



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
TEEDEINSTITUUT

BITUUMENITE *PERFORMANCE GRADE* KLASSIFITSEERIMISE  
SÜSTEEM, VÕRDLUS EURONORMI KATSETEGA JA  
TÄIENDAVAD KATSED *DYNAMIC SHEAR RHEOMETER* -  
SEADME ABIL

PERFORMANCE GRADE BINDER SPECIFICATION, COMPARISON WITH  
EURONORM TESTS AND ADDITIONAL TESTS USING A DYNAMIC SHEAR  
RHEOMETER

**ETT 60 LT**

Üliõpilane: Kristjan Lill

Juhendaja: Prof. Andrus Aavik

Kaasjuhendaja: Karli Kontson

Tallinn 2015

## 4. Kokkuvõte

Lõputöö eesmärgiks oli kirjeldada Ameerika Ühendriikidest SHRP uurimisprogrammiga alguse saanud *Performance Grade* bituumenite klassifitseerimise süsteem ja leida seoseid PG ja Euronormi katsete vahel. Lisaks tuli sooritada täiendavaid katseid *Dynamic Shear Rheometer* - seadmega ja saadud tulemusi analüüsida.

Töö esimene osa käsitles *Performance Grade* süsteemi. Selgitati, millistel põhjustel otsustati USA-s leida uus alternatiiv penetratsiooni või viskoossuse alusel bituumeni klassifitseerimisele. Kirjeldati kõiki katseid, mis on vajalikud bituumenile PG klassi andmiseks või PG klassi kontrollimiseks. Need katsed on jagatud kolme gruppi:

1. bituumeni üldiste omaduste katsetamine
2. füüsikaliste omaduste katsetamine
3. vananemist näitavad katsed.

Esimesse grupi katsetega määratakse:

- Viskoossus
- Lahustuvus
- Massimuutus
- Leektäpp

Teise grupi katsetega määratakse bituumenile maksimaalne ja minimaalne teekatte temperatuur, mille juures ta tõrgeteta toimida suudab. Kolmanda grupi katsed on toetuseks teisele grupile, sest *Performance Grade* süsteemi üheks suurimaks plussiks on, et bituumeneid ei kontrollita ainult lähtebituumenitena. Neid vanandatakse laboratoorselt, et saavutada omadused, mis omandatakse asfaltbetooni tootmise või pikaaegse eksploatatsiooni käigus tee peal.

Lõputöö teine osa keskendus seoste leidmisele Euronormi ja PG süsteemi katsete vahel. Selleks uuriti seitsme modifitseerimata bituumeni EN ja PG katsetulemusi, mis saadi vastavalt Teede Tehnokeskus AS-lt ja UW-MARC-lt. Vaatluse alla võeti mõlema süsteemi kaks katset, üks mis iseloomustab kõrgel temperatuuril toimimist ja teine, mis iseloomustab madal temperatuuril toimimist. Seega Euronormi kohased katsed

olid pehmenemistäpp ja murdumistäpp ning PG poolelt olid DSR ja BBR katsed. Võrreldi pehmenemistäppi DSR-i kõrge temperatuuri määramise katsega ja murdumistäppi BBR katsega. Tulemuseks saadi, et nende katsete vahel on üsnagi tugev seos, kuigi esines ka mõningaid kõrvalekaldeid. Lisaks eelnevale vaadeldi mõlema süsteemi järgi bituumentele antud markide erinevust. Viis bituument, mis kuulusid penetratsiooni järgi 70/100 klassi, olid PG järgi jaotatud nelja erineva klassi vahel. Kuigi EN ja PG katsete vahel oli seos olemas, siis nende vahele jääb põhimõtteline erinevus: Euronormi katsed on empiirilised ja *Performance Grade* katsed mõõdavad füüsikalisi suurusid. Samal ajal kui PG tulemused annavad teekatte maksimaalse ja minimaalse temperatuuri, milleni bituumentist põhjustatud defekte ei teki, siis EN tulemused on empiirilised ehk nende järgi saab hinnata, milline bituument on parem ja milline kehvem, aga otsest seost ekspluatatsioonis toimuvaga ei ole. Kindlasti tuleb tulevikus uurida seoseid mõlema süsteemi vahel kasutades modifitseeritud bituumentideid, sest on võimalik, et praegune hea seos võib kaduda.

Lõputöö kolmandas ja ühtlasi ka kõige mahukamas osas sooritati Eestis esmakordselt DSR seadmega katseid bituumentidel. Sooritati kahte tüüpi katseid:

1. Reoloogia uurimine temperatuurivahemikus  $-6^{\circ}\text{C}$  kuni  $+72^{\circ}\text{C}$
2. Väsimuskindluse hindamine madalatel temperatuuridel

Neist esimese puhul mõõdeti 14-l erineval temperatuuril ( $-6^{\circ}\text{C}$  kuni  $+72^{\circ}\text{C}$  6 kraadise intervalliga) bituumentide kompleks-, elastus- ja kaomoodulit ning summutustegurit. Saadud tulemuste alusel analüüsiti bituumentide omavahel. Sellest katsest avaldus, et asfaltbetooni jaoks parimaid omadusi omas bituument E. See oli kõrgetel temperatuuridel jäigem ehk on kindlam roobaste tekke vastu ja madalatel temperatuuridel oli pehmem ehk temperatuuripragunemisele vähem vastuvõtlik. Kuna antud katse on alles väga noor, siis ei ole veel mingite nõueteini jõutud. Seetõttu saabki bituumentide hetkel ainult võrrelda omavahel. Ka selle katse tulemused olid väga huvitavad, mistõttu tasuks uurimist jätkata. Võib olla, et selle katse abil tulevikus ennustada bituumentide käitumist tee peal.

Bituumentide väsimuskindlust prooviti esialgu hinnata *Time Sweep* katse abil, aga kogenematusel ei suudetud ka väga pika katse puhul bituumentis purunemist esile kutsuda. Kuna *Time Sweep* ei ole ka üle maailma enam väga levinud, siis otsustatigi

sellest loobuda ja kasutada hoopis *Linear Amplitude Sweep* katset. LAS näol on tegemist kiirendatud väsimuskindlust uuriva katsega. Bituumeni purunemine kutsutakse kiiremini esile lineaarselt tõusva amplituudiga suhtelise deformatsiooni rakendamise abil. Antud lõputöö raames sooritati see katse modifitseeritud parameetritega, sest soovitud oli väsimuskindlust hinnata 0°C ümber, mitte nagu originaalkatse puhul PG keskmise temperatuuri juures. Väsimuskindluse puhul oli samuti bituumen E teistest tunduvalt vastupidavam. Kõige kehvemaid tulemusi näitasid mõlemad 160/220 bituumenid ja 70/100 bituumenitest B. Lisaks selgus sellest katsest, et ei ole vahet, kas sooritada katse PG keskmise temperatuuri juures või 0°C ümber. Järjestus vastavalt väsimuskindlusele peaaegu ei muutu. Kindlasti tuleb uurida seda katset edasi, et leida seoseid tulemuste ja ekspluatatsioonis tekkinud bituumeni väsimisega seostatud defektidega. Väsimuskindluse edasine uurimine on eriti oluline, sest hetkel kehtivate EN katsetega ei uurita üldse bituumenite väsimust kuigi see on tõsine probleem.

Selle lõputöö raames analüüsitud katsetest selgus, et Euronormi ja *Performance Grade*'i kõrge ja madala temperatuuri katsete vahel on tugev seos, seega saab mõlemaga hästi hinnata bituumeni omadusi. Madala temperatuuri katsete juures on EN puhul puudu pinge leevenemist kirjeldav parameeter, mida PG puhul kirjeldab *m-value*. Teiseks on EN kui ka PG süsteemis probleem bituumeni väsimuskindluse hindamisega, sest EN katsetes seda ei hinnatagi ja PG keskmisel temperatuuril määratav DSR ei kirjelda väsimust piisavalt hästi. Seega tulekski edaspidi põhiline rõhk bituumenite uurimisel panustada väsimuskindluse katsete leidmisele. Kuna selle lõputöö raames uuriti ainult modifitseerimata bituumeneid, siis saab järeldada, et modifitseerimata bituumenite korral EN ja PG katsetulemused on hästi võrreldavad. Samas tasub jätkata bituumeni uurimist kasutades PG-st pärinevat DSR seadet, sest sellel on tohutu hulk võimalusi ja sellega on kindlasti võimalik leida sobivad katsed, mille abil tulevikus hinnata asfaltbetooni vastupidavust jäävdeformatsioonidele ning väsimus- ja temperatuuripragunemisele.

## Summary

### PERFORMANCE GRADE BINDER SPECIFICATION, COMPARISON WITH EURONORM TESTS AND ADDITIONAL TESTS USING A DYNAMIC SHEAR RHEOMETER

Kristjan Lill

The aim of this thesis is to give an overview of Performance Grade binder specification. Then compare Euronorm test results with PG results, based on seven neat binders tested both according to Performance Grade and Euronorm standards. In the last part two additional tests were done using a Dynamic Shear Rheometer.

In the first chapter of this work it is explained why the research for a new binder specification was needed to replace the penetration and viscosity grading. Also an overview of which tests are done in PG grading and how the tests are conducted is given. The importance of using aging procedures before some of the tests is explained.

In the second chapter of this thesis the result of EN and PG results of seven neat binders were compared. First it was shown that the grades given by the two systems are different. The five penetration graded 70/100 binders that were tested belonged to four different PG grades. In addition to this test for evaluating performance at high and low temperatures were compared. The high temperature tests were Ring & Ball softening point from EN and DSR from PG. Low temperature tests were Fraass breaking point and BBR. It turned out that both the high and low temperature tests had a strong relation with each other. But still the Euronorm tests are completely empirical, whereas the PG grades actually give you the maximum and minimum pavement temperatures, where no defects due to binder should occur. Also in this thesis only neat binders were used in the comparison. It is probable that these good relations are lost using binders with different modifications.

The third and largest part of this thesis was about the additional tests conducted on binders using a Dynamic Shear Rheometer. Two different tests were done:

1. Binder rheology characterization in the temperature range of  $-6^{\circ}\text{C}$  until  $+72^{\circ}\text{C}$
2. Binder fatigue resistance at low temperatures

In the first of these two the complex, storage and loss modulus for all seven binders were measured at 14 different temperatures ( $-6^{\circ}\text{C}$  until  $+72^{\circ}\text{C}$  in 6 degree steps). Also the damping factor was determined. As this is still a new way of evaluating binders, there are no certain requirements for the results. But the test in itself gives very interesting results and this is the reason why further research should be done concerning this test.

The fatigue of binders was tried to evaluate at the temperature range of  $-5^{\circ}\text{C}$  until  $+5^{\circ}\text{C}$  with the Time Sweep test. But due to inexperience no fatigue was achieved even after several hours. Therefore it was decided to use the Linear Amplitude Sweep test. The low testing temperature caused a problem. The binder was too stiff and broke right at the beginning of the test. This is why the test was conducted with slightly modified specifications. It turned out that it does not matter if you conduct the test at PG intermediate temperature or around  $0^{\circ}\text{C}$ . The order, which binder has the highest fatigue resistance and which the lowest, stays very similar. Also this test should be further investigated if it is suitable for measuring fatigue resistance or not.