



TAL TECH

SOOJADE ASFALTSEGUDE TOOTMINE TEHASES KEEMILISEL MEETODIL

Aruanne

11.2023

Tellija – Tref Nord AS

Eksperdid

- Karli Kontson
- Kristjan Lill

Tallinna Tehnikaülikool

Telefon: 620 2002

E-post: info@taltech.ee

Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn

SISUKORD

Sisukord	3
Sissejuhatus	4
Uuringu eesmärk	5
Andmed	6
Õhutemperatuur ja sademed	6
Tootmistemperatuurid	6
Tehase kütusekulu	8
Segude tihendatavus	9
Segude terakoostis ja sideaine sisaldus	11
Sideaine omadused	12
Paigaldatud katte poorsus ja tihendustegur	16
Kokkuvõte	18

SISSEJUHATUS

Soojade asfaltsegude tehnoloogia võimaldab asfaltseguid toota tavapärastest tootmistemperatuuridest madalamatel temperatuuridel. Lisaks tootmistemperatuuride langetamisele saab langetada ka paigaldustemperatuure. See omakorda võimaldab pikendada asfaltsegu transpordi veomaad tehast objektile või pikendada paigaldushooaega.

Tavaliselt jäävad soojade asfaltsegude tootmistemperatuurid 10 kuni 40 kraadi madalamaks võrreldes tavapäraste tootmistemperatuuridega. Temperatuuride alandamisega väheneb nii vajamineva energia (kütuse) hulk kui ka kasvuhoonegaaside emissioon. Maailmapank on arvutanud, et iga 10°C tootmistemperatuuride langetus vähendab vedelkütuse kulu 1 kg võrra ühe tonni toodetud asfaltsegu kohta.

Tootmistemperatuure saab langetada sisuliselt kolmel erineval meetodil: parafiinsetel vahadel põhinevate lisanditega, keemiliste lisanditega ja vahustamistehnoloogiaga. Nii parafiinsetel vahadel põhinevad lisandid kui ka vahustamistehnoloogia kasutamise tulemusena väheneb segusse lisatava bituumeni viskoossus. Selle tulemusena on täitematerjalide bituumeniga katmine hõlpsam. Keemilised lisandid põhinevad peamiselt pindaktiivsetel ainetel, millega vähendatakse bituumeni pindpinevust täitematerjalide pinnal, mistõttu paraneb täitematerjalide bituumeniga kaetus. Käesoleva uuringu raames toodeti AC 16 surf 70/100 asfaltseguid koos ja ilma keemilise lisandiga Rediset LQ-900.

Soojade asfaltsegude tootmise üheks kitsaskohaks on täitematerjalide niiskus. Kui täitematerjalid on liiga niisked, siis ei pruugi need madalamatel tootmistemperatuuridel täielikult ära kuivada. Käesoleva uuringu raames juhtus, et tootmisele eelnenud nädalatel tuli ette suurel hulgal sademeid, mistõttu olid lähtematerjalid tootmise hetkel niisked. Esimeste seguritäite soojade asfaltsegudega ilmnedid probleemid täitematerjalide bituumeniga kaetuse osas, mis viitas täitematerjali mittetäielikule kuivamisele ning seetõttu otsustati tootmistemperatuure vähendada algsest kokkulepitust vähem.

Tehase kütusekulu andmed näitasid, et temperatuuride alandamisega on potentsiaalne kütusekulu sääst võrreldes tavapäraste tootmistemperatuuridega 8,3 kuni 13,3%. Uuringus käsitletud segudega tehtud katsete tulemused viitavad, et soojade segude tootmine keemilise lisandiga ei olnud niivõrd efektiivne, kui vahustamismeetodiga tehtud pilootobjektil riigimaanteel nr 43 km 0,0 kuni 5,4 Aovere – Kallaste – Omedu lõigul. Tihendatavuse katsete tulemused näitasid üheselt, et antud segu korral vähenes segu tihendatavus (töödeldavus) tootmistemperatuuride langetamisega. Seevastu maaradariga pidevmeetodil hinnatud katte poorsus ja tihendutegur vastasid täielikult nõuetele.

UURINGU EESMÄRK

Transpordiameti pilootprojekti eesmärgiks oli võrrelda kuumalt ja soojalt toodetud AC 16 surf 70/100 asfaltsegu omadusi riigimaanteel nr 11240 Tõdva – Hageri km 9,5-14,8 Aespa-Hageri lõigu rekonstrueerimise objektil. Uuringu fookus oli suunatud eelkõige tehasest võetud seguproovide katsetamisele ja nende tulemuste võrdlemisele, kuid lisaks vaadeldi ka paigaldatud katte kvaliteeti (poorsus ja tihendustegur).

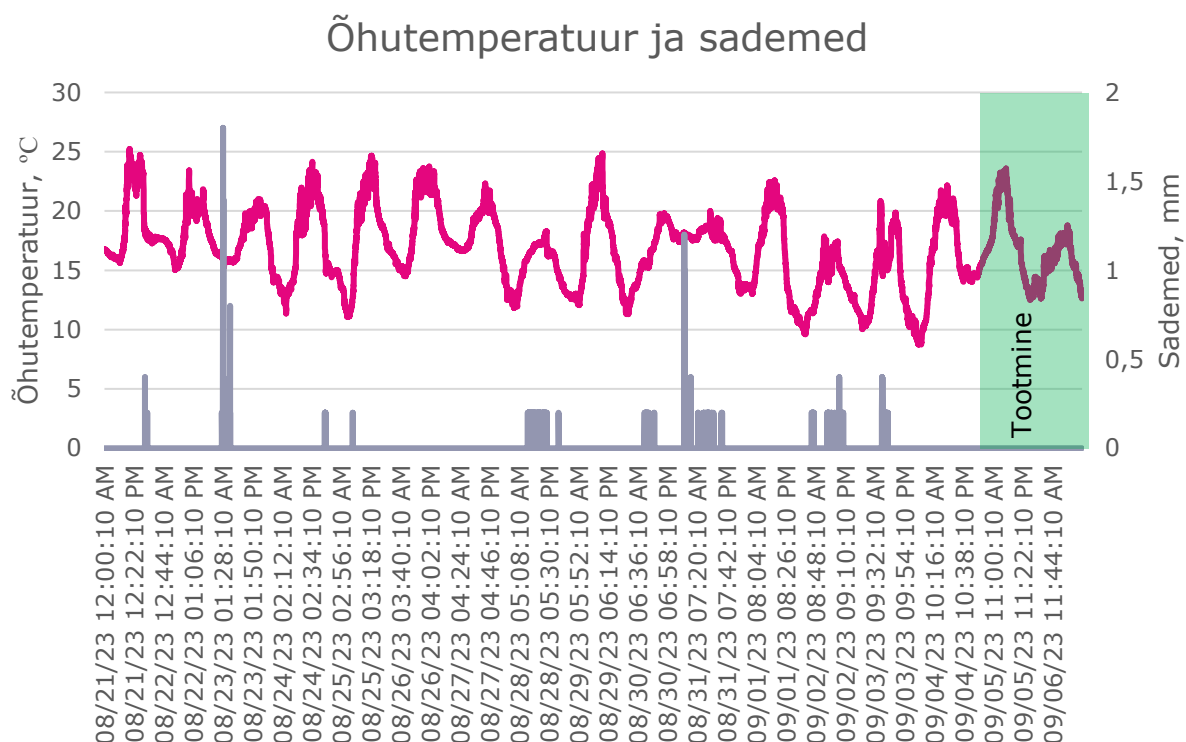
Tõdva – Hageri objektil teostati lisaks tavapärasele kuumale asfaltsegule ka soojade asfaltsegude tootmine keemilisel meetodil. Objekt jaotati alljärgnevalt erinevateks lõikudeks, kus kasutati kuumalt või soojalt toodetud segusid:

- lõikudel km 9,5-10,0 ja km 12,5-14,8 paigaldati kuumalt toodetavat segu
- lõigul km 10,00-km 12,5 paigaldati keemilisel meetodilt toodetud sooja asfaltsegu.

Nii kuumalt kui soojalt toodetud segud toodeti Tref Nord AS-i Vao asfalditehases.

ÕHUTEMPERatuur JA SADEMED

Asfalditehase kõrvale paigaldati andmelugejaga teistsaldatav ilmajaam, mis salvestas õhutemperatuuri ja sademete hulka minutilise ajaintervalliga. Ilmaandmeid hakati registreerima 13. juulist ning lõpetati 6. septembri südaööl. Käesolevas aruandes on kajastatud andmed vahemikus 21. august keskpäevast kuni 6. septembri südaööni. Sellel ajavahemikul oli summaarseks sademete hulgaks 69,8 mm. Soojasid asfaltsegu toodeti 05.09 ja 06.09.

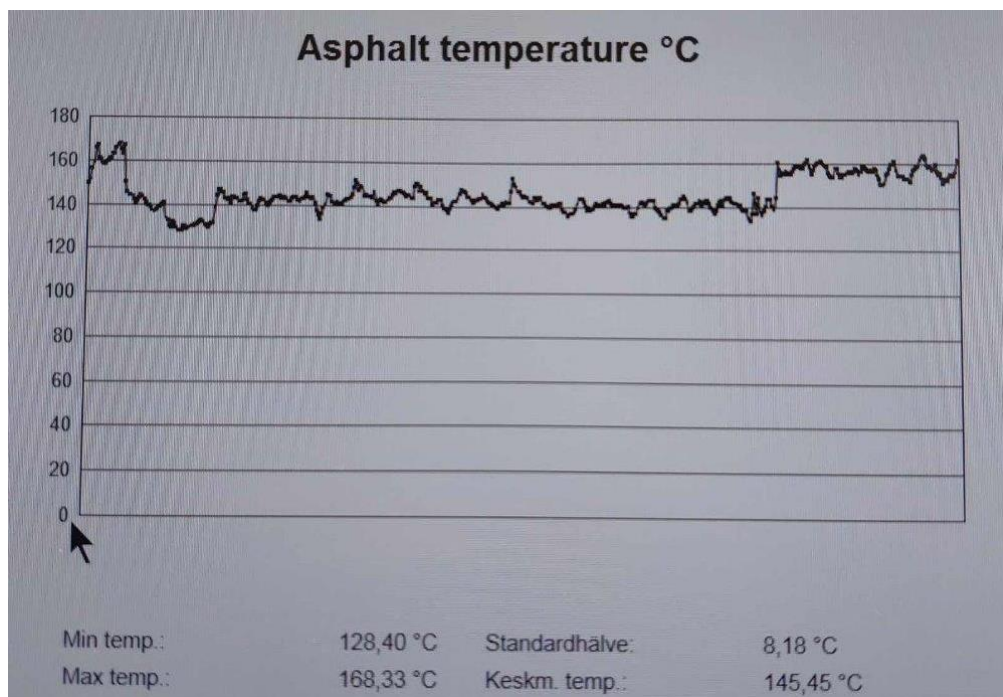


Joonis 1. Õhutemperatuur ja sademete hulk tehase juures ajavahemikul 21.08 kuni 06.09.2023. Rohelisega märgitud ala sisaldab tootmispäevi 05.09 ja 06.09.

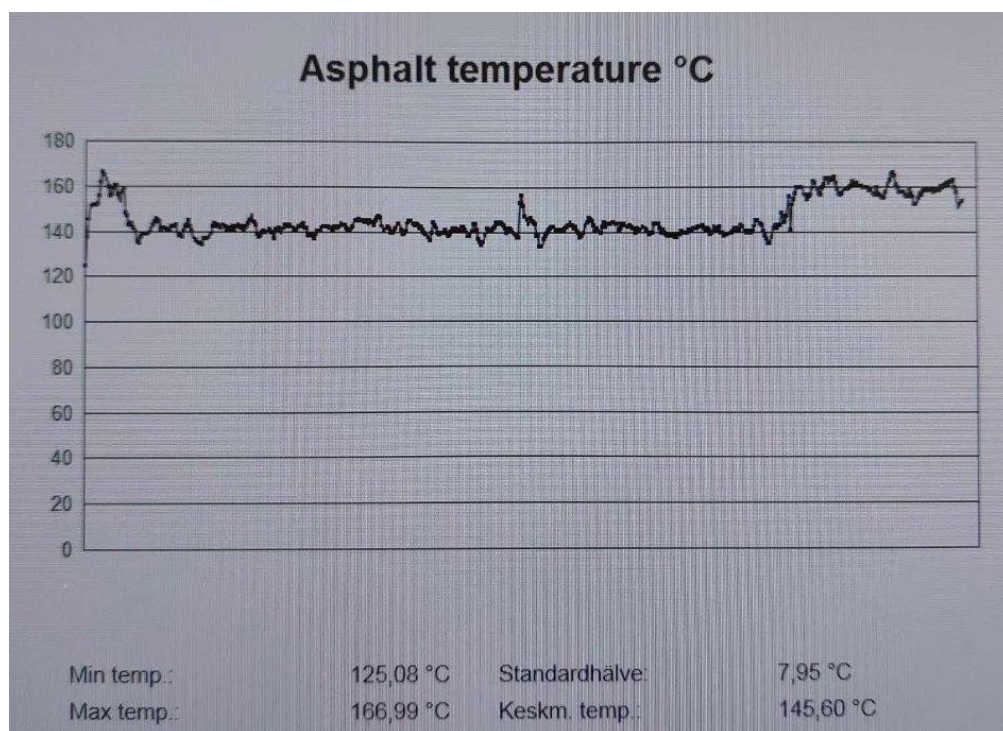
TOOTMISTEMPERatuurID

Joonistel 2 ja 3 on välja toodud tehase poolt päeva jooksul registreeritud ja väljastatud tootmistemperatuurid. Mõlemal päeval algas tootmine kuumas asfaltsegu tootmisega, misjärel mindi üle sooja asfaltsegu tootmisele. Joonisel 2 on näha esialgset tootmistemperatuuri langetamist alla 130 kraadi, kuid mille tulemusena tekkisid probleemid asfaltsegu täitematerjalide bituumeniga kaetuse osas (joonis 4). Laboratoorselt määrati ka segu lähtematerjalide kaalutud keskmine niiskusesisaldus ning tulemuseks saadi 2,5%.

Et vältida ebakvaliteetse segu tarnimist objektile, tõsteti tootmistemperatuurid ca 140 kraadi juurde, misjärel probleem kadus. Seda temperatuuri kasutati ka 06.09 toodetud soojade segude korral.



Joonis 2. Tehase poolt registreeritud tootmistemperatuurid 05.09 päeva jooksul.



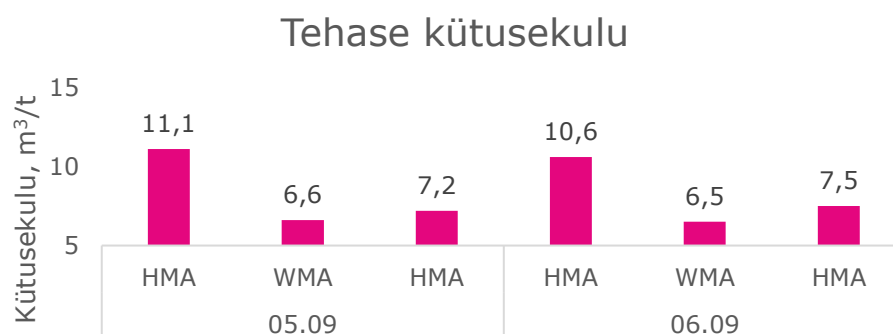
Joonis 3. Tehase poolt registreeritud tootmistemperatuurid 06.09 päeva jooksul.



Joonis 4. Esimene WMA kogus veoki kastis. Üksikute terade puhul oli märgata, et bituumen ei olnud täitematerjali täielikult katnud.

TEHASE KÜTUSEKULU

Antud uuringus kajastatud asfaltsegude tootmistehas kasutas uuringu segude tootmiseks maagaasi. Tehase keskmine kütusekulu ühe toodetud asfaltsegu tonni kohta arvutati tootmiseks kulunud gaasikoguste ja toodetud segukoguste järgi. Maagaasi kulu registreeriti läbi taadeldud kulumõõtja. Keskmised arvutuslikud kütusekulud on esitatud joonisel 4.



Joonis 5. Tehase keskmine kütusekulu ühe tonni toodetud asfaltsegu kohta

Joonisel 5 on kütusekulu antud ajalisel järjestuses. Kõige kõrgemad kütusekulud on päeva esimeste kuumade asfaltsegude tootmise kohta. Tavapärasest märkimisväärselt suurem kulu on selgitatav tehase käivitamisega. Sooja segu toodeti päeva keskel. Päeva lõpus viidi tootmine jälle kuuma asfaltsegu tootmistemperatuuridele. Et saada täpsem ülevaade tootmistemperatuuri

langetamise mõjust kütusekulule, tuleb võrrelda päeva keskel toodetud soojade asfaltsegude ja päeva lõpus toodetud kuumade asfaltsegude kütusekulu. Temperatuuri alandamisest tingitud kütusekulu vähenes 05. septembril 0,6 m³/t võrra ja 06. septembril 1,0 m³/t võrra. **Antud juhul on ca 10-15 kraadine temperatuuri alandamine säästnud kütusekulu vastavalt 8,3% ja 13,3%.**

SEGUDE TIHENDATAVUS

Segude tihendatavust katsetati vastavalt standardile EVS-EN 12697-10. Tihendatavuse hindamiseks valiti standardis kirjeldatud katseprotseduur 6.1.1, mis näeb ette eri proovikehade valmistamise Marshalli lööktihendajaga iga tihendamisenergia taseme jaoks ning tiheduse suurenemise registreerimise.

Uuringusse kaasati kolm kuumalt ja kolm soojalt toodetud asfaltsegu proovi. Kõik käesolevas aruandes kirjeldatud proovid võeti 05. septembril. Proovide võtmise kellaajad ja tootmistemperatuurid on esitatud tabelis 1.

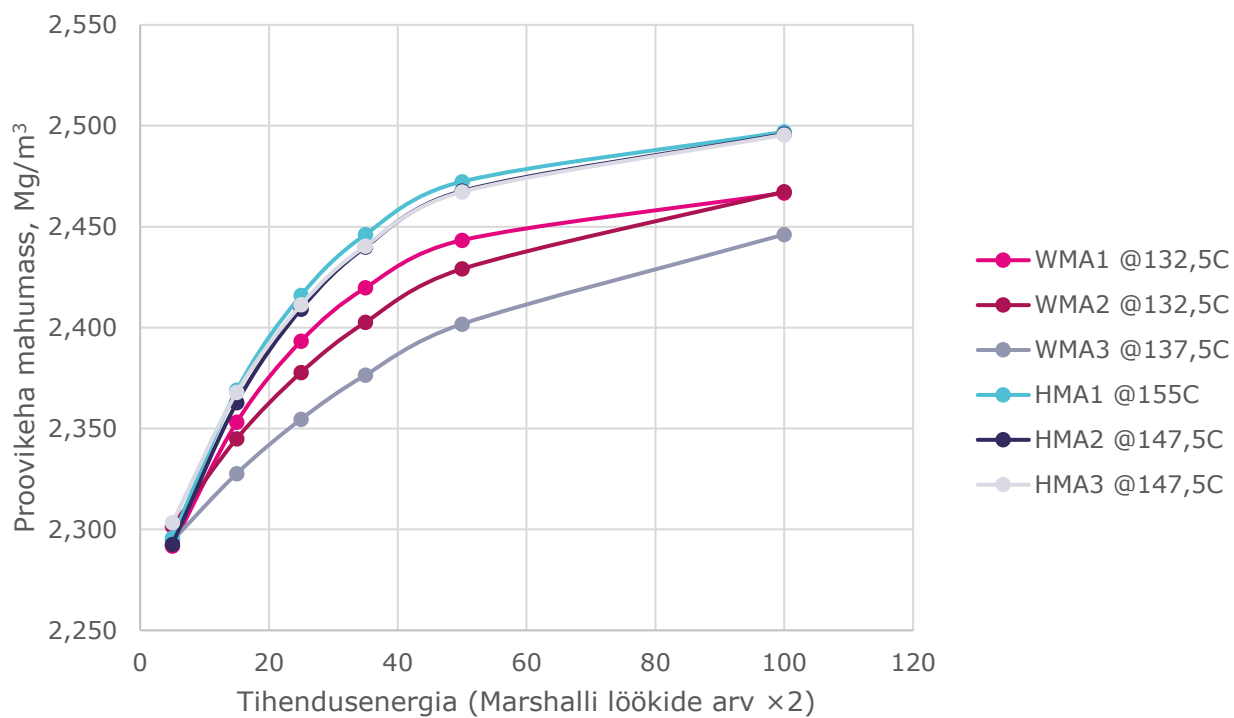
Segu	Proovivõtu kellaeg	Tootmistemperatuur, °C
HMA 1	07:35	165,0
WMA 1	09:00	132,5
WMA 2	10:25	132,5
WMA 3	13:55	137,5
HMA 2	17:40	147,5
HMA 3	18:45	147,5

Tabel 1. Kuuma ja sooja asfaltsegu proovivõtu kellaajad ja tootmistemperatuurid

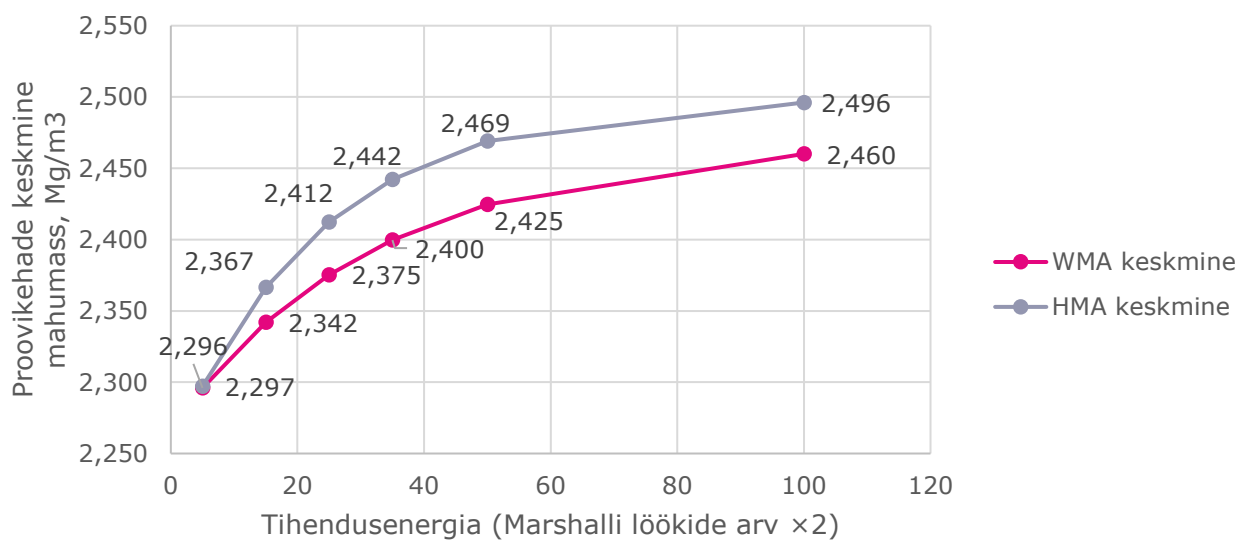
Kõik proovid võeti veoki kastidest. Segude temperatuurid registreeriti kontakttermomeetriga veoki kastis. Võetud seguproovid asetati tootmistemperatuurist 10°C madalamale eelsoojendatud laboriahju, kus neid hoiti 45 minutit. Tihendatavuse katseks vajalikud proovikehad valmistati asfalditehase juures oleva Marshalli tihendajaga.

Segude tihendatavuse katseandmete kokkuvõtte on esitatud joonisel 6. Soojade ja kuumade asfaltsegude keskmistatud tulemused on esitatud joonisel 7. Joonisel 8 on keskmistatud mahumasside põhjal arvutatud segu poorsused.

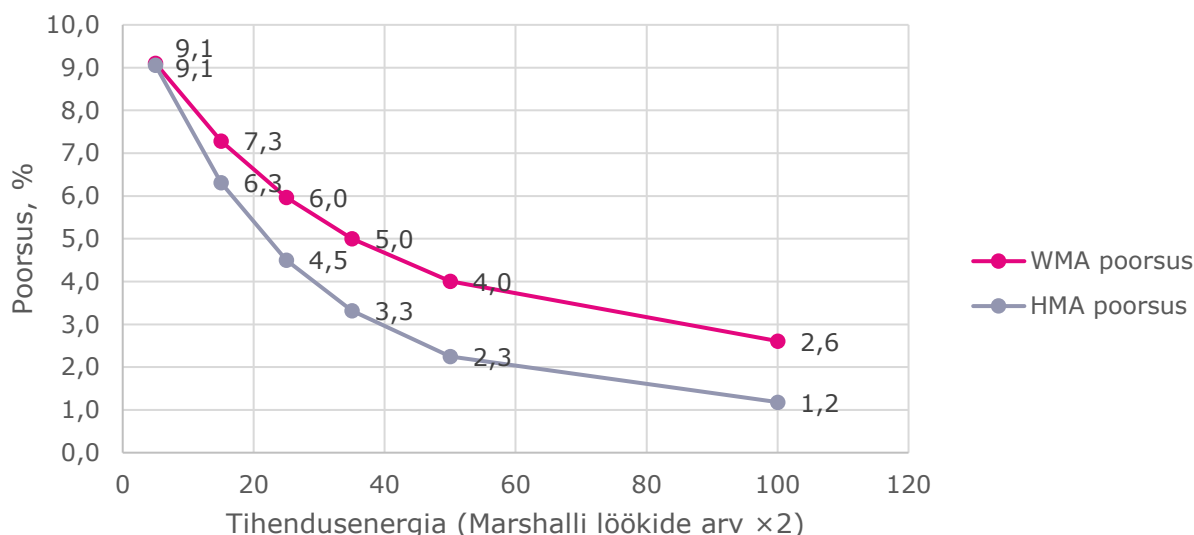
Tulemustest on näha, et tootmis- ja tihendamistemperatuuri alandamine on vähendanud ka segude tihendatavust (töödeldavust).



Joonis 6. Tihendatavuse katseandmed.



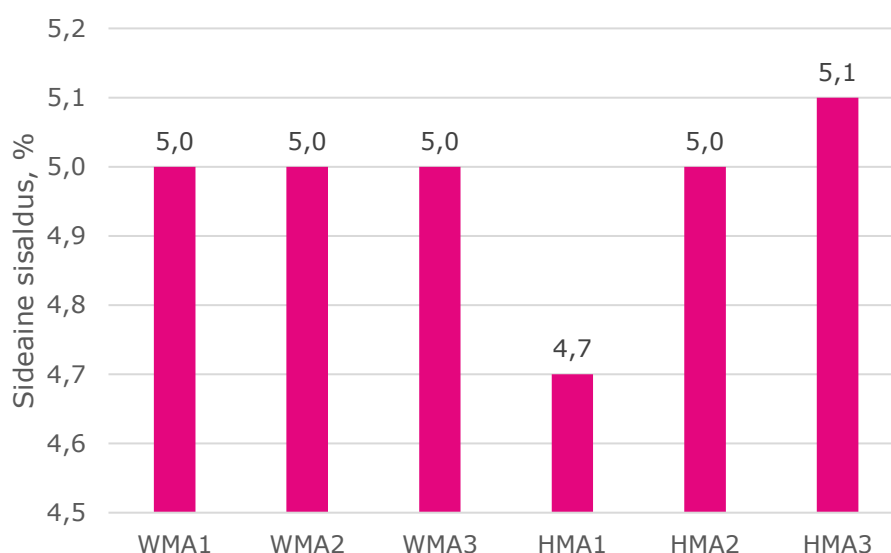
Joonis 7. Tihendatavuse keskmistatud katseandmed.



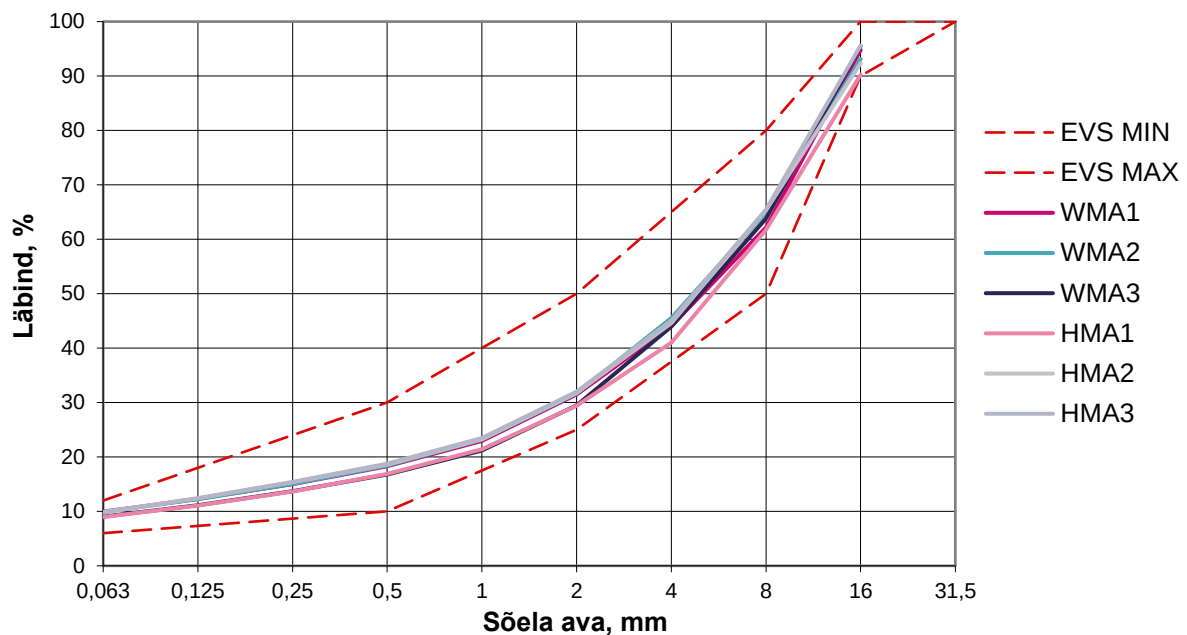
Joonis 8. Poorsus keskmistatud mahumasside põhjal

SEGUDE TERAKOOSTIS JA SIDEAINE SISALDUS

Igale uuringusse kaasatud asfaltsegu proovile määrati segu lahustuva sideaine sisaldus ja terastikuline koostis vastavalt standarditele EVS-EN 12697-1 ja -2. Lahustuva sideaine sisaldus on jäänud $\pm 0,3\%$ piiridesse (Joonis 9). Uuringusse kaasatud segude terastikulised koostised on kirjeldatud joonisel 10. Sideaine sisalduse ja terakoostise tulemusi kokkuvõtvalt hinnates saab öelda, et need on piisavalt sarnased, et võimaldada võrdleva analüüsi teostamist.



Joonis 9. Uuringusse kaasatud segude sideaine sisalduse katsetulemused.



Joonis 10. Uuringusse kaasatud segude terastikulised koostised.

SIDEAINE OMADUSED

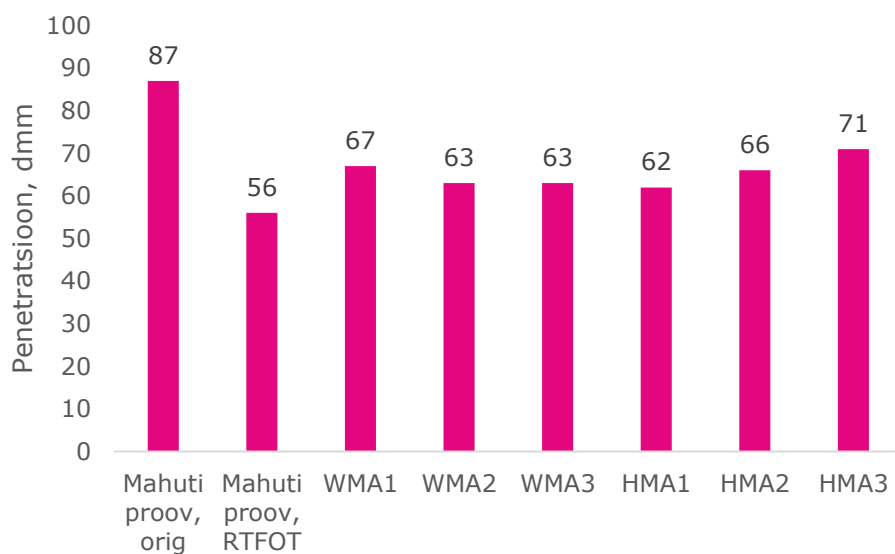
Uuringu raames võeti üks bituumeni proov tehase bituumenimahutist ning igast uuringusse kaasatud asfaltsegu proovist eraldati bituumen standardi EVS-EN 12697-3 järgi. Bituumeni proovidele määrati:

- penetratsioon (EVS-EN 1426);
- pehmenemistäpp (EVS-EN 1427);
- kompleksmoodul pärast lühiajalist RTFOT vanandamist (EVS-EN 12607-1 ja EVS-EN 14770);
- paindejäikus pärast 1 ja 72 tundi konditsioneerimist pärast lühi- ja pikaajalist RTFOT ja PAV vanandamist (EVS-EN 12607-1, EVS-EN 14769 ja EVS-EN 14771).

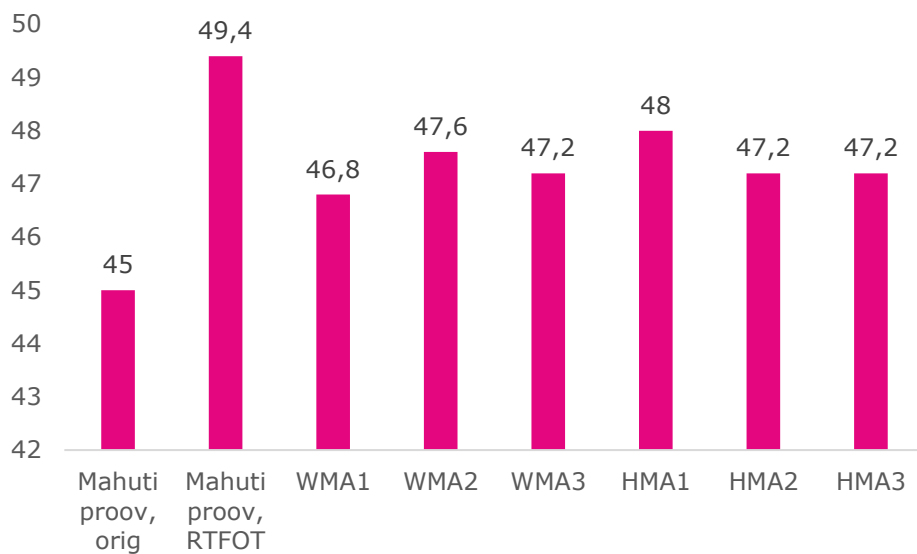
Kompleksmooduli ja paindejäikuse katseid on Eesti keeles täpsemalt kirjeldatud Tallinna Tehnikaülikooli ja Maanteeameti 2015. a avaldatud uuringu „Uued viisid bituumensideainete kvaliteediomaduste määramiseks ja võimalused nende rakendamiseks, pidades silmas konkreetsele objektile vastavaid kriteeriume sideaine eeldatavast elueast ja kasutuskohast lähtuvalt“ lk 35 (kompleksmooduli katse) ja lk 37 (paindejäikuse katse). Lühidalt iseloomustades saadakse kompleksmooduli katsega teada kriitiline temperatuur, mille juures bituumen on veel võimeline osutama vastupanu jäävdeformatsioonide tekkele suvistel, kõrgetel teekatte temperatuuridel. Paindejäikuse katsega saadakse teada kriitiline temperatuur, mille juures bituumen on võimeline leevendama talvistel, madalatel teekatte temperatuuridel tekkivaid tõmbepingeid.

Bituumenite katsete tulemused on esitatud alljärgnevatel joonistel. Tulemustest nähtub, et soojalt toodetud segudes on bituumeni omadused vähesel määral paremini säilinud kui kuumalt toodetud segudes. Sellele viitavad nii kompleksmooduli katsete keskmiste tulemuste võrdus

(60,2 vs 60,6°C) kui ka paindejäikuse katsega määratud keskmiste jäikuste tulemuste võrdlus (-25,6 vs -24,4°C).



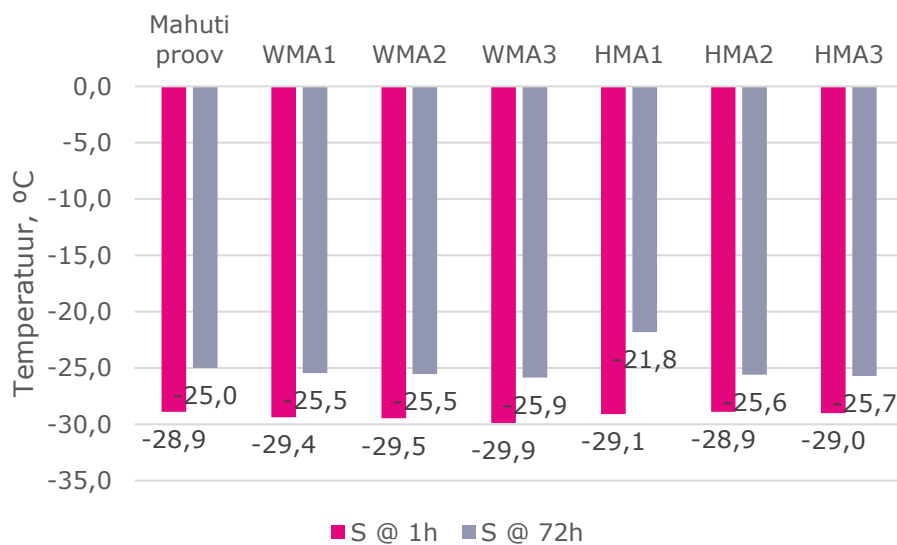
Joonis 11. Tehase mahutist võetud sideaine penetratsioon enne ja pärast RTFOT-i ning uuringu segudest eraldatud sideainete penetratsioonid.



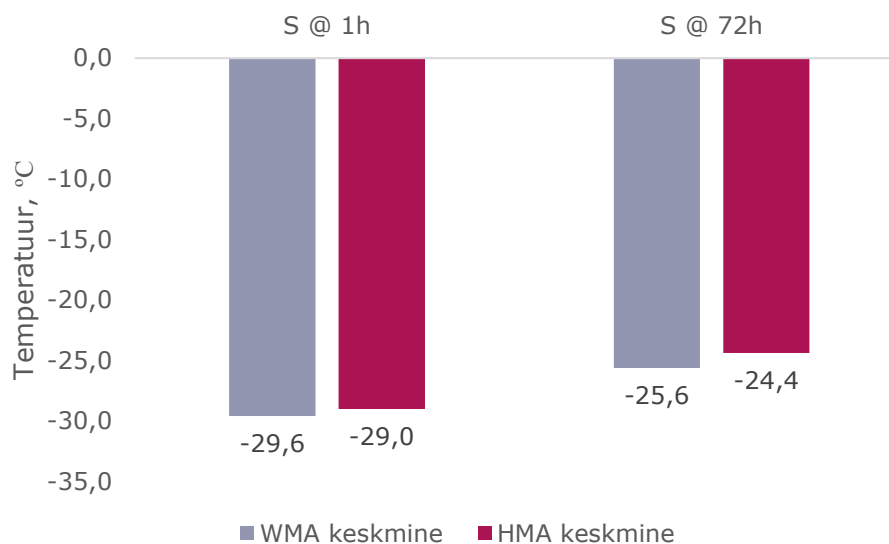
Joonis 12. Tehase mahutist võetud sideaine pehmenemistäpp enne ja pärast RTFOT-i ning uuringu segudest eraldatud sideainete pehmenemistäpid.



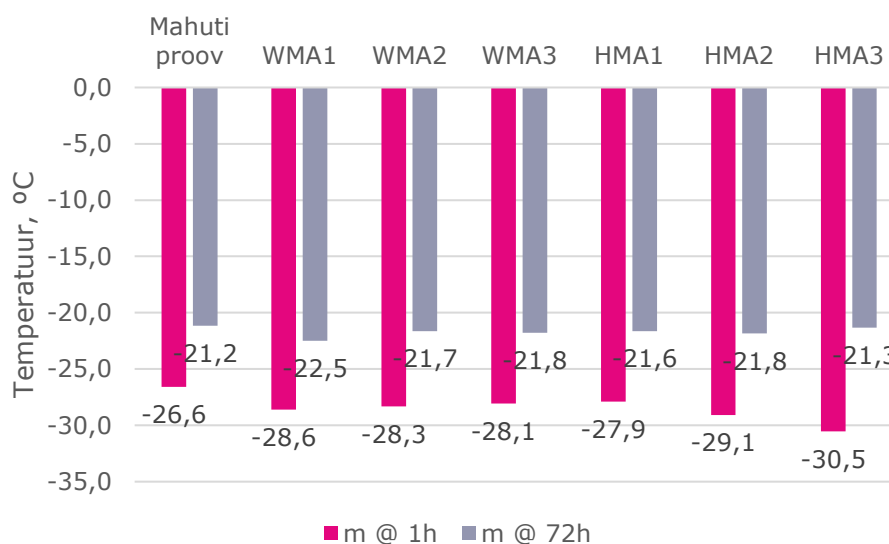
Joonis 13. Tehase mahutist võetud sideaine ja segudest eraldatud sideainete temperatuur, mille juures kompleksmooduli ja faasinurga suhe võrdub 2,2 kPa.



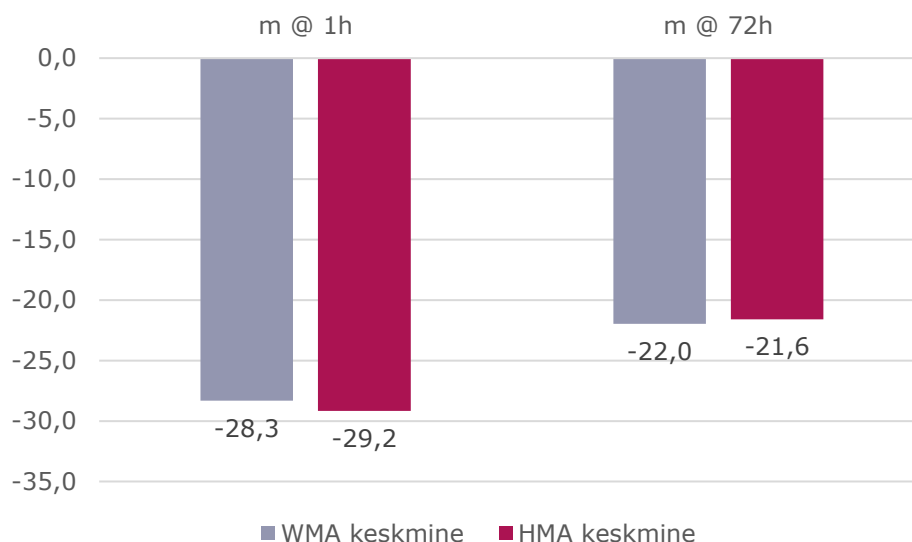
Joonis 14. Temperatuur, mille juures bituumeni jäikus $S=300$ MPa. Joonisel on nii 1 kui ka 72 tundi konditsioneeritud sideainete tulemused.



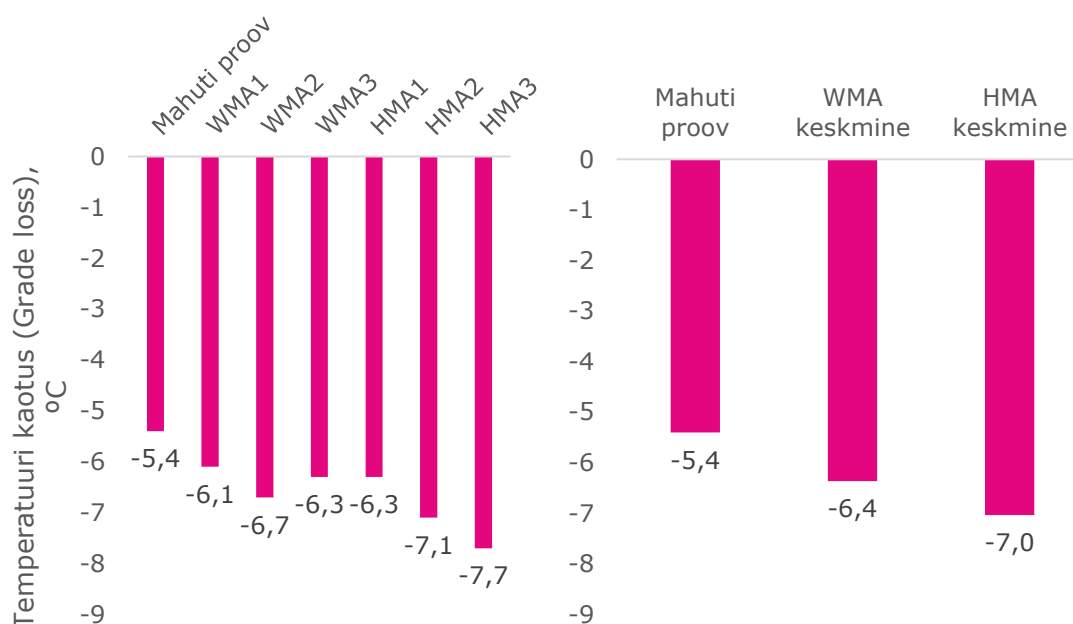
Joonis 15. Keskmistatud temperatuurid ($S=300$ MPa).



Joonis 16. Temperatuur, mille juures bituumeni roomekiirus $m=0,3$. Joonisel on nii 1 kui ka 72 tundi konditsioneeritud sideainete tulemused.



Joonis 17. Keskmistatud temperatuurid (m=0,300).

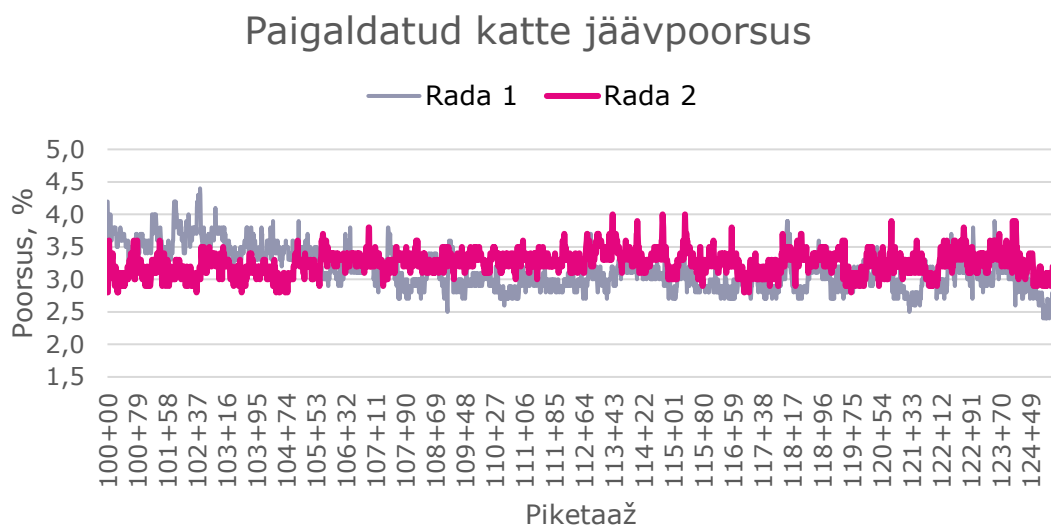


Joonis 18. Temperatuuri kaotus pärast 72 tundi sideaine konditsioneerimist.

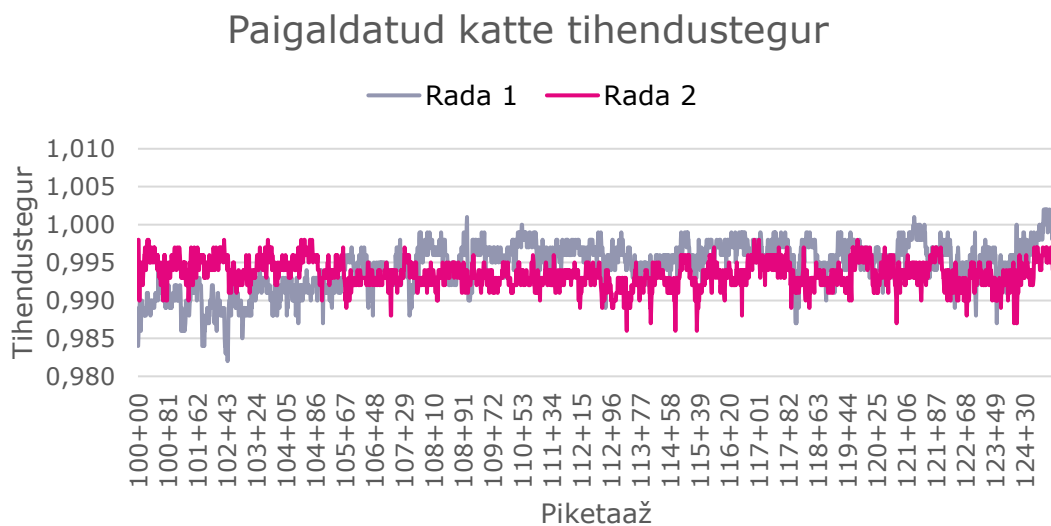
PAIGALDATUD KATTE POORSUS JA TIHENDUSTEGUR

Paigaldatud katte poorsust hinnati maaradariga. Mõõtmisandmed on kirjeldatud Teede Tehnokeskuse AS 13.10.2023 radarmõõtmise protokollis. Jäävpoorsuse tulemused on esitatud joonisel 19. Tihendusteguri tulemused on esitatud joonisel 20.

Kokkuvõtvalt saab öelda, et kuigi temperatuuri alandamine vähendas AC 16 surf 70/100 segu tihendatavust, on paigaldatud katte jäävpoorsus ja tihendustegur jäänud täielikult nõuete piiridesse. Sõiduradade 1 ja 2 katte keskmised jäävpoorsused olid pärast paigaldamist vastavalt 3,1 ja 3,3% ning tihendustegurid vastavalt 0,995 ja 0,994.



Joonis 19. Maaradariga määratud paigaldatud katte jäävpoorsus.



Joonis 20. Maaradariga määratud paigaldatud katte tihendustegur.

KOKKUVÕTE

Käesoleva uuringu raames teostati AC 16 surf 70/100 tüüpi asfaltsegu tootmine nii kuuma kui ka sooja tootmistehnoloogiaga. Uuringus kajastatud asfaltsegud toodeti Tref Nord AS-i Vao asfalditehases 05.09.2023. Tootmisele eelnenud nädalatel esines sademeid, mille tulemusena ilmnis esimeste soojade segude seguritäitega, et täitematerjale ei õnnestunud täielikult kuivaks saada. Seetõttu otsustati tootmistemperatuure vähendada kokkulepitust vähemal määral. Lõplik temperatuuri alandamine jäi 10-15°C piiridesse.

Uuringuga saadi kinnitust, et soojade asfaltsegude tootmistehnoloogiat saab efektiivsemalt rakendada vaid siis, kui tootmisele eelnenud ilmastikuolud on olnud soodsad (täitematerjalid ei ole liiga niiske) või kui täitematerjale on juba eos hoitud ilmastiku eest kaitstuna. Selline järeldus annab alust kaaluda, millistel tingimustel oleks otstarbekas kaaluda tehase laoplatsidel olevate materjalide katuse alla viimine.

Tehase maagaasi kulu ja toodetud segukoguse põhjal arvutatud kütusekulu ühe tonni toodetud asfaltsegu kohta vähenes 8,3% (05.09 tootmispäeval) ja 13,3% (06.09 tootmispäeval). Kuigi madalamal temperatuuril toodetud segu poorsus jäi nõutud piiridesse, ilmnis tihendatavuse katsete tulemustest, et segu tihendatavus vähenes märkimisväärselt. Soojalt ja kuumalt toodetud segude laboratoorsed poorsused olid vastavalt 2,3 ja 4,0%.

Sooja seguga teekatte poorsuse ja tihendusteguri tulemused vastasid täielikult nõuetele ning olid väga ühtlased. Paigaldatud katte keskmine poorsus oli 3,1-3,3% ning keskmine tihendustegur üle 0,99. Uuringu käigus külastati ka objekti siis, kui toimus sooja asfaltsegu paigaldamine. Paigaldusmeeskonna tagasiside oli sooja asfaltsegu osas positiivne. Eraldi toodi välja, et segu käitub tihendamisel hästi ja ettearvatavalt.