Dokumentation af BSM-KMA udlagt på Buesøvej, Lejre Kommune

Prøvning udført for Vejdirektoratet

December 2020

TEKNOLOGISK INSTITUT

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Dokumentation af BSM-KMA udlagt på Buesøvej, Lejre 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 Felsgård-Hansen, tlf. 7220 1326, mafe@teknologisk.dk

Opgavenr.: 2008194 - G
Versionsnr.: 01

02. december 2020

Resultater af Instituttets 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. Instituttets navn eller logo eller medarbejderens navn må ikke bruges i markedsføringsøjemed, medmindre der foreligger en forudgående, skriftlig tilladelse hertil fra Teknologisk Institut, Direktionssekretariatet.

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Indhold

1. Indledning 4
2. Baggrund 4
3. Buesøvejs opbygning 6
4. Basismateriale (råvare) for BSM-KMA 9
   - 4.1. Modificeret Proctor-forsøg: 9
   - 4.2. Analyse af GMA 0/32: 10
   - 4.3. Bemærkninger til råvareanalyse af GMA 0/32 11
5. BSM-KMA mix-design 12
   - 5.1. Datavurdering, BSM-KMA Mix-design 13
   - 5.2. Konklusion, BSM-KMA MIX-DESIGN, baseret på 0/32 mm genbrugsasfalt fra Munck Asfalt, Svogerslev 13
6. Fuldskala produktion af BSM-KMA 14
   - 6.1. Tidsforløbet under udførelsen 14
   - 6.2. Sammensætningskontrol, BSM 16
   - 6.3. Referencedensitet 17
   - 6.4. Stendensitet og hulrumsberegning 17
   - 6.5. Vandfølsomhed 18
   - 6.6. Stivhedsmodul 19
   - 6.7. Sporkøringsmodstand 20
7. Komprimering af udlagt BSM på Buesøvej 22
8. BILAG: Komprimeringskontrol af gennemfræset og genkomprimeret bærelag under BSM-laget 23

TEKNOLOGISK
INSTITUT

1. Indledning

Efter aftale med Henrik Majlund, Vejdirektoratet, har Teknologisk Institut, Byggeri og Anlæg i perioden juni-juli 2020 gennemført den i denne rapport beskrevne opgave med prøvning og dokumentation af BSM-KMA-udlægning på Buesøvej i Lejre Kommune. Laboratorieprøvningen er gennemført som en del af Teknologisk Instituts kontraktopgave for Vejdirektoratet om BSM-laboratorieydelser 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 Buesøvej i Lejre Kommune.

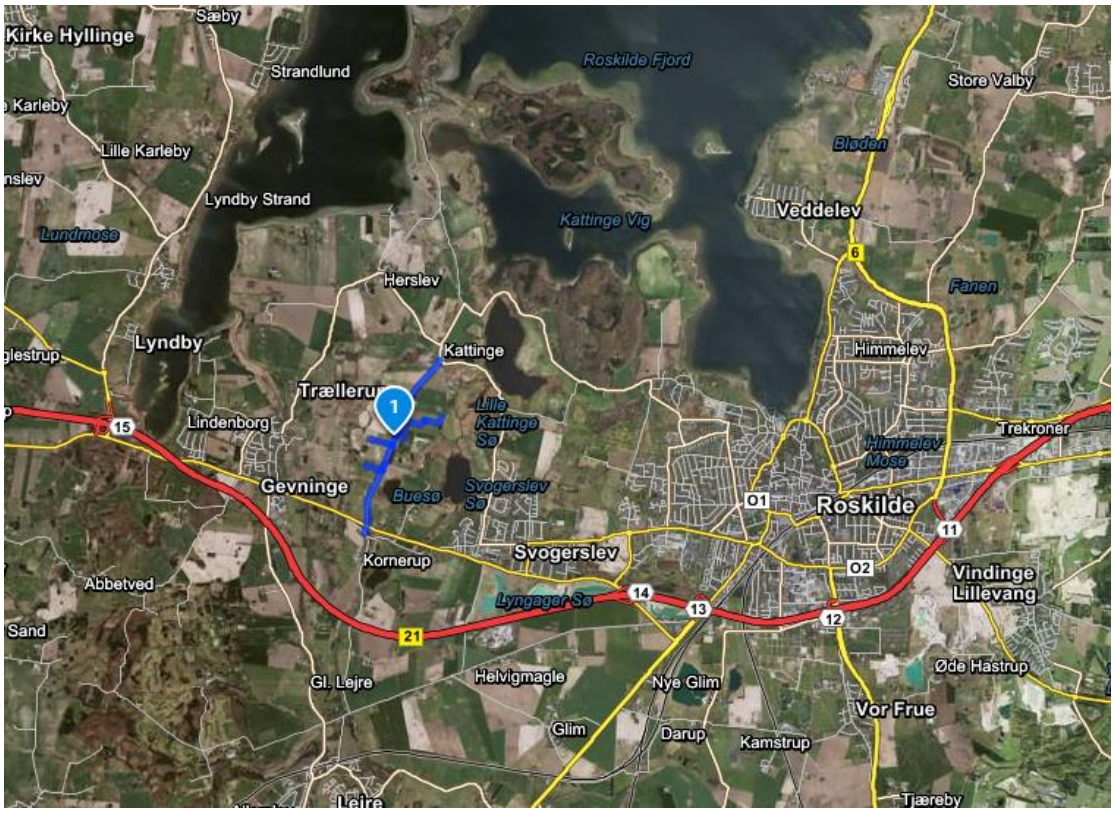


Fig. 2.1: Buesøvej er beliggende i Lejre Kommune og forbinder de to små byer Kattinge og Kornerup.

Fig. 2.2: Buesøvej er ca. 2.530 m lang og var oprindeligt kun ca. 5,10 m bred.

3. Buesøvejs opbygning

De indledningsvis udførte prøvegravninger viste, at den gamle belægning på Buesøvej bestod af ca. 6-13 cm revnet og krakeleret asfalt og 17-25 cm Makadam 0/64 mm på planum af sandjord og ler. Der lå i rabatterne i gennemsnit ca. 25 cm stabilt grus i minimum 1 m bredde.

Fig. 3.1: Prøvegravning, prøvehul 1 af 5, st. 270 VS: 13 cm asfalt og 17 cm singelsmakadam 0/64mm.

Fig. 3.2: Buesøvej var før renoveringsarbejdet både for smal og svag (omfattende krakeleringer) til den forekommende trafik. Det smalle profil vanskeliggjorde passage af to biler.

Den til projektet valgte fremgangsmåde var derfor at gennemfræse og homogenisere hele den gamle belægning i ca. 30 cm dybde. Materialet blev samtidigt fordelt, så vejopbygningens bredde blev side-udvidet til 6,5 m bredde.

Fig. 3.3: Gennemfræsning af den gamle vejopbygning gav et nyt "fundament" i den fulde vejbredde.

Efter den nye homogene bund var komprimeret op, blev der herefter udlagt et lag BSM-KMA i 15 cm lagtykkelse og 6,5 m bredde. BSM blev fremstillet af 0/32 mm knust genbrugsasfalt fra Munck Asfalt A/S i Svogerslev. Samme sted var SR-Gruppens BSM-KMA-anlæg også opstillet, så råvaretransporter kunne minimeres.

Fig. 3.4: BSM blev udlagt på én gang i fuld, udvidet vejbredde på 6,5 m med SR-Gruppens asfaltud-lægger med højkomprimeringsstrygejern.

Efter udlægning og komprimering af BSM-laget blev der udlagt et nyt, fulddækkende slidlag af varm-blandet asfalt i form af ca. 5 cm (125 kg/m²) SMA 11 med standard vejbitumen 40/60, hvorefter der afslutningsvis blev udlagt nyt kantfyld (sidestøtte) og udført ny trafikmarkering.

Fig. 3.5: Færdig, ny vejbelægning med SMA-slidlag og trafikmarkering, som nu i den bredere opbygning bedre tillader cyklister at anvende vejen på sikker vis.

Fig. 3.6: Buesøvej ligger i et naturskønt område i Lejre kommune. Det bæredygtige BSM-belægningskoncept med meget lav CO_2-udledning synes at passe naturligt ind i de grønne omgivelser.

TEKNOLOGISK
INSTITUT

4. Basismateriale (råvare) for BSM-KMA

Materiale:. 0/32 mm knust genbrugsasfalt (GMA) udtaget af Teknologisk Institut i lagerbunke hos Munck Asfalt A/S, Svogerslev fabrik. Prøven er udtaget i Svogerslev den 16-06-2020

4.1. Modificeret Proctor-forsøg:

Genbrugsasfaltens (GMA) optimale vandindhold og maksimale Proctor-densitet blev indledningsvis bestemt, jf. DS/EN 13286-2, Metode B: 15 cm form, 4,5 kg lod:

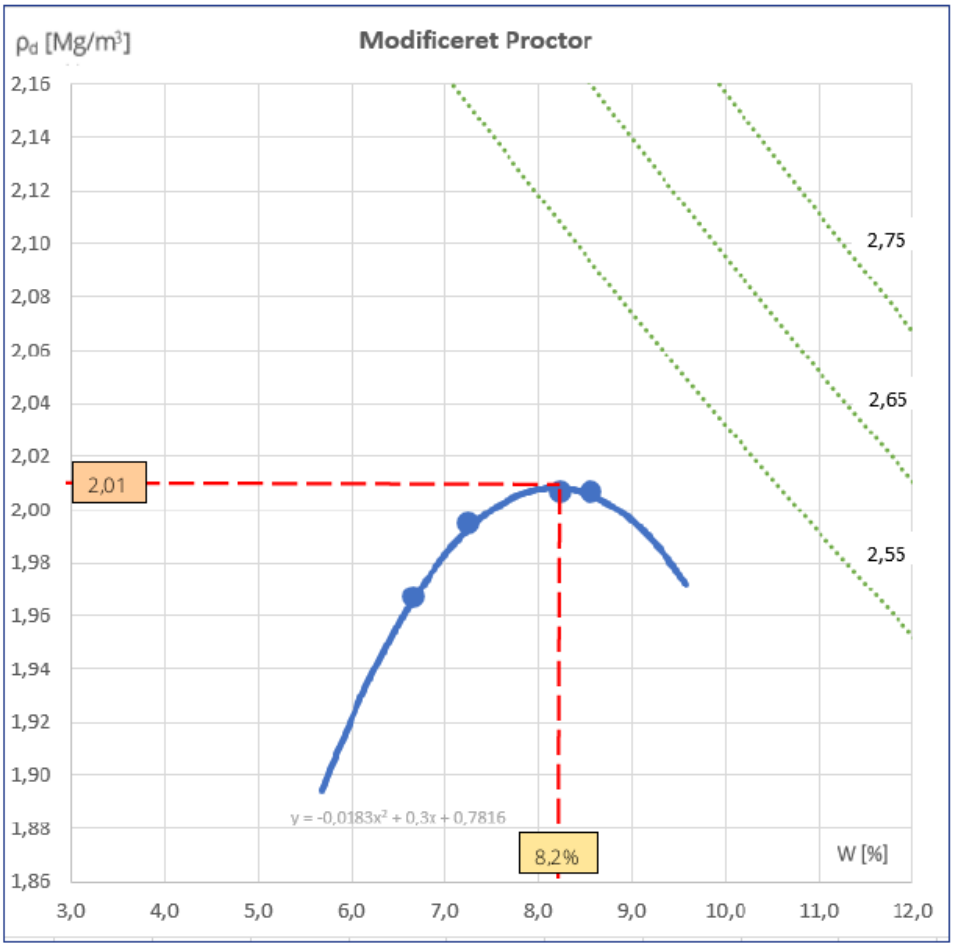


Fig. 4.1: Modificeret Proctor-forsøg på 0/32 mm knust genbrugsasfalt Munck Svogerslev.

På baggrund af den modificerede Proctor-analyse blev det besluttet i det efterfølgende BSM-KMA mix-design at tilstræbes et proces-vandindhold svarende til det optimale mod. Proctor-vandindhold (W_{opt}) minus 2 %-point, altså 6,2%, hvilket ligger lidt højere end typisk erfaring for 0/16 mm GMA.
Ud fra den fundne vandprocent i den modtagne GMA-prøve på ca. 4,2 % bør der som udgangspunkt i BSM-blandingen under fuldskalaproduktionen påregnes at skulle tilsætte ca. 2% vand – I praksis nok en anelse mere for at sikre at ligge på den "våde" side af det tilstræbte vandindhold på 6,2% (altså mellem 6,2 og 8,2% vand).

4.2. Analyse af GMA 0/32:

TABEL 4.1 Analyse Genbrugsasfalt (GMA) 0/32 mm, Munck	GMA 0/32 Munck Asf. 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 (%)
63	100	100	
31,5	100	75 – 99	
25	100		
22,4	94		100
16	85	50 - 90	97
11,2	76		90
8	63	30 - 75	82
5,6	47		70
4	36	15 - 60	59
2	21		45
1	12	2 - 35	36
0,5	5		28
0,25	2		19
0,125	1		13
0,063	0,4	0 - 9	10,3
BINDEMIDDELINDHOLD (DS/EN 12697-1) Bindem.%	5,4%	3,9 – 4,9	
MODIF. PROCTOR (DS/EN 13286-2)	*Vandprocent i udtaget GMA-prøve: 4,2%*		
	Aktuel GMA	2019 erfa GMA 0/16	Bemærkning
Max. Tørdensitet (Mg/m^3)	2,01	1,93 – 2,13	
W-opt. (%) Optimalt vandindh.	8,2	5,1 – 9,3	
VANDFØLSOMHED (Wirtgen Lab.manual §1.1.3)			
ITS tør (kPa)	203	224 – 434	*Wirtgen Lab. Handbook: If the average soaked ITS value is >100 kPa the RAP should be regarded as active*
ITS våd (kPa)	114	24 – 180	
ITSR (%)	56	9 – 27	

Tabel 4.1: Råvareanalysedata, sigteanalyse, bindemiddelindhold, Proctor-data og vandfølsomhedstest på prøve af knust genbrugsasfalt fra Munck Asfalt A/S, sammenholdt med AAB for ubundne bærelag og Wirtgens BSM-håndbog.

4.3. Bemærkninger til råvareanalyse af GMA 0/32

Følgende fremgår af tabellens data:

- Kornkurve: Sigtekurven for den bitumenholdige ("rå") 0/32 mm GMA er som forventet lidt grovere end de forskellige 0/16 mm GMA-varianter, som indgik i 2019-forsøgene med BSM-KMA. Betragtes den "rene" kornfordeling for det ekstraherede stenmateriale ses, at der er 90 % gennemfald på 11,2 mm sigten. Dette indikerer således, at selvom genbrugsasfalten er et 0/32 mm materiale, er der ikke mange reelle stenpartikler større end 11,2 mm.

  Sammenlignes med tabellens midterste kolonne, som stammer fra AAB for ubundne bærelag af knust asfalt og beton, 2011, ses at det anvendte 0/32 mm genbrugsasfaltmateriale fint ligger indenfor de givne kravintervaller for KAS 0/31,5 samt KAB I og II (med undtagelse af 31,5 mm sigten).

- Bindemiddelindhold: 0/32 GMA'en har et fhv. højt bindemiddelindhold på 5,4 %, hvilket antyder tilstedeværelse af en del slidlagsmateriale i genbrugsasfalten.

- Proctor-data: Maksimal tørdensitet 2,01 Mg/m^3 ligger indenfor det typiske område for 0/16 GMA fundet i 2019. Det optimale vandindhold, W-opt., ligger dog med 8,2% ca. 1,5-2,0% højere end de hidtidige erfaringsdata (2019) for 0/16 mm GMA.

- Klæbeaktivitet: Der er foretaget Marshall-indstampning af den anvendte 0/32 mm GMA ved opvarmning til 70^0C. Materialet udviser en våd spaltetrækstyrkeværdi på 114 kPa, hvilket ligger lige i overkanten af Wirtgens anbefaling om maksimalt 100 kPa for at undgå for stor klæbeaktivitet af den gamle bitumen. Den fundne vandfølsomhedsværdi (ITSR) på 56% 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 overordnet fundet anvendeligt til BSM-fremstillingen.

TEKNOLOGISK
INSTITUT

5. BSM-KMA mix-design

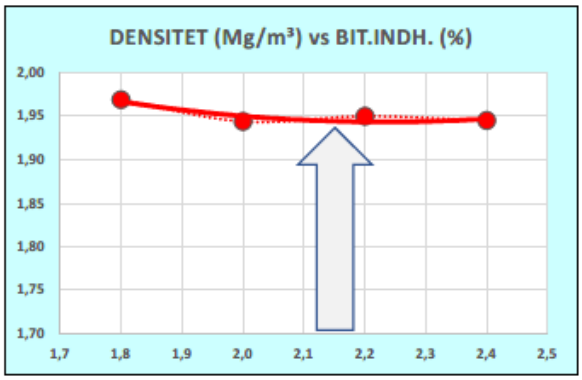
Teknologisk Instituts vejlaboratorium har udført mix-design for BSM med skumbitumen baseret på 0/32 mm knust genbrugsasfalt fra Munck Asfalt, Svogerslev. Følgende data er opnået:

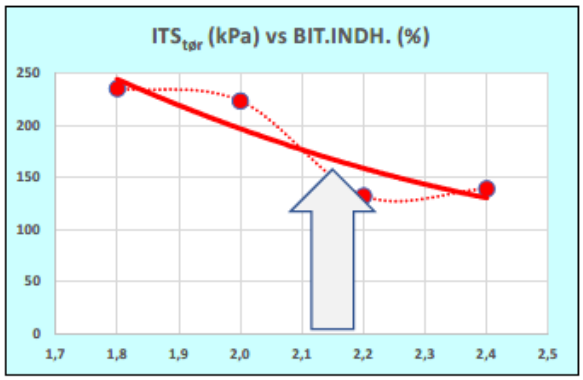
BSM-KMA MIX DESIGN: SR-Grp Buesøvej Lejre

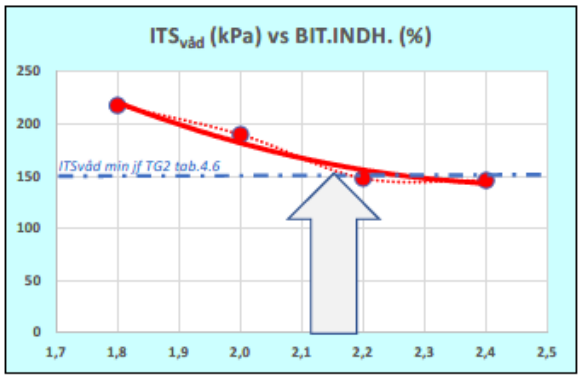
TEKNOLOGISK
INSTITUT

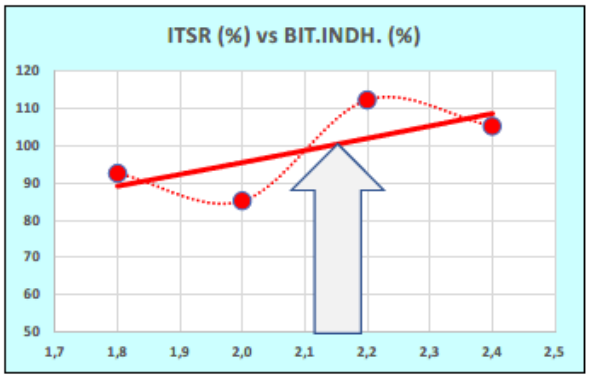
OPTIMERET VANDINDHOLD (Wopt Proctor minus 2%)
Basis materiale: 0/32 genbrugsasfalt Munck Svogerslev
Bitumen: 70/100
Vandindhold i skumbitumen: 2,8%
Bitumen temperatur: 175°C
Cement tilsat: 1,0% af blanding (0,8 under fabriksproduktion)
Procesvandindhold i mix: 6,2%

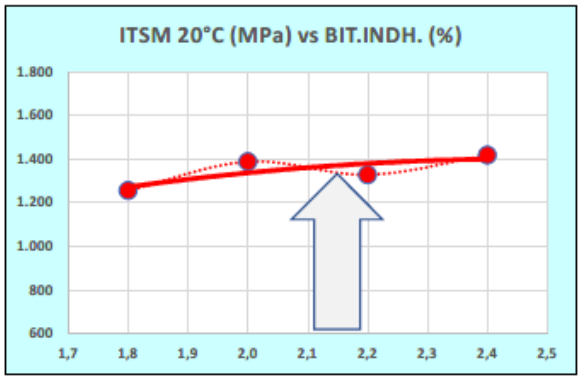
BITUMEN %	DENSITET Mg/m³	ITStør kPa	ITSvåd kPa	ITSR %	ITSM, 20°C MPa
1,8	1,969	235	218	92,6	1255
2,0	1,944	223	190	85,2	1388
2,2	1,95	132	148	112,3	1328
2,4	1,945	139	146	105,2	1417











5.1. Datavurdering, BSM-KMA Mix-design

- Tendenskurverne er i de fleste tilfælde næsten rette linjer.
- Densiteten varierer minimalt, som forventet, da komprimeringen med den sydafrikanske fremgangsmåde (Asphalt Academy, TG2 manual, 2009) styres efter at opnå samme target densitet.
- Spaltetrækstyrkerne (ITS) falder overraskende med stigende bitumenindhold, både tørre og våde.
- Den våde spaltetrækstyrke ($ITS_{våd}$) holder sig over TG2-manualens minimum på 150 kPa ved bitumenindhold mindre end 2,3%.
- Vandfølsomhed (ITSR) varierer meget, som udtryk for kombineret usikkerhed af $ITS_{våd}$ og $ITS_{tør}$ (ITSR-værdier over 100% er dog næppe realistiske og må tilskrives usikkerhed ved bestemmelsen). Variationen og usikkerheden på ITS-bestemmelserne øges givetvis også når materialet er et relativt groft 0/32 mm materiale. Der er dog generelt fundet høje (gode) ITSR-værdier.
- Stivhedsmodulet (ITSM) stiger som forventet svagt med øget bindemiddelindhold, men stigningen synes at flade ud ved værdier over ca. 2,2% bitumen. Generelt ligger stivhedsmodulet v/20°C pænt højt, med værdier over 1.200 MPa.

Ud fra de fundne data synes et bindemiddelindhold på ca. 2,1-2,2 % at være mest ideelt.

5.2. Konklusion, BSM-KMA MIX-DESIGN, baseret på 0/32 mm genbrugsasfalt fra Munck Asfalt, Svogerslev

Følgende sammensætning bør anvendes:

- Basis materiale: 0/32 mm GMA, Munck Asfalt, Svogerslev
- Bitumentype*: 70/100
- Vandindhold i skumbitumen*: 2,8%
- Bitumen temperatur*: 175°C
- Cement tilsat*: 1,0% af blanding (måske bør det i produktionen overvejes at stile efter 0,8% for at sikre, at der ikke doseres over 1,0% i praksis, så risiko for svindrevner minimeres)
- Procesvandindhold i mix: 6,2 % (Optimalt vandindhold fra mod. Proctor (8,2%) minus 2%.
- Måske bør det overvejes at lægge produktionens vandindhold en anelse højere, f.eks. 6,5%, da det erfaringsmæssigt er lettere at afdræne/afdampe en smule vand, end at tilsætte ekstra vand til en færdig BSM).
- Bitumenindhold i mix: 2,1 – 2,2 % synes mest ideelt ud fra det gennemførte mix-design.

**) De med * markerede værdier er forhåndsvalgt ud fra indledende BSM-forsøg i VD-regi 2019.*

6. Fuldskala produktion af BSM-KMA

Dette afsnit beskriver de fundne data fra prøver udtaget af BSM-produktionen til Buesøvej-projektet i Lejre Kommune.

6.1. Tidsforløbet under udførelsen

Mandag 29/6 og tirsdag 30/6 blev den eksisterende belægning på Buesøvej gennemfræset i 30 cm dybde og 6,5 m bredde, hvorefter belægningen blev afrettet og komprimeret op til en ny, homogen vejkasse med ensartet bærelagsmateriale.

Fig. 6.1: Gennemfræsning og komprimering af nyt bærelagsfundament.

Efter gennemførelse af komprimeringskontrol (Troxler isotopsonde, se bilag), påbegyndtes BSM produktion og udlægning onsdag 1/7 og fortsatte frem til fredag 3/7, hvor BSM-arbejdet blev afsluttet.

Fig. 6.2: Udlægning af BSM-KMA i 15 cm lagtykkelse.

Der er efterfølgende udlagt et fulddækkende SMA-slidlag, udført vejmarkering og udlagt kantgrus, da vejbelægningen ved BSM-udlægningen ved BSM-udlægningen blev hævet. BSM-KMA blev produceret af SR-Gruppen på deres mobile BSM-KMA-blandeanlæg, som var opstillet hos Munck asfalt A/S i Svogerslev, hvor det anvendte, knuste GMA 0/32 genbrugsasfaltmateriale var opstakket.

Fig. 6.3: Udlægning af BSM på Buesøvej i grønne omgivelser.

6.2. Sammensætningskontrol, BSM

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.

Sigteanalyse og bindemiddelindhold					
Dato	01-07-2020		02-07-2020		Ideal u/bit
Sigte (mm)	Genf.% "Uren"	Genf.% "Ren"	Genf.% "Uren"	Genf.% "Ren"	TG2 2020 (v/>50% GMA)
31,5	100	100	100	100	100
25	100	100	96	100	100
22,4	100	100	93	100	100
16	96	100	90	100	94
11,2	86	97	78	97	75
8	73	92	62	93	60
5,6	54	81	45	82	48
4	40	71	30	69	38
2	21	54	14	52	22
1	11	42	8	40	13
0,5	5	32	4	31	7
0,25	3	22	2	21	5
0,125	1	15	1	15	4
0,063	0,5	11,6	0,5	12	1
Bitumen	6,6		6,9		

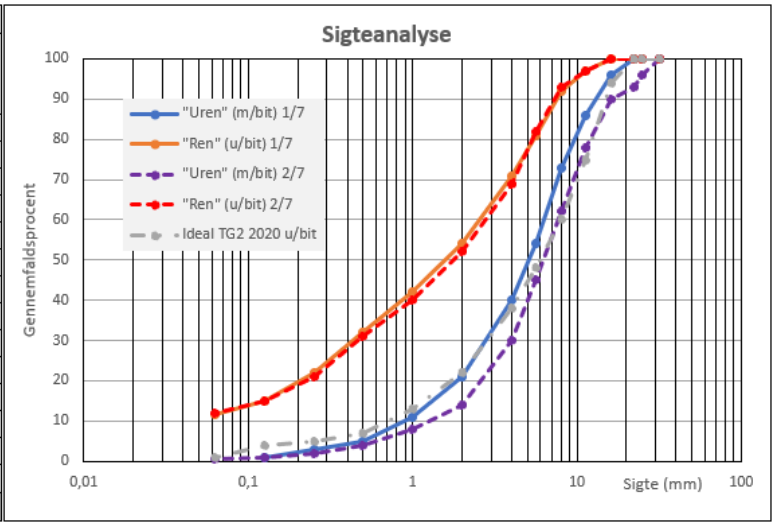


Fig. 6.2.1: Sigteanalyse og bindemiddelindhold for BSM-KMA produceret 1/7 hhv. 2/7-2020, både "urene" sigtekurver for den "rå" BSM med bitumen og sigtekurver for det "rene" stenmateriale efter udvaskning af bitumen.

I figur 6.2.1 er der til sammenligning indsat idealkurven fra Sabita's TG2-manual, 2020, for "uren"/"rå" BSM fremstillet på min. 50% genbrugsasfalt fra en slagknuser. Det ses, at begge dagsproduktioners "urene" kurver falder fint sammen med TG2's idealkurve for BSM.

Ved betragtning af de "rene" sigtekurver ses endvidere, at der praktisk taget ikke forekommer reelle stenpartikler større end 11,2 mm, selvom de "urene" kurver indikerer, at der er tale om et 0/32 mm materiale. Til orientering kan det i øvrigt oplyses, at det "rå", bitumenholdige BSM-materiales kornkurver overholder kravgrænserne angivet i AAB for ubundne bærelag af knust asfalt og beton, kategori 0/16 KAS.

6.3. 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 med vibration indtil en fast referencedensitet er opnået, virker "svag", set i forhold til alternativ Marshall-indstampning. 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
1/7-2020	1,908	1,960	1,980
2/7-2020	1,922	1,985	2,000
Gennemsnit	1,915	1,973	1,990

Tabel 6.3.1: Laboratoriebestemte referencedensiteter ved vibration og to forskellige Marshall-indstampninger. Alle densiteter er oplyst i Mg/m³.

6.4. 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			Vibration		Marshall 2x50 slag		Marshall 2x75 slag	
Dato	Bit%	Stendens.	Densitet	Hulrum	Densitet	Hulrum	Densitet	Hulrum
1/7-2020	6,6	2,726	1,908	22,3	1,960	20,2	1,980	19,3
2/7-2020	6,9	2,745	1,922	21,8	1,985	19,2	2,000	18,6
Gen.sn.	6,8	2,736	1,915	22,1	1,973	19,7	1,990	19,0

Tabel 6.4.1: 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 omkring 20%, hvilket dog erfaringsmæssigt ikke er overraskende eller unormalt for det punktvis bundne materiale.

6.5. Vandfølsomhed

Vandfølsomheden af BSM-materialet er testet på både vibrationsindstampede (Wirtgen vibrations-hammer) og Marshall-indstampede (DS/EN 12697-30:2018) prøvelegemer. 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

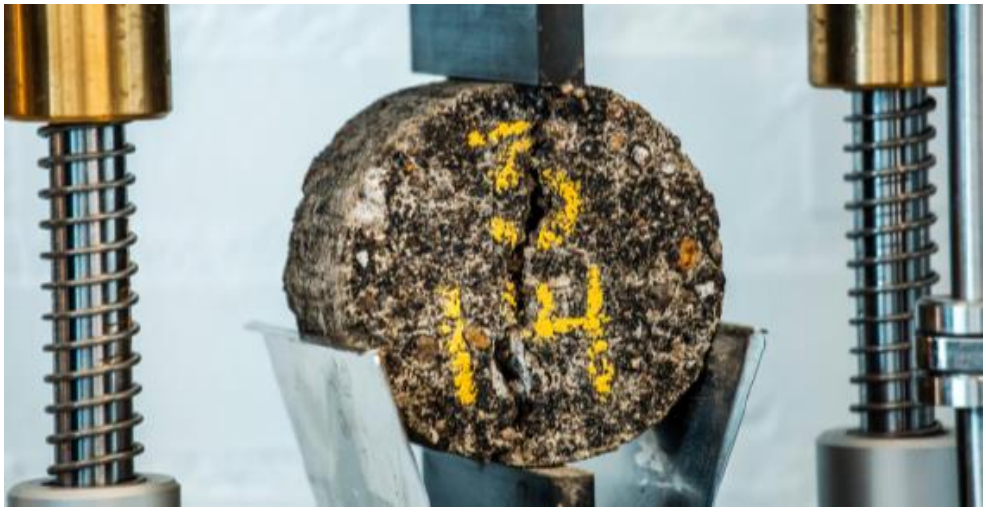


Fig. 6.5.1: Spaltetrækstyrkebestemmelse af Marshall-indstampet prøvelegeme.

Følgende data er opnået for produktionen henholdsvis 1/7 og 2/7-2020:

Indbygningsmetode:	Vibration		Marshall 2x50 slag		Marshall 2x75 slag	
	1/7-2020	2/7-2020	1/7-2020	2/7-2020	1/7-2020	2/7-2020
Spaltetrækstyrke, tør (kPa)	112	139	191	201	219	236
Spaltetrækstyrke, våd (kPa)	104	130	158	191	197	233
Vandfølsomhed (ITSR) (%)	92,9	93,6	82,7	95,1	89,9	98,6

Tabel 6.5.1: Data for spaltetrækstyrketest af tørre og våde legemer samt beregnet vandfølsomhed.

Som det fremgår af tabellen er der uanset valgt referenceindbygningsmetode generelt opnået fine værdier for vandfølsomhedsmodstand (vedhæftningsevne), varierende fra 83 til 99%.

6.6. 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
1/7-2020	690	714	755
2/7-2020	855	982	1039
Gennemsnit	773	848	897

Tabel 6.6.1: Data for stivhedsmodulbestemmelse ved 20°C.

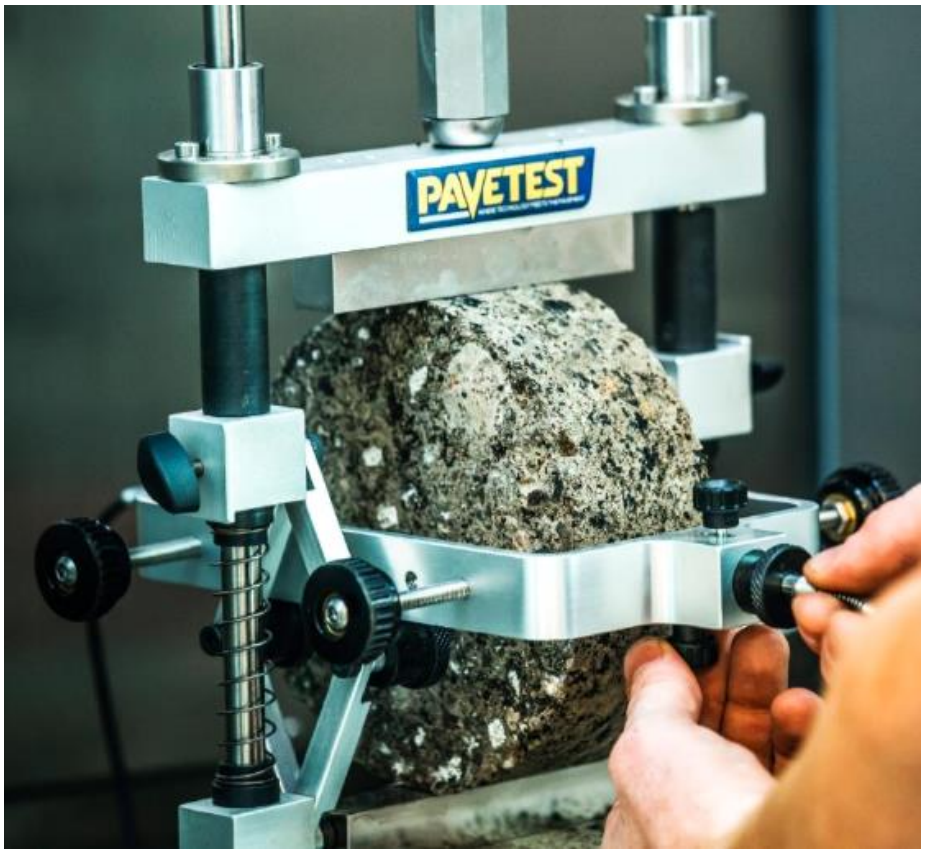


Fig. 6.6.1: Opstilling til stivhedsmodul-bestemmelse med hydraulisk DTS-30 testudstyr fra Pavetest

Det ses, at BSM-materialet udviser værdier for materialestivheden på ca. 700 – 1.000 MPa, hvilket umiddelbart indikerer en fornuftig bæreevne. Det ses som ventet, at de vibrationsindstampede kerner ligger på et lidt lavere niveau end for Marshall-indstampningen, hvilket underbygger vibrationsmetodens svaghed. Generelt er stivhedsmodulet for anden dagsproduktion lidt højere end for den første dag.

6.7. Sporkøringsmodstand

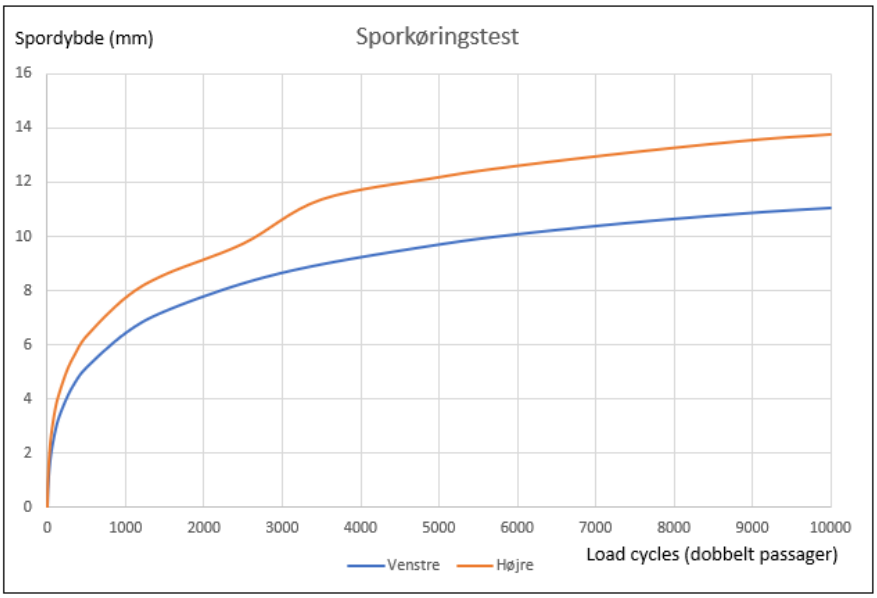
Der er på BSM-materialet fra 1/7-2020 indtromlet sporkøringsplader (20°C) og efterfølgende udført sporkøringstest efter gældende CEN-standard for asfalt med lufttermostatering ved en testtemperatur på 45°C. Der er anvendt en pladetykkelse på 10 cm, som er det maksimale, som apparaturet kan anvende.

Fig. 6.7.1: 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.

Wheel Tracking Test jf. DS/EN 12697-22, small-size, procedure B, air LAB.NR: 2008194-G31

Materiale: BSM Buesøvej, Lejre, udtaget af produktionen 01-07-2020			
Tilstræbt lagtykkelse: 10 cm	Målt lagtykkelse (H/V): 99,1/98,9 mm	Pladedimension:	304x304 mm
Referencedensitet (vibr.): 1,908 Mg/m³	Komprimeringsgrad 97,3 hhv. 95,2%	Testtemperatur:	45°C

Dobb.pass. (Antal)	Spordybde (mm) Venstre	Højre
0	0	0
5	0,51	0,73
10	0,81	1,19
25	1,43	1,97
50	2,06	2,72
100	2,82	3,64
150	3,35	4,21
250	4,06	5,06
350	4,60	5,65
500	5,17	6,33
1000	6,44	7,75
1500	7,24	8,6
2500	8,27	9,74
3500	8,97	11,37
5000	9,70	12,19
6000	10,08	12,61
7500	10,52	13,12
9000	10,87	13,56
10000	11,05	13,77



Resultat:	Total spordybde:	12,41 mm
	WTSair:	0,293 mm/1000 load cycles
	PRDair:	12,5 %

Tabel 6.7.1 (tre tabeller og en graf): Resultat af sporkøringstest af BSM-materialet fra 1/7-2020.

Fig. 6.7.2: Fotos af BSM sporkøringspladerne efter afsluttet test.

Tabel 6.7.1 og den tilhørende grafiske afbildning angiver resultatet fra den gennemførte sporkørings-test på BSM-materialet udtaget 1/7-2020. Figur 6.7.2 viser den registrerede sporkøring på 10 cm tykke BSM-plader.

Det er vigtigt at bemærke, at sporkøringspladerne ved indbygningen i laboratoriet beklageligvis ikke opnåede det tilstræbte komprimeringsniveau på ca. 100%, men fejlagtigt kun opnåede en komprimeringsgrad på 95-97% af referencedensiteten ved vibrationsindstampning. Det har desværre ikke været muligt at gentage forsøget, da BSM-indbygning af prøvelegemer altid skal udføres på "frisk", ikke-curet BSM-materiale, som helst ikke skal være mere end 4 timer gammelt. Den utilstrækkelige indtromling af sporkøringspladen har således givetvis haft en indflydelse på den opnåede gennemsnitlige spordybde, som er på 12 mm. De 12 mm svarer for den 10 cm tykke asfaltplade til en proportional spordybde på 12%, hvilket dog reelt ikke er langt fra, hvad der ofte ses for en varmblandet GAB, når denne typisk testes i 5-6 cm tykkelse.

Det væsentlige er dog at bemærke, at tilvæksten i spordybde mellem 5.000 og 10.000 belastningscykler (hældningen af den sidste halvdel af kurven) er ret begrænset. Dette viser, at efter at materialet ved de indledende overkørsler er blevet komprimeret op, så er tendensen til fortsat sporkøring i den sidste halvdel af testen lille. Den gennemsnitlige linjehældning for de to parallelprøvninger er udtrykt i "WTS_{air}"-værdien, som er angivet i den nederste del-tabel. En værdi på 0,29 ligger pænt lavt. Til sammenligning kan det oplyses, at DS/EN 13108-1 for varmblandet asfalt giver muligheder for at deklarere WTS_{air} værdier mellem 0,03 og 1,00 mm. Trods forsøgsgennemførelsens ikke-optimale indbygning af sporkøringspladerne, fremstår BSM-materialet således alligevel overordnet set fornuftigt stabilt.

7. Komprimering af udlagt BSM på Buesøvej

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 R-20-3084B fra strækningen).

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)

	Nr.	1	2	3	4	5	Middel	Std.afv.	Tol.: g-kxs
Referencemetode	Ref.dens	1,869	2,048	1,883	1,925	1,921	1,929		
Ø150 mm vibration	1,915	97,6	106,9	98,3	100,5	100,3	100,7	3,7	93,5
Ø100 Marshall 2x50	1,973	94,7	103,8	95,4	97,6	97,4	97,8	3,6	90,8
Ø100 Marshall 2x75	1,990	93,9	102,9	94,6	96,7	96,5	96,9	3,5	90,0

Tabel 7.1: Komprimeringsdata for BSM på Buesøvej. Referencedensiteter er middel af begge udlægningsdage.

Det ses af tabel 7.1, at der – afhængig af valgt referencemetode – er opnået en middelkomprimeringsgrad på 97-101 %. Materialet fremstod da også efter afsluttet udlægning og komprimering som et fint stabilt materiale.

TEKNOLOGISK
INSTITUT

8. BILAG: Komprimeringskontrol af gennemfræset og genkomprimeret bærelag under BSM-laget

Prøvningsrapport nr.:	*R-20-3007A*	Dato:	14. juli 2020
Komprimeringskontrol, feltprøvning.		VBM sag:	3088 3 V R-20-3007A
Rekvirent:	Teknologisk Institut	Udført dato:	1. juli 2020
Lokation:	3 - Buesøvej, Lejre	Udført af:	MH
Sted:	Se bilag 1		

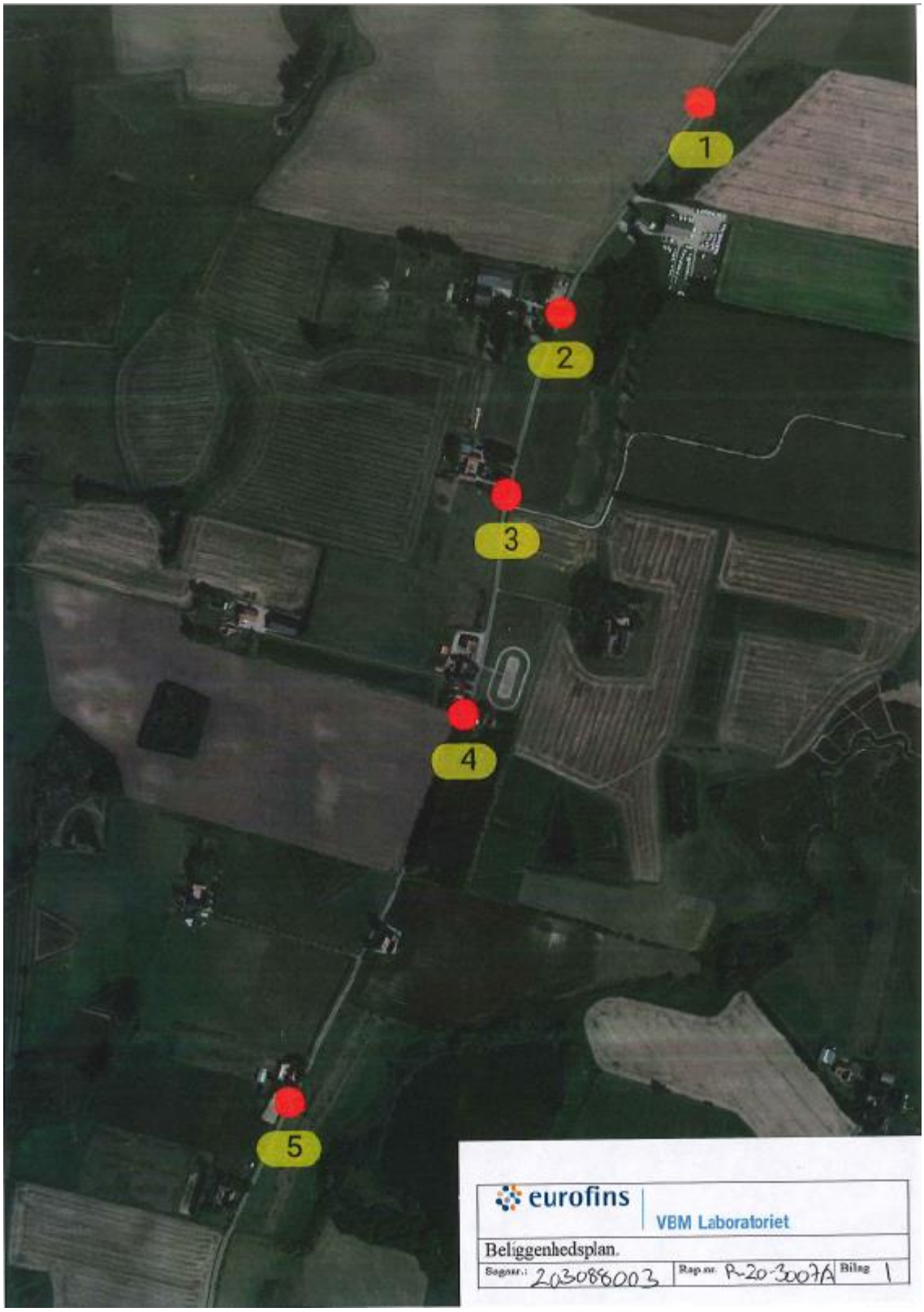
VBM Prøvenr	R-20-3007A-	1	2	3	4	5
Materiale		UBSM	UBSM	UBSM	UBSM	UBSM
Mrk		Vestside pkt. 1	Vestside pkt. 1	Midte pkt. 2	Midte pkt. 2	Østside pkt. 3
Niveau		Planum	Planum	Planum	Planum	Planum
Densitet og vandindhold, isotopmetoden.						
MÅLERESULTATER						
Dybde:	cm	30	15	30	15	30
Vandindhold:	%	6,2	6,2	3,4	3,4	4,6
Våddensitet:	kg/m³	2118	2121	2175	2184	2111
Tørdensitet:	kg/m³	1994	1997	2103	2112	2018
BEREGNEDE RESULTATER						
Anvendt Ref værdi	Mg/m³	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07
Komprimerings grad	**%**	**96,3**	**96,5**	**101,6**	**102,0**	**97,5**
VBM Prøvenr	**R-20-3007A-**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Materiale		UBSM	UBSM	UBSM	UBSM	UBSM
Mrk		Østside pkt. 3	Midte pkt. 4	Midte pkt. 4	Vestside pkt. 5	Vestside pkt. 5
Niveau		Planum	Planum	Planum	Planum	Planum
Densitet og vandindhold, isotopmetoden.						
MÅLERESULTATER						
Dybde:	cm	15	30	15	30	15
Vandindhold:	%	4,6	2,9	2,9	4,3	4,3
Våddensitet:	kg/m³	2143	2178	2174	2139	2107
Tørdensitet:	kg/m³	2048	2116	2112	2050	2019
BEREGNEDE RESULTATER						
Anvendt Ref værdi	Mg/m³	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07
Komprimerings grad	**%**	**99,0**	**102,2**	**102,0**	**99,0**	**97,6**

.....Simpelt gns og min værdi.....			....Statistisk beregning....		
Enhed	Gennemsnit	Minimum værdi	Spredning	Konstant x spredning	Karakteristisk, K
%	**99,4**	**96,3**	**2,3**	**3,9**	**95,5**

Kommentarer og observationer til Kontrolafsnit

- UBSM (Underlag for BSM).
- Vandindhold er bestemt i laboratoriet p.g.a. Materialetype.
- 2,07 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 VI (Vibrationsindstampning) = 100% komp grad.

Der henvises i øvrigt til Eurofins rapport R20-3007A
Se efterfølgende side for komprimeringskontrollernes placering.


1
2
3
4
5
eurofins
VBM Laboratoriet
Beliggenhedsplan.
Sagsnr.: 203088003
Rap.nr. R-20-3007A
Bilag 1