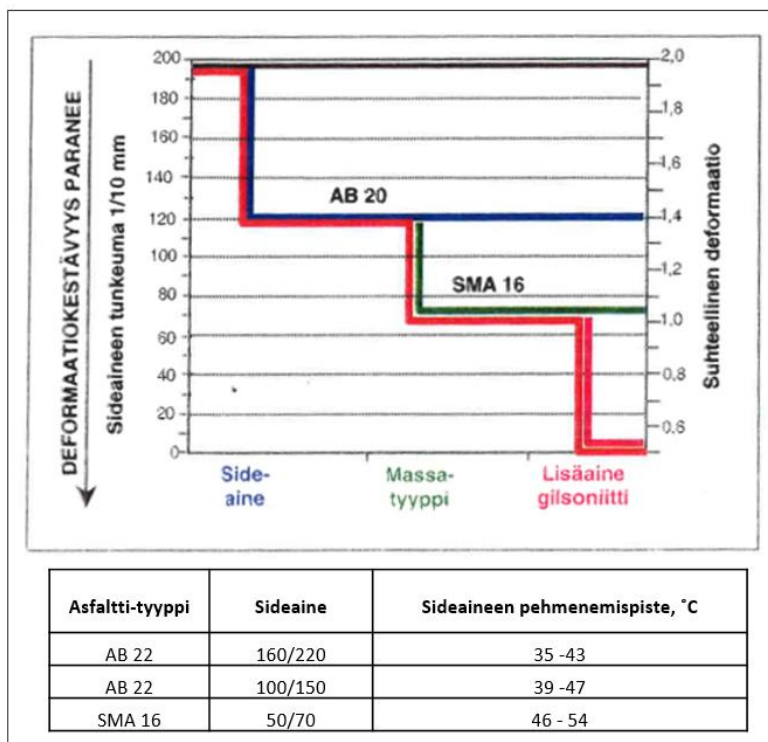
- *Vähintään deformaatioluokan I päällysteitä käytetään, kun*
 - *kuormitusluokka $\geq 10,0$ ja yleisesti ajetaan nopeudella ≤ 50 km/h (usein esimerkiksi taajamien sisääntulotiet)*
 - *kuormitusluokka $\geq 10,0$ tunneleissa*
 - *kuormitusluokka $\geq 5,0$ valo-ohjatuissa ja väistämisvelvollisissa liittymissä kohdan 5.6.4 mukaisesti*
- *Vähintään deformaatioluokan II päällysteitä käytetään, kun*
 - *kuormitusluokka $\geq 10,0$ ja yleisesti ajetaan nopeudella > 50 km/h*
 - *kuormitusluokka $5,0$ ja yleisesti ajetaan nopeudella ≤ 50 km/h*

(Liikennevirasto 2018, 78–79.)

Deformoitumiseen vaikuttaa sideaineen pehmenemispiste ja kovuus, jäykistävät lisäaineet, suhteituksen onnistuminen, raskaanliikenteen määrä ja paino sekä kuumien kesäpäivien määrä. Sideaineeksi tulee deformaatiokestävyyttä vaativissa rakenteissa valita jäykempi sideaine eli alempi bitumiluokka sekä tarvittaessa lisätä jäykistäviä lisäaineita, kuten polymeerimodifiointia tai luonnonbitumia (esim. Gilsoniittia). Lisäksi asiaa voidaan parantaa, jos luonnonkivi vaihdetaan murskattuun kiviainekseen. Esimerkiksi jos suosituksena on käyttää 70/100 bitumia, voidaan tässä deformaatiota koskevan vaatimuksen takia käyttää 50/70 bitumia. Polymeerimodifioitua bitumia käytetään usein kohteissa, joissa halutaan

vesitiivis päällyste. Jos deformaatiovaatimuksena on luokka 1 eli korkein deformaatioluokka, ei bitumin tunkeumalle aseteta vaatimusta lainkaan. (Suomen Kuntaliitto 1999, 21; Alkio ym. 2001, 93; Liikennevirasto 2018, 88.)

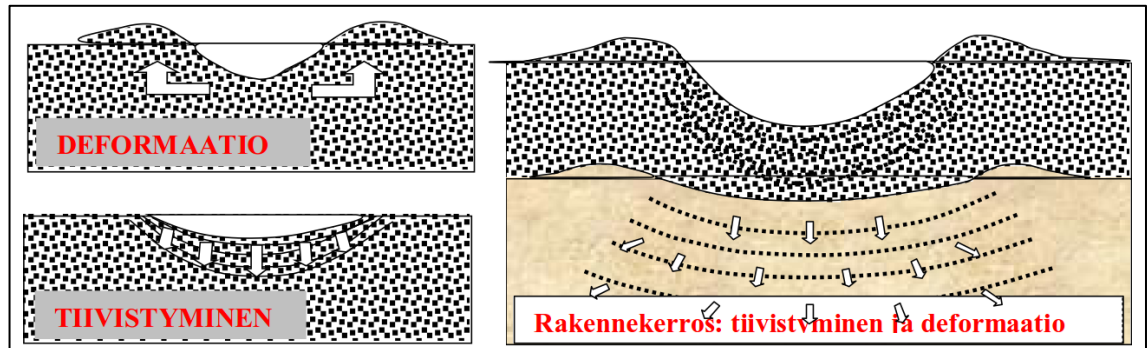
Kuvassa 19 on esitetty esimerkki siitä, millaisia vaikutuksia sideaineella, massatyypillä ja lisäaineiden käytöllä voi olla deformaatiokestävyyteen. Lähtökohdaksi on valittu AB 20 -massa ja sideaineeksi pehmeä bitumi 160/200. Tällöin suhteellinen deformaatio on 2. Kun sideaineeksi vaihdetaan kovempi bitumi 100/150 deformaation arvo tippuu 1,4:ään eli pienenee 30 %. Jos puolestaan asfalttityyppi ja maksiraekoko vaihdetaan SMA 16:ksi, suhteellinen deformaatio jälleen pienenee n. 30 % eli sen arvo on tällöin 1. Parannusta saadaan aikaan vielä, jos massaan lisätään Gilsoniittiä, jolloin suhteellinen deformaatio tippuu jopa 0,5:ten. (Suomen Kuntaliitto 1999, 20–21.)



Kuva 19. Deformoitumiseen vaikuttavat tärkeimmät osatekijät (Suomen Kuntaliitto 1999, 22; PANK ry 2017, 96)

Deformoitumisella tarkoitetaan päällysteen urautumista, mikä johtuu päällysteen jälkitiivistymisestä sekä plastisesta (palautumattomasta) muodonmuutoksesta. Asfaltti siirtyy sivuun ja ylös pyöränuran kohdalta. Deformaatioissa asfaltin aines-

määrä ei vähene eli pinta ei kulu. Kuvassa 20 on esitetty deformaatiosta ja tiivistymisestä johtuva urautuminen asfalttipäällysteessä ja sen kantavassa kerroksessa. (Lehtipuu 1983, 20.)



Kuva 20. Urautuminen päällysteessä ja kantavassa kerroksessa deformaation ja tiivistymisen vuoksi (Laaksonen ym. 2004, 16)

Päällysteen urautuminen syntyy nastarengaskuluman ja deformaation yhteisvaikutuksesta, jolloin deformaatio tapahtuu päällysteessä ja sen alemmissa rakennekerroksissa (Laaksonen ym. 2004, 16). Päällyste deformatuu, kun raskasliikenne liikkuu päällysteen päällä sen ollessa lämmin auringonpaisteen takia kesähelteellä tai sen ollessa lämmin uutuuttaan. Tämän vuoksi sideaineen tulisi säilyttää riittävän korkea viskositeetti myös tällöin eli sideaineeksi tulisi valita riittävän kova bitumi. Deformoituminen on yleensä ensimmäisenä kesänä jopa kaksi kertaa suurempaa kuin ensimmäisen koko vuoden kulumisen urasyvyydellä mitattuna. Lisäksi raskaan liikenteen aiheuttamana deformaatiota syntyy sekä tien rakenteessa että sen pohjamaassa, jos tie on rakennettu pehmeälle pohjamaalle ja sen rakennekerrokset sekä kuivatus ovat puutteelliset. Näiden seikkojen vuoksi on tärkeää kiinnittää suunnittelussa huomiota deformaatiokestävyyteen, koska sillä on suuri merkitys päällysteen vauriotekijänä. (Saarela 1993, 14–16; Suomen Kuntaliitto 1999, 20–21; Väylävirasto 2019b.)

Uusille tierakenteille voidaan antaa vaatimus urasyvyydelle eli kuinka syvä ura tiehen sallitaan muodostuvan tietyssä ajassa. Yleensä urasyvyyttä seurataan päällysteen takuuajana, joka normaalisti tulisi olla vähintään 3 vuotta. Takuuajan lopussa urasyvyys mitataan ja tämän jälkeen arvioidaan, ollaanko sallituissa rajoissa. Urasyvyyttä voi arvioida liitteessä 5 olevalla kaavalla ja tämän avulla aset-

taa halutun vaatimuksen. Kaava löytyy myös Excel-versiona (kuva 21) Väyläviraston internetsivuilta Tieohjeiden alta, nimellä: *Tierakenteen urasyvyyden enustamiseen käytettävä laskentakaava*. Kaavan avulla voi myös arvioida esimerkiksi nastarengaskulutuskestävyysluokkien eroja tien urasyvyyden syntyyn. Asettamalla urasyvyysvaatimus vilkasliikenteisille teille pyritään varmistamaan neljä asiaa:

- ettei seuraavaa päällystystoimenpidettä tarvitse tehdä turhan aikaisin
- päällysteen ominaisuudet olisivat sopivia tien kuormituksen, kulutuksen ja myös myöhempien REM-käsittelyjen kannalta
- deformaatiota ei syntyisi liikaa missään rakennekerroksissa ja
- tiivistys toteutettaisiin riittävällä tasolla, ettei alku-ura olisi liian suuri.

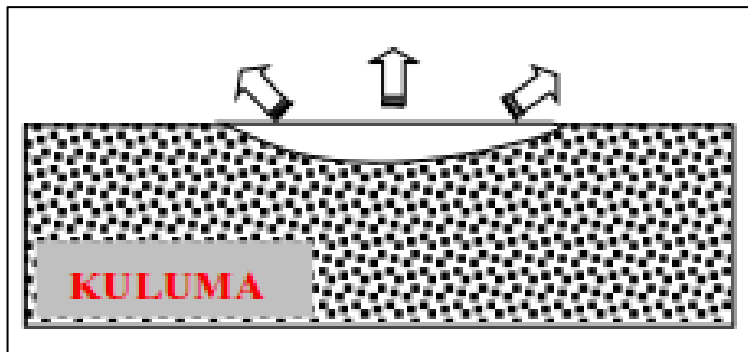
(Liikennevirasto 2018, 80–82.)

Alku-ura	Takuuaika urakan viimeisestä päällysteestä	Kaistan KVL	Ajoratojen lukumäärä	Tien leveys	Talvinopeus-rajotus	Kiviaineksen Kuulamylyarvo	Massatyypikerroin	Remixer-kerroin	KN	KTASALAAT = 1,2
2 mm (vanha/vaih.rak) 3 mm (uusi kantava) 4 mm (uusi rakenne)		2-ajorataiselle tielle kaistan KVL lasketaan ohjeen mukaan	1 tai 2		1,1 kun 100 km/h 1,0 kun 80 km/h 0,9 kun 60 km/h		1,00 SMA 22 1,08 SMA 16 1,26 AB 22 1,46 AB 16	Yksi REM 1,15 Kaksi REM 1,25 Muut 1,00	26,9	1,2
A	t(TAK)	KVL(KAISTA)		k(LEV)	k(NOP.RA)	KM	MT	REM		Urasyvyy
2	3	8000	2	11,75	1,1	7	1,08	1,00		10,0

Kuva 21. Excel-taulukko urasyvyyden laskennasta (Väylävirasto 2019a, 9)

11.3 Kulumiskestävyys

Päällysteen nastarengaskulumiskestävyydellä tarkoitetaan sitä, miten hyvin päällyste kestää liikennekuormituksesta aiheutunutta kulumista eli käytännössä kulutuskerrosasfaltin vähentymistä, kuten kuvassa 22. Kulumiskestävyys vaikuttaa päällystetyyppi, kiviaineksen lujuus, raemuoto sekä maksimiraekoko. Lisäksi siihen vaikuttaa kosteus, nastarengaskuormitus (kuten liikennemäärä ja liikenteen nopeus) sekä jossain tapauksissa erittäin kylmä ilmasto. Päällysteen kulumiskestävyttä mitataan tieltä poratuista näytteistä Prall-menetelmällä. Mikäli päällysteen nastarengaskulumiskestävyydelle on asetettu vaatimus Prall-menetelmään perustuen, sen kiviainekselle ei aseteta päällekkäistä vaatimusta nastarengaskulutuskestävyydelle. (Suomen Kuntaliitto 1999, 18; PANK ry 2017, 25.)



Kuva 22. Kuluminen asfalttipäällysteessä (Laaksonen ym. 2004, 16)

Asfalttityypeistä SMA-päällysteellä on paras kulumiskestävyys. Mitä suurempi on kiviaineksen maksimiraekoko, sitä parempi on sen kulumiskestävyys. Kun halutaan maksimoida päällysteen kulumiskestävyys, tulee suunnittelussa pyrkiä siihen, että karkeiden rakeiden määrä on mahdollisimman suuri ja kiviaineksen rae-muoto on kuutiomainen. (Suomen Kuntaliitto 1999, 20.)

12 Haastattelut

12.1 Toteutus

Tämän työn haastatteluosuus ei sisälly Ramboll Finland Oy:n tilaamaan työhön. Tästä syystä haastatteluaineisto on ainoastaan opinnäytetyön tekijän käytössä eikä Ramboll Finland Oy:llä ole aineistoon käyttöoikeutta. Haastatteluaineisto (muistiinpanot sekä nauhoitteet) on tuhottu tämän työn valmistumisen jälkeen.

Haastattelut toteutettiin huhti–kesäkuun aikana vuonna 2019. Kahdeksan asiantuntijaa haastateltiin kasvotusten ja kaksi haastattelua suoritettiin Skypen välityksellä. Haastattelu-aika vaihteli 0,5–1,5 h välillä. Haastateltaviksi valittiin Kaakkois-Suomen alueelta eri kaupunkien ja yritysten suunnittelijoita, tilaajia ja rakennuttajia sekä valtion omistamien väylien hallinnoivia tahoja. Haastattelut toteutettiin teemahaastatteluina eli haastattelu eteni aiheittain, eikä ennalta määrättyinä tarkkoina kysymyksinä. Haastattelussa käyty aiheet oli ennakkoon suunniteltu.

Haastateltavia oli yhteensä 10 kpl. Haastattelukutsu lähetettiin 15 henkilölle, mutta viisi henkilöä joko kieltäytyi haastattelusta, ei vastannut haastattelukutsuun tai oli muutoin estynyt haastattelusta. Haastateltavista viisi henkilö oli tilaajia (kaksi henkilöä katupuolelta ja kolme henkilöä tiepuolelta), kaksi henkilöä oli

suunnittelijoita ja kolme henkilö oli rakennuttajia. Aluksi tutkimuksen haasteena oli saada haastateltavat hyväksymään haastattelukutsu. Kutsut lähetettiin sähköpostilla ja niitä jouduttiin lähettämään useamman kerran. Hyväksytyjä haastattelukutsuja alkoi tulla, kun kutsua muokattiin niin, että haastateltava voi osallistua haastatteluun täysin nimettömänä ja siten, ettei edes työpaikan nimeä julkaista työssä.

Haastattelujen tavoitteena oli selvittää päällystesuunnittelun nykytilaa, suunnitelmien laajuutta ja suunnittelutapoja. Lisäksi tavoitteena oli selvittää, ovatko nykyiset suunnittelukäytännöt toimivia, ollaanko tehtyihin suunnitelmiin tyytyväisiä ja ovatko päällysteet olleet käytössä riittävän laadukkaita.

12.2 Tulokset

Ensimmäisenä aiheena haastatteluissa oli selvittää päällystesuunnittelun nykytilaa ja suunnitelmien laajuutta. Haastattelujen perusteella katukohteiden suunnitelmissa esitetään yleensä päällysteestä asfalttityyppi, kiviaineksen maksimirakoko sekä päällystekerroksen paksuus ja -määrä, kuten esimerkiksi AB16 40 mm. Jossakin tapauksissa ilmoitetaan myös sallittu asfalttirouheen määrä prosentteina (RC %) sekä esimerkiksi SMA-päällysteelle vaadittu kiviaineksen litteysluku (esim. FI₁₅). Tiekohteissa tilanne on toinen. Tiekohteissa päällysteestä määritetään asfalttityyppi, kiviaineksen maksimirakoko, päällysteen kerrospaksuus ja -määrät, kiviaineksen AVCP-luokka, laatuvaatimusluokka, asfalttimassan suunnittelutapa, kulumiskestävyysvaatimus (nastarengaskulutuskestävyysluokka), kiviaineksen litteysluokka, sekä deformaatioluokka tai vastaavasti bitumiluokka tilanteesta riippuen. Katu- ja tiekohteiden suunnittelu eroaa siis merkittävästi toisistaan, sen suhteen mitä ominaisuuksia päällysteestä määritetään jo suunnitteluvaiheessa.

Toisena aiheena haastatteluissa oli selvittää tilaajien tyytyväisyys tehtyihin suunnitelmiin. Haastattelujen perusteella tilaajat ovat lähtökohtaisesti tyytyväisiä tehtyihin päällystesuunnitelmiin. Tehdyistä suunnitelmista tulee kuitenkin harvoin palautetta erityisesti katukohteissa. Suunnittelija saa erittäin harvoin tietoa siitä, onko päällyste ollut käytössä tarpeeksi laadukas ja käyttöympäristönsä sopiva.

Suunnittelija saa harvoin myöskään tietoa, jos päällystettä tehtäessä suunnitelmiin tehdään muutoksia. Käytännössä suunnittelijalla ei ole yleensä mitään yhteyttä tehtyyn suunnitelmaan sen jälkeen, kun tilaaja on hyväksynyt suunnitelman. Tämän vuoksi suunnittelijan on hyvin vaikea arvioida, miten hän on suunnitelmassaan onnistunut ja miten hän voisi kehittää suunnitelmiaan jatkossa. Tiekohteissa suunnitelmat ovat paljon tarkempia ja valinnoista keskustellaan suunnitteluvaiheessa. Lähtökohtaisesti tiekohteiden ongelmana on rahan puute, eli suunnitelmat ovat yleensä hyviä, mutta niiden toteuttamiseen ei ole rahaa ja suunnitelmaa joudutaan keventämään, mikä yleensä heikentää päällysteen elinkaarta.

Kolmantena aiheena haastatteluissa oli selvittää, mitä positiivisia tai negatiivisia asioita katukohteiden asfalttipäällysteen tarkempi suunnittelu haastateltavien mielestä aiheuttaisi. Suurimmaksi osaksi asia koettiin hyvin positiiviseksi. Tarkempi suunnittelu parantaisi haastateltavien mielestä tarjousten vertailumahdollisuuksia, se vähentäisi urakoitsijoiden päätäntävaltaa ja samalla vähentäisi ns. piilokatetta. Lisäksi se parantaisi tietoisuutta ylipäättään päällysteistä, sen myötä päällysteiden kokonaiskustannukset todennäköisesti pienentyisivät, vaikka suunnittelun hinta kasvaisi sekä päällysteet olisivat todennäköisesti tasalaausempia. Negatiivisina puolina esiin nousi huoli siitä, onko suunnittelijalla riittävää ammattitaitoa tehtäviin päätöksiin, sekä toisena huolena, miten asia vaikuttaa päällysteen takuuseen ja sitä myötä kuka vastaa päällysteessä mahdollisesti ilmenevistä laatuongelmista. Moni haastateltava koki positiiviseksi asiaksi, että nykyisessä suunnittelukäytännössä, jossa asfalttiurakoitsija päättää tarkemmat päällysteen ominaisuudet, asfalttiurakoitsija on vastuussa päällysteestä ja täten mahdolliset laatuongelmat menevät takuun piiriin. Mielenkiintoiseksi asian tekee kuitenkin se, että kysyttäessä tilaajilta, minkä verran laatuongelmia korjataan puhtaasti takuutyönä, niin että tilaajalle ei asiasta synny lainkaan kuluja, ei kysymykseen tullut selkeää vastausta. Haastattelujen perusteella takuuseen menevien laatuongelmien raja oli epäselvää tilaajille. Urakoitsijalla on velvollisuus tarjousvaiheessa tuoda esiin suunnitelmissa mahdollisesti ilmenneet ongelmat ja virheet. Tällöin myös takuu on voimassa, vaikka päällysteen vaatimukset olisi laatinut muu kuin urakoitsija itse.

Neljäntenä aiheena oli selvittää, mitä laatu- tai ominaisuusvaatimuksia tilaaja esittää päällysteelle ennen suunnittelun aloittamista. Haastattelujen perusteella tilaajien vaatimukset vaihtelivat suuresti tie- ja katukohteiden välillä. Tiekohteissa tilaajalla on selkeä lista, mitä asioita päällysteestä tulee määrittää ja haluttu laatu- taso on selvillä. Katukohteissa tilanne on päinvastainen. Tilaaja ei välttämättä anna mitään muita vaatimuksia asfalttityypin tai kiviaineksen maksimiraekoon lisäksi, kuin ohjeen noudattaa asfalttinormien vaatimuksia. Haastattelujen perusteella jäi kuitenkin epäselväksi, missä määrin tilaaja tuntee asfalttinormien sisällön ja sen asettamia vaatimuksia päällysteelle. On kuitenkin huomioitava, että tilanne voi vaihdella huomattavasti eri kaupunkien sekä yksittäisten tilaajien välillä. Tilaajan ammattitaidolla on valtava rooli siinä, kuinka onnistunut päällystehankinta on ja kuinka sopiva päällyste on lopulta sen käyttöympäristöön. Tilaajan tulisi määrittää halutut laatuvaatimukset ja ominaisuudet, jotta päällyste voidaan suunnitella halutun kaltaiseksi.

Viidentenä aiheena oli selvittää, mitä laadunvarmistustoimenpiteitä vaaditaan päällysteeltä suunnitelmia tehdessä. Haastattelun perusteella asfalttipäällysteiden laaduntarkkailun tärkeys koetaan eri tavalla katu- kuin tiepuolella. Tiepuolella laadunvarmistusta toteutetaan päällystettä tehdessä, esimerkiksi massasta tehtävillä kokeilla, sekä valmiista päällysteestä erilaisilla mittauksilla. Haastattelujen perusteella katupuolella puolestaan jäi epäselväksi, missä määrin laadunvarmistusta toteutetaan todellisuudessa. Muutama haastateltava kertoi, että asfalttiurakoitsija toimittaa laatudokumentit projektin päätteeksi. Muista laaduntarkkailutoimenpiteistä haastateltavat eivät kertoneet. Haastattelujen perusteella katupuolella laaduntarkkailulle ei ole annettu kovin suurta painoarvoa. Miltei kaikki haastateltavat kuitenkin kannattivat laaduntarkkailun lisäämistä ja sen kehittämistä.

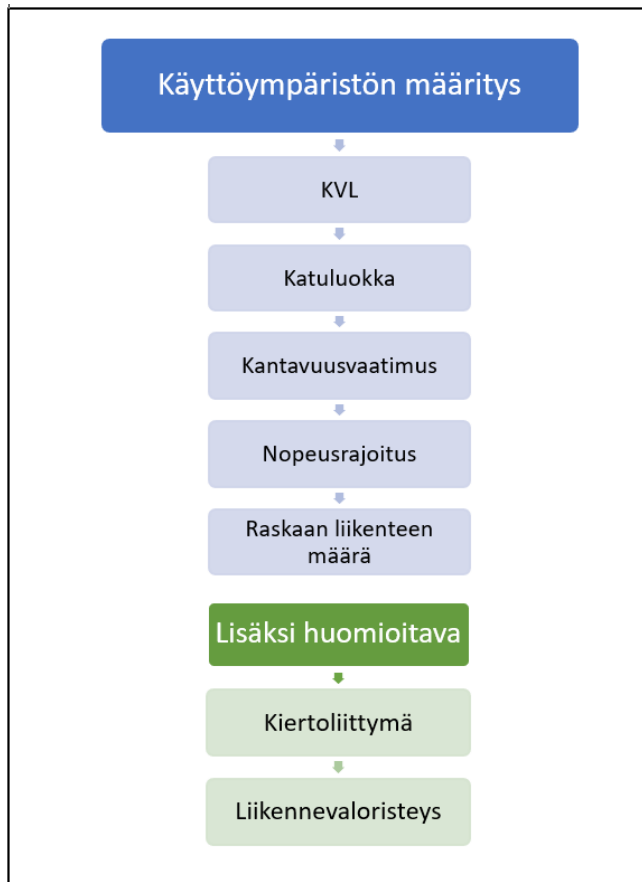
Kuudentena aiheena oli päällysteen elinkaari. Haastatteluissa kävi ilmi, että päällysteen elinkaarta ei juuri huomioida suunnitteluvaiheessa. Haastateltavat kertoivat, että kohteelle ei aseteta erillistä tavoiteltua käyttöikää. Tiepuolella kuitenkin päällysteen urasyvyyden kehittymistä arvioidaan kohteelle sopivan vaatimustason asettamiseksi. Lisäksi teiden ja katujen vaiheittain rakentamista suunnitellaan jonkin verran ja asfalttirouheen käytölle voidaan antaa rajoituksia, mutta muutoin elinkaarta ei juuri huomioida.

13 Yhteenveto: Asfalttipäällysteestä määritettävät ominaisuus- ja laatuvaatimukset suunnitteluvaiheessa

Olemassa olevien ohjeiden sekä haastattelujen perusteella tähän lukuun on koottu ne asiat ja ominaisuudet, jotka tulisi määrittää asfalttipäällysteestä katu- ja tiekohteissa. Tässä luvussa esitetyt asiat ovat opinnäytetyön tekijän mielipiteitä, eikä mikään velvoita suunnittelijoita noudattamaan niitä.

Nykyisin katu- ja tiekohteiden päällysteiden suunnittelu eroaa toisistaan siinä, että tiekohteissa asfalttipäällystettä suunnitellaan huomattavasti enemmän kuin katukohteissa. Mielestäni olisi tärkeää, että tiekohteiden suunnittelutapaa tuotaisiin katupuolelle ja päällysteen käyttöympäristön määrittämiseen kiinnitettäisiin erityishuomiota. Ilman käyttöympäristön määrittämistä ei päällystettä voi suunnitella järkevästi ja taloudellisesti.

Katukohteissa käyttöympäristössä tulisi huomioida vähintään seuraavat asiat: vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne eli KVL, katuluokka, vaadittu kantavuusarvo sidotun päällysteen päältä sekä sitomattoman kantavan kerroksen päältä, nopeusrajoitus ja raskaanliikenteen määrä (kuvio 1). Lisäksi tulisi huomioida onko kohteessa erityiskohteita, kuten esimerkiksi liikennevaloristeystä tai kiertoliittymää. Nämä asiat vaikuttavat oleellisesti päällystevalintoihin ja siihen, onko kohteessa tarvetta esimerkiksi käyttää useampaa erilaista päällystettä (esim. katuosuus/ kiertoliittymä).

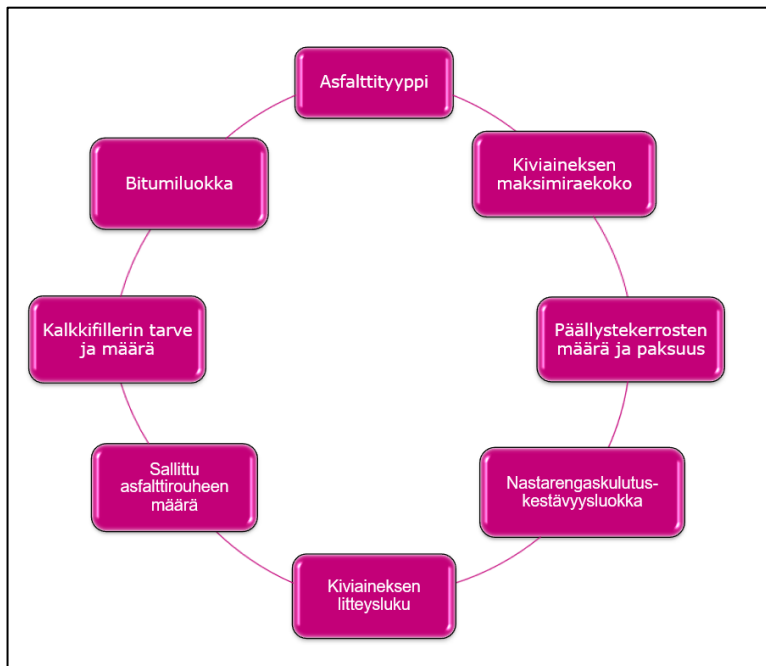


Kuvio 1. Katukohteissa asfaltin käyttöympäristön määrittäminen

KVL:n perusteella pystytään valitsemaan kohteelle katuluokka sekä saadaan käsitys, minkälainen kohteen liikennesuunnitelma on. Tieto raskaan liikenteen määrästä on tärkeä, sillä usein se on määräävätekijä asfalttimitoitusta tehdessä. Katuluokan perusteella päästään kiinni vaadittaviin kantavuusarvioihin ja sitä myöten asfalttikerrosten määrään ja paksuuteen. Nopeusrajoituksella ja liikennevaloristeyksillä on puolestaan vaikutus päällysteen kulumiseen sekä deformaatio- ja nastarengaskulutuskestävyyteen.

Katuluokat on esitetty liitteessä 3. Eri katuluokille on määritetty kantavuusvaatimukset sidotun päällysteen päältä InfraRYL:ssä ja ne on esitetty liitteessä 2 (normaalipäällysrakenteet, routimaton pohjamaa). InfraRYL:ssä on myös erikseen tavoitekantavuudet katuluokittain eri pohjamailla, mutta niitä ei esitellä sen tarkemmin tässä työssä.

Katukohteen päällysteelle tulisi valita edellä määritettyjen käyttöympäristön vaatimusten perusteella asfalttityyppi, kiviaineksen maksimiraekoko, päällystekerrosten määrä ja paksuudet, nastarengaskulutuskestävyysluokka, kiviaineksen liitteysluku, sallittu asfalttirouheen määrä, kalkkifillerin tarve ja määrä sekä bitumiluokka (kuvio 2). Tämä kokonaisuus poikkeaa nykyisestä suunnittelukäytännöstä ja vaatii suunnittelijalta laajempaa asfalttitietämystä. Laajemmalla suunnittelulla voidaan kuitenkin saavuttaa merkittäviä säästöjä päällysteen elinkaareissa.



Kuvio 2. Katukohteessa asfalttipäällysteelle määritettävät asiat

Nykyisten ohjeiden ja haastattelujen perusteella tiekohteiden päällysteen suunnittelua ei tarvitse muuttaa nykyisestä suunnittelutavasta. Tiekohteiden suunnittelu on tutkijan mielestä riittävällä tasolla. Tiekohteen käyttöympäristöstä määritetään KVL ja sen avulla kuormitusluokka. Kuormitusluokat ja niille annetut kantavuusvaatimukset on esitetty taulukossa 30. Lisäksi käyttöympäristöstä määritetään ainakin kohteen nopeusrajoitus ja raskaanliikenteen määrä.

Tiekohteen päällysteelle valitaan edellä määritettyjen käyttöympäristön vaatimusten perusteella esimerkiksi asfalttityyppi, kiviaineksen maksimiraekoko, päällystekerrosten määrä ja paksuudet, nastarengaskulutuskestävyysluokka, kiviaineksen liitteysluku.

neksen litteysluokka, kiviaineksen AVCP-luokka, asfalttirouheen määrä, deformaatioluokka tai vastaavasti bitumiluokka, asfalttimassan suunnittelutapa sekä laatuvaatimusluokka.

Haastattelujen perusteella alalla ei ole käytettävissä tietokoneohjelmistoja päällystesuunnittelun apuna. Tällaiselle ohjelmistolle kuitenkin olisi varmasti tarvetta ja se helpottaisi huomattavasti suunnittelutyötä. Asfalttipäällysteen käyttöympäristön määrittämisen perusteella ohjelmisto voisi ehdottaa päällysteelle sopivia ominaisuusvaihtoehtoja. Olisi tärkeää, että ohjelmisto huomioisi myös samalla kantavuuslaskelmat ja täten myös päällystekerrosten määrät ja paksuudet olisi helpompi määrittää. Ohjelmiston luominen olisi merkittävä kehitysaskel asfalttialalla.

14 Pohdinta

Asfalttialalla tarvittaisiin nykyisten vakiintuneiden käytänteiden muutosta. Päällysteisiin käytetään vuositasolla valtavia summia rahaa, mutta katukohteissa päätösvalta tilatun tuotteen laadusta ja ominaisuuksista annetaan liian usein yrityksille, joiden ensisijainen tarkoitus tuottaa omistajilleen voittoa. Voidaanko silloin olettaa, että tilattu tuote on tilaajalleen paras mahdollinen? Lisäksi voidaanko olettaa, että päällystettä tekevällä yrityksellä olisi tiedossaan kaikki tarvittavat kohteen suunnitteluun liittyvät tiedot, jotka voisivat vaikuttaa päällystysratkaisuihin ja valintoihin? Opinnäytetyön perusteella vastaus on ei.

Toisaalta, miten voidaan olettaa, että nykyiset katu- ja tiesuunnittelijat, tilaajat ja rakennuttajat voisivat suunnitella päällysteitä tarkemmin ja paremmin, jos alalla ei ole riittävää ohjeistusta ja koulutusta asiasta? Jotta ajatusmallia tai nykyisiä käytänteitä voitaisiin alkaa muuttamaan, tulisi asfalttialalla tehdä uudistus koulutuksen ja ohjeiden suhteen. Alalle tarvittaisiin lisää tietoutta päällysteiden suunnittelusta ja tietotaitoa pitäisi saada jaettua suuremman joukon tietoon. Nykyisellään osaaminen keskittyy vain muutamaani henkilöihin ja tahoihin. Ei ole tarkoituksenmukaista, että esimerkiksi kaikki katusuunnittelijat olisivat päällystealan huipuasiantuntijoita, mutta yleistä osaamista päällysteiden suunnittelusta olisi varmasti syytä parantaa.

Seuraavaksi herää kysymys siitä, kenen tulisi koulutus ja suunnitteluohjeet tuottaa ja toteuttaa. Nykyisellään koulutusta päällysteistä antavat jonkin verran muuttamat yliopistot ja ammattikorkeakoulut sekä asfalttiurakoitsijat, mutta varsinaista päällystysuunnittelua ei opeteta missään. Hyvin usein suunnittelija, joka muun työn ohessa suunnittelee kohteeseensa päällysteen, on koulutustaustaltaan ammattikorkeakoulun käynyt. AMK-tasolla päällysteiden suunnittelua ei juurikaan opeteta, lukuun ottamatta asfalttityyppien yleistä esittelyä ja kantavuuksien laskentaa. AMK-opinnoissa päällysteasiat käsitellään hyvin pintapuolisesti, eivätkä ne valmenna opiskelijoita riittävästi suunnittelemaan päällysteitä. PANK ry on järjestänyt esimerkiksi asfalttinormien uudistusten yhteydessä yksittäisiä koulutuspäiviä, mutta muutoin koulutus on melko lailla asfalttiurakoitsijoiden varassa.

Jatkossa opetus ja ohjeiden laadinta tulisi olla puolueettoman tahon järjestämää. Tiepuolella Liikennevirasto eli nykyinen Väylävirasto on julkaissut *Tierakenteen suunnittelu 28.11.2018*-ohjeen, johon viime vuoden päivityksen yhteydessä lisättiin kokonaan uusi osio: *Päällysteiden suunnittelu*. Uudistus on hyvä ja erittäin tarpeellinen, mutta sekään ei vastaa kaikkiin kysymyksiin päällysteiden suunnittelussa. Koska ohjeiden puute on erityisesti havaittavissa katupuolella, voisi sopiva taho olla esimerkiksi Suomen Kuntaliitto ry. Kuntaliitto on julkaissutkin joitakin päällystesuunnitteluun liittyviä ohjeita, kuten esimerkiksi *Asfalttipäällysteiden valintaohje 2000; kadut, pihat ja erityisliikennealueet*. Ohje on kuitenkin vajaa 20 vuotta vanha ja se on melko suppea teos eli ohje vaatisi vähintäänkin tietojen päivittämistä sekä tietomäärän laajentamista, jotta se palvelisi tämän päivän suunnittelijan tarpeita. Lisäksi kyseinen ohje ei valitettavasti ole kaikkien saatavilla, sillä se ei ole sähköisessä muodossa internetissä eikä sitä löydy ainakaan valtaosasta kirjastoista. Tämän vuoksi hyvin harva suunnittelija edes tietää, että kyseinen ohje on olemassa.

Haastattelujen mukaan olisi tärkeää kiinnittää huomiota katupuolen suunnitelmassa päällysteeltä haluttuihin ominaisuuksiin ja laatutasoon. Katupuolella päällysteen kulutus voi olla huomattavan suurta ja silti, päällysteelle ei välttämättä ole asetettu mitään vaatimuksia. Toisaalta, tietääkö tilaaja minkälaista asfalttia on missäkin päin kaupunkia tai kuntaa? Pelkkä asfalttityyppi ei kerro päällysteen

ominaisuuksista juuri mitään. Olisikin ensiarvoisen tärkeää, että vaatimukset asetettaisiin ja niistä pidettäisiin kirjaa, jotta esimerkiksi kunnostustöitä suunniteltaessa tiedettäisiin mitä vanhat päällystekerrokset pitävät sisällään. Tällöin käytävien menetelmien valinta olisi helpompaa ja kunnostuksessa voitaisiin saavuttaa kustannussäästöjä.

Katupuolella eri kaupunkien ja kuntien yhteistyö hankinnoissa on tehty miltei mahdottomaksi Suomen lainsäädännön vuoksi. Päällystysasioissa yhteistyöllä voitaisiin kuitenkin saavuttaa säästöjä ja hyötyjä. Katupuolella päällysteiden hinnat ovat huomattavan paljon kalliimpia kuin tiepuolella, koska tilattavat määrät ovat pienempiä. Yhteistyöllä tilattavia päällystemääriä yms. voitaisiin saada suuremmiksi ja erityisesti päällystetietoutta ja -osaamista voitaisiin jakaa. Mielestäni kuitenkin pelkät tilausmäärät eivät selitä suuria hintaeroja. Tiepuolella tilaajalla on hyvin tarkka tietämys siitä, mitä se haluaa tilata. Katupuolella tilanne on hyvin erilainen. Jos tarjoustä pyydettäessä ilmoitetaan halutusta päällysteestä pelkkä asfalttityyppi ja maksimiraekoko, ei asfalttiurakoitsija voi tietää, mitä laatutasoa päällysteen tulee olla, kun se lopulta päättyy tilaukseen asti. Lähtökohtaisestihan urakoitsijan tulee valmistautua parhaaseen mahdolliseen tasoon. Silloin se varmasti näkyy myös hinnassa. Aina ei kuitenkaan tarvita parasta mahdollista laatua. Jos jo tarjousvaiheessa annettaisiin vaihtoehtoja eri laatutasoista ja ominaisuuksista, urakoitsija voisi antaa täsmällisempiä tarjouksia ja hinnoista poistuisi turha piilokate.

Mitä sitten tällä kaikella voitaisiin saavuttaa ja mitä hyötyä näiden toimintatapojen muuttamisesta olisi? Tärkein asia olisi suunnittelijoiden ja tilaajien tietotaidon kasvaminen. Se vaikuttaisi positiivisesti suunnitteluun ja erityisesti tie- tai katurakenteiden elinkaareen. Jos päällysteen elinkaarta saataisiin pidemmäksi ja esimerkiksi suunnittelussa huomioitaisiin aina tulevat päällysteen kunnostustavat, tehtäisiin merkittäviä säästöjä. Samoin, jos katupuolella jo suunnitelmia tehdessä arvioitaisiin päällysteen ominaisuuksista johtuvaa urautumisen nopeutta ja määrää, voitaisiin kohteen elinkaarta ennustaa tarkemmin. Lisäksi päällysteen pidemmällä käyttöiällä on suora vaikutus käyttömukavuuteen ja turvallisuuteen, joista saadaan lisää positiivisia vaikutuksia.

Työn aihe oli haastava ja opettavainen, sillä minulla ei ollut aikaisempaa kokemusta asfalttialalta. Ensimmäiseksi oli perehdyttävä aiheeseen ja selvitettävä, mistä asfaltti koostuu ja mitä eri työvaiheita sen suunnitteluun, valmistamiseen ja levittämiseen tarvitaan. Toisessa vaiheessa oli hahmotettava, mitkä asiat ovat päällystettä suunnittelevan kannalta oleelliset. Lopulta työn sisältö alkoi rakentua. Työn haasteina oli löytää päällystesuunnitteluun liittyvät ohjeet ja osata yhdistää niistä saatuja tietoja. Jotkin ohjeista saattoivat esimerkiksi olla ristiriidassa keskenään. Lisäksi monissa ohjeissa toistettiin samoja lauseita ja monien tärkeiden termien ja asioiden merkitystä ei saatettu avata lainkaan. Haasteensa työhön toi myös se, että osa ohjeista on annettu vain virallisesti joko tiepuolelle tai katupuolelle. Usein ohjeita sovelletaan kuitenkin käytännössä ristiin. Työssä oli haastavaa erotella mitkä ohjeista voidaan katsoa koskevan sekä tie- ja katu- puolta ja mitkä ohjeet soveltuvat vain joko tiepuolelle tai katupuolelle.

Tähän työhön on kerätty olemassa olevia ohjeita ja vaatimuksia päällysteistä. Jatkotutkimuksena suunnitteluohjeita tulisi kehittää ja syventää tietoutta päällysteiden eri ominaisuuksien valinnasta. Päällystealalla olisi tarve ohjeelle, jossa käsiteltäisiin sitä, minkälaisia tuloksia voidaan saavuttaa erilaisilla ominaisuus valinta yhdistelmillä päällysteen laadussa ja elinkaareissa. Nykyiset ohjeet eivät ota tähän asiaan juuri lainkaan kantaa. Toiseksi tärkeäksi jatkotutkimusaiheeksi esiin nousi asfalttipäällysteiden työselostuksien asiasisältö eli mitä asioita työselostukseen tulisi määrittää päällysteistä ja niiden tekemisestä. Tärkeitä asioita työselostuksessa esitettäväksi voisivat olla esimerkiksi saumat ja limitykset. Kolmas hyödyllinen jatkotutkimusaihe voisi olla se, miten kaupungit ja kunnat keräisivät jo olemassa olevista sekä tulevista uusista kaduista ja teistä päällystetiedot siten, että ne olisivat helposti saatavissa, kun kohteita kunnostetaan.

Lähteet

Alkio, R., Juvankoski, M., Korkiala-Tanttu, L., Laaksonen, R. Laukkanen, K., Pe-täjä, S., Pihlajamäki & J., Spoof, H. 2001. Tien rakennekerrosten materiaalit. Helsinki: Tiehallinto.

American Gilsonite Company 2019. What is Gilsonite?
<https://www.americangilsonite.com/about-us/what-is-gilsonite/>.
Luettu 11.6.2019.

Asphalt Institute and Eurobitume 2011. The bitumen Industry – a global pers-pective. Production, chemistry, use, specification and occupational exposure.
http://www.google.co.uk/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=2ahUKEwim98fOpljAhXitYsKHem3B-kQFjAEegQIA-BAC&url=http%3A%2F%2Fwww.aapaq.org%2Fq%2F2012st%2Fdoc%2FREF%2FB01_AI-Eurobitume_The_Bitumen_Industry-A_Global_Perspec-tive_2011.pdf&usg=AOvVaw0FR0z81lujcMDLKUFJpVx4.
Luettu 6.10.2019.

Blomberg, T. 1990. Bitumit. Jyväskylä: Neste Oy ja Rakentajain Kustannus Oy.

De Ingenieur 2018. Asphalt could be made even quieter.
<https://www.deingenieur.nl/artikel/asphalt-could-be-made-even-quieter>.
Luettu 13.10.2019.

Ehrola, E. 1996. Liikenneväylien rakennesuunnittelun perusteet. Helsinki: Ra-kennustieto Oy.

Eskola, K. 2019. Tierakenteen suunnitteluohje: 5. päällysteiden suunnittelu.
6.2.2019.
<https://vayla.fi/-/tierakenteen-suunnitteluohjeen-koulutus#.XbKZmE2P5aT>.
Luettu 13.10.2019.

Finn Ash-Power Oy Ltd 2017. Tietoa lentotuhkasta. <https://www.ashpower.fi/>.
Luettu 28.8.2019.

hEN Helpdesk. CE-merkintä. <http://www.henhelpdesk.fi/>.
Luettu 14.9.2019.

Inkinen, J. 2014. Densiphalt-päällystysprosessin riskitarkastelu. Metropolia Am-mattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Insinööriyö.

Kalliainen, A., Kolisoja, P., Matinlauri, S. ja Rossi, J. 2016. Vaihtoehtoisia maan-rakennusmateriaaleja sisältävien tie- ja katurakenteiden vaurioituminen. Liiken-neviraston tutkimuksia ja selvityksiä 52/2016.
https://www.google.co.uk/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=ima-ges&cd=&ved=2ahUKEwjMpbPii_vkAhUFtYsKHV2qB7EQjRx6BAG-BEAQ&url=https%3A%2F%2Fjulkaisut.liikennevirasto.fi%2Fpdf8%2FIts_2016-52_vaihtoehtoisia_maarakennusmateriaaleja_web.pdf&psig=AOvVaw3K-HmmX0xys7vrU_ccL9hj&ust=1570020362444082.
Luettu 1.10.2019.

Laaksonen, R., Kivikoski, H., Pienimäki, M., Korkiala-Tanttu, L., Törnqvist, J. 2004. Deformaation hallinta tien rakennekerroksissa. Tiehallinnon selvityksiä 57/2004. Helsinki: Tiehallinto.

Lehtimäki, H. 2012. Asfalttirouheen elvyttäminen keveillä öljytuotteilla. Aalto-yliopisto. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikka. Diplomityö.

Lehtipuu, E. 1983. Asfalttipäällysteet. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy.

Liikennevirasto 2015. Rakennustuotteiden CE-merkintä. Opas LIVI/6305/06.04.00/2015. Helsinki: Liikennevirasto.

Liikennevirasto 2018. Tierakenteen suunnittelu 28.11.2018. Liikenneviraston ohjeita 38/2018.

https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2018-38_tierakenteen_suunnittelu_web.pdf.

Luettu 11.5.2018.

Lämsä, Veli-Pekka. 2005. Asfaltin uusiokäyttö tierakentamisessa. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 27/2005. Helsinki: Tiehallinto, Oulun tiepiiri.

Malassu, E. 2016. Esiselvitys radan kuormituskestävyyksimitoituksen kehittämiseen. Tampereen Teknillinen yliopisto. Rakennustekniikka. Diplomityö.

Mroueh, U-M., Mäkelä, E., Nousiainen, A. & Valkeisenmäki, A. 2007. Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa. Helsinki: Tiehallinto.

NCC 2019a. Strongphalt-päällysteet.

<https://www.ncc.fi/tarjontamme/asfaltti/asfalttituotteet/strongphalt-paallysteet/>.

Luettu 2.8.2019.

NCC 2019b. NCC Strongphalt, komposiittipäällyste.

<https://secure.viewer.zmags.com/publication/c840c5ab#/c840c5ab/>.

Luettu 30.9.2019.

Oulun kaupunki. 2017. Katurakenteiden suunnitteluohje. Oulu: Yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut.

PANK-2207 1995. Kuulamylykoe, raaka-ainetestti. Päällystealan neuvottelukunta.

Luettu 7.8.2019.

PANK ry 2017. Asfalttinormit 2017. Päällystealan neuvottelukunta. Vantaa: PANK ry.

PANK Oppimateriaali C2 2018. Asfalttialan oppimateriaali (ASKO). Raaka-aineet.

<http://www.pank.fi/file/1116/c2-raaka-aineet.pdf>.

Luettu 11.5.2019.

PANK Oppimateriaali C3 2018. Asfalttialan oppimateriaali (ASKO). Asfaltit, niiden suunnittelu, valmistus ja laatuvaatimukset.
<http://www.pank.fi/file/1117/c3-asfaltit-suunnittelu-valmistus-laatuvaatim.asd.pdf>.
Luettu 14.5.2019.

PANK Oppimateriaali C9 2018. Asfalttialan oppimateriaali (ASKO). Muut päällysteet.
<http://www.pank.fi/file/1123/c9-muut-p-llysteet-.pdf>.
Luettu 7.8.2019.

Peltonen, P. 1989. Kuiduilla modifioitu asfaltti. Tutkimuksia 634. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuslaitos.

Pohjoismaiden tie- ja liikennefoorumi 2012. Uusio-Asfaltti.
<https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/infra/tietoa-ja-tilastoja/uusioasfalttiesite.pdf>.
Luettu 4.5.2019.

Rakennustieto 2017. InfraRYL, Päälly- ja pintarakenteet. Helsinki. Rakennustieto Oy.

RIL 165-2. 2006. Liikenne ja väylät II. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

Saarela, E. 1993. Asfalttipäällysteet, suunnittelu. Espoo. Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Suomen Kuntaliitto 1999. Asfalttipäällysteiden valintaohje 2000: kadut, pihat ja erityisliikennealueet. Helsinki: Kuntaliiton painatuskeskus.

Tiehallinto 2002. Stabilointiohje, suunnitteluvaiheen ohjaus (koekäyttöön). Helsinki. Tiehallinto.

Tielaitos 1997. Päällysteiden suunnittelu. Helsinki: Tielaitos.

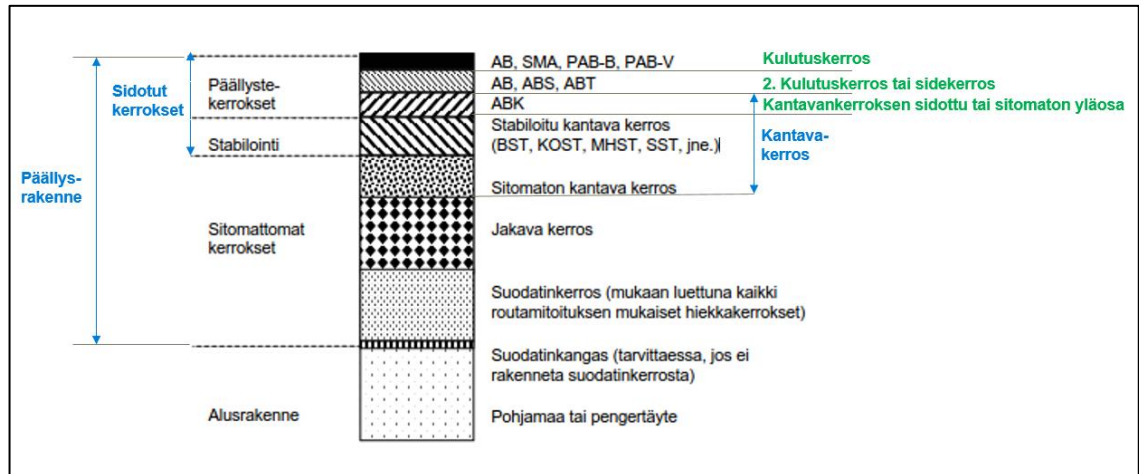
Väylävirasto 2019a. Tieohjeet 1.11.2019.
https://julkaisut.vayla.fi/pdf7/tieohjeet_1.11.2019_web.pdf.
Luettu 27.11.2019.

Väylävirasto 2019b. Päällysteiden paikkaus. Väyläviraston ohjeita 27/2019.
https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2019-27_paallysteiden_paikkaus_web.pdf.
Luettu 27.11.2019.

Väylävirasto 2019c. SILKO, siltojen korjaus. Kannen pintarakenteet, asfalttipäällysteen paikkaaminen. Työkohtaiset laatuvaatimukset 6/2019.
https://www.google.co.uk/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwj_d_lYzjvncAhWRuIsKHSZhAYcQFjA-BegQIAhAC&url=https%3A%2F%2Fjulkaisut.vayla.fi%2Fsillat%2Fsilko%2Fkansio%2Fs2833_web.pdf&usg=AOvVaw18xKsdf6rgwyVq2U1vqcc0.
Luettu 30.9.2019.


YIT 2019. Confalt-komposiittipäällyste.
<https://www.yit.fi/asfaltti/paallistuksen-tuotteet/confalt>.
Luettu 2.8.2019.

Liite 1
Tien tai kadun päällysrakenne
Lähde: Kalliainen ym. 2016, 16; Liikennevirasto 2018, 11.



Kadun normaalipäällysrakenteet ja kantavuusvaatimukset kerroksittain

Lähde: Rakennustieto 2017, 250.

Infra RYL Liite O1 Kadun normaalipäällysrakenteet ja kantavuusvaatimukset kerroksittain (2017/1 Liite 3) 

Katuluokille määritellyt päällysrakenteet ovat ns. normaalipäällysrakenteita. Kantavuusvaatimukset katuluokittain ovat (päällysteen päältä)

- katuluokka 1: 500 MN/m²
- katuluokka 2: 420 MN/m²
- katuluokka 3: 350 MN/m²
- katuluokka 4: 250 MN/m²
- katuluokka 5: 200 MN/m²
- katuluokka 6: 175 MN/m².

Kantavuusarvot on saatu käyttäen Odemarkin analyttistä mitoitusmenetelmää ja seuraavia ainevakioita:

- suodatinhiekkä: E = 70 MN/m²
- jakava sora: E = 200 MN/m²
- kantavan kerroksen murske: E = 300 MN/m²
- bitumilla sidotut kerrokset: E = 2500 MN/m².

Jos normaalipäällysrakennetta paksunnetaan pohjamaan routivuuden takia (E...G), sen on oletettu oheisissa taulukoissa tapahtuvan tukikerrosta paksuntamalla. Rakenteelta ja sen osilta vaadittavat kantavuusarvot (MN/m²) esitetään *taulukoissa Liite:T3...Liite:T14 (Liite:T4...T15 2017/1 julkaisussa)*. Rakenteelta vaadittava kantavuusarvo ylittää usein tässä esitetyn katuluokan kantavuusvaatimuksen routamitoituksesta aiheutuvan ylimääräisen kantavuuden takia.

Esimerkki

Katuluokka 4, pohjamaa E, suunnittelijan määräämä rakenteen kokonaispaksuus (routiminen huomioon ottaen) 129 cm. Rakenteelta vaadittavat kantavuusarvot ovat

- jakavan kerroksen päältä: 152 MN/m²
- kantavan kerroksen päältä: 192 MN/m²
- 1. AB:n päältä: 234 MN/m²
- päällysteen päältä: 305 MN/m².



« takaisin

Liite:T2. Katuluokat (Liite T3 2017/1 julkaisussa).

Katuluokka	Kuvaus	Liikennemäärä, ajon./vrk
1	Erittäin raskaasti liikennöity moottori- tai pääkatu (ajokaistoja 2 + 2)	> 30 000
2	Raskaasti liikennöity moottori- tai pääkatu (ajokaistoja 2 + 2)	10...30 000
3	Pääkatu, kokoojakatu tai vilkasliikenteinen kerrostaloalueen asuntokatu (ajokaistoja 1 + 1)	2 500...10 000
4	Asuntokatu tai pientaloalueen kokoojakatu, raskaiden ajoneuvojen pysäköintialueet	500...2 500
5	Pientaloalueen asuntokatu, huoltoliikenteen väylät, henkilöautojen pysäköintialueet	10...500
6	Jalkakäytävät, pyörätiet, puistotiet; ei ajoneuvoliikennettä	

Materiaaleille asetettavat vaatimukset			
	Ominaisuus	Vaatus	Huomiot
Kiviaines	Kuulamyly	A_{NX}	X valitaan luokka kohteen mukaan, KVL
	Litteysluku	Fl_x	X valitaan luokka kohteen mukaan, KVL
	muut ominaisuudet	Asfalttinormit	-
Asfalttirouhe	-	Asfalttinormit	-
Sideaine	Bitumityyppi	Luokka	-
Lisäaineet	-	Asfalttinormit	-
Massoille asetettavat vaatimukset			
	Ominaisuus	Vaatus	Huomiot
Kokemukseen perustuva suunnittelu	Sideainepitoisuus ja rakeisuus	Asfalttinormit	-
Toiminnallisiin ominaisuuksiin perustuva suunnittelu	Sideainepitoisuus ja rakeisuus		Tilaja määrittelee tutkittavat ominaisuudet ja vaatimukset
	Tilavuussuhteet	Ilmoitettava	-
	Vedenkestävyys	Asfalttinormit	-
	Kulumiskestävyys	Abr_{AXX}	xx valitaan luokka kohteen mukaa, KVL
	Deformaatiokestävyys	$E_{nx,x}$	xx valitaan luokka kohteen mukaa, KVL
Päällysteelle asetettavat vaatimukset			
Ominaisuus	Vaatus	Huomiot	
Massamäärä	Asfalttinormit	-	
Tasalaatuisuus	Asfalttinormit	-	
Päällysteen koostumus	Asfalttinormit	-	
Tyhjätila	Asfalttinormit	-	
Kitka	Asfalttinormit	-	
Tasaisuus	Asfalttinormit	-	
Kaltevuudet ja korkeusasema	Asfalttinormit	-	
Kulumiskestävyys	I-IV	Ilmoitettava vaatimusluokka jos vaaditaan	
Deformaatiokestävyys	I-III	Ilmoitettava vaatimusluokka jos vaaditaan	
Vedenkestävyys	Asfalttinormit		
Meluisuus	Asfalttinormit		

Kaava 14. Urasyvyyden (mm) tavoitearvon ennustaminen

$$Urasyvyy\text{ys} = k_{TASALAAT} \times \left[A + t_{TAK} \times 0,3 \frac{\text{mm}}{\text{v}} \times \frac{2 \times KVL_{KAISTA}}{1000 \frac{\text{ajon}}{\text{vrk}}} \times k_{LEV} \times k_{NOP.RA.} \times \frac{KN}{46} \right]$$

jossa

$k_{TASALAAT}$ = Urasyvyyden vaihtelusta johtuva kerroin. Kerrointa käytetään, koska hyvälaatuisessakin tiessä urasyvyys poikkeaa monin paikoin urasyvyyden keskiarvosta. Yleensä kertoimen arvo on 1,2 (urasyvyydet ovat paikoin 20 % keskiarvoa suurempia).

A = Arvioitu päällysteen ja sitomattomien kerrosten jälkitiivistymä. Arvoksi valitaan

- 2 mm pinnalle, joka on syntynyt päällystämällä uudelleen vähintään yhden kesäkauden yleisen liikenteen käytössä ollut tierakenne
- 3 mm pinnalle, joka on syntynyt rakentamalla kantava kerros ja päällyste(itä) vanhan tierakenteen päälle.
- 4 mm, kun yleinen liikenne lasketaan tierakenteelle, jonka rakenekerroksia yleinen liikenne ei ole aikaisemmin kuormittanut.

t_{TAK} = Päällysteen käyttöaika liikennöitynä pintana

KVL_{KAISTA} = Kaistakohtainen keskivuorokausiliikenne (ajon/vrk). Kaistan KVL on kaksisuuntaisen liikenteen ajoradalla 0,5 x tien KVL. Yli kaksikaistaisilla teillä peruskaistan liikennemäärä lasketaan seuraavasti:

- 0,7 x suunnan KVL Tierekisterin mukaisessa tilastollisessa taajamassa tai tilastollisen taajaman ulkopuolella, kun tien KVL on yli 42 000 ajon/vrk
- 0,85 x suunnan KVL tilastollisen taajaman ulkopuolella, kun tien KVL on alle 12 000 ajon/vrk
- väliarvot interpoloidaan

k_{LEV} = Tien leveydestä riippuva kerroin.

Yksi ajorataisella tiellä kerroin $k_{LEV} = \frac{8,5 \text{ m}}{\text{tien leveys}}$; vähintään 0,71

Kaksiajorataisella tiellä kerroin $k_{LEV} = \frac{8,0 \text{ m}}{\text{tien leveys}}$; vähintään 0,67

Kapealla keskikaidetiellä, jonka leveys tien reunasta keskikaiteeseen on alle 5 m tai (penkereen tms.) reunakaiteesta keskikaiteeseen alle 5,5 m, kertoimen arvo on 1,25. Sama koskee tilannetta, jossa kahden vähintään 1 m korkuisen (betoni tms.) kaiteen välissä on kaksi ajokaistaa, ja kaiteiden välimatka on alle 11 m vähintään 300 m matkalla.

$k_{NOP.RA.}$ = Talvinopeusrajoituksesta riippuva kerroin. Kertoimen arvo on :

1,1 kun talvinopeusrajoitus on 100 km/h

1,0 kun talvinopeusrajoitus on 80 km/h

0,85 kun talvinopeusrajoitus on 60 km/h

KN = Laskennallisen kulumisnopeuden tavoitearvo (kaava 11)

Kaava 11. Päällysteen laskennallinen kulumisnopeus

$$KN = TP \cdot MT \cdot (9,4 + 2,21 \cdot KM)$$

jossa:

KN = päällysteen laskennallinen kulumisnopeus

KM = kuulamylykokeen arvo 11,2...16 mm lajitteesta

TP = toimenpidekerroin

kerran REM	= 1,15
kahdesti REM	= 1,25
muut	= 1,00

MT = massatyypikerroin:

AB 16	= 1,46
AB 20-22	= 1,26
SMA 16	= 1,08
SMA 20-22	= 1,00