



SINTEF Byggforsk
Veg- og jernbaneteknikk

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøk: Høgskoleringen 7A
Telefon: 73 59 46 10
Telefaks: 73 59 14 78

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

NOTAT

GJELDER

Utvikling av slitesterke asfaltdekker – Uttesting av Sta 2 masser ved bruk av polymermodifiserte bindemidler (testing av slitasje- og deformasjonsegenskaper).

BEHANDLING

UTTALELSE

ORIENTERING

ETTER AVTALE

GÅR TIL

Leif Jørgen Bakløkk, Statens vegvesen
Rabbira Garba Saba, Statens vegvesen

X

X

ARKIVKODE

3C0008

GRADERING

Åpen

ELEKTRONISK ARKIVKODE

I:\pro\530008 Slitesterke asfaltdekker\Rapport\Notat-Uttesting av Sta2 med pmb.doc

PROSJEKTNR.

3C0008

DATO

2008-03-07

SAKSBEARBEIDER/FORFATTER

Bjørn Ove Lurfald

ANTALL SIDER

20

Sammendrag

Statens vegvesen, Vegdirektoratet (Tek-T) har startet et prosjekt med tittelen ”Miljøvennlige vegdekker”. Prosjektet er planlagt gjennomført i perioden 2004 – 2008.

I dette prosjektet er det påvist at tynndekker har støyreduserende egenskaper.

I en innledende undersøkelse ønsket man å se på effekten av bruk av polymermodifiserte bindemidler i massetypen støpeasfalt med liten maksimal steinstørrelse mht slitasjeegenskaper. Hovedmålet for analysene er å utvikle tynndekker som er slitesterk og som kan brukes i tunneler og gater der det er behov for å redusere svevestøv fra vegslitasje.

I dette notatet presenteres resultatene etter uttesting av Sta 2 med 3 utvalgte polymermodifiserte bindemidler (stempelinntrykk). Videre presenteres resultater etter testing av deformasjonsegenskaper (wheel-track) og slitasjeegenskaper etter testing i Trøger hvor to av de polymermodifiserte bindemidlene er benyttet.

Resultatene viser at slitasjeegenskapene med denne massetypen, ved bruk av polymermodifiserte bindemidler, er gode, men at deformasjonsegenskapene ikke er tilfredsstillende.

INNHALDSFORTEGNELSE

Sammendrag	1
1 Bakgrunn	3
2 Innledning	4
3 Analysemetoder – standarder og prosedyrer	5
3.1 Stempelinntrykk	5
3.2 Prøvetillaging	8
3.3 Testing av deformasjonsegenskaper ved bruk av wheel-track	10
3.4 Testing av slitasjeegenskaper ved bruk av Trøger	11
4 Materialer	12
Bindemidler	12
Steinmaterialer	12
5 Resultater	14
5.1 Bestemmelse av optimalt bindemiddelinnhold (stempelinntrykk)	14
5.2 Deformasjonsegenskaper (Wheel-track)	15
5.3 Slitasjeegenskaper (Trøger)	16
6 Vurderinger	17
7 Videre arbeid	19
8 Referanser	20

1 Bakgrunn

Statens vegvesen, Vegdirektoratet (Tek-T) har startet et prosjekt med tittelen ”*Miljøvennlige vegdekker*”. Prosjektet er planlagt gjennomført i perioden 2004 – 2008.

Stortinget har vedtatt en målsetting om å redusere støyplagene med 25 % fra 1999 til 2010. I regjeringens miljøvernpolitikk (St.meld. 25, 2002-2003) legges det opp til å redusere støyen ved kilden. Her er det også pekt på at en betydelig del av innsatsen må gjøres innenfor vegtrafikk siden dette er hovedkilden for støyplagene.

Når det gjelder luftkvalitet har Norge, og de andre nordiske land hvor det brukes piggekk, et problem med for høye konsentrasjoner av svevestøv under tørre værforhold vinters tid. Her er det kommet retningslinjer fra EU som skal oppfylles innen 2005 og som ytterligere skjerpes fra 2010.

Prosjektet ”Miljøvennlige vegdekker” har følgende effektmål:

- Færre støyplagede langs norske veier og gater
- Bedre luftkvalitet i tettbygd strøk

I tunneler er produksjon av støv også et problem mht sikt.

Denne undersøkelsen er en videreføring av arbeider utført ved NTH i løpet av 1980-tallet hvor man analyserte effekten av polymermodifiserte bindemidler mhp slitestyrke. I en hovedoppgave utført ved NTH [4] ble det spesielt sett på slitestyrken til mørtelen ved bruk av ulike polymermodifiserte bindemidler.

2 Innledning

I prosjektet ”*Miljøvennlige vegdekker*” er det påvist at tynndekker har støyreducerende egenskaper. Hovedmålet for dette prosjektet er å utvikle tynndekker som er slitesterk og som kan brukes i tunneler og gater der det er behov for å redusere svevestøv fra vegslitasje, ved optimal bruk av tilsetningsstoffer i asfalten. Det er gjennomført et innledende arbeid hvor det er sett på slitasjeegenskapene til en Sta 2 med ulike bindemidler [1]. I den innledende undersøkelsen ble det valgt ut noen polymermodifiserte bindemidler og det ble benyttet et høyt bindemiddelinnhold, 12,5 %.

Stabilitetsegenskapene vil være av stor betydning for denne type dekke og i denne oppfølgende undersøkelsen er hovedmålsetningen å vurdere disse egenskapene. Det optimale bindemiddelinnhold, for de tre bindemidlene som hadde de beste slitasjeegenskapene fra den innledende undersøkelsen, er bestemt ved bruk av stempelinntrykk. Det er videre laget prøver med optimalt bindemiddelinnhold for testing i wheel-track (deformasjonsegenskaper) og for testing i Trøger, for å se hvordan slitasjeegenskapene endrer seg sammenlignet med slitasjeegenskapene som ble funnet i den innledende undersøkelsen hvor bindemiddelinnholdet var 12,5 %.

3 Analysemetoder – standarder og prosedyrer

Bestemmelse av optimalt bindemiddel samt produksjon og testing er utført etter metoder sammenstilt i tabell 1.

Tabell 1 Metoder benyttet ved bestemmelse av optimalt bindemiddelinnhold, produksjon og testing av masseprøver

Aktivitet	Standard	Tittel	Merknad
Bestemmelse av optimalt bindemiddelinnhold	14.558 (Håndbok 014)	Stempelintrykk/ Støpeasfalt	
Prøvetillaging			Prøver til slitasjetesting er tillaget ved bruk av vibrasjonsbord, mens prøver til deformasjon er laget ved bruk av rolling-compactator.
Deformasjonsegenskaper (wheel-track)	NS-EN 12697-22	Spordannelse ved deformasjon.	Det er benyttet small-size utrustning med prosedyre B i luft og testen er utført ved 50 °C på prøver med tykkelse 25 mm.
Slitasjetesting	14.742 (Håndbok 014)	Trøger, slitasjeegenskaper, norsk metode	Det er utført testing etter standardisert metode, dvs våte prøver kondisjonert ved 0 °C og på tørre prøver som er kondisjonert ved -5 °C.

I det følgende er det gitt en kort beskrivelse av de ulike metoder.

3.1 Stempelintrykk

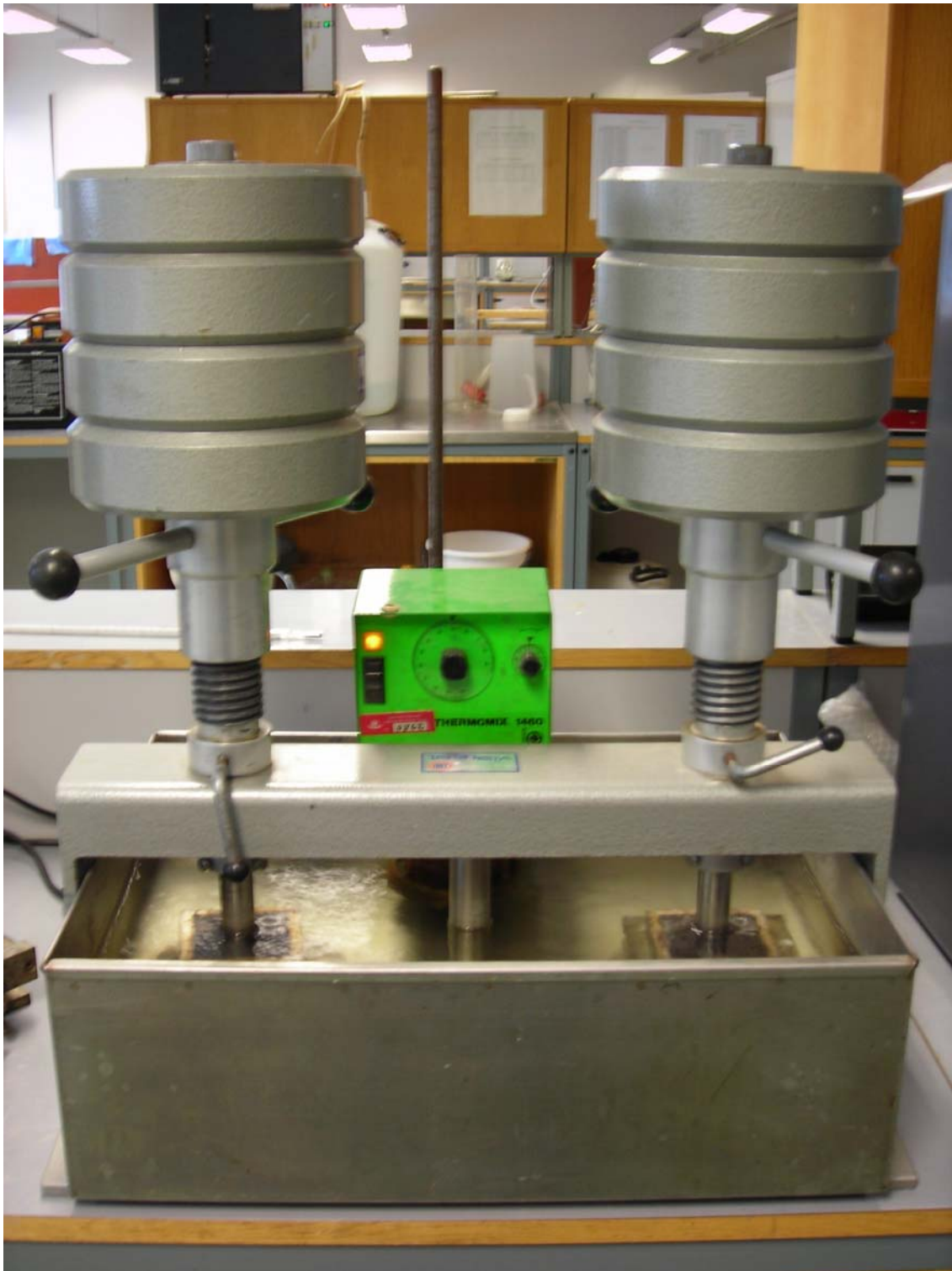
Prosedyren for tillaging av prøver og testinger vist i figurene 2- 5. Figur 2 viser blanding av materialet, figur 3 viser komprimering av prøve i prøveform ved bruk av stampekloss, mens figur 4 viser testing av prøve og figur 5 viser testet prøve.



Figur 2 Blanding av asfaltmasse, Sta 2



Figur 3 Komprimering av prøve ved bruk av stampekloss



Figur 4 Testing av stempelinntrykk



Figur 5 Prøve etter testing av stempelinntrykk

Krav til stempelinntrykke for støpeasfalt (Sta) er angitt i tabell 2.

Tabell 2 Kravspesifikasjoner for Støpeasfalt (Sta) [2]

Krav til hardhet ved	Krav (stempelinntrykk, mm)
Langsomtgående trafikk	1 - 3
Tung og middels tung trafikk	1 - 6
Lett trafikk, gang- og sykkelveger, fortau	< 10
Isoleringsstøpeasfalt (Sta 2 og Sta 4)	< 15

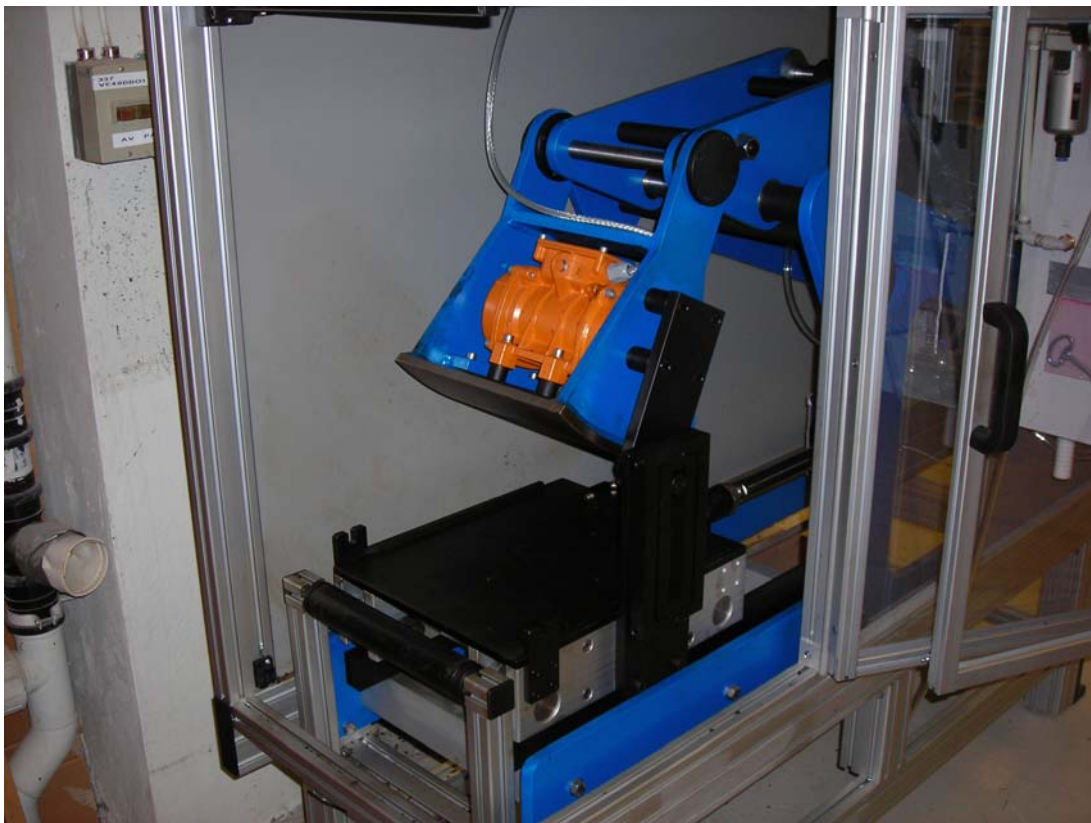
I denne undersøkelsen er bindemiddelinnholdet bestemt ut fra stempelinntrykk på 3 mm.

3.2 Prøvetillaging

Tillaging av prøver for slitasjetesting (Trøger) er utført ved bruk av vibrasjonsbord som vist i figur 6, mens prøver for testing av deformasjonsegenskaper (wheel-track) er utført ved bruk av rolling-compactor som vist i figur 7.



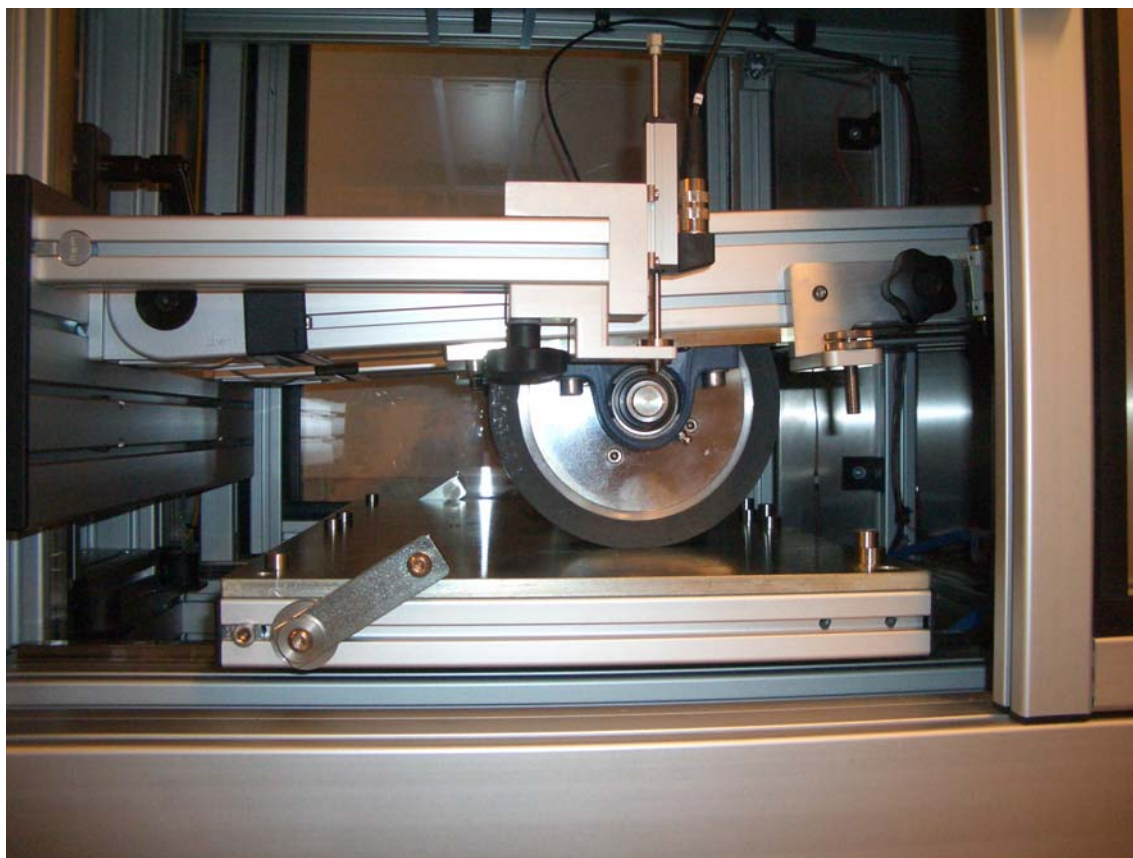
Figur 6 Tillaging av prøver ved bruk av vibrasjonsbord



Figur 7 Rolling-compactor ved SINTEF Veg- og jernbaneteknikk

3.3 Testing av deformasjonsegenskaper ved bruk av wheel-track

Testingen er utført i wheel-track apparatur som vist i figur 8.



Figur 8 Wheel-track ved SINTEF Veg- og jernbaneteknikk

Sporutviklingsraten (Wheel-Tracking Slope, WTS) beregnes på følgende måte:

$$WTS_{AIR} = (d_{10000} - d_{5000})/5$$

WTS_{AIR} er sporutviklingsraten i mm/10³ lastsykel.

d_{5000}, d_{10000} er spordybde i mm etter hhv 5000 og 10000 lastsykler.

Proportional Rut Depth, PRD, beregnes på følgende måte:

$$PRD_{AIR} = (d_N / \text{prøvetykkelse (mm)}) * 100$$

PRD_{AIR} Er spordeformasjon i prosent av prøvens tykkelse

d_N Spordybde i mm ved N passeringer (N er vanligvis 10000)

3.4 Testing av slitasjeregenskaper ved bruk av Trøger

Trøger-apparatur benyttet til testing av slitasjeregenskaper er vist i figur 9.



Figur 9 Trøger-apparat ved SINTEF Veg- og jernbaneteknikk

4 Materialer

Bindemidler

De bindemidler som er benyttet er vist i tabell 2 sammen med utvalgte egenskaper.

Tabell 2 Bindemidler med utvalgte egenskaper

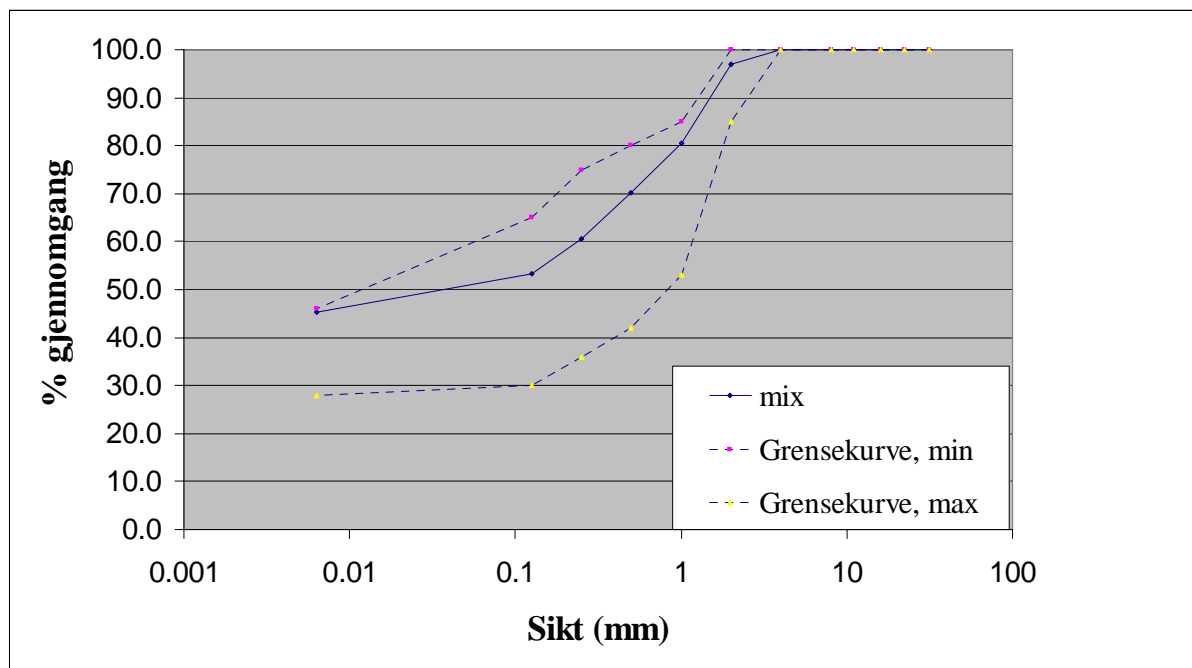
Bindemiddel	ORIGINALT						PAV	
	Pen	El.tilbakegang	Mykn.punkt	Viskositet (CPS)			S-verdi ^{*)}	m-verdi ^{*)}
	25°C	10 °C (%)	°C	160°C	180°C	200°C		
Cariphalte DM (Shell)	82	90	93.2	750	384	202	437	0.221
Cariphalte Masterflex (Shell)	88	94	77.3	745	392	220	410	0.232
Styrelf PmB 26/2D (Total)	97	79	64.8	436	234	126	268	0.300
B 70/100	95	ikke målt	44.6	111			583	0.191

*) S- og m-verdi er bestemt ved -24°C.

Steinmaterialer

Steinmaterialet som er benyttet er fra Ottersbo. Dette er et tilslagsmateriale med gode mekaniske egenskaper.

Kornfordelingskurve for sammensatt steinmateriale er vist i figur 10. Kornfordelingskurven er satt sammen ut fra veieskjema vist i tabell 3.



Figur 10 Kornfordelingskurve for Sta 2.

Tabell 3 Veieskjema for Sta 2.

Fraksjoner	Materiale	%	Gram	Sum %	Sum Gram
2.0-4.0mm	Ottersbo	3	120	3	120
1.0-2.0mm	”	16	640	19	760
0.5-1.0mm	”	11	440	30	1200
0.250-0.500mm	”	9	360	39	1560
0.125-0.250mm	”	8	320	47	1880
0.063-0.125mm	”	8	320	55	2200
Filler	Kalkstein	45	1800	100	4000

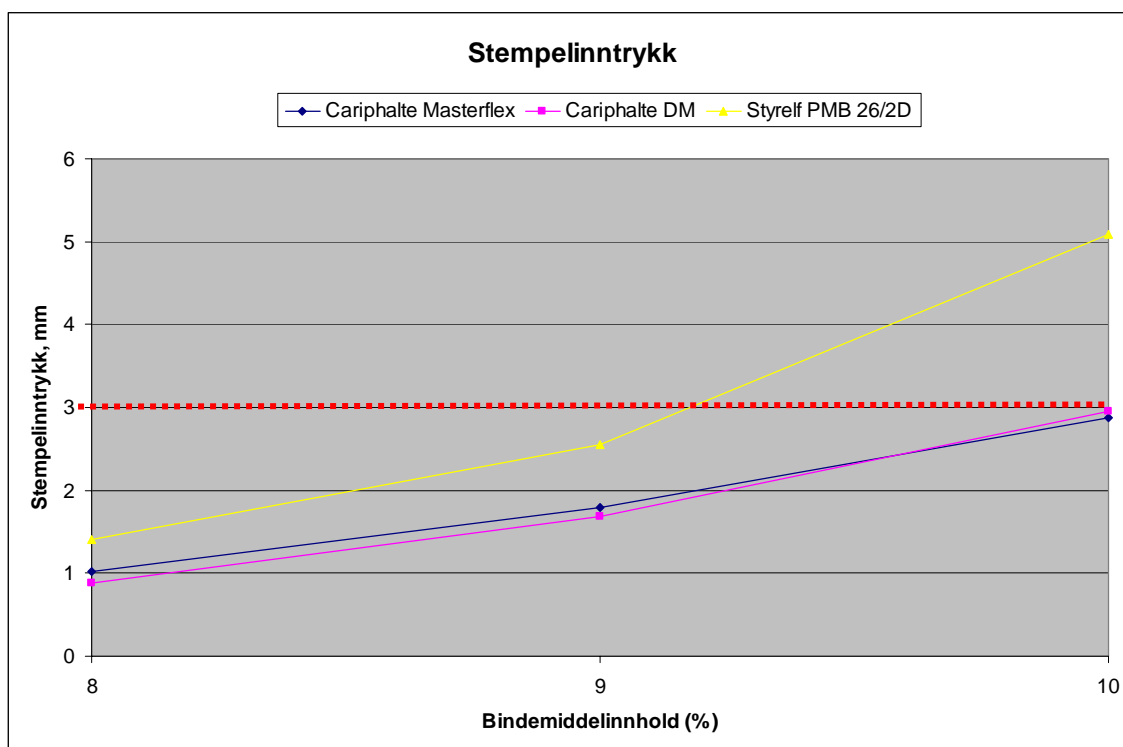
5 Resultater

5.1 Bestemmelse av optimalt bindemiddelinnhold (stempelinntrykk)

Resultatene etter bestemmelse av stempelinntrykk for tre ulike bindemiddelnivå er vist i tabell 4 og figur 11.

Tabell 4 Bestemmelse av stempelinntrykk for tre ulike bindemiddelnivå

Bit.innh.	pr.nr	Cariphalte Masterflex		Cariphalte DM		Styrelf PMB 26/2D	
		Def (mm)	Hulrom (%)	Def (mm)	Hulrom (%)	Def (mm)	Hulrom (%)
8 %	1	0.88	9.8	1.13	8.9	1.48	5.8
8 %	2	1.16	7.5	0.63	6.8	1.34	4.6
middel		1.02	8.7	0.88	7.9	1.41	5.2
avvik %		13.7		28.4		5.0	
9 %	5	2.13	3.1	1.86	2.1	2.76	2.1
9 %	6	1.46	2.8	1.49	2.4	2.34	2.0
middel		1.80	2.9	1.68	2.3	2.55	2.1
avvik %		18.7		11.0		8.2	
10 %	3	2.87	2.2	2.83	2.8	5.28	2.5
10 %	4	2.88	2.2	3.07	2.6	4.88	2.6
middel		2.88	2.2	2.95	2.7	5.08	2.5
avvik %		0.2		4.1		3.9	



Figur 11 Stempelinntrykk målt ved tre ulike bindemiddelinnhold

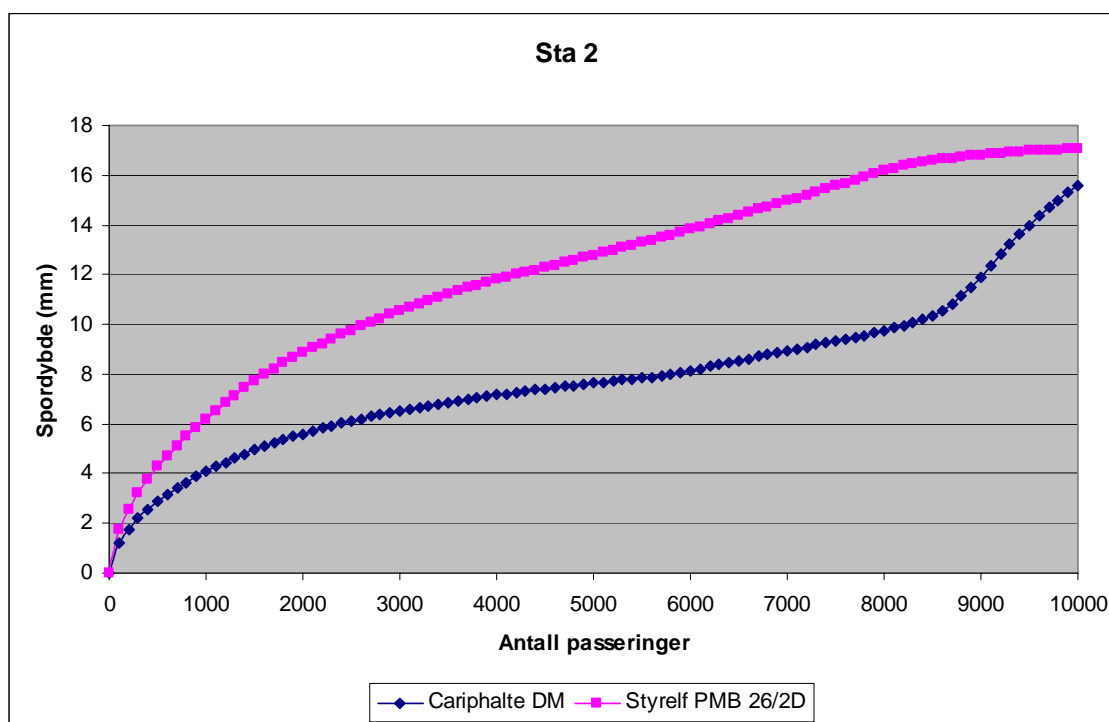
I figur 11 er krav, basert på langsomtgående trafikk (Håndbok 246) [2], til stempelinntrykk angitt. I denne undersøkelsen er krav til maksimalt stempelinntrykk satt til maksimum 3 mm. I tabell 5 er optimalt bindemiddelinnhold, basert på stempelinntrykk, for de tre bindemiddeltypene angitt.

Tabell 5 Optimalt bindemiddelinhold basert på stempelinntrykk

Bindemiddeltype	Krav til stempelinntrykk (mm)	Optimalt bindemiddelinhold (%)
Cariphalte Masterflex	3,0	10,1
Cariphalte DM	3,0	10,0
Styrelf PMB 26/2D	3,0	9,2

5.2 Deformasjonsegenskaper (Wheel-track)

Deformasjonsegenskaper er testet for Sta 2 med to bindemiddeltyper Cariphalte DM og Styrelf PMB 26/2D. Det er utført testing på bare en prøve av hvert bindemiddel. Sporutviklingskurvene er vist i figur 12.



Figur 12 Sporutviklingskurver for Sta 2 med Cariphalte DM og Styrelf PMB 26/2D (det presiseres at det bare er testet en prøve av hver masse)

Som figur 12 viser så har massen med Cariphalte DM klart bedre deformasjonsegenskaper fram til 7000-8000 lastsykler, hvor det skjer en "kollaps" i massen og deformasjonen øker raskt de siste lastsykler og nærmer seg prøven med Styrelf PMB 26/2D etter 10000 lastsykler. I tabell 6 er den totale og den relative spordannelse vist for begge massetyper etter både 10000 og 7000 lastsykler.

Tabell 6 Total og relativ spordannelse etter 10000 og 7000 lastsykler i wheel-track

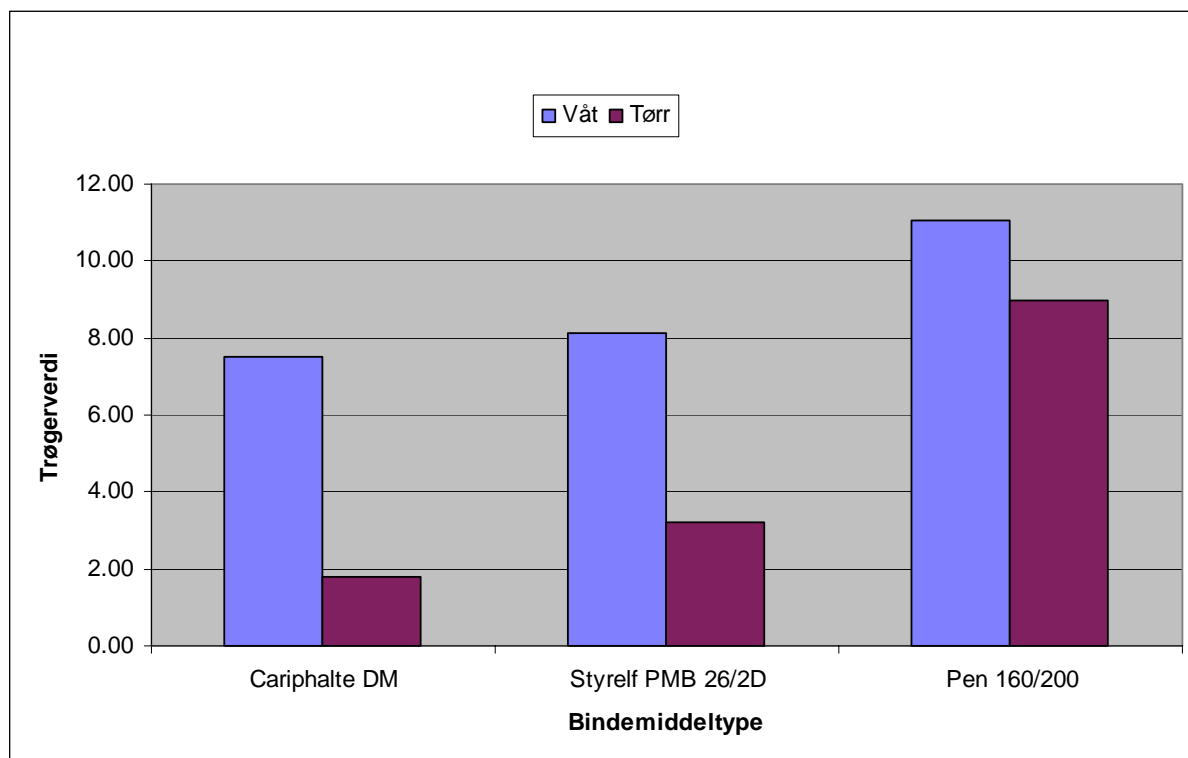
Massetype	Bindemiddeltype	Etter 10000 lastsykler		Etter 7000 lastsykler	
		RDair (mm)	PRDair (%)	RDair (mm)	PRDair (%)
Sta 2	Cariphalte DM	15.6	62.3	8.9	35.8
Sta 2	Styrelf PMB 26/2D	17.1	68.2	15.0	59.8

5.3 Slitasjeregenskaper (Trøger)

Slitasjeregenskapene er også testet for Sta 2 med optimalt bindemiddelinhold for de to bindemiddeltypene Cariphalte DM og Styrelf PMB 26/2D, samt for en referansemasse, Ab 11 med bitumen 160/220. Prøvedata og resultater etter Trøger er vist i tabell 7. I Figur 13 er Trøgerresultater vist grafisk.

Tabell 7 Prøvedata og resultater etter Trøgertesting

Prøve	Masse- type	Bindemiddeltipe	Bindemiddel- innh. (%)	Hulrom (%)	Trøgerverdi (middel)	
					Våt	Tørr
A	Sta 2	Cariphalte DM	10.00	4.06	7.56	1.87
B	Sta 2	Cariphalte DM	10.00	4.37	7.58	1.69
C	Sta 2	Cariphalte DM	10.00	4.27	7.45	1.79
Middel		Cariphalte DM		4.23	7.53	1.78
D	Sta 2	Styrelf PMB 26/2D	9.20	3.30	8.08	3.24
E	Sta 2	Styrelf PMB 26/2D	9.20	3.90	8.09	2.94
F	Sta 2	Styrelf PMB 26/2D	9.20	3.47	8.24	3.47
Middel		Styrelf PMB 26/2D		3.56	8.14	3.22
Ref	Ab 11	Pen 160/200	5.90	0.32		8.98
Ref	Ab 11	Pen 160/200	5.90	0.27	11.03	
Middel		Pen 160/200		0.30	11.03	8.98



Figur 13 Resultater etter slitasjetesting i Trøger Sta 2 med Cariphalte DM og Styrelf PMB 26/2D og referansemasse Ab 11 med bitumen 160/220

6 Vurderinger

I denne undersøkelsen har det vært gjennomført en bestemmelse av optimalt bindemiddelinhold for en støpeasfalt (Sta 2) ut fra krav mht stempelinntrykk. Prøver med optimalt bindemiddelinhold er videre produsert og testet mht deformasjons- og slitasjeegenskaper.

Deformasjonsegenskapene

Det er tidligere gjennomført en undersøkelse hvor deformasjonsegenskaper i asfaltdekker ble testet ved bruk av wheel-track og Nottingham Asphalt Tester (NAT) [3]. I den undersøkelsen ble det utarbeidet utkast til krav til spordybde, RD_{air} , for borprøver fra felt. Disse er vist i tabell 8.

Tabell 8 *Utkast til krav til spordybde, RD_{air} , for borprøver fra felt ved 50 °C ved bruk av wheel-track (mm)[3]*

Lag	ÅDT				
	<1500	1500-3000	3000-5000	5000-10000	>10000
Dekke	-	< 8	<5	< 3,5	< 2

I den samme undersøkelsen [3] ble det også sett på forholdet mellom RD_{air} for laboratorieproduserte prøver og borprøver fra felt. Resultatene viste at forholdet mellom feltprøver/laboratorieprøver varierte fra 0,7 til 2,1. Det må også presiseres at tykkelsen på disse prøvene var ca 4 cm.

Resultatene fra denne undersøkelsen er derfor ikke direkte sammenlignbare med resultatene som var grunnlaget for de foreslåtte krav i tabell 8. Det vil derfor være nødvendig å foreta flere undersøkelser av deformasjonsegenskapene for denne massetypen. Det er imidlertid på det rene at deformasjonsegenskapene for støpeasfalten, undersøkt i denne undersøkelsen, er relativt dårlige, noe som også framgår av figur 14 hvor spordannelsen etter wheel-track er vist.



Figur 14 Spordannelse etter wheel-track for Sta 2 med Cariphalte DM

Slitasjeegenskapene

Slitasjeegenskapene for støpeasfalten er relativt bra sammenlignet med referansemassen (Ab 11), noe som gjelder både tørre og våte prøver. I tabell 9 er det foretatt en sammenstilling av resultatene fra denne undersøkelsen med den innledende undersøkelsen [1], hvor det ble foretatt en slitasjeundersøkelse av støpeasfalt med ulike bindemiddeltyper og bindemiddelinnhold på 12,5 %.

Tabell 9 Sammenstilling av resultater fra Trøger for Sta 2 med ulike bindemidler og ulike bindemiddelinnhold

Bindemiddeltipe	Bindemiddelinnhold (%)	Trøgerverdi	
		Våt	Tørr
Cariphalte DM	12,5	7,1	0,6
Cariphalte DM	10,0	7,5	1,8
Styrelf PMB 26/2D	12,5	7,7	1,0
Styrelf PMB 26/2D	9,2	8,1	3,2

Som det framgår av tabell 9 er slitasjeegenskapene for prøver med Cariphalte DM bedre enn prøvene med Styrelf PMB 26/2D. Dette gjelder både for prøver med bindemiddelinnhold på 12,5 % og for prøver hvor ”optimalt bindemiddelinnhold” er bestemt etter krav mht stempelinntrykk på 3 mm.

7 Videre arbeid

Denne undersøkelsen er en videreføring av det arbeidet som ble utført i [1] og [4]. Gjennom denne undersøkelsen er det dokumentert at resultater etter testing i Trøger er gode også når bindemiddelinnholdet er bestemt etter krav mht stempelinntrykk. I det videre arbeidet vil det imidlertid fortsatt være viktig å vurdere slitasje- og stabilitetsegenskapene samtidig som det må arbeides videre med utfordringer mht friksjonsegenskaper og produksjonstekniske forhold.

8 Referanser

- [1] SINTEF-Rapport SBF IN A07002: *Utvikling av slitesterke tynndekker. Testing av bindemidler og innledende slitasjetesting med Trøger*. Trondheim 2007.
- [2] Statens vegvesen, Håndbok 246; *Asfalt 2005 – materialer og utførelse*.
- [3] SINTEF-rapport SBF IN A07003. *Testing av deformasjonsegenskaper hos asfaltdekker ved bruk av wheel-track og Nottingham Asphalt Tester (NAT)*. 2007.
- [4] Rønnes, Einar, ”*Slitestykke for polymermodifisert asfalt*”. Hovedoppgave ved Norges Tekniske Høgskole (NTH), Institutt for veg- og jernbanebygging, 1989.