

Asfadur-projekti. Jäätymis-sulamiskestävyystutkimuksen vaiheet ja nykytilanne

PANK- menetelmäpäivä 26.1.2012
Kyösti Laukkanen, VTT

Asfadur-projektin tausta

Päällysteen reikiintyminen sauman vieressä... ja irtoilu kevättalvella



ASFADUR PROJEKTIN TAVOITE (Vaihe 1+2)

(Projektisuunnitelman mukainen tavoite)

Asfaltin **jäätymis-sulamiskestävyys**den laboratoriokoemenetelmän kehittäminen tutkimus- ja testaustarkoituksiin

- riittävä nopeus,
- mahdollisuus käyttää useassa eri laboratoriossa,
- SMA:n bitumipitoisuuden muutosten tai poikkeamien vaikutus,
- tyhjätilan ylitysten vaikutus,
- SMA:n jäätymis-sulamissykliä määrän vaikutus,
- jäätymis-sulamiskoemenetelmän ja vedenkestävyyden testausstandardin (SFS-EN 12697-12 , menetelmä B) välinen yhteys,
- toistettavuus kolmella asfalttityypillä (SMA, AB, PAB-B)

TARKISTETTU TAVOITE (VAIHE 2)

(Projektin tavoitetta suunnattiin uudelleen vaiheen 1 jälkeen)

**Kehitettävä asfaltin testaus- ja tutkimustarkoituksiin
laboratoriokoemenetelmä, joka ottaa huomioon
veden ja kuormituksen yhteisvaikutuksen**

- Laitteen ideointi, suunnittelu ja rakentaminen
- Ei sallittu merkittäviä investointikustannuksia
- Tutkimusmenetelmän kehittäminen
- Mahdollisuus käyttää useassa eri laboratoriossa

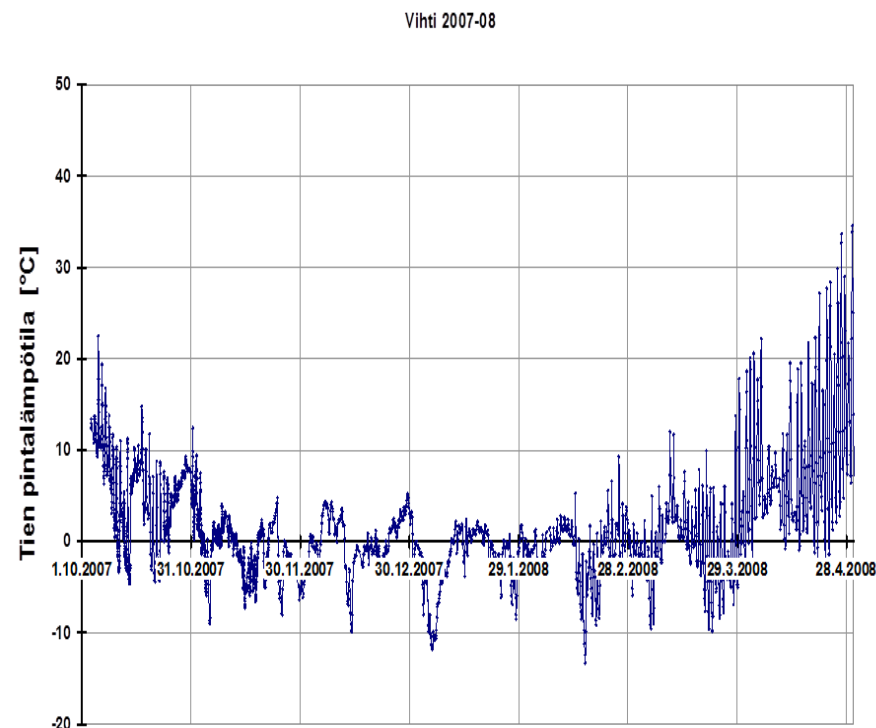
Jäätymis-sulamissyklien määrä tiestöllä

Asfaltin pintalämpötilat tiesääasemilta
(9 tiesääasemaa, 5 talvea)

Laskenta asfaltin jäätymis- ja sulamis-
syvyyskaavoilla
(jäätymissyvyudet 2 cm, 3 cm ja 5 cm)

Vähiten jäätymis-sulamiskertoja oli
talvena, joka oli pakkasmäärätilas-
tojen mukaan ns. ”normaali” talvi.

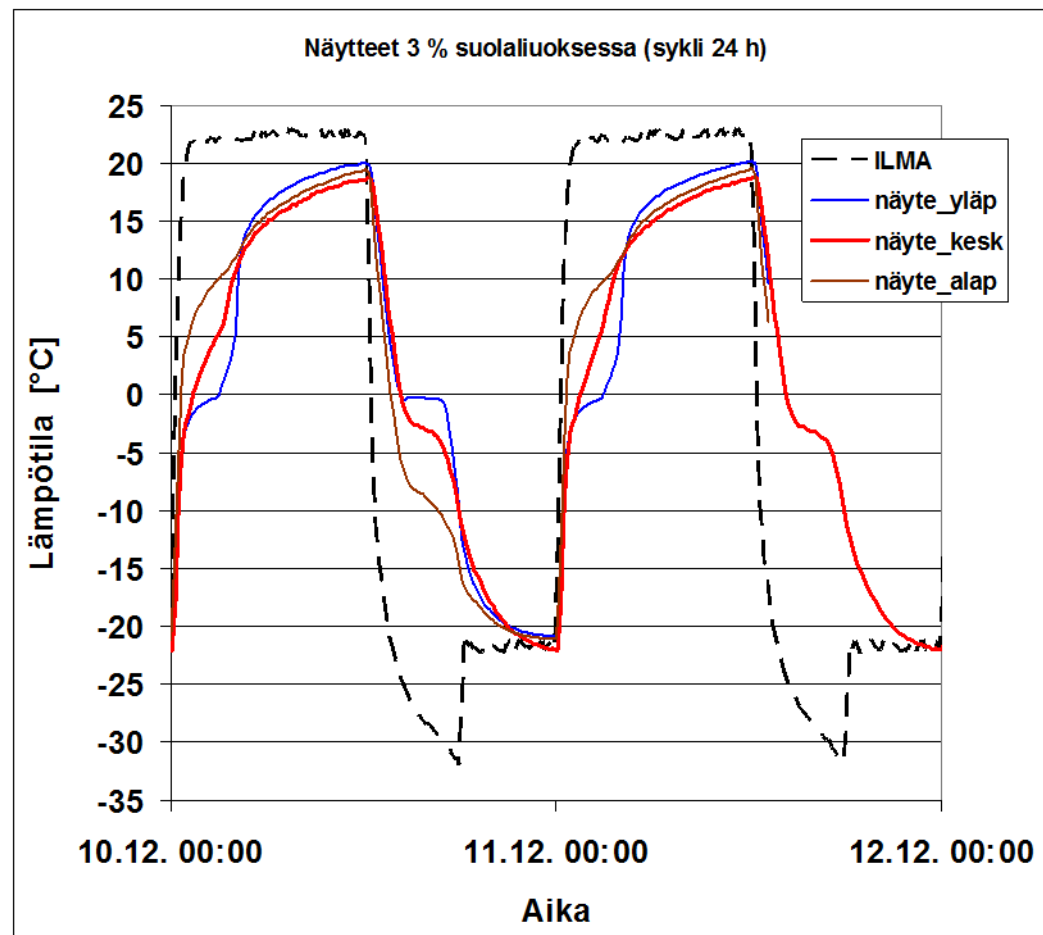
**Leutoina talvina oli enemmän
jäätymis-sulamiskertoja**



Asfalttinäytteen lämpötilamuutokset, jäätyminen ja sulaminen suolaliuoksessa

Asfalttinäytteen JÄÄTYMINEN
näytepurkissa upotettuna
suolaliuokseen:

- Näyte ja liuos jäähtyvät ensin nolnaan.
- Vettä erottuu yläkerrokseen ja jäätyy 0 °C:ssa. Jäätyminen hidastaa jäähtymistä.
- Väkevöityvä suolaliuos painuu alakerrokseen, jäähtyy -8°C:een ja alkaa sen jälkeen kiteytyä.
- Lopuksi näyte ja jää jäähtyvät lämpötilaan -22 °C.



Käsitteitä

Jäätymis-sulamiskestävyys

$$F = 100 \times \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$$

jossa	
F =	jäätymis-sulamiskestävyys (%)
σ_1 =	testinäytteiden HVL-keskiarvo
σ_2 =	vertailunäytteiden HVL-keskiarvo

Vedellä kyllästysaste

$$S_R = 100 \times \frac{V_w}{V_v}$$

jossa	
S_R =	Päällysteen vedellä kyllästysaste (%)
V_w =	Tyhjätilassa olevan veden tilavuus
V_v =	Tyhjätilan kokonaistilavuus

Päällysteen vedellä kyllästysaste (%) tarkoittaa päällysteen tyhjätilassa olevan veden tilavuuden osuutta prosentteina tyhjätilan kokonaistilavuudesta.

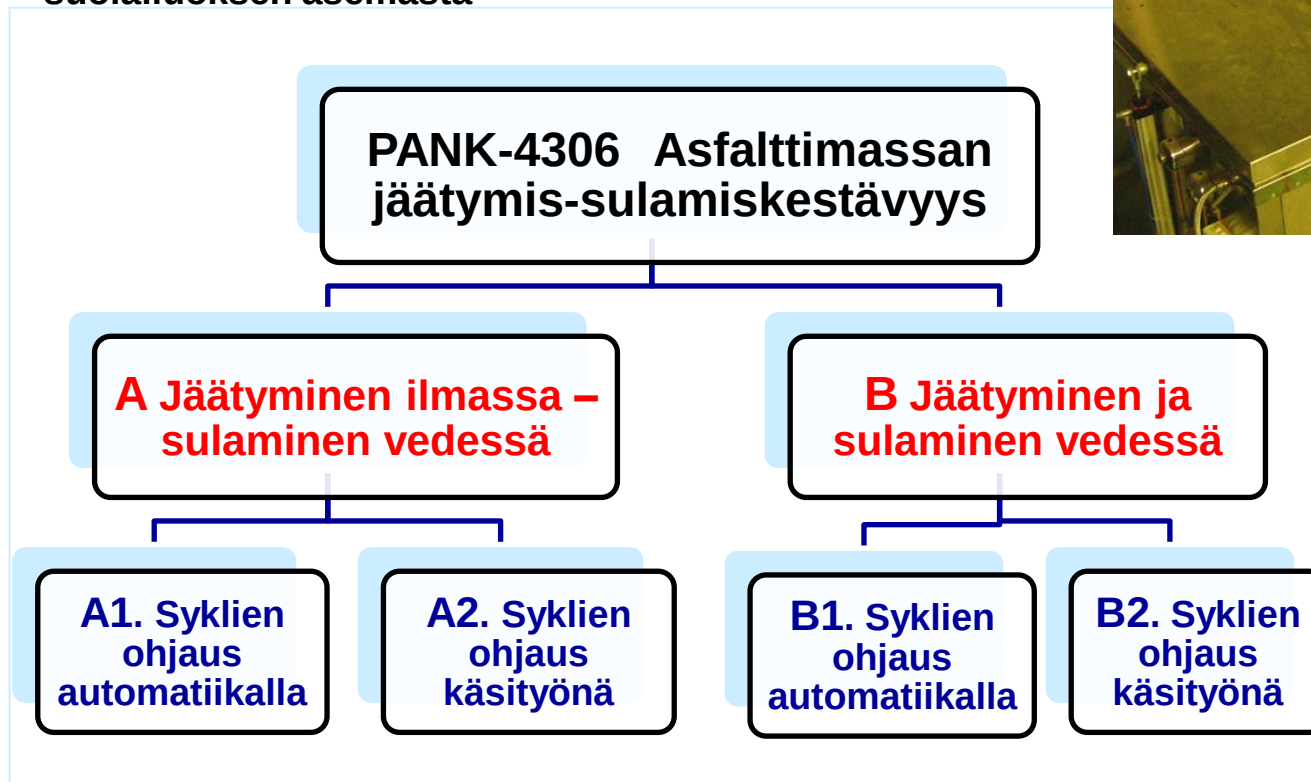
Päällysteen vedellä kyllästysaste on 100 %, jos tyhjätila on täynnä vettä.

PANK-4306 Asfalttimassan jäätymis-sulamiskestävyys- kokeen toteutustapavaihtoehdot

Esim. VTT:n automaattinen jäädytys-sulatuslaite



Jäätymis-sulamiskokeessa käytetään yleensä vettä
suolaliuoksen asemasta

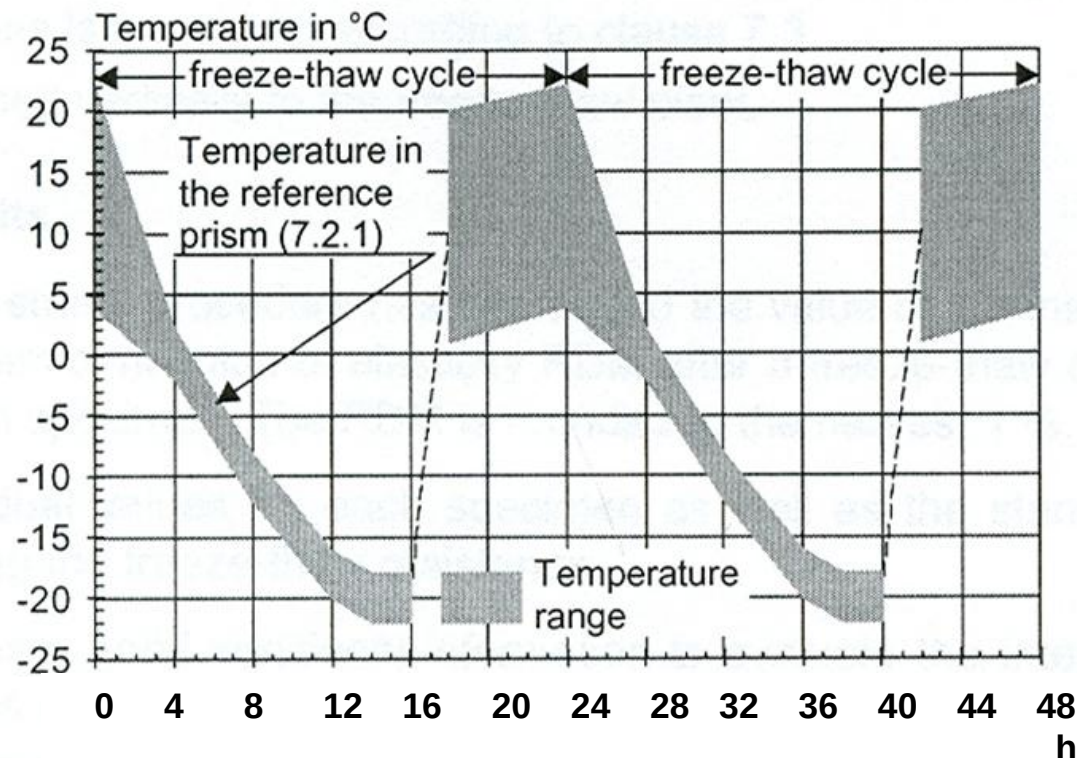


Asfalttimassan jäätymis-sulamiskokeen parametrejä (PANK-4306)

Syklin pituus 12 h tai 24 h riippuu menetelmästä

- Menetelmä A1: Jäätyminen ilmassa – sulaminen vedessä automaattiohjauksella **12 h**
- Muut menetelmät **24 h**
- Syklimäärä 10 kpl
- Upotusneste vesi
- Näytteen lämpötila kuvan mukainen (kun sykli on 24 h)
- Näytteiden varastointi +5 °C
- HVL-kokeessa näytteiden lämpötila on +10 °C

Vedelläkyllästysasteen oltava
HVL-kokeessa yhtä suuri sekä
testi- että referenssi-näytteillä
(kuitenkin alle 100 %)



Näytteen lämpötila oltava kuvan mukaisella alueella jäätymis-sulamissykliä aikana (kun sykli 24 h)

Näytteiden kosteuskäsittely ja temperointi jäätymis-sulamissykliä jälkeen

Jäätymis-sulamissykliä jälkeen sykleissä olleiden näytteiden tyhjätilat ovat täynnä vettä, mutta vertailunäytteet ovat "ilmakuivia".

Näytteet saatetaan samaan vedellä kyllästysasteeseen ja temperoidaan samanaikaisesti seuraavasti:

- Imeytetään ensin kuivien näytteiden tyhjätila täyteen vettä alipainekäsittelyllä.
- Asetetaan molempien näytesarjojen näytteet pystyasentoon ritilän päälle lämpötilaan +10 °C vakio-olosuhteeseen (temperointikaappiin)
- Temperointiaika on 4 h (näyte koko D 100, h 60 mm). Kun temperointiajasta on kulunut puolet eli 2 h, käännetään näytteet ylösalaisin.
- Tyhjätilasta saa valua ulos vettä painovoimaisesti koko temperointiajan.

Temperoinnin päättyessä kaikki näytteet ovat samassa vedellä kyllästysasteessa, joka on kuitenkin olennaisesti alle 100 %.

Kosteuskäsittelyohjeita tarkennetaan, kun asiasta saadaan lisää tutkimustietoa.

Jäätymis-sulamiskestävyyden testaus

Asfalttimassan jäätymis-sulamiskestävyys voidaan tutkia menetelmäkuvauksessa PANK- 4306 esitetyn koemenetelmän A tai B mukaan automaattisella laitteella tai käsityönä

Koemenetelmästä riippumatta tulee noudattaa PANK-menetelmä kuvauksen mukaisia vaatimuksia:

- testauslaitteille ja laitteiden kalibroinnille
- asfalttinäytteiden valmistukselle, varastoinnille, esikäsittelyille, testauslämpötiloille, vedellä kyllästysasteelle, koestuksille, testitulosten käsittelylle ja tutkimusselostuksen laatimiselle.

Veden ja kuormituksen yhteisvaikutuksen tutkiminen syklisellä vesipaineiskukokeella

VTT suunnitteli ja rakensi koejärjestelyn Asfadur-projektin vaiheessa 2:

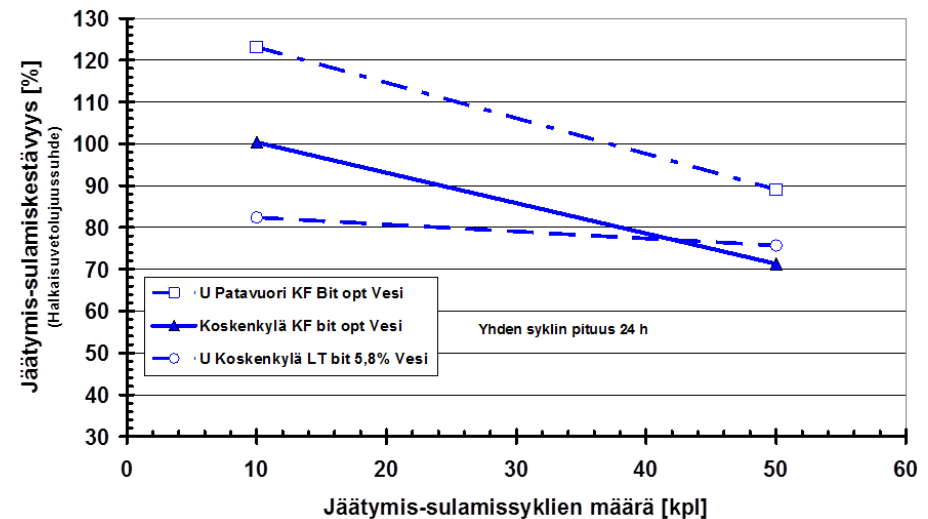
- Asfalttinäyte (D150, h 60 mm)
- Puristusmäntä D 96 mm
- Imeytys ennen kuormituksia
- Hetkelliset, sykliset puristuskuormitukset vesiupotuksessa
- Syklin kokonaispituus 2,5 s
- (Vertailukoe voidaan tehdä kuivalle näytteelle paineiskukokeella ilmassa)
- Lämpötilat +5...+20 °C
- Paine näytteen pinnassa
1000 – 7000 kPa



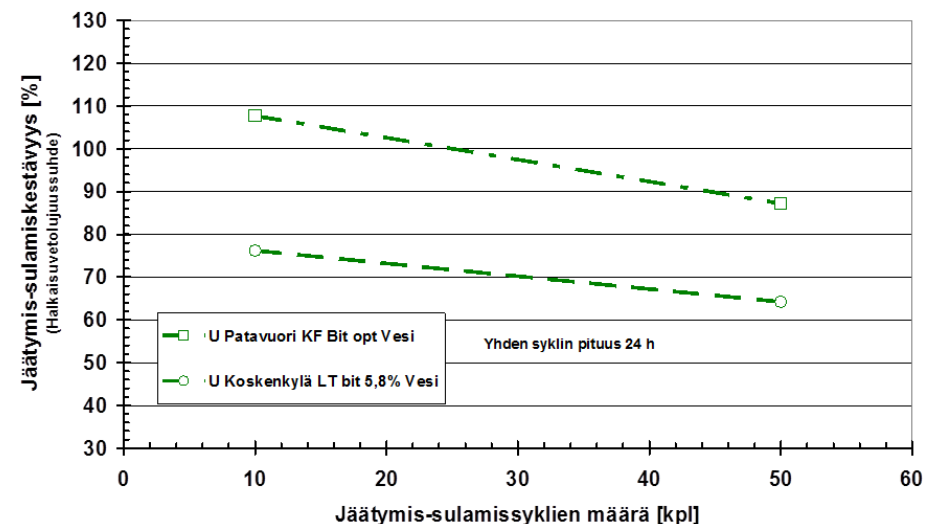
Jäätymis-sulamiskokeen tuloksia

- 10 sykliä erotteli massat toisistaan paremmin kuin 50 sykliä
- Pitkäaikaisissa (50 syklin) kokeissa erotelukykyä heikensi referenssinäytteiden lujittuminen varastointiolosuhteissa
- Kaikki näytteet halkaistiin 100 % vedellä kyllästysasteessa, jolloin vettä täynnä olevat huokoset tukivat näytettä hetkellisesti
(→ HVL näennäisesti liian suuri)
- Jäätymis-sulamiskestävyyskokeella oli yhtä huono kyky erotella massareseptien vaikutusta kuin vedenkestävyyskokeella
- Vettä täynnä olevien huokosten hetkellisesti halkaisuvetolujuutta lisäävä vaikutus saattoi peittää massareseptien vähäisten koostumuserojen vaikutuksen lujuuteen.

SMA 16. Jääditys-sulatus vedessä. Märkä referenssinäyte



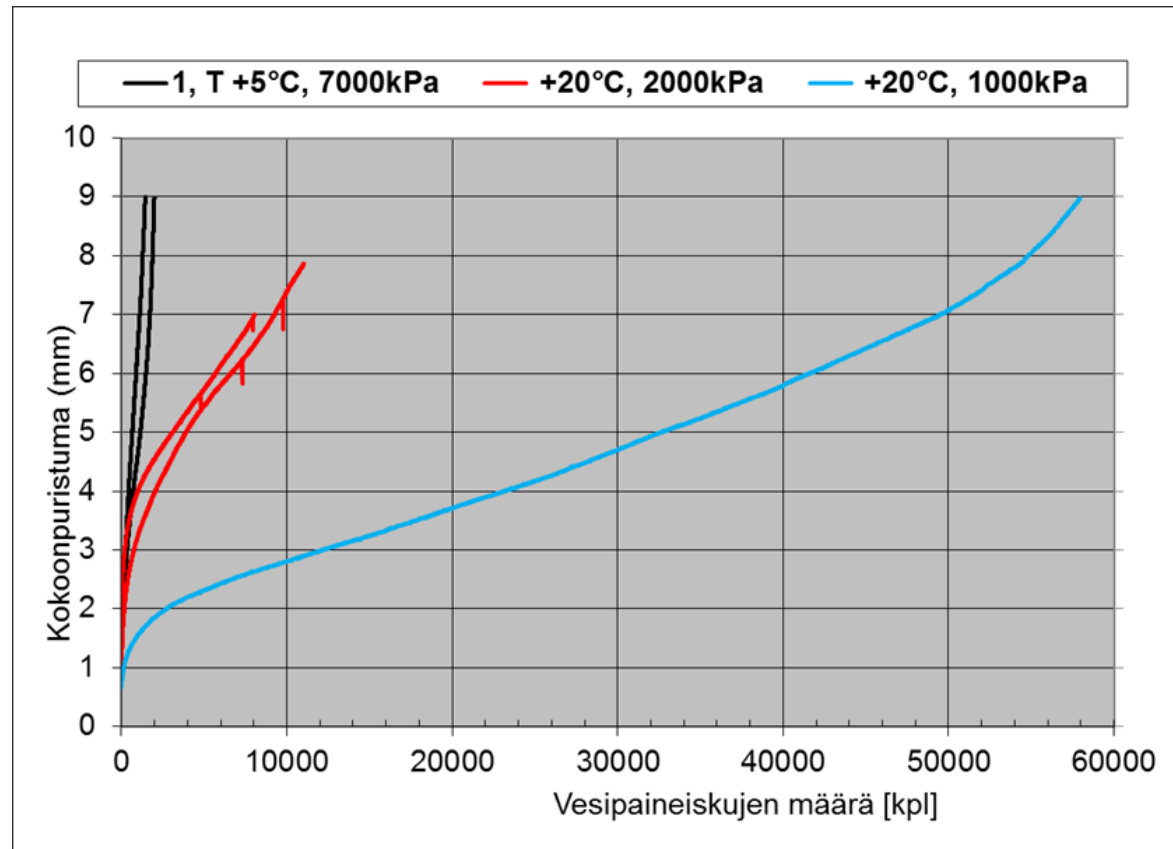
SMA 16. Jääditys-sulatus vedessä. Kuiva referenssinäyte



SMA-näytteen kokoonpuristuman riippuvuus lämpötilan, veden, kuormituksen suuruuden ja kuormituskertamäärän yhteisvaikutuksesta vesipaineiskukokeessa (vedellä kyllästysaste 100 %, lyhytaikainen syklinen kuormitus).

Näytteen kestävyys veden ja kuormitusten yhteisvaikutuksia vastaan riippuu mm. kuormituksen suuruudesta ja lämpötilasta.

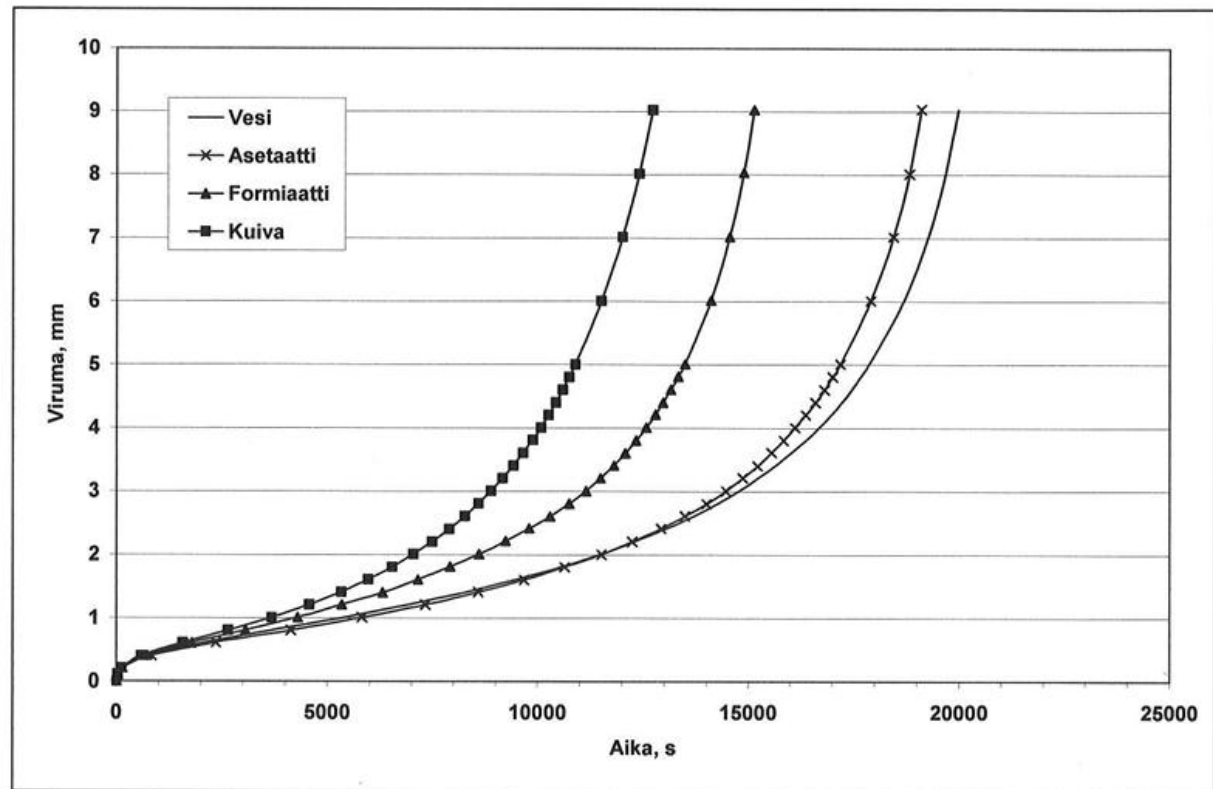
- 1000 kPa vastaa kuorma-auton paripyörän renkaan dynaamista pintapainetta
- 2000 kPa vastaa kuorma-auton Supersingle renkaan dynaamista pintapainetta
- Huhtikuussa asfaltin pinta-lämpötila voi olla yli 20 °C (tiesääasema-aineisto)



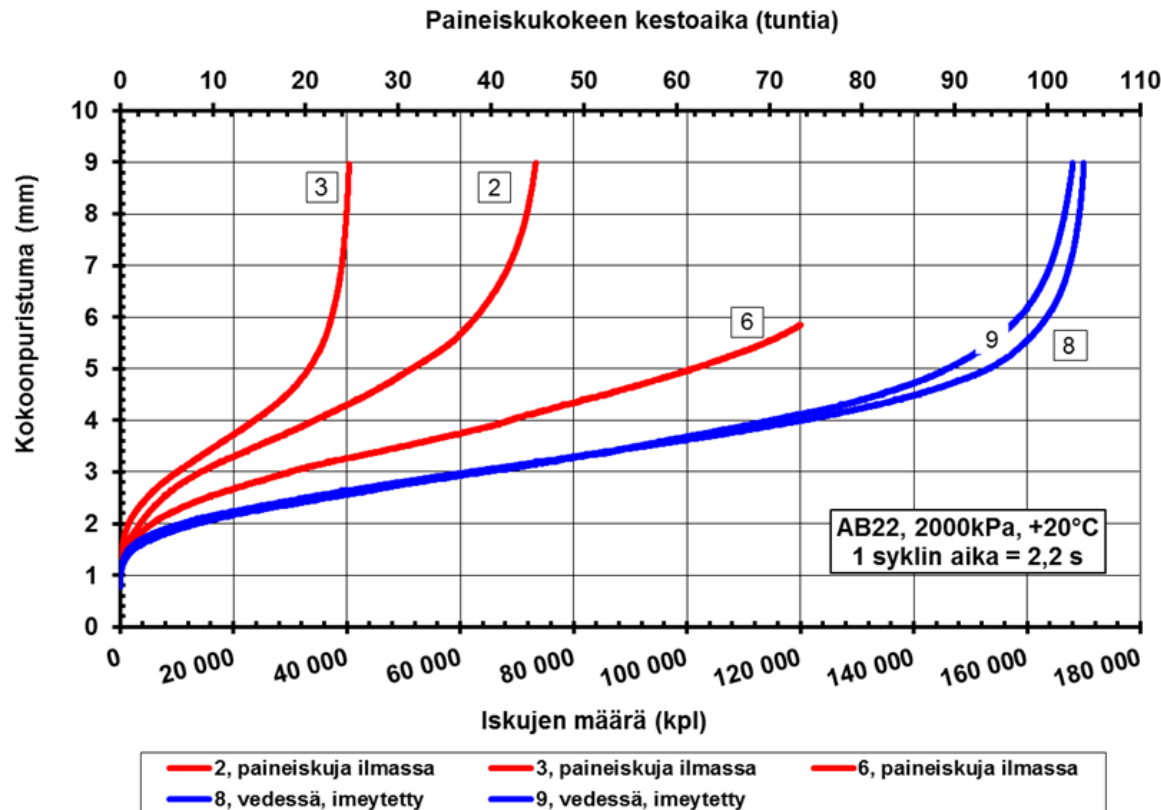
Vedelläkyllästysasteen vaikutus dynaamisen creep-kokeen tulokseen

JÄPÄ-projekti (2005):

- Asfalttinäytteen kestävyys dynaamisen creep-kokeen kuormituksia vastaan parani (noin 60 %, kun viruma 8 mm), jos tyhjätila imeytettiin täyteen vettä ja koe tehtiin vesiupotuksessa olleelle näytteelle.
- Näitä kokeita ei jatkettu tämän havainnon jälkeen JÄPÄ-projektissa.



Asfalttinäyte kesti enemmän kuormituskertoja huokoset täynnä vettä kuin huokoset tyhjinä



ASFADUR-projekti

- Näytteiden n:o 2 - 6 vedellä kyllästysaste = 0 % (kuiva)
- Näytteiden 8 ja 9 vedellä kyllästysaste = 100 % (eli tyhjätila oli täynnä vettä)
- Kun tyhjätila oli täynnä vettä, näyte kesti enemmän kuormituskertoja kuin kuiva näyte.
- **Veden täyttämä tyhjätila tuki asfalttinäytettä hetkellisesti lyhytaikaisen kuormituksen aikana, koska vesi ei puristu kokoon.**

Asfalttibetonin esikäsitteilyn ja vedelläkyllästysasteen vaikutus halkaisuvetolujuuskokeen tulokseen

750 kPa = vedenkestävyys-standardin mukaisten testi-näytteiden halkaisuvetolujuus

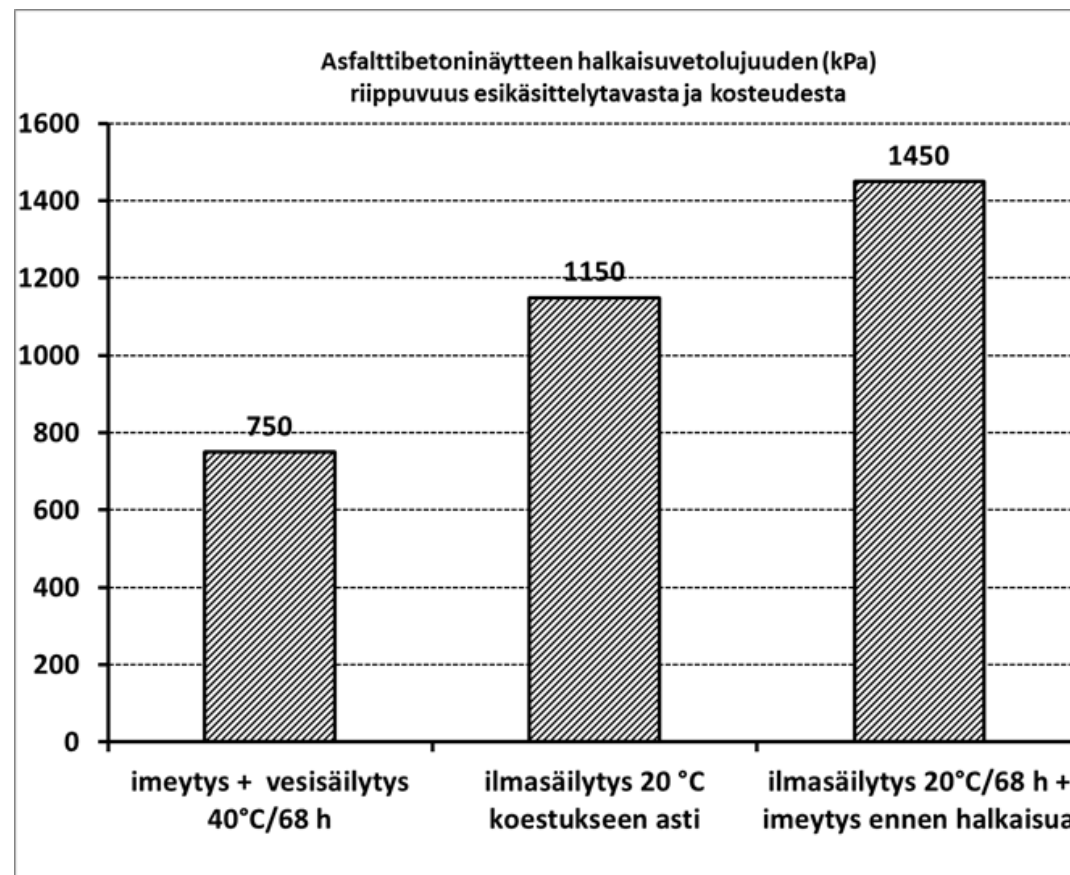
1150 kPa = vedenkestävyys-standardin vertailunäytteiden halkaisuvetolujuus (kuivana)

1450 kPa = välittömästi ennen halkaisua imeytettyjen vertailunäytteiden halkaisuvetolujuus

Imeytys juuri ennen halkaisua lisäsi halkaisuvetolujuutta

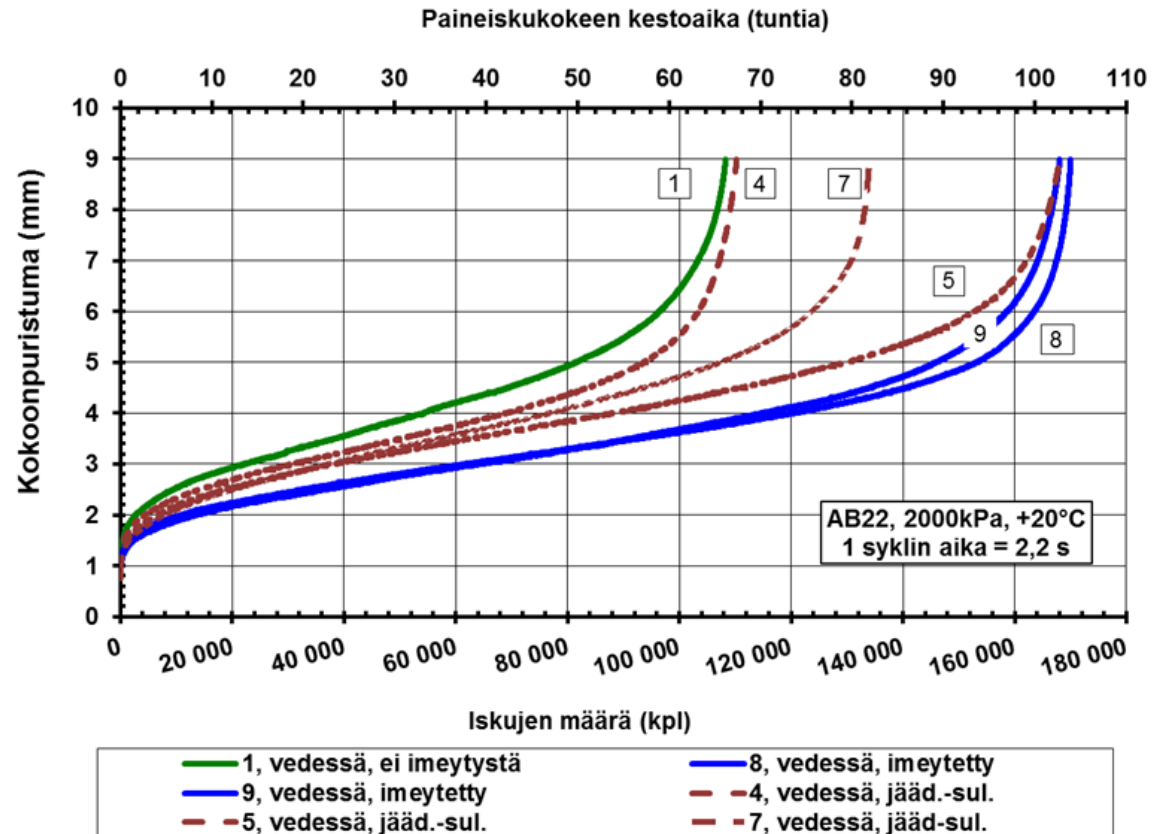
(1450 – 1150) kPa = 300 kPa

LUJUUDEN LISÄYS +26 %



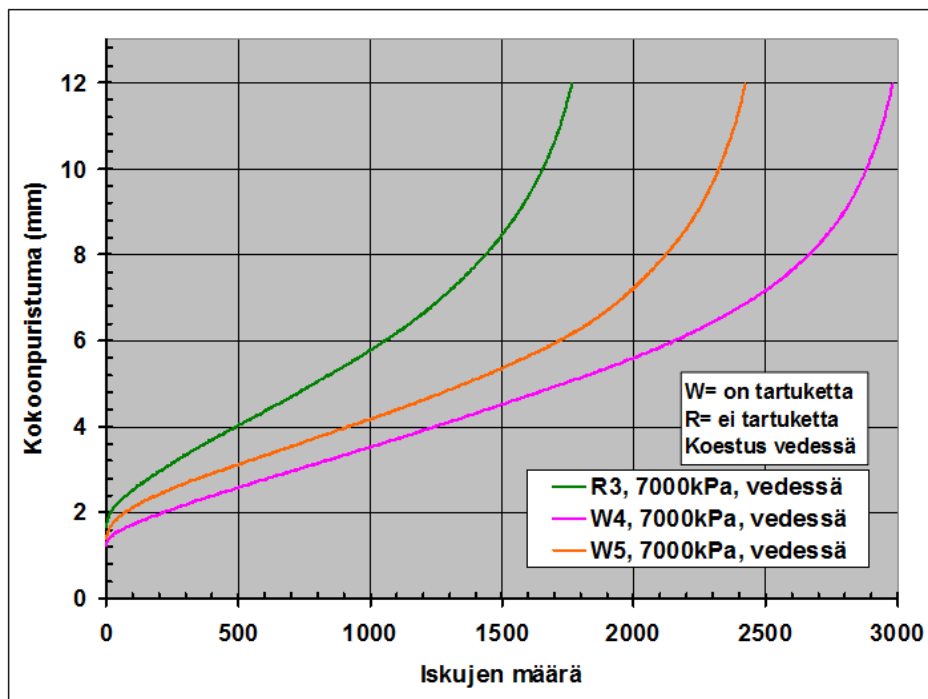
Jäätymis-sulamisrasituksen, veden ja kuormitusten yhteisvaikutus

- Jäätymis-sulamisrasitus heikensi näytteiden kestävyyttä veden ja kuormitusten yhteisvaikutusta vastaan (näytteet 4, 5 ja 7)
- Parhaiten kestivät vertailunäytteet (n:o 8 ja 9), joiden vedellä kyllästysaste oli 100 %

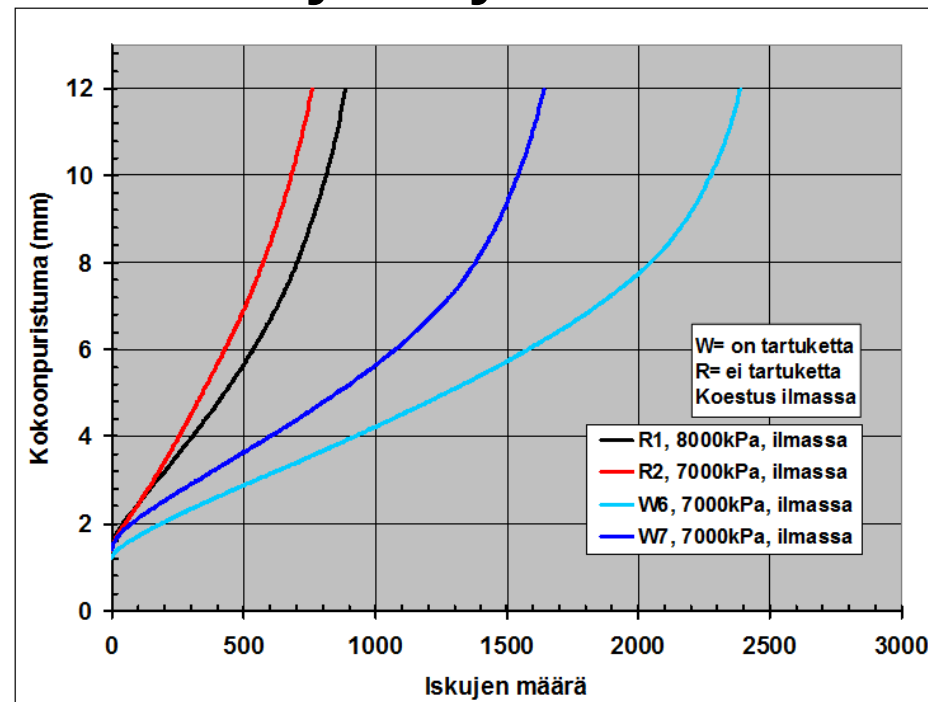


Tartukkeen vaikutus SMA-päällysteen kestävyYTEEN hetkellisiä kuormituksia vastaan

Vedellä kyllästysaste 100 %



Vedellä kyllästysaste 0 %



Tartuke paransi SMA:n kestävyyttä paineiskuja vastaan sekä märkänä että kuivana

W = sisältää tartuketta, R = ei sisällä tartuketta (referenssi),

Viite: Asfadur-projektin Korson rampin tartukekokeilun sykliset paineiskukokeet laboratoriossa

Johtopäätöksiä: Jäätymis-sulamiskokeen kehittäminen

- Asfadur-projektissa kehitettiin asfalttimassan jäätymis-sulamiskestävyyden testimenetelmä ja selvitettiin sen olennaiset menetelmäparametrit.
- Tutkimuksessa käytetty menetelmäversio ei pystynyt erottamaan 0,2 %-yksikön bitumipitoisuuden muutoksen vaikutusta jäätymis-sulamiskestävyyteen. Erotuskyky oli tältä osin yhtä heikko kuin vedenkestävyysstandardin. Suurempia bitumipitoisuuden poikkeamia optimista ei tutkittu.
- Tutkimuksessa todettiin kokeellisesti, että asfaltin halkaisuvetolujuuskokeen tulos kasvaa merkittävästi (kuivaan näytteeseen verrattuna), jos tyhjätila täytetään vedellä.
- Jäätymis-sulamisrasituksen jälkeen kaikki näytteet halkaistiin samassa 100 % vedellä kyllästysasteessa, jolloin **veden täyttämän huokostilan hetkellisesti lujuutta lisäävä vaikutus** saattoi peittää massareseptien vähäisten koostumuserojen vaikutuksen halkaisuvetolujuuteen.
- Menetelmäkuvaus PANK-4306 laadittiin ASFADUR-projektin lopussa siten, että jatkossa testinäytteet ja vertailunäytteet halkaistaan samassa vedellä kyllästysasteessa, joka kuitenkin on merkittävästi alle 100 %.

Johtopäätöksiä: Vedenkestävyyden testistandardin muutostarve

- **Voimassa oleva asfalttimassan vedenkestävyyden testausstandardi (SFS-EN 12697-12, menetelmä B) antaa systemaattisesti virheellisen tuloksen asfaltin vedenkestävyydestä.**
- **PERUSTELU:** testinäytteitä ja vertailunäytteitä ei halkaista vertakelpoisella tavalla vedellä kyllästysasteen suhteen ja lisäksi testinäytteet halkaistaan 100 % vedellä kyllästysasteessa, mikä antaa virheellisen tuloksen.
- Vedenkestävyysstandardin perusteella asetetut asfalttimassan **vedenkestävyyden vaatimuserot** ja menetelmällä **saadut tulokset** perustuvat virheelliseen testimenetelmään.
- Vedenkestävyyskokeen **menetelmästandardi tulisi tarkistaa ja korjata** ensi tilassa.

Johtopäätöksiä: Veden ja kuormitusten yhteisvaikutus

- **VTT kehitti Asfadur-projektin aikana uuden laboratoriokoe-menetelmän, jolla voitiin tutkia laboratoriossa asfalttimassan kestävyys veden ja kuormitusten yhteisvaikutusta vastaan.**
- **Kokeet osoittivat lämpötiloissa +5...+20°C ja 1-7 MPa kuormatasoilla, että vettä täynnä oleva asfaltin huokostila tuki asfalttinäytteen kestävyyttä toistuvia, lyhytaikaisia kuormituksia vastaan**
- **Asfalttinäytteen kykyyn kestää veden ja kuormitusten yhteisvaikutuksia vaikuttavat monet vedestä johtuvat, usein erisuuntaiset vaikutukset.**
- **Vettä täynnä olevan huokostila lisää asfaltin lujuutta lyhytaikaisissa puristuskuormituksissa. Pitkäaikainen vesisäilytys ennen kuormitusta voi heikentää asfaltin lujuutta kuormituskokeissa.**

Jatkotoimenpide-ehdotuksia

RYM-SHOK-tutkimusohjelman valmistelu

- kenttätutkimusten avulla todennäköisiä syitä ja syy-yhteyksiä asfaltin purkaantumiselle.
- reikiintymisilmiön mallinnus.

Vedenkestävyyskokeen luotettavuuden parantaminen (kokeellinen tutkimus)

- näytteiden vedelläkyllästysasteen vaikutus vedenkestävyyskoetuloksiin,
- näytteiden vedellä kyllästysasteen tavoitetaso vedenkestävyyskokeessa
- menetelmä vedenkestävyyskokeen näytteiden vedellä kyllästysasteen säätämiseksi tavoitetasolle.
- menetelmän muutoksen vaikutus vedenkestävyysvaatimukseen.

Jäätymis-sulamiskestävyyskokeen luotettavuuden parantaminen

- PANK 4306 menetelmän vaihtoehdoista (A vai B) tulisi selvittää, kumpi soveltuu paremmin asfaltin jäätymis-sulamiskestävyys tutkimiseen.

L o p p u p ä ä t e l m i ä

- **Vettä täynnä oleva huokostila lisää hetkellisesti asfaltin lujuutta** lyhytaikaisissa puristuskuormituksissa
(veden kokoonpuristumattomuuden vuoksi).
- Pitkäaikainen **vesisäilytys ennen kuormitusta voi heikentää** asfaltin lujuutta kuormituskokeissa
(vesisäilytys voi heikentää bitumin ja kiviaineksen välistä tartuntaa)

Näillä kahdella veden erilaisella vaikutuksella ei ole mitään tekemistä keskenään, koska ne perustuvat eri ilmiöihin.

Lisätiedot:

Menetelmäkuvaus PANK 4306: www.pank.fi

ASFADUR- loppuraportti: www.liikennevirasto.fi/julkaisut