



Dokumentation af BSM-KMA udlagt på Buskmosevej, Sønderborg Kommune Prøvning udført for Vejdirektoratet

December 2020



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Dokumentation af BSM-KMA udlagt på Buskmosevej, Sønderborg Kommune.

Prøvning udført for Vejdirektoratet

Rekvirent:

Vejdirektoratet
Videnskoordinering og vejstandarder
Carsten Niebuhrs Gade 43, 5. sal
1577 København V

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Gregersensvej 4
2630 Taastrup
Byggeri og Anlæg

Kvalitetssikring:

Sagsansvarlig: Ole Grann Andersson, tlf. 7220 3209, olan@teknologisk.dk
Godkendt af: Maria Felsing-Hansen, tlf. 7220 1326, mafe@teknologisk.dk

Opgavenr.: 2008194 - F

Versionsnr.: 01

04. december 2020

Resultater af Institutts opgaveløsning beskrevet i denne rapport, herunder fx vurderinger, analyser og udbedringsforslag, må kun anvendes eller gengives i sin helhed, og må alene anvendes i denne sag. Institutts navn eller logo eller medarbejderens navn må ikke bruges i markedsføringsøjemed, medmindre der foreligger en forudgående, skriftlig tilladelse hertil fra Teknologisk Institut, Direktionssekretariatet.



Indhold

1.	Indledning	4
2.	Baggrund	4
3.	Buskmosevejs opbygning og renovering – trin for trin.....	7
4.	Basismateriale (råvare) for BSM-KMA	13
4.1.	Modificeret Proctor-forsøg:	13
4.2.	Dataoversigt – Analyse af affræset asfalt fra Buskmosevej, Sønderborg:	14
5.	BSM-KMA mix-design	16
5.1.	Datavurdering, BSM-KMA mix-design	17
6.	Fuldskala produktion af BSM-KMA	17
6.1.	Sammensætningskontrol, BSM	18
6.2.	Referencedensitet	20
6.3.	Stendensitet og hulrumsberegning.....	21
6.4.	Vandfølsomhed	22
6.5.	Stivhedsmodul	23
6.6.	Sporkøringsmodstand	24
6.7.	Triaxialtest	26
7.	Komprimering af udlagt BSM på Buskmosevej	28
8.	Opsummering	30
9.	BILAG A: Analyse af anvendt genbrugsasfalt	32
10.	BILAG B: Komprimeringskontrol af gennemfræset, stabiliseret og genkomprimeret bærelag under BSM-laget (uddrag af rapporter fra Eurofins).....	33



1. Indledning

Efter aftale med Henrik Majlund, Vejdirektoratet, har Teknologisk Institut, Byggeri og Anlæg i perioden august-september 2020 gennemført den i denne rapport beskrevne opgave med prøvning og dokumentation af BSM-KMA-udlagt på Buskmosevej i Sønderborg Kommune. Laboratorieprøvningen er gennemført som en del af Teknologisk Instituts kontraktopgave for Vejdirektoratet om BSM-laboratorieudvaldelser inkl. udredning og afrapportering, 2020.

De i denne rapport omtalte prøvningsmetoder og BSM-KMA mix-design følger retningslinjer som anvendt i BSM-tests i Vejdirektoratets gennemførte forsøgsrække i 2019-20. Rapporten fra 2019 forsøgene er publiceret på:

- Vejdirektoratets vejregel-hjemmeside: <https://vejregler.lovportaler.dk/Show-Doc.aspx?q=BSM&docId=vd20200010-full>, såvel som på
- Teknologisk Instituts hjemmeside: <https://www.teknologisk.dk/projekter/koldblandet-asfalt-baerelag-bsm/41567?cms.query=BSM>

2. Baggrund

Denne rapport indgår som en delrapport i Vejdirektoratets videns- og dokumentationsarbejde for indsamling af danske erfaringer for anvendelse af Bitumen-Stabiliseret Materiale, BSM.

Rapporten belyser de fundne data og opnåede erfaringer fra udførelsen af en BSM-KMA (Kold Mix Anlæg) strækning, som er udført af SR-Gruppen A/S på Buskmosevej i Sønderborg Kommune.

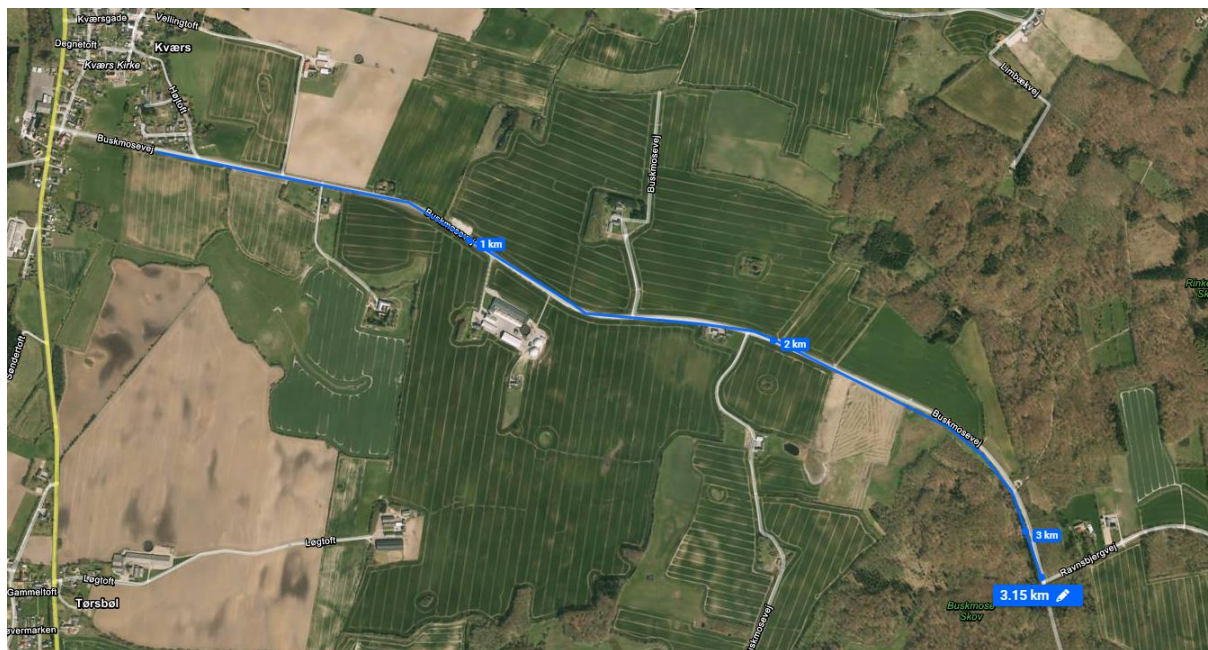


Fig. 2.1: Buskmosevej er beliggende i Sønderborg Kommune og er forbindelsesvej mellem Kværns og Gråsten. Den berørte delstrækning mellem Kværns i vest og Ravnsbjergvej i øst er ca. 3.150 m lang.

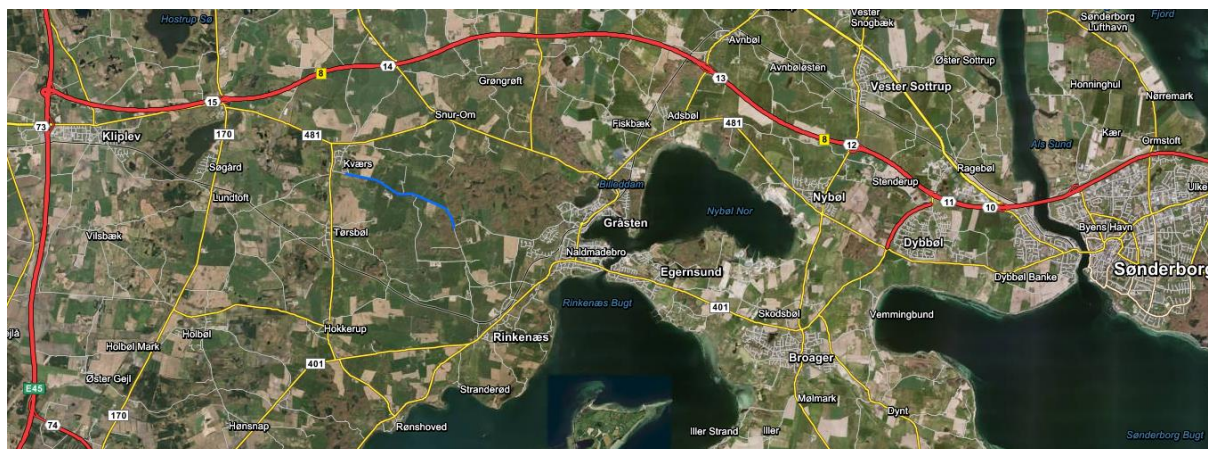


Fig. 2.2: Buskmosevej (blåmarkeret på kortet) ligger i et kuperet landbrugsområde mellem Kvær og Gråsten, vest for Sønderborg.

Buskmosevej forbinder den lille landsby Kvær med Gråsten. Den er på grund af jordbundsforholdene (fortrinsvis ler) bæreevnemæssigt udfordret, også sammenholdt med de tunge landbrugskøretøjer og anden forekommende, tungere trafik. Samtidigt var det eksisterende vejprofil meget smalt med en asfaltbredde på ca. 5,10 meter.

Buskmosevej er også blevet en vigtig skolevej, hvorfor der for nyligt er anlagt ny cykelsti langs hele den berørte strækning. Indledende prøvegravninger viste, at den eksisterende belægning bestod af ca. 15 cm asfalt på et underlag af ca. 30 cm makadam med meget store sten, helt op til 30 cm i diameter. Lagtykkelserne varierede en del, grundet udfordringer med bundens bæreevne og visse steder var der også søgt forstærket med betonplader i svage punkters ydersider.



Fig 2.3: Buskmosevejs østlige del ved Ravnsbjergvej, set mod vest (Kilde: Google Maps, 2019).



Fig. 2.4: Typisk billede af Buskmosevej før vejens istandsættelse (set mod vest). Kanterne knækker og krakelerer. Foruden næsten generelt udlagt OB i vejens ydersider ses også mange partielle OB-pletter/lapper, som vidner om omfattende krakeleringer og bæreevnemæssige udfordringer. (Kilde Google Maps, 2019)



3. Buskmosevejs opbygning og renovering – trin for trin

Buskmosevejs opbygning bestod som ovennævnt af ca. 15 cm asfalt, udlagt på ca. 30 cm makadam med meget store sten, hvilket ses af nedenstående udsnit af opbygningen. Samtidigt var den gamle vejopbygnings asfaltbredde på kun 5,10 m meget smalt, så i forbindelse med vejens renovering ønskedes samtidigt gennemført en sideudvidelse til 7 m for det afsluttende asfaltlag.

Valget faldt på en løsning, hvor eksisterende makadamlag efter affræsning af asfalten blev gennemfræset og homogeniseret med de øverste ca. 20 cm råjord (ler), samtidigt med at det nye bærelagsmateriale blev udlagt i en større vejbredde. Samtidigt blev dette lag kalkstabiliseret (enkelte steder dog cementstabiliseret grundet mere gruset råjord) for opnåelse af større styrke. Herved kunne sikres et stabilt nyt fundament, som er helt ensartet fra yderside til yderside i den nye udvidede bredde. Traditionelle sideudvidelsers næsten uundgåelige gennemslagsrevner fra differenssætninger kan derved helt undgås. Herefter blev der udlagt to lag BSM, i alt 25 cm, og afslutningsvis 5 cm varmblandet SMA-slidlag med polymermodificeret bitumen. Vejdirektoratet havde forud for arbejdet udført dimensioneringsberegninger til sikring af, at opbygningen har den fornødne bæreevne.



Fig. 3.1: Den gamle opbygning bestod af ca. 15 cm asfalt og 30 cm Makadam med enkelte helt op til 30 cm store sten. Den underliggende råjord bestod i det væsentlige af ler.

Belægningsrenoveringen startede med at den gamle asfaltbelægning blev fræset af og oplagret på en egnet grusbelagt plads nogenlunde midt på strækningen. Grundet vejopbygningens underlag af makadam fulgte der uundgåeligt en del større makadam-sten med, da asfaltbundlaget blev fræset op.



Det var derfor nødvendigt at sigte de største overkorn fra ved den senere genanvendelse af den opfræsedde asfalt i BSM-fremstillingen.



Fig. 3.2: Affræsning af den eksisterende belægning.

Efter affræsning af den gamle asfalt blev det ubundne makadam bærelag fordelt ud i den nye, større vejbredde, hvorefter den blev gennemfræset med det øverste af den underliggende råjord og kalkstabiliseret i 50 cm dybde.



Fig. 3.3: Den eksisterende makadam-belægning blev fordelt ud i den nye udvidede vejbredde inden stabilisering i 8 m bredde.



Fig. 3.4: Udspredning af hydratkalk som forberedelse til kalkstabilisering af det nye bærelag.



Fig. 3.5: Gennemfræsning og kalkstabilisering i 50 cm dybde. Bemærk de grove makadamskærver i forgrunden af billedet.

Efter stabiliseringen og komprimering af det nye, stabile bærelag i fuld ny vejbredde, blev det første af to lag BSM bærelag udlagt.



Fig. 3.6: Udlægning af 15 cm BSM bundlag i 8 meters bredde.

BSM-laget blev af SR-Gruppen udlagt med asfaltudlægger med højkomprimerings-strygejern til sikring af en meget høj forkomprimering. BSM-bundlaget var produceret af den fra strækningen affræsede asfalt, tilsat skumbitumen, procesvand og en lille mængde cement som klæbeaktiv filler. BSM-materialet blev produceret på SR-Gruppens mobile KMA-blandeanlæg, som var opstillet midt på vejstrækningen.



Fig. 3.7: BSM bundaget blev fremstillet af den lokalt affræsede gamle asfalt fra vejen, som var opstaket på samme plads som hvor SR-Gruppens mobile blandeanlæg var opstillet. Herved kunne tunge materialetransporter udefra undgås. Det øverste BSM-lag var dog fremstillet af udefra tilført, knust genbrugsasfalt, da de 15 cm gammel asfalt blev erstattet af i alt 25 cm BSM.



Fig. 3.8: BSM-belægningen blev udlagt i to lag, i alt ca. 25 cm samlet tykkelse (her ses første lag).



Fig. 3.9: BSM-belægningen blev efter udlægningen komprimeret effektivt med såvel tung glatvalset vibrationstromle som tung gummihjulstromle.



Fig. 3.10: Ensartet og jævn overflade. Det ses, at BSM-materialet indeholder lidt grove sten, men er fint homogent. Bredden af det øverste BSM-lag er 7,70 meter.



Fig. 3.11: Efter den afsluttende tromling (billedet) var BSM-belægningen klar til det afsluttende slidlag, som består af 5 cm (125 kg/m²) SMA 11 med polymermodificeret bitumen for at give den nye belægning ekstra lang levetid og revnemodstand. SMA-laget er udlagt i 7 meters bredde.



4. Basismateriale (råvare) for BSM-KMA

Første lag BSM blev produceret af den gamle asfalt, som blev affræset på strækningen. Der blev ikke efterfølgende anvendt nedknusning eller opsigtning af genbrugsasfalten, hvilket betød, at materialet indeholdt en del større sten fra makadamlagets top. I forbindelse med BSM-produktionen blev de største sten dog frasigtet med et 90 mm skumsold. Det øverste BSM-lag blev til gengæld fremstillet af tilført knust genbrugsasfalt 0/32 mm.

Der blev indledningsvis den 30-06-2020 gennemført en prøvefræsning af den eksisterende asfalt på en delstrækning af Buskmosevej. Der blev ved dette forsøg anvendt en 2-meter-fræser, med en fræsehastighed på ca. 4m/min. Der blev udtaget en materialeprøve af den opfræsedes asfalt, som efterfølgende blev sendt til Teknologisk Institut 01-07-2020 til brug for udarbejdelse af et BSM mix-design.

4.1. Modifieret Proctor-forsøg:

Der blev på det modtagne genbrugsasfaltermateriale indledningsvis udført modifieret Proctor-forsøg jf. DS/EN 13286-2, Metode B: 15 cm form, 4,5 kg lod, for at kunne bestemme det optimale vandindhold og den tilhørende maksimale Proctor-densitet.

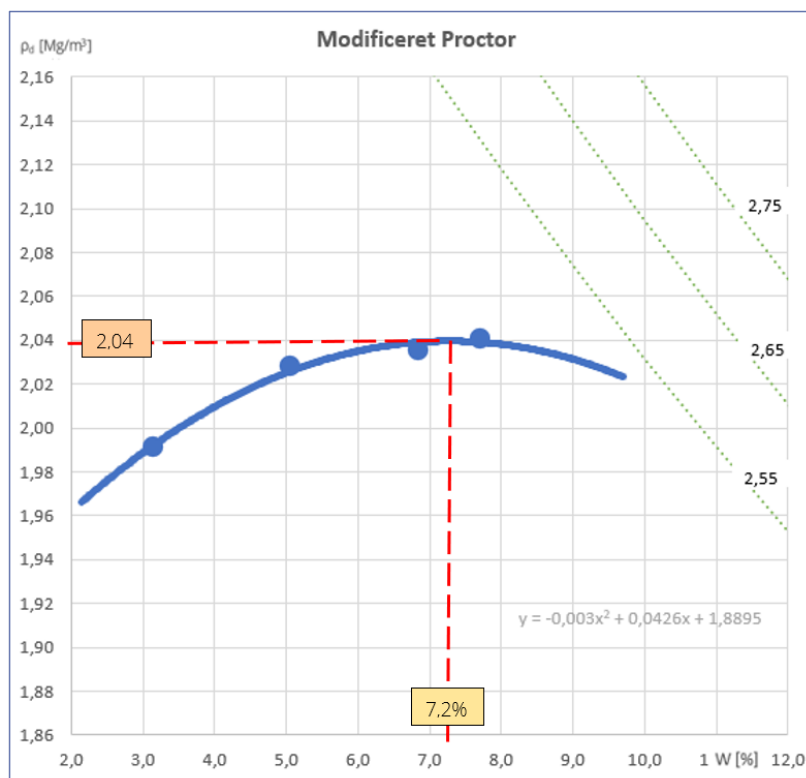


Fig. 4.1: Modifieret Proctorforsøg på opfræset genbrugsasfalt fra Buskmosevej.

På baggrund af den modificerede Proctor-analyse, blev det besluttet at der i det efterfølgende BSM-KMA mix-design skulle tilstræbes et proces-vandindhold svarende til det optimale vandindhold fra mod. Proctor (W_{opt}) minus 2 %-point, altså 5,2%, hvilket ligger ca. 1% højere end typisk erfaring for 0/16 mm GMA.



4.2. Dataoversigt – Analyse af affræset asfalt fra Buskmosevej, Sønderborg:

TABEL 3.1 Analyse af affræset asfalt, Buskmosevej Sønderborg, 2m-fræser	Affræset asfalt. m/bitumen ("uren")	KAS 0/31,5 samt KAB I og II jf. AAB, 2011 (sammenlign)	GMA 0/32 ekstraheret ("ren")
SIGTEANALYSE (DS/EN 933-1) Sigte (mm)	Gennemfald (%)	Gennemfald (%)	Gennemfald (%)
45	100	100	100
31,5	93	75 - 99	100
25	90		97
22,4	87		97
16	80	50 - 90	94
11,2	73		93
8	66	30 - 75	90
5,6	56		82
4	43	15 - 60	72
2	27		56
1	15	2 - 35	46
0,5	6		35
0,25	2		22
0,125	1		14
0,063	0,2	0 - 9	9,6
BINDEMIDDELINDHOLD (DS/EN 12697-1) Bindem.%	4,7	3,9 - 4,9	
MODIF. PROCTOR (DS/EN 13286-2)	Vandprocent i udtaget GMA-prøve: 4,2%		
	Aktuel Fræs	2019 erfa GMA 0/16	Bemærkning
Max. Tørdensitet (Mg/m ³)	2,04	1,93 - 2,13	
W-opt. (%) Optimalt vandindh.	7,2	5,1 - 9,3	
VANDEFØLSOMHED (Wirtgen Lab.manual §1.1.3)			
ITS tør (kPa)	227	224 - 434	<i>Wirtgen Lab. Handbook: If the average soaked ITS value is >100 kPa the RAP should be regarded as active</i>
ITS våd (kPa)	92	24 - 180	
ITSR (%)	41	9 - 27	

Tabel 4.2.1: Analyse af affræset asfalt fra Buskmosevej (forforsøg til mix-design)



Bemærkning til sigteanalysen:

Der er modtaget affræset asfaltmateriale fra Buskmosevej i en mængde svarende til 12 stk. fyldte 10-liters spande. Før analysegennemførelse og efterfølgende mix-design er alt materiale blevet homogeniseret, så varianter imellem de modtagne prøvesække er udlignet. I materialet blev der observeret flere større flager og store makadam-sten, som blev frasorteret under homogeniseringen før analysegennemførelse. Forekomsten fremgår af nedenstående foto. Bemærk af tabellen, at genbrugs materialet efter frasigtning af få store overkorn opfylder AAB-kravet for KAS 0/31,5 mm.



Foto 4.2.1: Det prøve-affræsedede materiale indeholdt også større fræsepartikler og sten.

Der er således før Proctor- og sigteanalyse frasorteret en mængde af asfaltflager og makadam-sten svarende til knap 5% af det samlede materiale.

Klæbeaktivitet: Der er foretaget Marshall-indstampning af den anvendte genbrugsasfalt ved opvarmning til 70°C. Materialet udviser en våd spaltetrækstyrkeværdi på 92 kPa, hvilket tilfredsstiller Wirtgens anbefaling om maksimalt 100 kPa for at undgå for stor klæbeaktivitet af den gamle bitumen. Den fundne vandfølsomhedsværdi (ITSR) på 41% ligger højere end typisk fundet for 0/16 mm GMA i 2019-rapporten. Materialet virker dog ikke i sig selv specielt klæbrigt og er således fundet velegnet til BSM-fremstillingen.



5. BSM-KMA mix-design

Teknologisk Instituts vejlaboratorium har udført mix-design for BSM med skumbitumen baseret på affræset asfalt fra fræseforsøg med 2m-fræser på Buskmosevej, juni 2020. Følgende data er opnået:

BSM-KMA MIX DESIGN:

SR-Gruppen, Buskmosevej, Sønderborg

Basis materiale: 2M affræs (PEAB, 4m/min) Buskmosevej

Bitumen: 70/100

Vandindhold i skumbitumen: 2,8%

Bitumen temperatur: 175°C

Cement tilsat: 1,0% af blanding (i praksis ca. 0,8%)

Procesvandindhold i mix: 5,2% (Wopt - 2,0%)



BITUMEN %	DENSITET Mg/m ³	ITS _{tør} kPa	ITS _{våd} kPa	ITSR %	ITSM, 20°C MPa
1,8	2,012	319	317	99,1	2082
2,0	1,998	304	264	86,9	2029
2,2	1,993	264	248	93,7	1564
2,4	1,983	214	207	96,5	1370

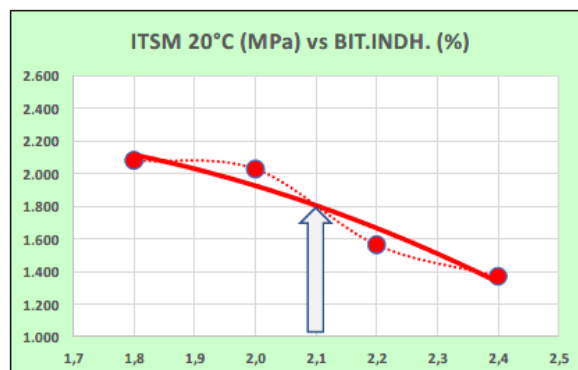
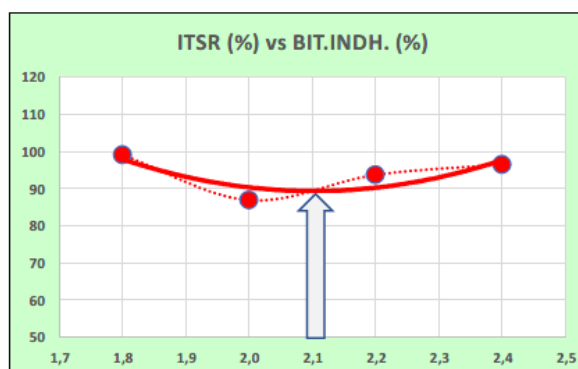
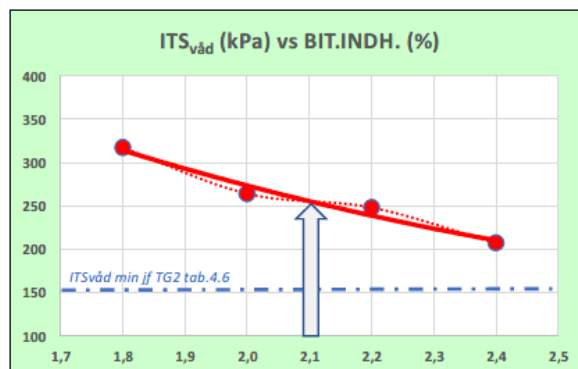
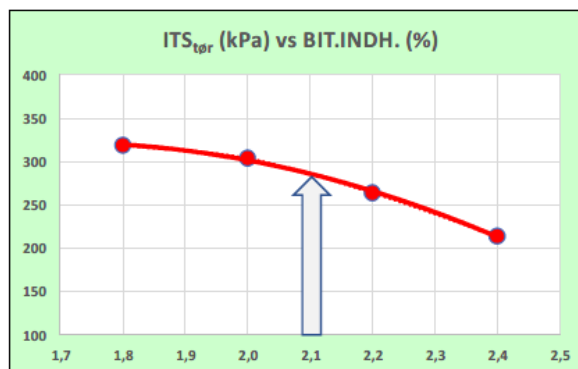
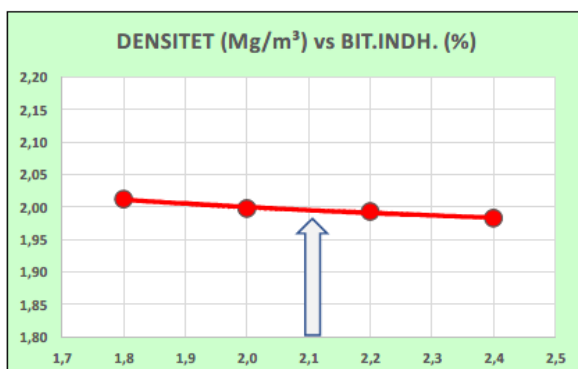


Fig. 5.1: Mix-design for BSM fremstillet af affræset asfalt fra Buskmosevej.



5.1. Datavurdering, BSM-KMA mix-design

- Densiteten varierer marginalt, og er omtrent uforandret, som forventet.
- Både den tørre og den våde spaltetrækstyrke falder (umiddelbart lidt uventet) med stigende bindemiddelindhold
- Den våde spaltetrækstyrke (ITSvåd) holder sig i hele forløbet over TG2-manualens minimum på 150 kPa
- Vandfølsomheden varierer som følge af variationer i spaltetrækstyrkebestemmelserne. Vandfølsomhedsværdien (ITSR) ligger dog generelt på et højt niveau (ca. 90% eller bedre) og er derfor uproblematisk.
- Stivhedsmodulet v/ 20°C ligger generelt ret højt, > 1400 Mpa, men synes (overraskende) at falde ved stigende bindemiddelindhold. Faldet i stivhedsmodulet er dog sandsynligvis relateret til laboratoriekomprimeringen med vibration jf. sydafrikanske TG2 manual. Her komprimeres indtil max. Mod. Proctor densitet så vidt muligt nås, hvilket giver forskellig komprimeringsenergi. De mest bitumentørre blandinger har således fået mest komprimeringsenergi (timeout 40 sek), hvilket kan medvirke til resultatet.
- Det gennemførte mix-design giver således, grundet laboratorieforskriften, ikke et helt entydigt resultat. (Der er efter projektets afslutning arbejdet videre med at finde en alternativ, optimal laboratorieindbygningsmetode).
- Generelt ligger alle data dog fint højt og indikerer dermed en uproblematisk mix, som ikke er følsom for små variationer.
- Konklusion: Ud fra de fundne, gode data, samt erfaringer fra tidligere BSM-blandinger med 0/16 og 0/32 mm genbrugsasfalt vurderes, at et bindemiddelindhold på ca. 2,1 % synes at være mest ideelt.

Det udarbejdede mix-design blev benyttet som grundlag for fremstillingen af begge BSM-lag på strækningen, hvor bundlaget var fremstillet af det grove, lokalt opfræsedes materiale, mens det øverste lag var fremstillet af tilført knust genbrugsasfalt 0/32 mm.

I den endelige produktion af BSM-KMA på Buskmosevej blev benyttet et bitumenindhold på 2,2% skumbitumen, 0,8% cement og tilsat ca. 4,0% procesvand.

6. Fuldskala produktion af BSM-KMA

Dette afsnit beskriver de fundne data fra prøver udtaget af BSM-produktionen til Buskmosevej-projektet i Sønderborg Kommune. Projektet blev i det væsentlige gennemført i perioden 3-28. august 2020. Der er udtaget laboratorieprøver af BSM-produktionen fra 17/8 (opstart BSM bundlag), 19/8 (prøveproduktion af BSM på knust 0/32), 20/8 (BSM bundlag, grov fræs) og 25/8 (toplag, 0/32 GMA).



Endvidere blev prøven fra 20/8 udtaget som dobbelt prøve, hvor fremstilling af prøvelegemer i laboratoriet blev udført indenfor ca. 4 timer fra produktion, mens den anden delprøve blev opbevaret et døgn i plastspande med tætsluttende låg inden prøvelegemefremstillingen. Dette for at vurdere, om det fremadrettet kan tillades, at prøver udtaget fra produktioner beliggende mere end 4 timers transportafstand fra laboratoriet fortsat kan give retvisende data.

6.1. Sammensætningskontrol, BSM

Der blev indledningsvis under arbejdets udførelse udtaget laboratorieprøver af den reelt affræsede asfalt, samt af den tilførte genbrugsasfalt til øverste BSM-lag. Data for disse fremgår af bilag A. Der er udtaget laboratorieprøver af BSM-materialet både den 1/7 og 2/7. Der er på prøverne ved ovntørring indledningsvis bestemt et totalt vandindhold på 7,4% hhv. 7,6%, som begge ligger mellem det teoretisk optimale vandindhold for BSM og Proctorkurvens optimale vandindhold. Det har i praksis vist sig at det er hensigtsmæssigt at ligge i dette niveau for at opnå optimal komprimering og homogenitet af BSM-materialet.

Følgende data er opnået for sigteanalyse henholdsvis før og efter ekstraktion, samt bestemmelse af prøvernes samlede bindemiddelindhold (bitumenindhold fra genbrugsasfalten plus indhold fra tilsat skumbitumen i BSM). Testmetoder: DS/EN 12697-1:2020 og 12697-2:2019.

Sammensætningskontrol af BSM produceret 17-25/8-2020								
Sigteanalyse og bindemiddelindhold								
Dato/GMA:	17-08-2020 grov		19-08-2020 fin test		20-08-2020 grov		25-08-2020 fin	
Sigte (mm)	Genf.% "Uren"*	Genf.% "Ren"	Genf.% "Uren"*	Genf.% "Ren"	Genf.% "Uren"*	Genf.% "Ren"	Genf.% "Uren"*	Genf.% "Ren"
45	85	100	100	100	100	100	100	100
31,5	85	91	100	100	93	95	95	100
25	80	86	94	100	86	78	92	90
22,4	80	86	92	98	86	76	89	90
16	76	84	86	97	80	70	79	86
11,2	69	78	73	90	71	67	68	84
8	61	70	60	83	62	64	59	79
5,6	48	60	45	74	49	56	50	72
4	36	49	33	65	37	48	40	65
2	19	35	20	53	22	38	26	53
1	9	27	13	45	14	32	18	45
0,5	4	20	9	36	8	25	12	35
0,25	2	13	5	22	4	16	6	22
0,125	1	9	2,5	14	2	10	3	14
0,063	0,6	6,8	1,2	10	1,1	7,9	1,7	9,7
Bitumen%	3,7		5,4		4,2		5,3	

*) Ca. 15% overkorn/flager er indledningsvis frasigtet

Tabel 6.1.1: Sigteanalyse og bindemiddelindhold af BSM-KMA fra fire produktionsdage.

Begrebet "Urene" prøver anført i tabel 6.1.1 dækker over BSM-prøver, som er sigtet "som de er", med bitumen. "Rene" prøver er sigteanalyse af BSM's stenmateriale efter udvaskning af bitumen ved ekstraktion med opløsningsmiddel. De to gule kolonner i tabellen viser prøver af BSM-bundlaget, som er



fremstillet af den grove, affræsede asfalt, hvorimod de to rødlige kolonner viser BSM baseret på 0/32 mm tilført knust asfalt. Fig. 6.1.1 giver en grafisk afbildning af samme data.

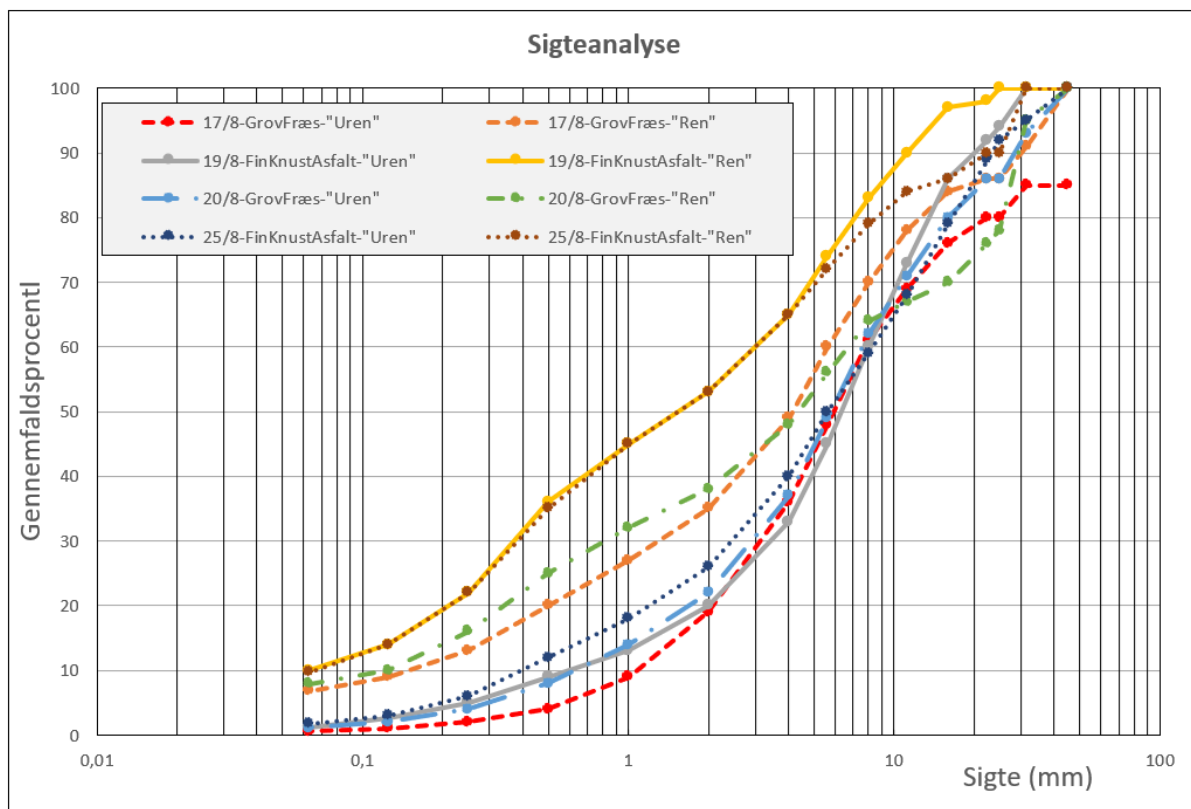


Fig. 6.1.1: Sigteanalyse og bindemiddelindhold for BSM-KMA produceret 1/7 hhv. 2/7-2020, både "urene" sigtekurver for den "rå" BSM med bitumen og sigtekurver for det "rene" stenmateriale efter udvaskning af bitumen.



Fig. 6.1.2: Frasisigtede overkorn i prøven fra 17/8. Det anslås, at ca. 5% grove overkorn og flager blev manuelt frasisiget før analysens gennemførelse.



6.2. Referencedensitet

Der er på materialet dels foretaget vibrationsindstampning af Ø150 mm prøvelegemer efter TG2-/Wirtgens metode, dels fremstillet Ø100 mm Marshall-legemer ved 2x50 og 2x75 slag (DS/EN 12697-30:2018). Alle indbygningsformer er foretaget ved 20°C jf. Wirtgens retningslinjer og TG2-manualen.

Det blev allerede i 2019 konstateret, at standard-referenceindbygningsmetoden, som foretages ved vibration indtil en fast referencedensitet er opnået, virker "svag", set i forhold til alternativ Marshall-indstampning. Desuden forekommer det ulogisk at indbygge til en forud defineret densitet i stedet for at anvende en forud defineret komprimeringsenergi, som det er tilfældet ved Marshall og Proctor-forsøg. Ved testserien er derfor anvendt såvel vibration som to varianter af Marshall-indstampning.

De opnåede densiteter (alle i Mg/m³) er følgende (geometrisk bestemt, DS/EN 12697-6:2020):

Dato / metode	Vibration	Marshall 2x50 slag	Marshall 2x75 slag
17/8, "Grov" BSM	1,957	1,972	1,995
19/8, "Fin" BSM	2,061	2,030	2,112
20/8, "Grov" BSM	2,036	2,028	2,064
25/8, "Fin" BSM	2,039	2,008	2,028
Gennemsnit	2,023	2,010	2,050
20/8 lagret 24h	1,992	2,027	2,027

Tabel 6.2.1: Laboratoriebestemte referencedensiteter ved vibration og to forskellige Marshall-indstampninger. Alle densiteter er oplyst i Mg/m³.

Der ses ikke så store forskelle som forventet ved sammenligning af vibrations- og Marshall-indbygning, hvilket måske kan skyldes de ret store sten i materialet, som vanskeliggør ideel komprimering i Ø100 mm Marshall-forme. Det lyseblå felt angiver værdier for BSM-prøven fra 20/8 som var lagret 24 timer før indstampning. Det ses at den lagrede prøve ikke opnår helt så høj densitet, om end forskellen er begrænset.



6.3. Stendensitet og hulrumsberegning

Der er på det ekstraherede stenmateriale foretaget bestemmelse af stendensitet (DS/EN 1097-6), efterfulgt af hulrumsberegning på basis af DS/EN 12697-8:2018. Resultatet fra produktionen 22/9 fremgår af efterfølgende tabel:

Kontroldata, dato/metode			Vibration		Marshall 2x50 slag		Marshall 2x75 slag	
Dato	Bit%	Stendens.	Densitet	Hulrum	Densitet	Hulrum	Densitet	Hulrum
17/8, "Grov"	3,7	2,610	1,957	20,7	1,972	20,1	1,995	19,2
19/8, "Fin"	5,4	2,657	2,046	15,6	2,030	16,9	2,112	13,5
20/8, "Grov"	4,2	2,646	2,036	17,9	2,028	18,2	2,064	16,8
25/8, "Fin"	5,3	2,671	2,039	17,1	2,008	18,4	2,028	17,6
Gen.sn.	4,7	2,646	2,020	17,8	2,010	18,4	2,050	16,8
20/8 24t	4,2	2,646	1,992	19,7	2,027	18,3	2,027	18,3

Tabel 6.3.1: Hulrumsberegning på basis af forskellige referencedensiteter. Alle densiteter er oplyst i Mg/m³ og hulrum i procent.

Som det fremgår af ovenstående, har BSM- materialet uanset valgt referencedensitetsmetode et ret stort hulrum på 16-20 %, hvilket dog erfaringsmæssigt ikke er overraskende eller unormalt for det punktvis bundne materiale. De blåmarkerede data for den 24 timer gamle prøve viser et lidt større hulrum, hvilket bekræfter, at BSM-materialer fortrinsvis skal laboratorieindbygges senest 4 timer efter produktion. Omvendt vil værdier efter 24 timers lagring i tætsluttende beholdere også kunne anvendes, hvor lange transportafstande ikke muliggør indstampning hurtigere. I givet fald bør en forlænget lagringstid dog anføres i testrapporten.

6.4. Vandfølsomhed

Vandfølsomheden af BSM-materialet er testet på både vibrationsindstampede prøvelegemer (Wirtgen vibrationshammer) og Marshall-indstampede prøvelegemer (DS/EN 12697-30:2018). Vandfølsomhedstesten er gennemført jf. DS/EN 12697-12:2018, idet der dog jf. Wirtgens anvisninger er anvendt en testtemperatur på 25°C og de våde legemer er vandlagret 24 timer i vandbad ved 25°C



Fig. 6.4.1: Spaltetrækstyrkebestemmelse af Marshall-indstampet prøvelegeme.

Følgende data er opnået for produktionen 17-25/8-2020:

Indbygning: Dato / Testværdi	Vibration			Marshall 2x50 slag			Marshall 2x75 slag		
	ITStør	ITSvåd	ITSR	ITStør	ITSvåd	ITSR	ITStør	ITSvåd	ITSR
17/8, "Grov" BSM	201	232	(115,7)	216	220	(101,8)	282	251	88,9
19/8, "Fin" BSM	314	257	82,0	244	181	74,2	307	232	75,7
20/8, "Grov" BSM	200	160	79,9	225	191	85,0	319	243	76,2
25/8, "Fin" BSM	211	193	91,7	288	216	75,0	277	225	81,3
Gennemsnit	232	161	92,3	243	202	84,0	296	238	80,5
20/8 Grov, 24t	189	164	86,7	225	180	80,0	245	199	81,1

Tabel 6.4.1: Data for spaltetrækstyrketest (indirect tensile strength, "ITS") af tørre og våde (vandlagrede) legemer samt beregnet vandfølsomhed (Indirect tensile strength ratio, "ITSR"). Den blå række angiver data fra prøven fra 20/8 efter 24 timers lufttæt lagring før indbygning af prøvelegemer.

Som det fremgår af tabellen er der, uanset valgt referenceindbygningsmetode, generelt opnået rimelige værdier for vandfølsomhedsmodstand (vedhæftningsevne), med gennemsnitlige værdier på ca. 80-90%. Det må antages at ITSR-værdier over 100% (anført i parentes i tabellen) alene skyldes prøvningsusikkerhed. For den 24 timer lagrede prøve ses generelt lidt lavere spaltetrækstyrkeværdier, men da dette gælder både de tørre og de våde, bliver den resulterende vandfølsomhed (ITSR) næsten upåvirket af, om prøverne har været lagret før indbygning.



6.5. Stivhedsmodul

Der er for såvel de vibrations- som Marshall-indstampede prøvelegemer bestemt stivhedsmodul ved 20°C i henhold til DS/EN 12697-26:2018, IT-CY. Følgende data er opnået for stivhedsmodul ved 20°C:

Dato / indb.metode	Vibration	Marshall 2x50 slag	Marshall 2x75 slag
17/8, "Grov" BSM	1875	979	1092
19/8, "Fin" BSM	2148	1126	1407
20/8, "Grov" BSM	1871	1105	1323
25/8, "Fin" BSM	1743	1209	1315
Gennemsnit	1909	1105	1284
20/8 Grov, 24t lagring	1493	990	1097

Tabel 6.5.1: Data for stivhedsmodulbestemmelse ved 20°C.



Fig. 6.5.1: Opstilling til stivhedsmodul-bestemmelse med hydraulisk DTS-30 testudstyr fra Pavetest

Det ses, at BSM-materialet generelt udviser værdier for materialestivheden i størrelsesorden mellem ca. 1.000 og 2.000 MPa, hvilket umiddelbart indikerer en for produktet næsten uventet høj bæreevne. Det ses desuden lidt overraskende, at de vibrationsindstampede kerner ligger på et højere niveau end for Marshall-indstampningerne. Dette fænomen kan dog muligvis skyldes forekomsten af store sten > 22 mm i BSM-materialet, som vanskeliggør en ideel indbygning i en Ø100 mm Marshall-form. For den 24 timer lagrede prøve ses et fald i stivhedsmodulet på op imod 20%, hvilket indikerer, at BSM-materialet i dette tilfælde svækkes af lagringen (muligvis pga. svag hydratisering af cementen eller fugtomfordeling i prøven).

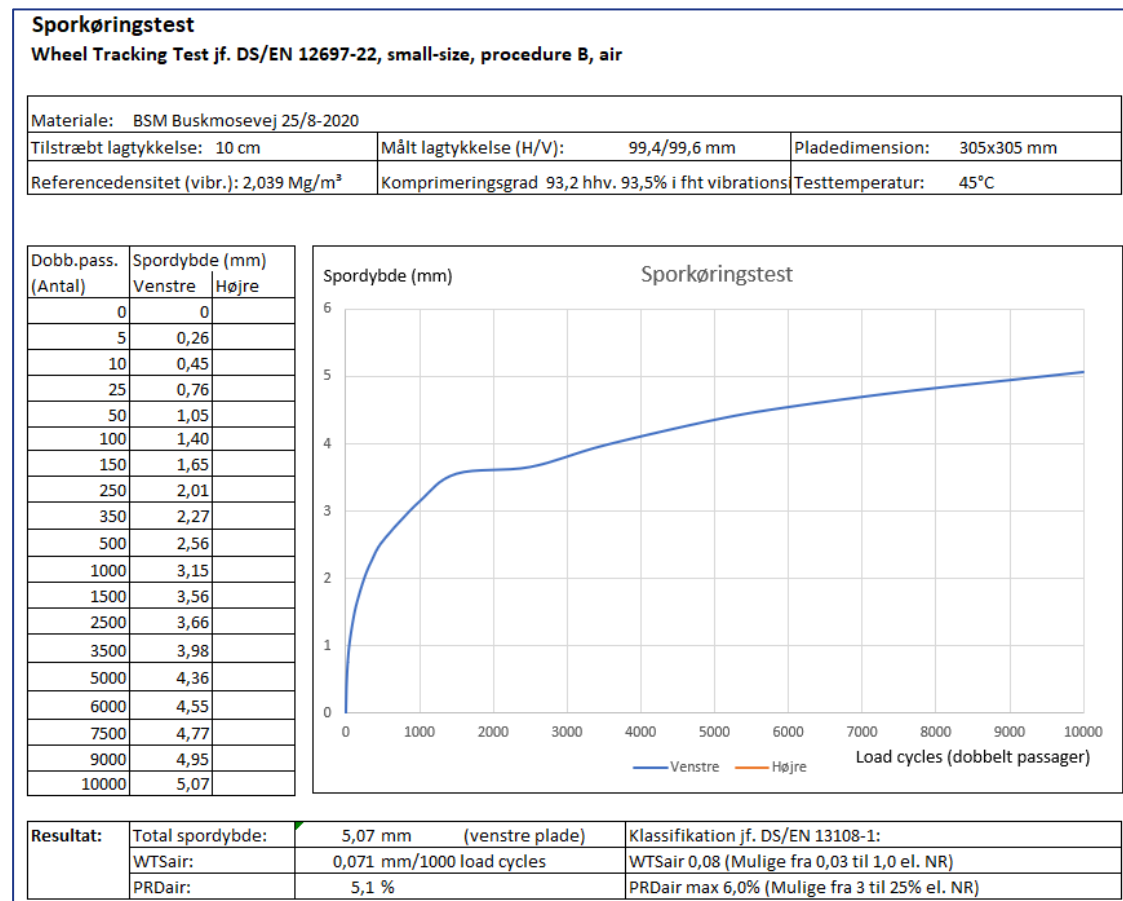


6.6. Sporkøringsmodstand

Der er på BSM-materialet fra den 25/8-2020 indtromlet sporkøringsplader (20°C) og efterfølgende udført sporkørings test efter gældende CEN-standard for asfalt med lufttermostatering ved en testtemperatur på 45°C. Der er anvendt en pladetykkelse på 10 cm, som er det maksimale, som apparatet kan anvende.



Fig. 6.6.1: Sporkøringsforsøget udføres med fastgummihjul og 10.000 dobbeltpassager ved 45°C, som antages at være den højeste temperatur, som et asfaltbærelag under danske klimaforhold udsættes for. Belastningstrykket svarer omtrentligt til en lastbils.



Tabel 6.7.1 (tre tabeller og en graf): Resultat af sporkørings test af BSM-materialet fra 20/8-2020.



Det skal bemærkes, at grundet vanskeligheder med at indbygge sporkøringspladerne korrekt i laboratoriet og forekomst af store sten i overfladen blev testen kun gennemført som enkelt-test mod normalt udført dobbeltbestemmelse. Endvidere blev der ved indbygningen kun opnået en komprimeringsgrad på 93,2%, hvorfor BSM-materialet givetvis reelt er betydeligt stærkere end det opnåede testresultat viser. Data er dog medtaget i rapporten som vejledende oplysning.

Det opnåede resultat er, trods den ikke-ideelle indbygning af testpladen, dog faktisk ganske nydeligt, med en proportional spordybde på 5,1% efter 10.000 dobbeltpassager af hjulet. De 5% svarer f.eks. til en spordybde på 3 mm for en GAB-belægning af varmblandet asfalt udlagt i 6 cm lagtykkelse, hvilket bestemt ikke er et dårligt tal for en GAB. Spordybden for BSM er således størrelsesmæssigt sammenlignelig med en velfungerende GAB-belægning med samme bitumentype.

Ligeledes viser WTS-værdien på blot 0,071 mm per 1.000 load cycles (Wheel Tracking Slope, tendensen til fortsat sporkøring bedømt over de sidste 5.000 dobbeltpassager) at BSM-materialet efter indledende "efterkomprimering" ret hurtigt bliver meget stabilt – og igen skønsomt fuldt på højde med en varmblandet GAB. Til sammenligning kan det i øvrigt oplyses, at DS/EN 13108-1 for varmblandet asfalt giver muligheder for at deklarere WTS_{air} værdier mellem 0,03 og 1,00 mm/1000 cycles, så en værdi på 0,07 er absolut fin.



Fig. 6.7.2: Foto af BSM sporkøringspladens overflade efter afsluttet test. Trods den grove overflade ses blot 5 mm spordybde (her efterkontrolleret med målestok).

Trods forsøgsgennemførelsens ikke-optimale indbygning af sporkøringspladerne, fremstår BSM-materialet således alligevel fint stabilt.



6.7. Triaxialtest

BSM-materialets deformationsresistens er foruden sporkøringstesten også bestemt ved udførelse af triaxialtest. Ved denne test anvendes et normalt Ø100 mm laboratorieindstampet (Marshall 2x50 slag) prøvelegeme, som placeres liggende på sin cirkulære endeflade i testudstyret. Via en ligeledes cirkulær metalskive placeret ovenpå legemet belastes med en pulserende trykbelastning, som simulerer trafikbelastningens pulserende effekt med belastning/aflastning. Forsøget gennemføres ved en forhøjet testtemperatur for at udfordre risikoen for blivende plastiske deformationer og gennemføres i overensstemmelse med DS/EN 12697-25:2016, metode B.



Fig. 6.7.1: Triaxial-test opstilling. Prøvelegemet er omsluttet af en tæt gummimembran. Via trykcellen påføres en konstant sidestøtte, der simulerer belægnings reelle sidestøtte ude på vejen. Via trykcylinderen og den vandret liggende belastningsskive (skjult af membranen) påføres lodret pulserende belastning. Deformationen registreres løbende op til 10.000 belastningscykler er gennemført.

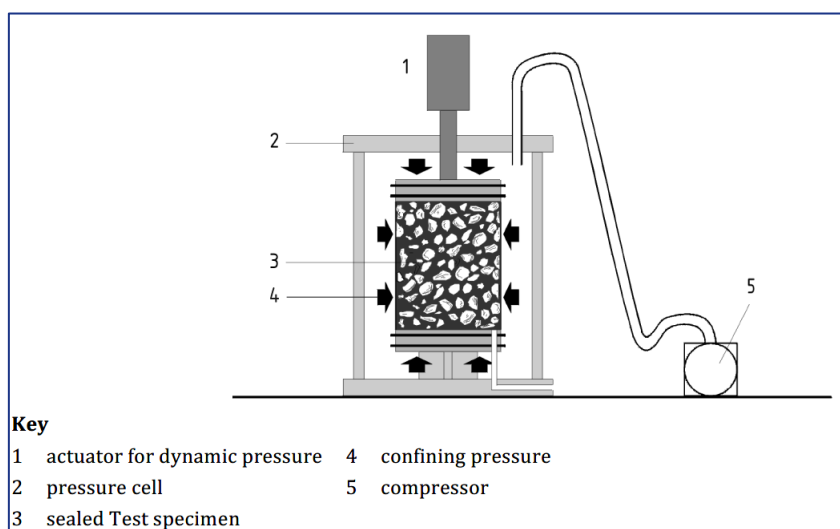


Fig. 6.7.2: Principskitse for triaxialtest-opstillingen (kilde: DS/EN 12697-25:2016).



Ved testen er der anvendt testbetingelser jf. DS/EN 13108-20:2016 Annex D, afsnit D.7, kategori D.2.8: Testtemperatur 40°C, 50 kPa confining stress, 200 kPa axial load amplitude, frequency 1 Hz, Haversine pulse. Testen er desuden (i dette tilfælde, for erfaringsopbygning) supplerende gennemført ved 30°C.

Anvendt testudstyr: Pavetest DTS-30 (hydraulisk belastningsoverførsel af den pulserende belastning). Prøvningen afviger en smule fra CEN-standarden, da der er tale om BSM, hvorfor prøvelegemernes top (endeflader) ikke kan poleres for planhedsoptimering. Der er anvendt coated papskive til modvirkning af friktion mellem prøvelegemet og belastningsskiven.

Dato / def. ved testtemperatur	Deformation (mm), 40°C	Deformation (mm), 30°C
20/8, "Grov" BSM	1,30	-
25/8, "Fin" BSM	0,33	0,27

Tabel 6.7.1: Deformation efter 10.000 belastningscykler.

Der foreligger endnu ikke erfaringsdata til sammenligning med disse data, som derfor blot er indsamlet til erfaringsopsamling.



7. Komprimering af udlagt BSM på Buskmosevej

Eurofins' laboratorium har på projektet udført komprimeringskontrol efter isotop-metoden. De opnåede tørdensiteter er korrigeret for vandindholdet, bestemt i en samtidigt udtaget prøve. (Der henvises til Eurofins' prøvningsrapport fra strækningen. Resultaterne er gengivet nedenfor).



Fig. 7.1: BSM-laget blev udlagt med asfaltudlægger med højkomprimeringsstrygejern og efterfølgende effektivt komprimeret med såvel glatvalset vibrationstromle som tung gummihjulstromle for at sikre en effektiv komprimering i hele lagets dybde og bredde.

Der er udført komprimeringskontrol i 5 punkter på strækningen. De opnåede data fremgår af nedenstående tabel 7.1, hvor den opnåede komprimeringsgrad er beregnet på baggrund af hver af de tre anvendte referencedensitetsmetoder (vibration, Marshall 2x50 slag og Marshall 2x75 slag). Der ses fin og ensartet komprimering med middelværdi på ca. 97% (afh. af valgt ref.metode) og laveste enkeltværdier på 94-95%.

Komprimeringskontrol, hele strækningen, udlagt 17-26/8-2020

Komprimeringsgrad opnået (Referencedensiteter er gennemsnit af alle dage)

		Ref.densitet	1	2	3	4	5
	Stationering		50 + 40 m	50 + 400m	50 + 1500 m	2600 + 300 m	2600 + 700 m
Referencemetode	Tørdensitet		1,962	1,924	1,973	1,968	1,955
Ø150 mm vibration		2,023	97,0	95,1	97,5	97,3	96,6
Ø100 Marshall 2x50		2,010	97,6	95,7	98,2	97,9	97,3
Ø100 Marshall 2x75		2,050	95,7	93,9	96,2	96,0	95,4

	Middel	Std.afv.	Tol.: g-kxs
Densitet	1,956		
Ø150 mm vibration	96,7	0,96	95,1
Ø100 Marshall 2x50	97,3	0,96	95,7
Ø100 Marshall 2x75	95,4	0,94	93,9

Densitetsmålinger i komprimeringskontrollen er tørdensiteter baseret på Troxler isotopsondemålinger udført af Eurofins (VBM Laboratoriet), korrigeret for w%. Referencedensiteter er gennemsnit af lab.komprimerede kerner

Alle densiteter i Mg/m³. Niveau: Overside øverste BSM-lag Dybde: 15 cm

Tabel 7.1: Komprimeringsdata for BSM på Buskmosevej. Referencedensiteter er middel af alle udlægningsdage. Materialet fremstod da også efter afsluttet udlægning/komprimering fint og stabilt.



Placering af komprimeringskontroller:



Fig. 7.2: Oversigtskort over komprimeringskontrollernes placering.



8. Opsummering

Buskmosevej i Sønderborg kommune er på en godt 3 km lang strækning blevet renoveret. Den gamle asfaltbelægning blev affræset og lagt til side for genanvendelse på samme strækning. Herefter blev bundlaget, bestående af grov makadam, fordelt på en større bredde, så vejen samtidigt blev sideudvidet. Herefter blev makadam og underbund i 50 cm dybde kalkstabiliseret ved gennemfræsning, afretning og komprimering. Oven på den nye bund blev der udlagt to lag BSM, i alt ca. 25 cm tykkelse. BSM blev af SR-Gruppen produceret af genbrugsasfalt, som koldt stabiliseres med skumbitumen. Der blev anvendt et lokalt opstillet mobilt KMA-blandeanlæg, hvorfor metoden hedder BSM-KMA (Kold Mix Anlæg). Nederste BSM-bærelag blev produceret af den affræsedede asfalt fra strækningen. Det øverste BSM-lag blev produceret af tilført knust genbrugsasfalt. Efter afsluttende komprimering af BSM blev der udlagt et fulddækkende varmblandet asfaltslidlag af 5 cm skærvemastiks, SMA, med polymermodificeret bitumen.



Fig. 8.1: BSM – En "grøn", bæredygtig vejbelægning udlagt i grønne omgivelser på Buskmosevej.

Forud for arbejdets opstart blev der foretaget en prøvefræsning og materiale herfra blev anvendt til mix-design for BSM, udført af Teknologisk Instituts vejlaboratorium. Der blev udtaget BSM-prøver af den friskproducerede BSM på 4 forskellige udlægningsdage, svarende til at begge BSM-varianter er testet 2 gange. Der er foruden den for BSM officielle vibrationsindstampning af prøvelegemer også anvendt Marshall-indstampning ved 2x50 hhv. 2x75 slag, således at forskellige referencemetoder kan bedømmes.



Resultaterne fra de gennemførte prøvninger fremgår i hovedtræk oversigtsmæssigt nedenfor:

- BSM-materialets vandfølsomhed ligger for alle prøver fint med værdier mellem ca. 75 og 100%.
- De målte værdier for stivhedsmodul (bæreevne) ligger højt, mellem ca. 1.000 og 2.000 MPa og indikerer derfor at materialet også forventeligt har en høj bæreevne på vejen.
- Sporkøringstest viser, trods ikke-optimal indbygning af testplade i laboratoriet, at sporkøringen er ret begrænset og deformationsmodstanden vurderes sammenlignelig med et varmblandet GAB-bærelag.
- Der er supplerende udført triaxialtest på to af dagsproduktionerne. Der foreligger endnu ikke et større erfaringsgrundlag til sammenligning af resultaterne, men den registrerede deformation er fint lav.
- Komprimeringen i marken ligger på et fornuftigt niveau med en middelkomprimering på 95-97%, afhængig af hvilken laboratoriereferencemetode der anvendes, og med meget lav spredning.
- Til erfaringsopsamling er test af en af dagsproduktionernes BSM-materiale gentaget efter 24 timers lagring i plastspand med tætsluttende låg. Det ses, at data bliver en anelse svagere efter 24 timers lagring, men fortsat er anvendelige til bedømmelse af materialeegenskaberne. Det betyder, at hvis det grundet transportafstand ikke er muligt at transportere den udtagne BSM-prøve til laboratoriet inden 4 timer (som forskriftsmæssigt krævet), kan laboratorieindbygning af prøvelegemer accepteres udskudt i op til 24 timer efter BSM-produktion, hvis materialet er opbevaret i lufttætte plastspande med låg. Herved sikres en nødvendig praktisk tilgang til at BSM-prøvning kan foretages centralt, uanset hvor i Danmark der produceres BSM.

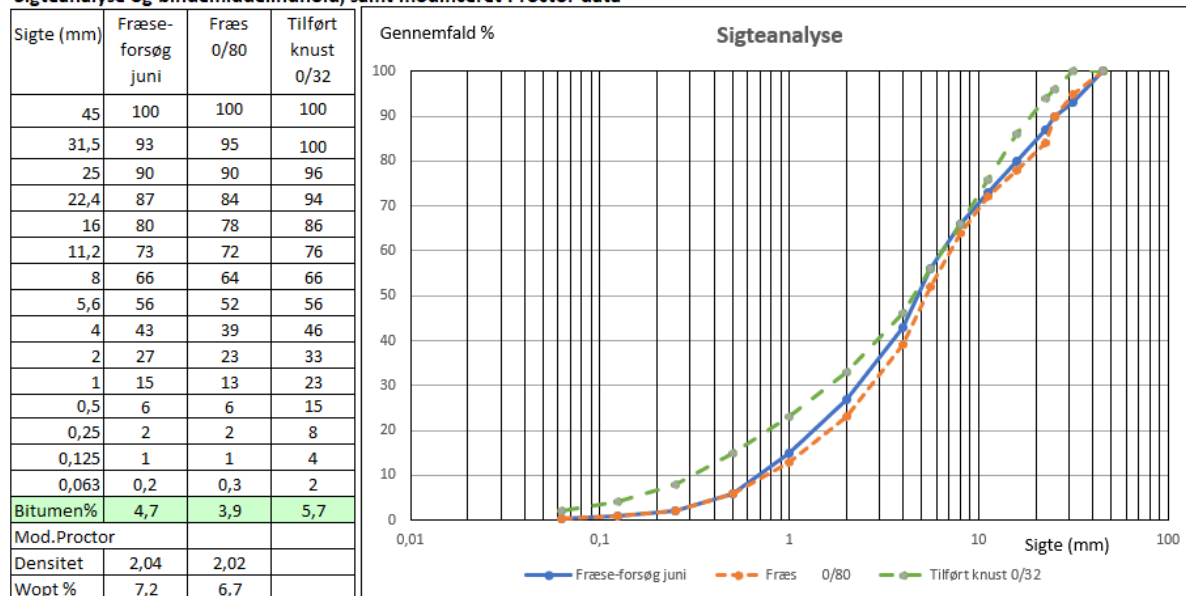
Efter afsluttet udlægning og komprimering fremstod den færdige BSM-belægning flot og stabil, og med data som indikerer sandsynlighed for en lang levetid, når der afsluttes med et fulddækkende slidlag til beskyttelse af BSM-laget, som det er tilfældet på Buskmosevej.



9. BILAG A: Analyse af anvendt genbrugsasfalt

Nedenfor er angivet data for affræset genbrugsasfalt ved for-forsøg til mix-design (1. kolonne), data for den reelt affræsedede asfalt under arbejdet (2. kolonne) samt data for det tilførte knuste genbrugs-materiale til det øverste BSM-lag (3. kolonne).

Sigteanalyse og bindemiddelindhold, samt modificeret Proctor data



Tabel 9.1: Analyser af genbrugsasfalt til BSM-produktionen på Buskmosevej.

Det skal desuden bemærkes, at for prøverne af den affræsedede asfalt er enkeltstående flager og store makadamsten frasorteret manuelt før prøveneddeling og sigteanalyse.



10. BILAG B: Komprimeringskontrol af gennemfræset, stabiliseret og genkomprimeret bærelag under BSM-laget (uddrag af rapporter fra Eurofins)



VBM Laboratoriet



Prøvningsrapport nr.:	R-20-3651A	Dato:	17. august 2020
Komprimeringskontrol, feltprøvning:		VBM sag:	3088 4 V R-20-3651A
Rekvirent:	Teknologisk Institut	Udført dato:	10. august 2020
Lokation:	4 - Buskmosøvej, Sønderborg Kommune	Udført af:	TBR
Sted:	Se bilag 1		

VBM Prøvenr	R-20-3651A-	1	2	3	4	5
Materiale		Underbund	Underbund	Underbund	Underbund	Underbund
Mrk		-	-	-	-	-
Niveau		OK underbund	OK underbund	OK underbund	OK underbund	OK underbund
Densitet og vandindhold, isotopmetoden.						
MÅLERESULTATER						
Dybde:	cm	15	15	15	15	15
Vandindhold:	%	9,5	9,1	6,8	4,3	8,7
Våddensitet:	kg/m ³	2097	2054	2035	2120	2153
Tørdensitet:	kg/m ³	1916	1882	1906	2032	1980
BEREGNEDE RESULTATER						
Anvendt Ref værdi	Mg/m ³	2,07	1,89	2,05	2,09	2,09
Komprimerings grad	%	92,6	99,6	93,0	97,2	94,7
VBM Prøvenr	R-20-3651A-	6	7	8	9	10
Materiale		Underbund	Underbund	Underbund	Underbund	Underbund
Mrk		-	-	-	-	-
Niveau		OK underbund	OK underbund	OK underbund	OK underbund	OK underbund
Densitet og vandindhold, isotopmetoden.						
MÅLERESULTATER						
Dybde:	cm	30	30	30	30	30
Vandindhold:	%	9,5	9,1	6,8	4,3	8,7
Våddensitet:	kg/m ³	2116	2032	2082	2095	2171
Tørdensitet:	kg/m ³	1933	1862	1950	2008	1996
BEREGNEDE RESULTATER						
Anvendt Ref værdi	Mg/m ³	2,07	1,89	2,05	2,09	2,09
Komprimerings grad	%	93,4	98,5	95,1	96,1	95,5

.....Simpelt gns og min værdi.....			Statistisk beregning.....		
Enhed	Gennemsnit	Minimum værdi	Spredning	Konstant x spredning	Karakteristisk, K
%	95,6	92,6	2,2	3,7	91,8

Kommentarer og observationer til Kontrolafsnit

- Underbund (Underbund).
- Vandindhold er bestemt i laboratoriet p.g.a. Materiale type.
- 1,89 Mg/m³: Den anvendte reference værdi fremgår af nærværende rapport.
- 2,05 Mg/m³: Den anvendte reference værdi fremgår af nærværende rapport.
- 2,07 Mg/m³: Den anvendte reference værdi fremgår af nærværende rapport.
- 2,09 Mg/m³: Den anvendte reference værdi fremgår af nærværende rapport. Prøven er udtaget og udført af VBM Laboratoriet A/S i forbindelse med nærværende kontrol. Den anvendte reference værdi SP (Standard Proctor) = 100% komp grad.



 eurofins		VBM Laboratoriet	
Beliggenhedsplan.			
Sagsnr.: 203088004	Rapport: R-20-3651A	Bilag 1	



Prøvningsrapport nr.: R-20-3727A

Dato: 18. august 2020

Komprimeringskontrol, feltprøvning.

VBM sag: 3088 4 V R-20-3727A

Retvirent: Teknologisk Institut

Udført dato: 14. august 2020

Lokation: 4 - Buskmosevej, Sønderborg Kommune

Udført af: TBR

Sted: Se bilag 1

VBM Prøvenr	R-20-3727A-	1	2	3	4	5
Materiale		UBSM	UBSM	UBSM	UBSM	UBSM
Station		2600 + 50 m	2600 + 250 m	2600 + 450 m	2600 + 650 m	2600 + 850 m
Niveau		OK u.bund	OK u.bund	OK u.bund	OK u.bund	OK u.bund
Densitet og vandindhold, isotopmetoden.						
MÅLERESULTATER						
Dybde:	cm	15	15	15	15	15
Vandindhold:	%	7,2	9,1	3,9	6,8	7,1
Våddensitet:	kg/m ³	2237	2164	2023	2156	2211
Tørdensitet:	kg/m ³	2087	1984	1948	2018	2065
BEREGNEDE RESULTATER						
Anvendt Ref værdi	Mg/m ³	2,16	2,16	2,10	2,16	2,16
Komprimerings grad	%	96,6	91,8	92,7	93,4	95,6
VBM Prøvenr	R-20-3727A-	6	7	8	9	10
Materiale		UBSM	UBSM	UBSM	UBSM	UBSM
Station		2600 + 50 m	2600 + 250 m	2600 + 450 m	2600 + 650 m	2600 + 850 m
Niveau		OK u.bund	OK u.bund	OK u.bund	OK u.bund	OK u.bund
Densitet og vandindhold, isotopmetoden.						
MÅLERESULTATER						
Dybde:	cm	15	15	15	15	15
Vandindhold:	%	7,2	9,1	3,9	6,8	7,1
Våddensitet:	kg/m ³	2223	2184	2055	2180	2184
Tørdensitet:	kg/m ³	2074	2002	1978	2041	2039
BEREGNEDE RESULTATER						
Anvendt Ref værdi	Mg/m ³	2,16	2,16	2,10	2,16	2,16
Komprimerings grad	%	96,0	92,7	94,2	94,5	94,4

.....Simpelt gns og min værdi.....			Statistisk beregning.....		
Enhed	Gennemsnit	Minimum værdi	Spredning	Konstant x spredning	Karakteristisk, K
%	94,2	91,8	1,5	2,5	91,7

Kommentarer og observationer til kontrolafsnit

- UBSM (Underlag for BSM).
- Vandindhold er bestemt i laboratoriet p.g.a. Materiale type.
- 2,10 Mg/m³: Den anvendte reference værdi fremgår af nærværende rapport. Prøven er udtaget og udført af VBM Laboratoriet A/S i forbindelse med nærværende kontrol. Den anvendte reference værdi SP (Standard Proctor) = 100% komp grad.
- 2,16 Mg/m³: Den anvendte reference værdi fremgår af nærværende rapport. Prøven er udtaget og udført af VBM Laboratoriet A/S i forbindelse med nærværende kontrol. Den anvendte reference værdi SP (Standard Proctor) = 100% komp grad.

