

**SBUF Projekt 11607**

**Datum**  
2006-08-31  
**Författare**  
Niclas Stenberg  
Skanska Sverige AB  
Teknik Väg och Asfalt  
PL 6185  
424 57 Gunnilse  
Tel: 031-771 18 37  
Fax: 031-94 33 35

# Åldringsegenskaper hos polymermodifierade bindemedel

**SBUF Projekt 11607**





## Förord

Detta projekt är tätt knutet till arbetet kring Vägverket Region Västs provväg E6 mellan Geddeknippen – Kallsås där olika polymermodifierade bindemedel utvärderas som funktionsförbättrare i asfaltbelägningen (SBUF-projekt 11692).

Detta delarbete fokuserar på åldringsegenskaperna hos polymermodifierade bindemedel och hur bindemedlen bäst bör hanteras.

I arbetsgruppen ingick:

Niclas Stenberg	Skanska	Projektledare
Björn Kullander	NCC Roads	

I referensgruppen ingick:

Johannes Segerpalm	Skanska
Nils Ulmgren	NCC Roads
Thorsten Nordgren	Vägverket Region Väst

Både Björn och Nils har arbetat med liknande frågor tidigare<sup>1</sup>, det tillsammans med Thorstens praktiska erfarenheter och ett stort intresse från samtliga medlemmar i gruppen skapade ett snabbt rörelsemoment åt projektet.

Ett stort tack till personalen på Skanska VTC-Västs laboratorium i Gunnilse som arbetat strukturerat under hård tidspress och visat uppreade prov på lyhördhet och tålamod.

Tack även till Uffe Mortensen och Pankas AS som laboratorietillverkat bindemedlen och dessutom tvingades dubbla mängden på grund av analyserna som tillkom med detta projekt.

Göteborg i april 2006

Niclas Stenberg

---

<sup>1</sup> Projekt genomfört med anslag från SBUF 1989-1991 *Polymerers förändring under produktion av asfaltmassor*

## Åldringsegenskaper hos polymermodifierade bindemedel

<b>MÅL</b> .....	<b>6</b>
<b>1. SYFTE</b> .....	<b>6</b>
<b>2. METOD</b> .....	<b>7</b>
2.1 VAL AV BINDEMEDEL .....	7
2.2 UTVÄRDERADE EGENSKAPER HOS BINDEMEDELN .....	7
2.2.1 Separationsbenägenhet .....	7
2.2.2 Lagringsstabilitet .....	8
2.2.3 Lämpliga hanteringstemperaturer .....	8
<b>3. UTFÖRANDE</b> .....	<b>9</b>
3.1 ÅLDNING AV BINDEMEDELN I LABORATORIET .....	9
3.2 ANALYSMETODER SOM ANVÄNTS FÖR ATT BESTÄMMA BINDEMEDELNS EGENSKAPER .....	10
3.2.1 Penetration (SS-EN 1426) .....	10
3.2.2 Mjukpunkt (SS-EN 1427).....	10
3.2.3 Viskositet (Rotationsviskosimeter, Brookfield, SS-EN 13302) .....	10
3.2.4 Elastisk återgång (SS-EN 13398) .....	10
3.2.5 Åldring i RTFOT-ugn (Rolling Thin Film Oven Test, SS-EN 12607-1).....	11
3.2.6 Force Ductility Test (Pr EN 13589).....	11
3.2.7 Brytpunkt enligt Fraass (SS-EN 12593).....	11
3.2.8 Tubtest (SS-EN 13399) .....	11
<b>4. RESULTAT</b> .....	<b>13</b>
4.1 REFERENS – OMODIFIERAT BINDEMEDEL (70/100) .....	14
4.2 SBS 2 % (LINJÄR) MED HÅRT BASBITUMEN.....	16
4.3 SBS 3 % (LINJÄR).....	18
4.4 SBS 4 % (RADIELL) .....	20
4.5 SBS 6 % (LINJÄR).....	22
4.6 EVA 6 %.....	24
4.6 SBS + SVAVEL .....	26
4.7 RESULTAT I TABELLFORM.....	28
<b>5 FUNKTIONSPROVNING PÅ LABORATORIETILLVERKADE ASFALTMASSOR MED ÅLDRADE BINDEMEDEL</b> .....	<b>29</b>
5.1 ANALYSMETODER SOM ANVÄNTS FÖR ATT BESTÄMMA ASFALTMASSORNAS FUNKTIONELLA EGENSKAPER .....	29
5.1.1 Dynamisk krypstabilitet (FAS-metod 468-00) .....	29
5.1.2 Slitage enligt Prall (FAS-metod 471-02).....	29
5.1.3 Bedömning av spårbildningsresistens med hjälp av Wheeltrack utrustning (EN 12697-22:2003) .....	30
5.2 RESULTAT FRÅN FUNKTIONSTESTER PÅ ASFALTMASSA .....	31
5.2.1 Dynamisk Krypstabilitet .....	31
5.2.2 Slitage enligt Prall inklusive försök på vinterkonditionerade provkroppar.....	31
5.2.3 Spårbildningsresistens .....	<b>Fel! Bokmärket är inte definierat.</b>
<b>6. DISKUSSION</b> .....	<b>35</b>
<b>7. SLUTSATSER</b> .....	<b>37</b>
<b>8. REFERENSER</b> .....	<b>38</b>
<b>BILAGA 1: DSR och Åldringsindex</b>	

## Mål

Målsättningen med det här arbetet har varit att undersöka hur polymermodifierade bindemedel åldras under hantering och förvaring. Frågorna är många, t ex:

- Vilka förändrade egenskaper kan man förvänta sig hos ett polymermodifierat bindemedel som har stått lagrat i tank?
- Finns det risk för separationer i bindemedlet under transport eller förvaring?
- Hur förändras den färdiga asfaltbeläggningens funktionella egenskaper när bindemedlet åldras
- Åldras ett modifierat bindemedel på samma sätt som ett omodifierat bindemedel under hantering och förvaring?

Genom att kontinuerligt övervaka bindemedlets egenskaper under en veckas lagring vid i laborietank vid hög temperatur hoppas vi få indikationer eller svar på flera eller samtliga av ovanstående frågor. Försöken kompletteras med funktionsprovning på laborietillverkad asfaltmassa som tillverkats med bindemedel som åldrats sex dagar i laborietanken

## 1. Syfte

Idag finns ingen lämplig laboriemetod för att utvärdera åldringsegenskaper eller lagringsstabilitet för modifierade bindemedel. Metoderna ligger för långt från verkliga förutsättningar för att vara till någon praktisk hjälp vid hanteringen och används istället som hjälp vid klassificering av olika bindemedelsprodukter.








Förhoppningen är att tillvägagångssättet i detta projekt skall ge en bra korrelation mellan laborieförsöken och hantering i full skala.

## 2. Metod

### 2.1 Val av bindemedel

Bindemedlen som ingår i undersökningen är samma 7 bindemedel som ingår i förundersökningarna inför etapp 3, slitlagret, på Vägverkets Provväg E6 (SBUF-projekt 11692). Detta gör det möjligt att koppla ihop bindemedelsanalyserna med den funktionella provningen på de laboratorietillverkade asfaltmassorna och den färdiga beläggningens egenskaper<sup>2</sup>.

Följande bindemedel ingår i laborieförsöken:

	<b>Mönster i diagram</b>	<b>Modifiering (Polymertyp)</b>	<b>Halt (vikt-%)</b>
1.		Omodifierad 70/100	0
2.		SBS + Hårt bitumen	2
3.		SBS (Linjär)	3
4.		SBS (Radiell)	4
5.		SBS (Linjär)	6
6.		EVA	6
7.		SBS + Svavel	

### 2.2 Utvärderade egenskaper hos bindemedlen

#### 2.2.1 Separationsbenägenhet

Alla polymermodifierade bindemedel är i praktiken 2-fas system. För vissa SBS-modifierade bindemedel kan ett 1-fas system uppnås vid temperaturer över 140°C om kompatibiliteten med basbindemedlet är god. Vid avsvälning återskapas däremot alltid ett 2-fas system (eller i vissa fall ett 3-fas system<sup>3</sup>)[4]. Det finns idag inga studier som indikerar att det finns någon korrelation mellan ett eventuellt 1-fas system under förvaring och transport av bindemedlet och den färdiga asfaltbeläggningens funktionella egenskaper. En eventuell separationsbenägenhet hos bindemedlet är i första hand ett praktiskt problem som kan avhjälpas genom omrörning eller rundpumpning av bindemedlet.

Kontinuiteten i polymerfasen genom bindemedlet har i första hand inverkan på asfaltbeläggningens lågtemperaturogenskaper medan andra egenskaper som t ex beläggningens stabilitet inte påverkas i samma utsträckning av hur polymerfasen fördelar sig [7].

I laborieförsöken bedöms *separationsbenägenheten* genom att omrörningen i tanken stängs av under tre dygn varefter ett bindemedelsprov tas ut och omrörningen återstartas.

<sup>2</sup> Samma färg och mönster används för att representera bindemedlen i diagram i alla relaterade rapporter.

<sup>3</sup> Polymerfasen absorberar i vissa fall komponenter i bindemedlet som bildar en tredje fas under avsvälningen [3]

Efter en timme tas ett andra prov ut och eventuella skillnader mellan de båda proverna ses som ett tecken på att bindemedlet har separerat. Ett tubtest på bindemedlet körs parallellt i jämförelsesyfte (se kapitel 3.2.8). Två brister med tubtestet är att hela mantelytan på tuben värms (ingen värmeinducerad cirkulation i bindemedlet) och att bindemedlet inte har någon kontaktyta med luften.

### 2.2.2 Lagringsstabilitet

Egenskaperna hos polymermodifierade bindemedel som förvaras vid höga temperaturer förändras med tiden. Det finns många faktorer som har en inverkan på åldringsegenskaperna. Polymeren kan lösas in och dispergeras bättre i bindemedlet med tiden, ibland förekommer kemiska reaktioner, basbindemedlet åldras, polymeren bryts ned, löslighetsparametrarna och kompatibiliteten mellan polymer och bindemedel förändras etc.

För att avgöra om en förändring beror på en eventuell fassetparation eller förorening<sup>4</sup> måste vi först veta hur bindemedlet normalt åldras under aktuella förutsättningar. I laboratorieförsöken bedöms lagringsstabiliteten genom att kontinuerligt bevaka bindemedlets egenskaper under lagringen i laboratorietanken.

### 2.2.3 Lämpliga hanteringstemperaturer

När bindemedlet åldras förändras dess konsistens och viskositet. Bindemedel som inte är modifierade tenderar att generellt bli hårdare och sprödare vid alla temperaturer. Polymermodifierade bindemedel däremot kan hårdna i ett temperaturintervall samtidigt som de blir mer lättflytande i ett annat.

Vid tillverkning och utläggning av asfaltmassa eftersträvas alltid en optimal viskositetsnivå hos bindemedlet. Vid tillverkningen försvåras inblandning och beklädnad av stenmaterialet om temperaturen är för låg och viskositeten (trögflutenheten) för hög. Är temperaturen för hög åldras bindemedlet snabbt och stelnar sedan vid en högre temperatur (vilket kan försvåra hanteringen). Vid utläggningen är det viktigt att bindemedlet inte ger för mycket eller för lite motstånd under packningsarbetet.

Bindemedlets viskositetsegenskaper brukar illustreras i ett så kallat Heukelom-diagram med temperaturen på x-axeln och viskositeten<sup>5</sup> för bindemedlet på y-axeln. Rent bitumen uppvisar vanligen ett linjärt förhållande mellan temperatur och viskositet medan modifierade bindemedel ofta har en eller flera ”pucklar” på viskositetskurvan vid fasövergångar för polymeren eller dess komponenter. I resultatdelen redovisas resultaten från laboratorieförsöken både i tabellform och i ett viskositetsdiagram (Heukelom-diagram).

I Shells bitumenhandbok [1] rekommenderas att bindemedlet ligger inom ett viskositetsintervall motsvarande 2 och 5 Poise för tillverkning och mellan 20 och 200 Poise vid utläggning av asfaltmassan (för ett tätt graderat bundet bärlager med 200 i penetrationsvärde för bindemedlet). Linjerna för 3,5 och 100 Poise är därför förstärkta i viskositetsdiagrammen i resultatdelen. Linjen för 30 Poise är också förstärkt eftersom den används som övre gräns för viskositeten vid 135°C för ”Performance Grade” bindemedel i de amerikanska SUPERPAVE specifikationerna.

<sup>4</sup> T ex rester av en annan vara i tankbilen under transport

<sup>5</sup> Ju högre viskositet desto mer trögflutet är bindemedlet vid den angivna temperaturen



Den temperatur där bindemedlet har en viskositet på 3,5 Poise har använts för att jämföra bindemedlen med avseende på hantering. Värdet är tänkt motsvara den *optimala temperaturen* för bindemedlet vid tillverkningen av asfaltmassan. Den verkliga lägsta-temperaturen kan ligga 10 – 30° lägre beroende på förutsättningarna i produktionen.

### 3. Utförande

#### 3.1 Åldring av bindemedlen i laboratoriet

Bindemedlen har lagrats i en cylinderformad tank med bottenvärme vid 180°C i sex dagar. Tankens värmeslingor är placerade under bottenplattan och är aldrig i kontakt med bindemedlet. Kapaciteten för tanken är 20 liter och provmängden bindemedel har i samtliga försök varit 15 liter. Tanken är försedd med en toppmonterad och löstagbar propelleromrörare som vid behov kan lyftas ur för rengöring eller för att underlätta provtagningen. Omrörningshastigheten har justerats så att en mycket svag virvel bildas på ytan och inget överskott av luft rörs ned i blandningen.

Bindemedelsproverna har vid samtliga provtagningstillfällen tagits ut med skopa från mitten av laboratorietanken (tanken är försedd med provtagningskran i botten men denna användes aldrig på grund av den ökade risken för kontaminering av proverna). Det första provet togs ut direkt efter att bindemedlet tillförts tanken och uppnått 180°C under omrörning. För detta prov har penetrationsvärde, mjukpunkt, viskositet enligt Brookfield och elastisk återgång bestämts. Detta prov refereras till som ”0-prov” i texten. Bindemedlet till de parallella tubtestanalyserna tas också ut vid detta tillfälle från tanken.

Efter att bindemedlet stått i tanken under 24h med omrörningen tas ett andra prov ut och efter 72h ett tredje prov. Därefter stängs omrörningen i tanken av och bindemedlet får stå i ytterligare 72h innan ett fjärde prov tas ut. Mjukpunkten bestäms för proverna 2 – 4 i samband med provtagningen<sup>6</sup>. När det fjärde provet tas ut efter 144h (6 dygn) startas omröraren igen och ett sista prov tas ut efter ytterligare en timme med omrörning. För detta prov bestäms penetrationsvärde, mjukpunkt, viskositet enligt Brookfield och elastisk återgång.

Prov	Tid (h)	Analys
1	0-prov	Mjukpunkt, Penetration, Viskositet, El. återgång, Tubtest
2	24	Mjukpunkt
3	72	Mjukpunkt
↓	↓	<i>Ingen omrörning i tanken</i>
4	144	Mjukpunkt
5	145	Mjukpunkt, Penetration, Viskositet, El. återgång

<sup>6</sup> Provet anses vara fullständigt homogeniserat efter omrörning, därför kan proverna tas ut utan hänsyn till var i tanken i tanken de tas. Provet som tas ut efter 72h utan omrörning tas vid ytan och kan sägas representera den övre tredjedelen bindemedel i tanken.

### **3.2 Analyismetoder som använts för att bestämma bindemedlens egenskaper**

Samtliga analyser är utförda på Skanska VTC-Västs laboratorium i Gunnilse utom Fraass Brytpunkt, Force Ductility- och RTFOT-testet som är utförda av Pankas A/S i Roskilde.

#### **3.2.1 Penetration (SS-EN 1426)**

Testet är avsett att bestämma bindemedlets konsistens vid 25°C. En nål med bestämd vikt och bestämda dimensioner släpps vertikalt ned i en bägare med bindemedel som är tempererad till 25°C i vattenbad. Sträckan som nålspetsen hinner vandra genom bindemedlet under 5 sekunder mäts i tiondels mm och anges som bindemedlets *penetrationsvärde*.

#### **3.2.2 Mjukpunkt (SS-EN 1427)**

Eftersom bitumen inte har någon fast smältpunkt där det övergår från fast till flytande form används bindemedlets mjukpunkt som riktvärde för en motsvarande fasövergång. Mjukpunkten för ett bindemedel bestäms genom att en metallkula läggs ovanpå bindemedel som är gjutet i en kopparring och placerat på en ställning 25 mm ovanför botten i en bägare med vatten<sup>7</sup>. Temperaturen på vattnet höjs med 5° i minuten medan kulan sjunker genom bindemedlet. Den temperatur då kulan till slut faller genom ringen till botten av bägaren noteras som bindemedlets *mjukpunkt*<sup>8</sup>.

#### **3.2.3 Viskositet (Rotationsviskosimeter, Brookfield, SS-EN 13302)**

Bindemedlets viskositet<sup>9</sup> bestäms genom att ett lod roteras i ett provrör med bindemedel. Temperaturen kontrolleras noggrant tillsammans med den kraft som krävs för att rotera lodet. Den uppmätta kraften kan sedan konverteras till en viskositet för bindemedlet vid den aktuella temperaturen

I denna undersökning har viskositeten vid 135°C, 150°C och 175°C bestämts för samtliga bindemedel. Den här typen av viskositetsmätningar kan användas för att bedöma hur lätt- eller svårhanterligt ett bindemedel är i högre temperaturintervall (se kapitel 2.2.3).

#### **3.2.4 Elastisk återgång (SS-EN 13398)**

Bindemedlets elastiska egenskaper bestäms genom att bindemedlet gjuts i en form och sedan sträcks ut 20cm i ett vattenbad tempererat till 10°C. Bindemedlet klipps av vid mitten och sträckan i cm som de båda ändarna vandrar tillbaka mot sin ursprungliga form divideras med ursprungslängden och noteras som *elastisk återgång* för bindemedlet.

---

<sup>7</sup> glycerin används när mjukpunkten förväntas överstiga 80°C

<sup>8</sup> Mjukpunkten motsvarar en viskositet på 12 000 poise

<sup>9</sup> Viskositet är ett mått på den inre friktionen i vätskor. Förenklat kan man säga att ju mer trögfluten en vätska är desto högre är dess viskositet vid den angivna temperaturen.

### 3.2.5 Åldring i RTFOT-ugn (Rolling Thin Film Oven Test, SS-EN 12607-1)

En cylinderformad glasbägare innehållande 35g bindemedel placeras liggande i ett vertikalt roterande hjul. Bindemedlet rinner i en tunn film längs med bägarens mantelyta under hela försöket. Testtemperaturen är 163°C och när bägarna passerar det nedre läget blåses upphettad luft in i bägaren. Vikt- och mjukpunktsförändring hos bindemedlet bestäms efter åldring i RTFOT-ugnen.

### 3.2.6 Force Ductility Test (Pr EN 13589)

Testet är ett mått på bindemedlets kohesionsstyrka. Ett prov med bindemedel gjuts i en form och placeras i ett tempererat vattenbad (temperaturen anpassas till penetrationsvärdet). Kraften som krävs för att sträcka ut bindemedlet med en hastighet av 50mm/min mäts elektroniskt och noteras som *Force Ductility* i Newton för bindemedlet.

### 3.2.7 Brytpunkt enligt Fraass (SS-EN 12593)

Fraass brytpunkt är ett mått på bindemedlets lågtemperaturegenskaper. Bindemedlet gjuts på en tunn metallplatta i en 0,5mm hinna. Plattan böjs långsamt i en båge och släpps tillbaka. Lufttemperaturen sänks stegvis med 1° i taget och den temperatur där hinnan bryts noteras som bindemedlets *brytpunkt*.

### 3.2.8 Tubtest (SS-EN 13399)

Tubtestet används för att bestämma separationsbenägenheten hos polymermodifierade bindemedel vid 180°C. I testet fylls en metalltub med bindemedel som sluts helt lufttätt i båda ändarna. Tuben placeras vertikalt i en ugn med temperaturen 180°C under tre dagar (tuben står i en ställning så att hela mantelytan har samma temperatur). Efter tre dagar får tuben svalna och egenskaperna hos bindemedlet i den övre tredjedelen av tuben jämförs med bindemedlet i den undre tredjedelen. Skillnader mellan topp och botten ses som ett tecken på separationsbenägenhet.



## 4. Resultat

*Viskositetsdiagrammen i detta kapitel är approximeringar och är endast avsedda att illustrera resultaten och eventuella samband mellan bindemedlets egenskaper vid olika temperaturer. De bör inte användas till att interpolera viskositetsvärden för andra temperaturer än de som bestämts i laboratorieförsöken.*

#### 4.1 Referens – Omodifierat bindemedel (70/100)

##### Egenskaper för delprov (vid laboratorietillverkning, 3 liter):

Fraas Brytpunkt: -

RTFOT, Mjukpunktsförändring: -

RTFOT, Viktförändring: -

Force Ductility 10°C: -

5°C: -

Elastisk återgång: - ; Efter tubtest (Topp): -

Efter tubtest (Botten) -

##### Egenskaper före och efter åldring i laboratorietank (15 liter):

Oåldrat / Aldrat 6 dygn					
Penetration (0,1mm)	Mjukpunkt (°C)	Elastisk återgång (%)	Viskositet (Poisies)		
			135°C	150°C	175°C
<b>77 / 63</b>	<b>46 / 47</b>	<b>15 / Brott 0 cm</b>	<b>3,3 / 4,2</b>	<b>1,7 / 2,1</b>	<b>0,7 / 0,8</b>
<b>-14</b>	<b>+1</b>	$\infty$	<b>+0,9</b>	<b>+0,4</b>	<b>+0,1</b>

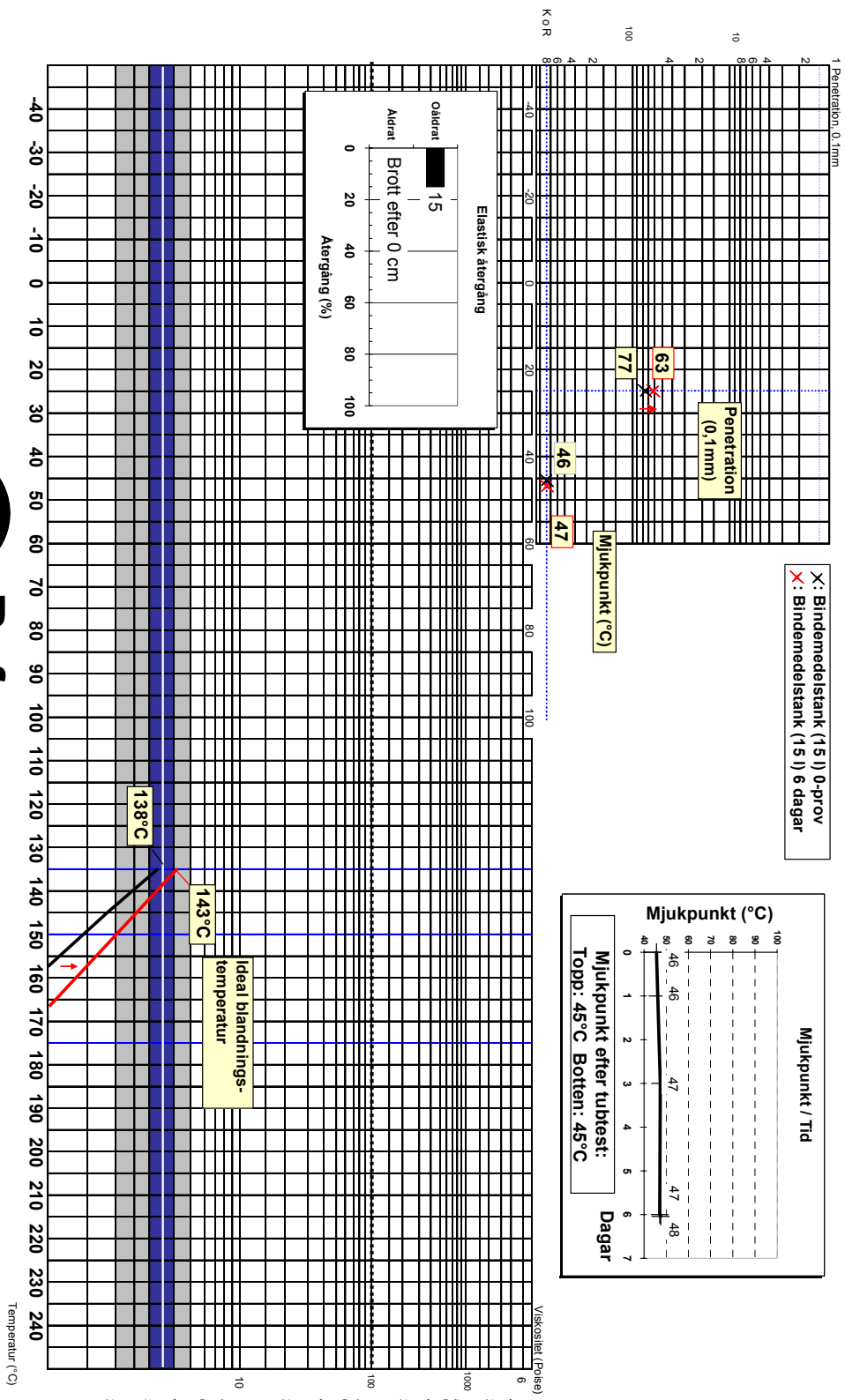
##### Mjukpunkt / Tid:

Tid (h)	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>72</b>	Omrörare AV	<b>144</b>	Omrörare PÅ	<b>145</b>
Mjukpunkt (°C)	45,6	46,2	47,3		47,1		47,4

Mjukpunkt efter tubtest: Topp: 45°C; Botten: 45°C

##### lakttagelser:

- Bindemedlet har blivit sprödare och har helt förlorat sina ursprungliga (låga) elastiska egenskaper efter sex dagars lagring vid 180°C (temperaturen är långt över den rekommenderade hanteringstemperaturen för ej modifierade bindemedel).
- Viskositeten och temperaturen uppvisar ett linjärt förhållande i Heukelom-diagrammet som har förskjutits uppåt efter åldringen.



**Referens**  
**70/100**

Diagram 1: Viskositetsdiagram med referensbindemedlets egenskaper (viskositet / temperatur)

## 4.2 SBS 2 % (Linjär) med hårt basbitumen

### Egenskaper för delprov (vid laboratorietillverkning, 3 liter):

Fraas Brytpunkt: -11°C

RTFOT, Mjukpunktsförändring: +5,5°

RTFOT, Viktförändring: +0,102 %

Force Ductility 10°C: 64 N

5°C: -

Elastisk återgång: 67 %; Efter tubtest (Topp): 57 %

Efter tubtest (Botten) 57 %

### Egenskaper före och efter åldring i laboratorietank (15 liter):

Oåldrat / Aldrat 6 dygn					
Penetration (0,1mm)	Mjukpunkt (°C)	Elastisk återgång (%)	Viskositet (Poises)		
			135°C	150°C	175°C
47 / 41	53 / 58	70 / 59	6,4 / 7,9	3,3 / 3,9	1,4 / 1,5
-6	+5	-11	+1,5	+0,6	+0,1

### Mjukpunkt / Tid:

Tid (h)	0	24	72	Omrörare AV	144	Omrörare PÅ	145
Mjukpunkt (°C)	53	53	58		58		58

Mjukpunkt efter tubtest: Topp: 56°C; Botten: 56°C

### lakttagelser:

- Viskositetskurvan har förskjutits uppåt i diagrammet ungefär som för ett omodifierat bindemedel.
- Mjukpunkten steg från 53°C till 58°C mellan dag 1 och dag 3.
- De elastiska egenskaperna är relativt väl bibehållna
- Överensstämmelsen med RTFOT-testet är mycket god



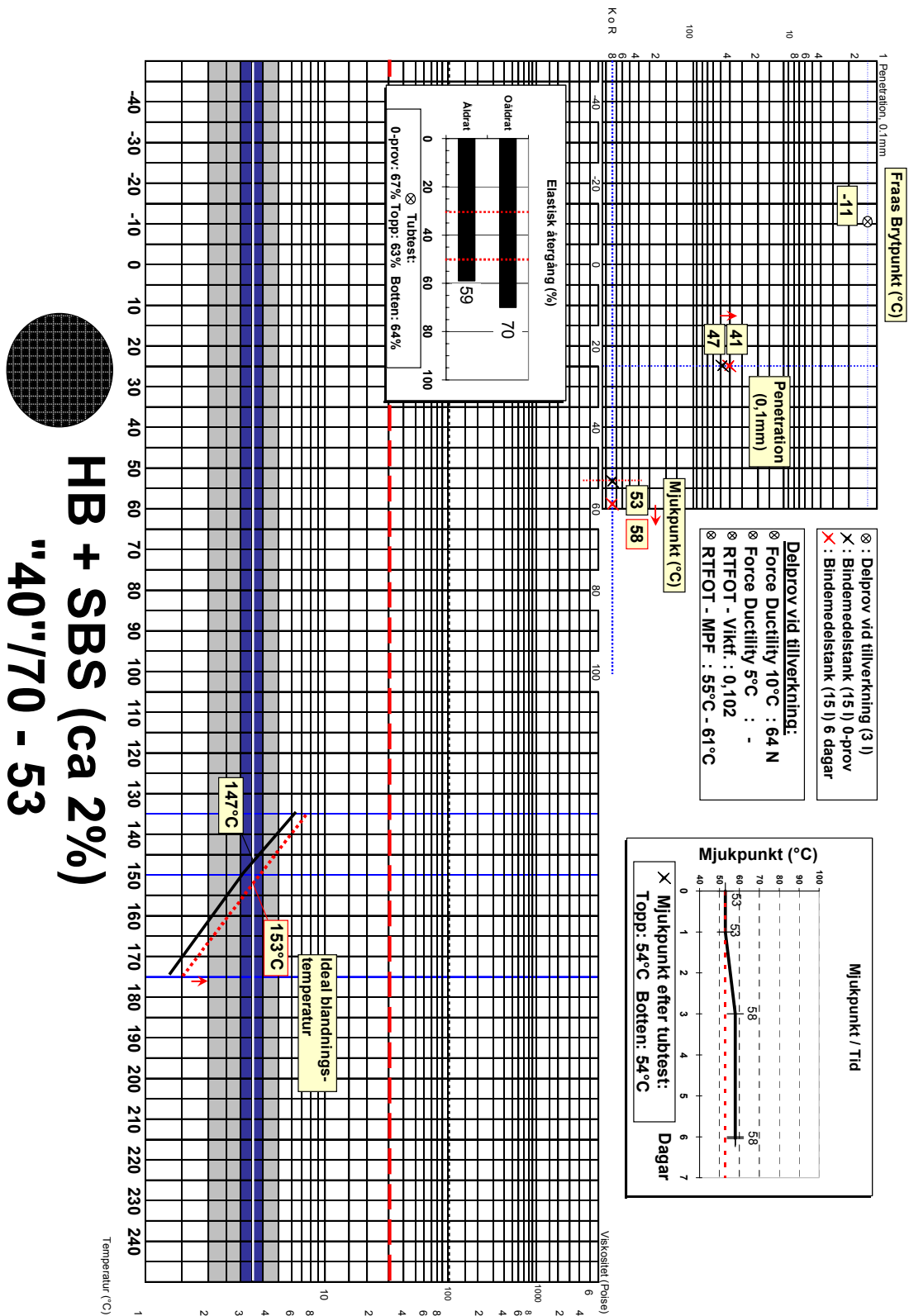
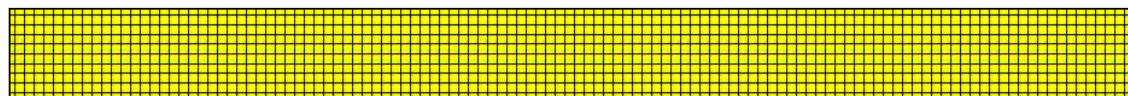


Diagram 2: Viskositetsdiagram med egenskaperna hos bindemedlet med hårdbitumen och 2% SBS (viskositet / temperatur).



### 4.3 SBS 3 % (Linjär)

#### Egenskaper för delprov (vid laborietillverkning, 3 liter):

Fraas Brytpunkt: -12°C

RTFOT, Mjukpunktsförändring: +6,5°

RTFOT, Viktförändring: +0,082 %

Force Ductility 10°C: 51 N

5°C: -

Elastisk återgång: 70 %; Efter tubtest (Topp): 72 %

Efter tubtest (Botten) 72 %

#### Egenskaper före och efter åldring i laborietank (15 liter):

Oåldrat / Aldrat 6 dygn					
Penetration (0,1mm)	Mjukpunkt (°C)	Elastisk återgång (%)	Viskositet (Poisies)		
			135°C	150°C	175°C
<b>51 / 38</b>	<b>53 / 62</b>	<b>71 / Brott 17cm</b>	<b>7,2 / 9,4</b>	<b>3,5 / 4,6</b>	<b>1,4 / 1,9</b>
<b>-13</b>	<b>+9</b>	$\infty$	<b>+1,2</b>	<b>+1,1</b>	<b>+0,5</b>

#### Mjukpunkt / Tid:

Tid (h)	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>72</b>	Omrörare AV	<b>144</b>	Omrörare PÅ	<b>145</b>
Mjukpunkt (°C)	53	56	68		62		62

Mjukpunkt efter tubtest: Topp: 56°C; Botten: 56°C

#### lakttagelser:

- Bindemedlet har helt förlorat sina elastiska egenskaper vid 10°C efter sex dagars lagring i laborietanken.
- Viskositetskurvan har förskjutits uppåt i diagrammet ungefär som för ett omodifierat bindemedel.
- Mjukpunkten steg från 53°C till 68°C efter tre dagars lagring och har delvis sjunkit tillbaka till 62°C efter sex dagar.
- Överensstämmelsen med RTFOT-testet är mycket god

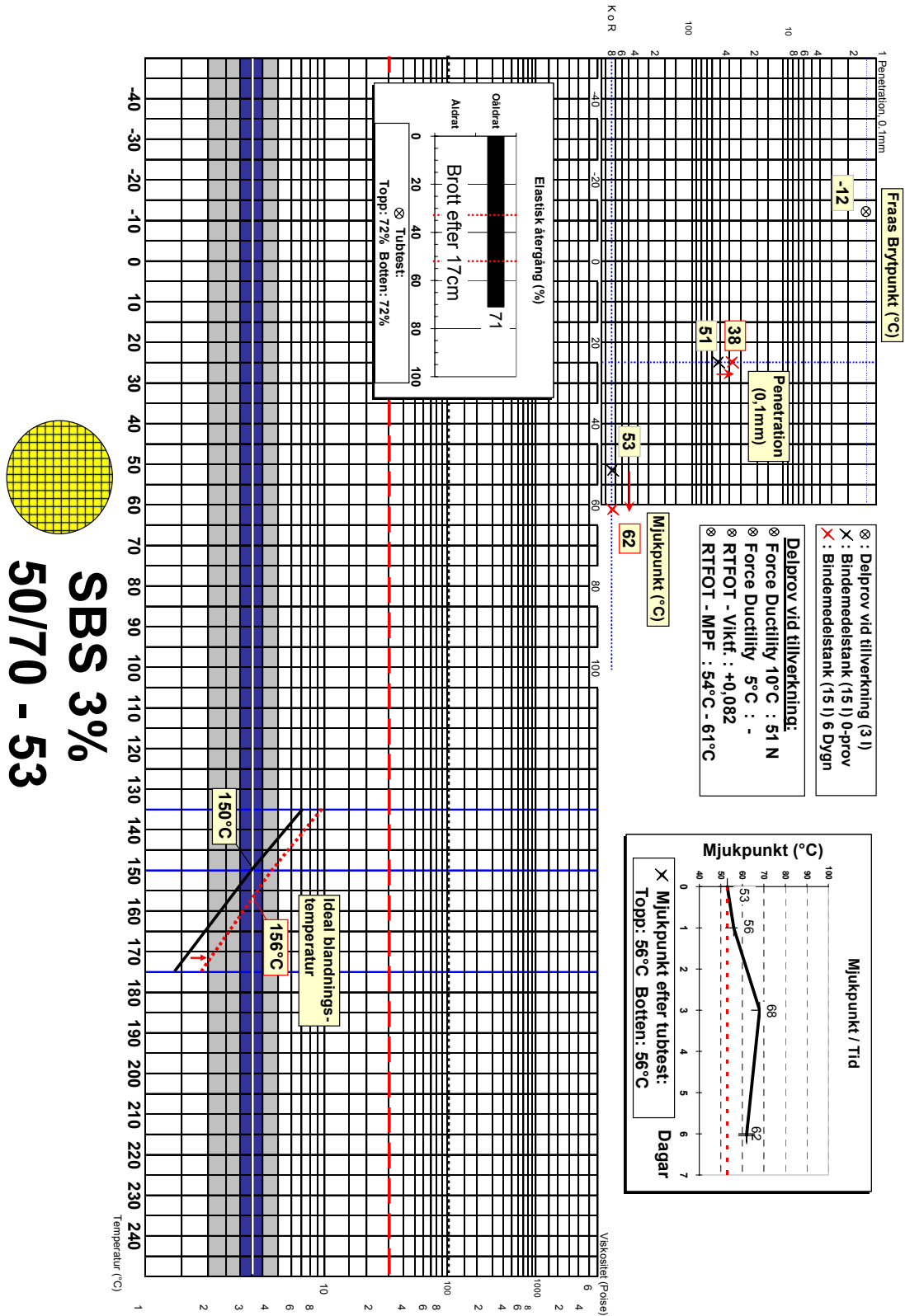


Diagram 3: Viskositetsdiagram med egenskaperna hos bindemedlet modifierat med 3 % linjär SBS (viskositet / temperatur).

#### 4.4 SBS 4 % (Radiell)

##### Egenskaper för delprov (vid laboratorietillverkning, 3 liter)<sup>10</sup>:

Fraas Brytpunkt: -12°C

RTFOT, Mjukpunktsförändring: +2,5°

RTFOT, Viktförändring: +0,033 %

Force Ductility 10°C: 45 N

5°C: 100 N

Elastisk återgång: 78 %; Efter tubtest (Topp): 75 %

Efter tubtest (Botten) 73 %

**\*\*\*OBS olika bindemedel i delprov och laboratorietank\*\*\***

##### Egenskaper före och efter åldring i laboratorietank (15 liter):

Oåldrat / Aldrat 6 dygn					
Penetration (0,1mm)	Mjukpunkt (°C)	Elastisk återgång (%)	Viskositet (Poises)		
			135°C	150°C	175°C
<b>58 / 55</b>	<b>98 / 80</b>	<b>83 / 75</b>	<b>9,7 / 13,8</b>	<b>6,2 / 6,5</b>	<b>3,0 / 2,5</b>
<b>-3</b>	<b>-18</b>	<b>-8</b>	<b>+4,1</b>	<b>+0,3</b>	<b>-0,5</b>

##### Mjukpunkt / Tid:

Tid (h)	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>72</b>	Omrörare AV	<b>144</b>	Omrörare PÅ	<b>145</b>
Mjukpunkt (°C)	98	91	89		78		80

Mjukpunkt efter tubtest: Topp: 79°C; Botten: 79°C

##### lakttagelser:

- Bindemedlet har goda elastiska egenskaper även efter sex dagars lagring.
- Bindemedlet är mer lättflutet vid höga temperaturer (160°C +) efter lagringen.
- Mjukpunkten sjönk från 98 till 80°C efter sex dagars lagring i tank. Trots den stora minskningen ligger mjukpunkten fortfarande väldigt högt.
- Överensstämmelsen med RTFOT-testet är mycket dålig. RTFOT-testet visar på en mjukpunktsökning med 2,5° medan åldringen i laboratorietanken sänkte mjukpunkten med 18°.

<sup>10</sup> Bindemedlet låg utanför specifikationen för PMB av typen 50/100-75 enligt ATB-Väg 2004 och hela mängden blandades därför om direkt i laboratorietanken. **Delprovet är därför inte samma bindemedel som användes i åldringsförsöken men av samma typ (4 % Radiell SBS).**

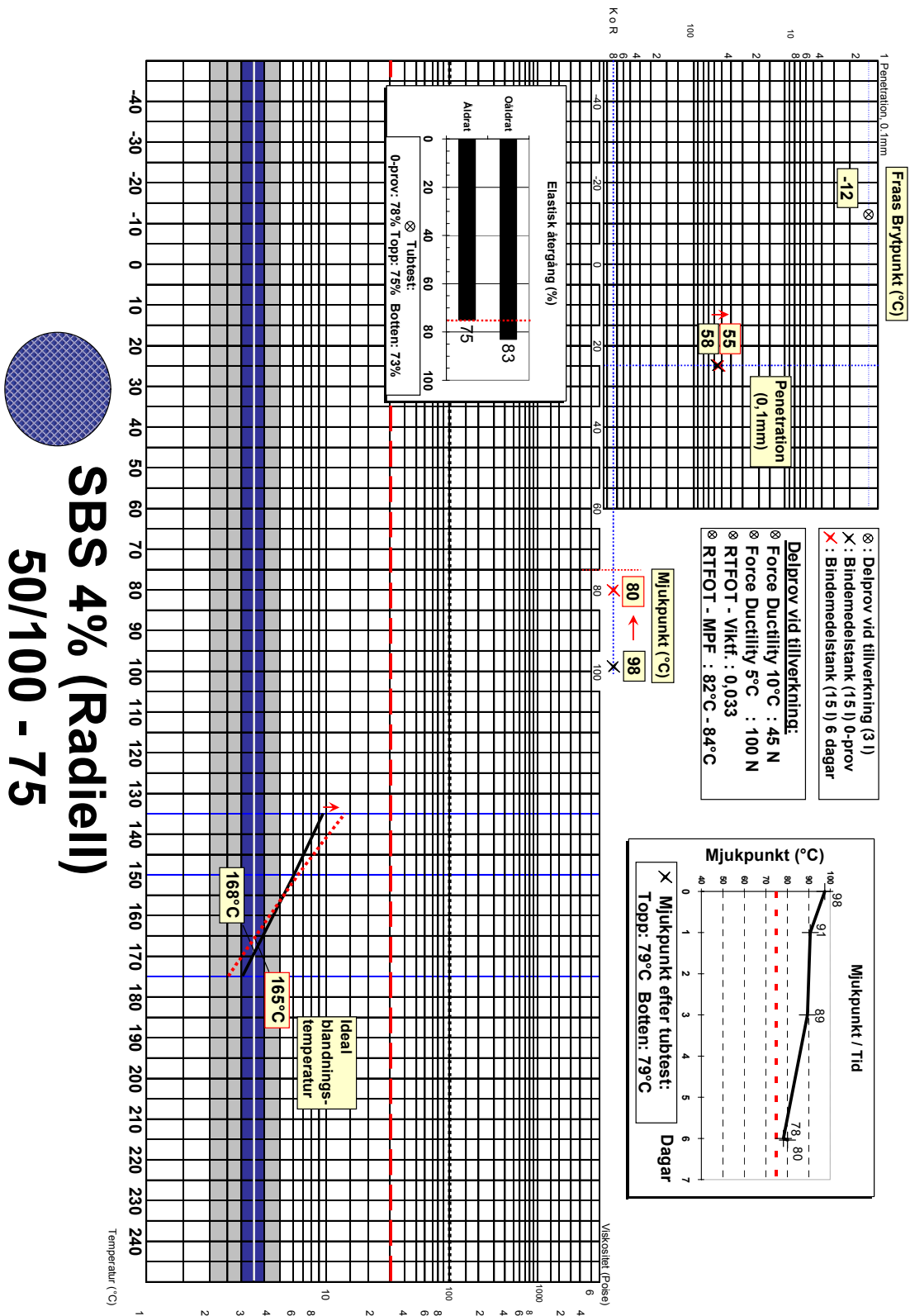


Diagram 4: Viskositetsdiagram med egenskaperna hos bindemedlet modifierat med 4 % radiell SBS (viskositet / temperatur).

#### 4.5 SBS 6 % (Linjär)

##### Egenskaper för delprov (vid laboratorietillverkning, 3 liter):

Fraas Brytpunkt: -20°C

RTFOT, Mjukpunktsförändring: +0,5°

RTFOT, Viktförändring: -0,076 %

Force Ductility 10°C: 46 N

5°C: 54 N

Elastisk återgång: 90 %; Efter tubtest (Topp): 92 %

Efter tubtest (Botten) 93 %

##### Egenskaper före och efter åldring i laboratorietank (15 liter):

Oåldrat / Aldrat 6 dygn					
Penetration (0,1mm)	Mjukpunkt (°C)	Elastisk återgång (%)	Viskositet (Poises)		
			135°C	150°C	175°C
<b>67 / 71</b>	<b>93 / 83</b>	<b>89 / 86</b>	<b>18,4 / 22,3</b>	<b>8,5 / 9,1</b>	<b>3,4 / 3,5</b>
<b>+4</b>	<b>-10</b>	<b>-3</b>	<b>+3,9</b>	<b>+0,6</b>	<b>+0,1</b>

##### Mjukpunkt / Tid:

Tid (h)	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>72</b>	Omrörare AV	<b>144</b>	Omrörare PÅ	<b>145</b>
Mjukpunkt (°C)	93	85+	85+		83		83

Mjukpunkt efter tubtest: Topp: 86°C; Botten: 88°C

##### lakttagelser:

- Efter det att omrörningen stängts av i laboratorietanken bildades en hård strimmig skorpa på bindemedlets yta. Hinnan har avskärmat bindemedlet från fortsatt kontakt med luften och reaktionen har inte fortsatt nedåt i tanken. När omrörningen startades slogs hinnan sönder i tunna flagor som inte var återlösliga i bindemedlet.
- Bindemedlets elastiska egenskaper har inte påverkats av lagringen i laboratorietanken
- Viskositetskurvan stiger kraftigt nära 135°C efter åldringen men är oförändrad vid 175°C.
- Mjukpunkten sjönk från 94 till 83°C efter sex dagars lagring. Trots minskningen ligger mjukpunkten fortfarande väldigt högt.
- Överensstämmelsen med RTFOT-testet är mycket dålig. RTFOT-testet visar på en mjukpunktsökning med 0,5° medan åldringen i laboratorietanken gav upphov till en sänkning med 10°.

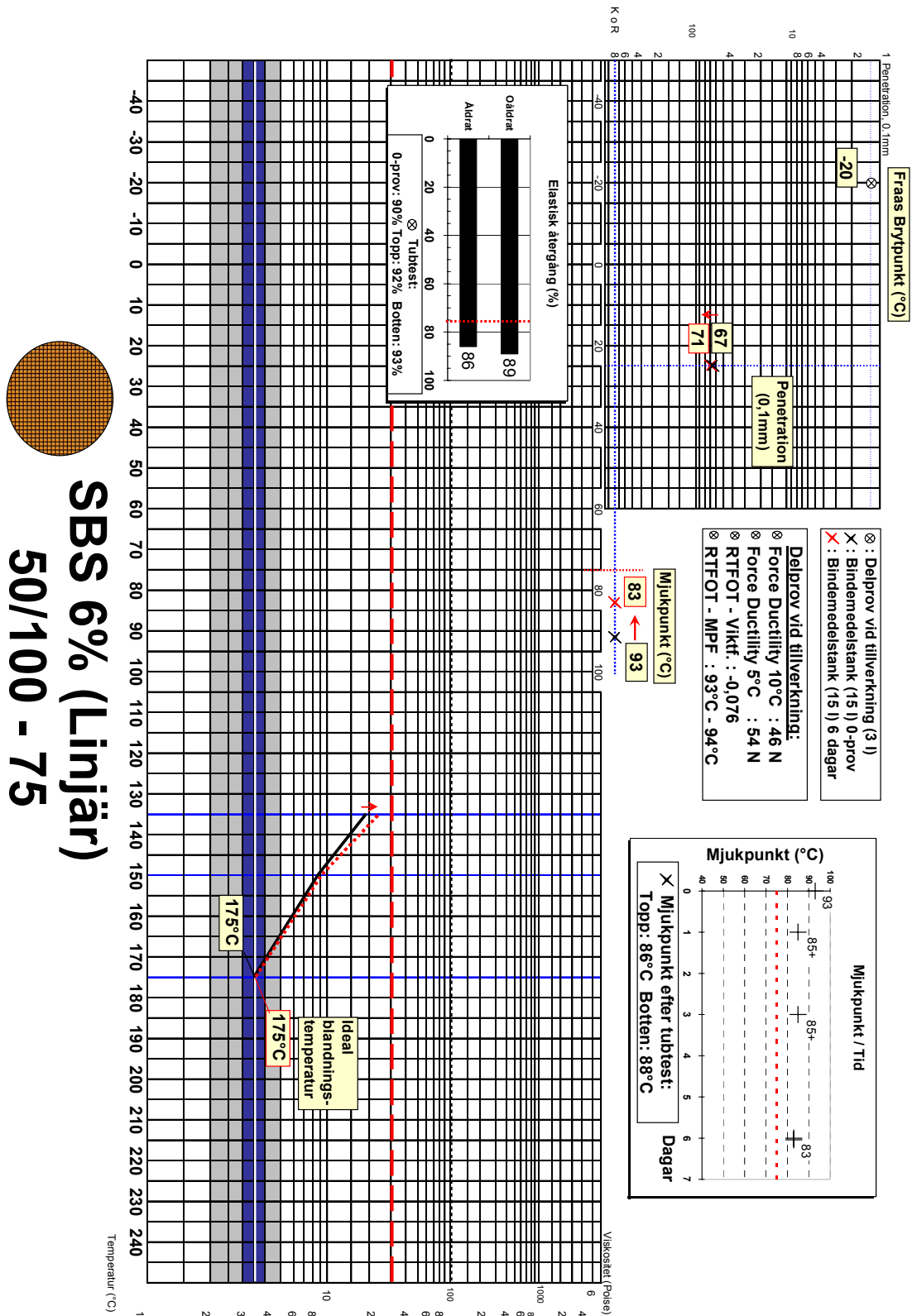


Diagram 5: Viskositetsdiagram med egenskaperna hos bindemedlet modifierat med 6 % linjär SBS (viskositet / temperatur).

## 4.6 EVA 6 %

### Egenskaper för delprov (vid laborietillverkning, 3 liter):

Fraas Brytpunkt: -10°C

RTFOT, Mjukpunktsförändring: +10°

RTFOT, Viktförändring: +0,075 %

Force Ductility 10°C: 51 N

5°C: 63 N

Elastisk återgång: 52 %; Efter tubtest (Topp): 56 %

Efter tubtest (Botten) 54 %

### Egenskaper före och efter åldring i laborietank (15 liter):

Oåldrat / Aldrat 6 dygn					
Penetration (0,1mm)	Mjukpunkt (°C)	Elastisk återgång (%)	Viskositet (Poises)		
			135°C	150°C	175°C
<b>56 / 42</b>	<b>54 / 57</b>	<b>45 / 50</b>	<b>8,2 / 10,9</b>	<b>4,1 / 5,2</b>	<b>1,6 / 2,0</b>
<b>-14</b>	<b>+3</b>	<b>+5</b>	<b>+2,7</b>	<b>+1,1</b>	<b>+0,4</b>

### Mjukpunkt / Tid:

Tid (h)	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>72</b>	Omrörare AV	<b>144</b>	Omrörare PÅ	<b>145</b>
Mjukpunkt (°C)	54	55	57		58		57

Mjukpunkt efter tubtest: Topp: 54°C; Botten: 54°C

### lakttagelser:

- Bindemedlets elastiska egenskaper har *förbättrats* efter sex dagars lagring.
- Viskositetskurvan har förskjutits uppåt i diagrammet ungefär som för ett omodifierat bindemedel.
- Mjukpunkten påverkas mindre av modifiering och lagring än för de SBS-modifierade bindemedlen
- Överensstämmelsen med RTFOT-testet är dålig. RTFOT-testet visar på en mjukpunktsökning med 10° medan åldringen i laborietanken bara gav upphov till en ökning med 3°.



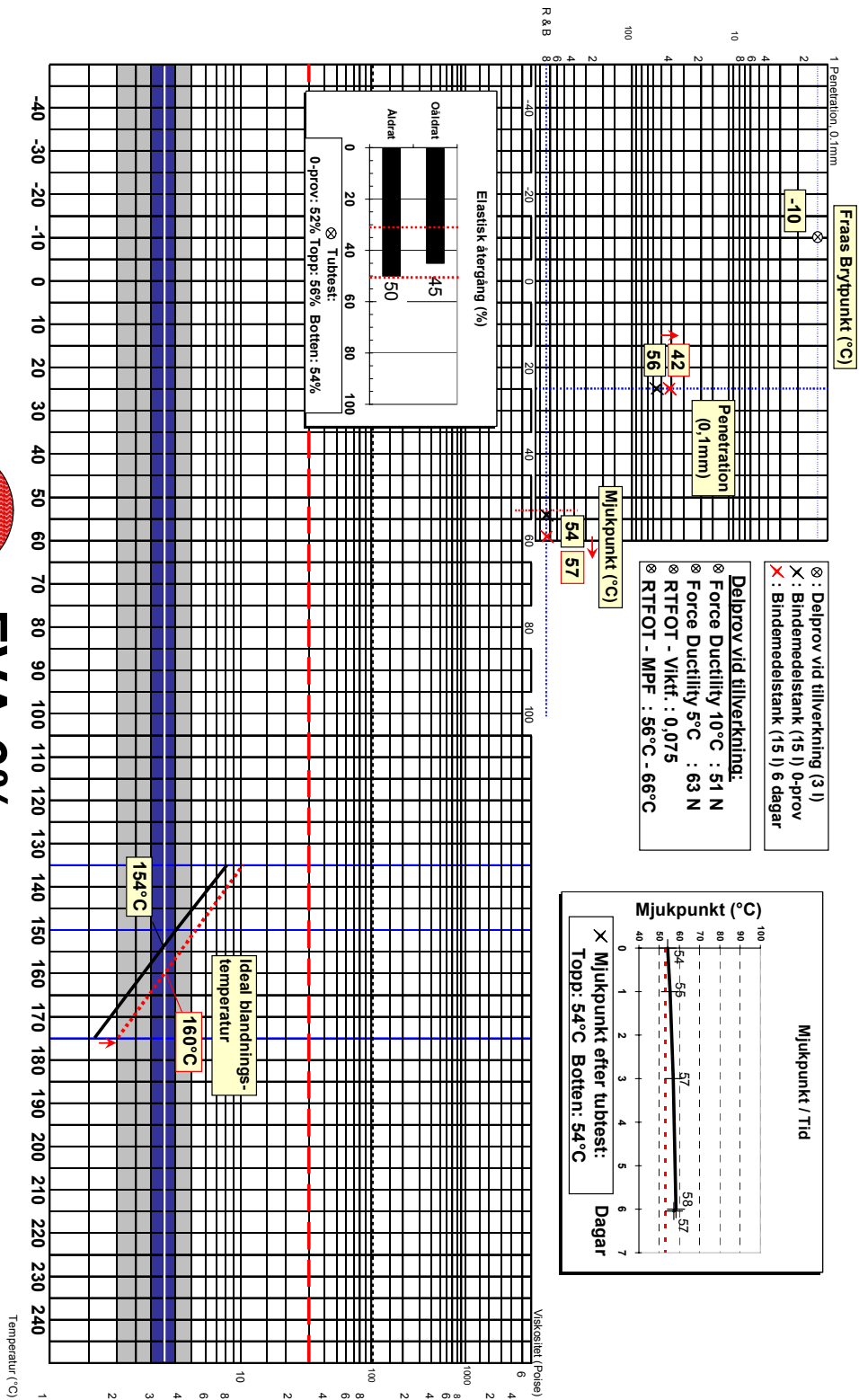


Diagram 6: Viskositetsdiagram med egenskaperna hos bindemedlet modifierat med 6 % EVA (viskositet / temperatur).

## 4.6 SBS + Svavel

### Egenskaper för delprov (vid laborietillverkning, 3 liter):

Fraas Brytpunkt: -15°C

RTFOT, Mjukpunktsförändring: -8°

RTFOT, Viktförändring: +0,100

Force Ductility 10°C: 38 N

5°C: 89 N

Elastisk återgång: 71 %; Efter tubtest (Topp): 73 %

Efter tubtest (Botten) 72 %

### Egenskaper före och efter åldring i laborietank (15 liter):

Oåldrat / Aldrat 6 dygn					
Penetration (0,1mm)	Mjukpunkt (°C)	Elastisk återgång (%)	Viskositet (Poises)		
			135°C	150°C	175°C
<b>64 / 53</b>	<b>83 / 63</b>	<b>73 / Brott 18</b>	<b>10,8 / 13,3</b>	<b>5,4 / 6,2</b>	<b>2,2 / 2,3</b>
<b>-11</b>	<b>-20</b>	∞	<b>+2,5</b>	<b>+1,1</b>	<b>+0,4</b>

### Mjukpunkt / Tid:

Tid (h)	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>72</b>	Omrörare AV	<b>144</b>	Omrörare PÅ	<b>145</b>
Mjukpunkt (°C)	83	74	67		64		63

Mjukpunkt efter tubtest: Topp: 73°C; Botten: 73°C

### lakttagelser:

- Bindemedlets elastiska egenskaper vid 10°C har förlorats efter sex dagars lagring i laborietanken.
- Mjukpunkten har sjunkit kraftigt under lagringen från 83°C till 67°C efter tre dagar och ytterligare ned till 63°C efter sex dagar
- Överensstämmelsen med RTFOT-testet är dålig. RTFOT-testet visar på en mjukpunktssänkning med 8° medan åldringen i laborietanken gav upphov till en sänkning med 20°.

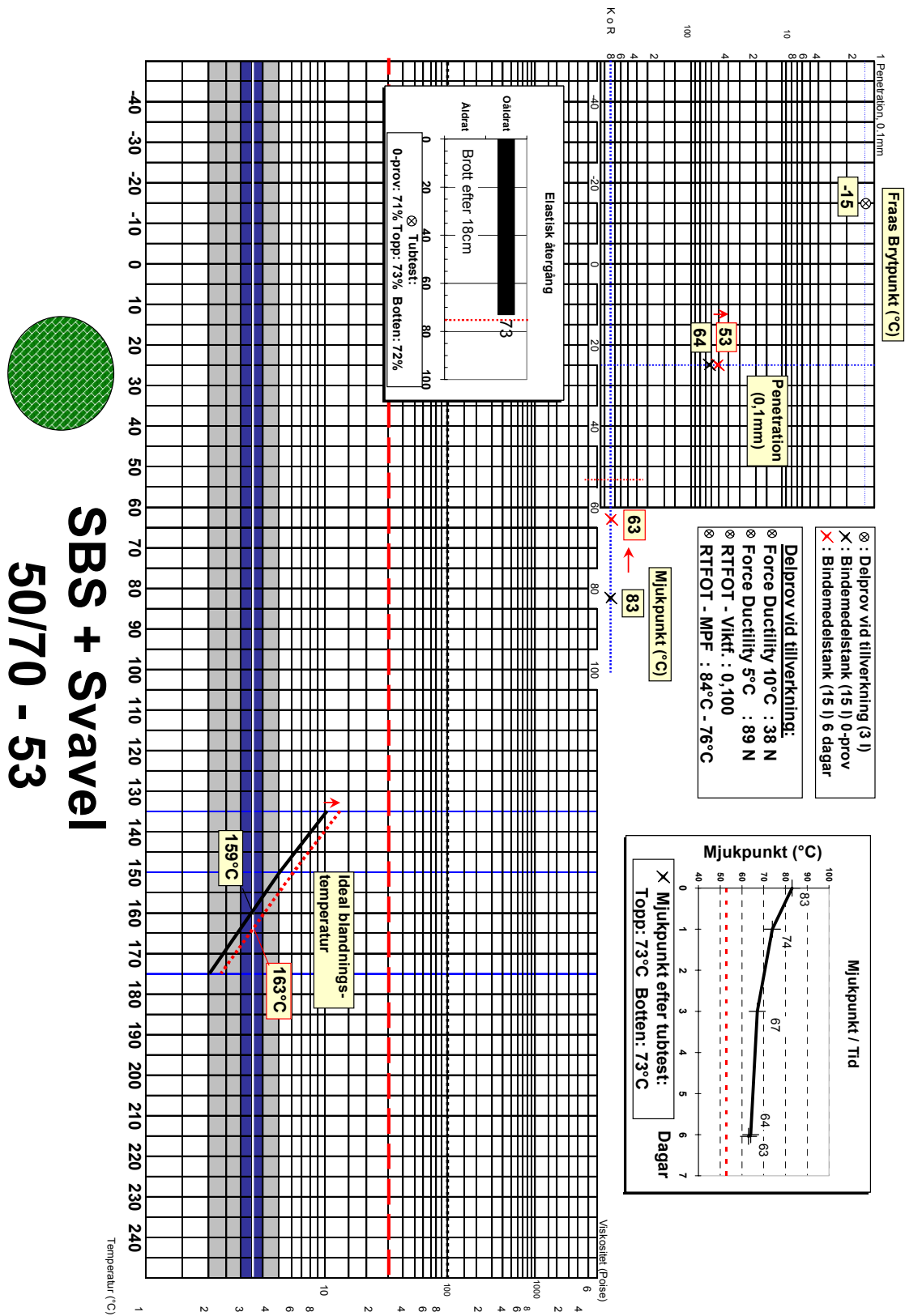


Diagram 7: Viskositetsdiagram med egenskaperna hos bindemedlet modifierat med SBS och svavel (viskositet / temperatur).

#### 4.7.1 Egenskaper för delprov vid tillverkning

	Brytpunkt enl. Fraass (°C)	Tubtest - Elastisk återgång (%)		Force Ductility (N)		RTFOT	
		Topp	Botten	10 °C	5°C	Viktförändring	Mjukpunkt
SBS + Hårt bitumen	-11	57	57	64	-	0,10	61
SBS 3% (Linjär)	-12	72	72	51	-	0,08	61
SBS 4% (Radiell)	-12	75	73	45	100	0,03	84
SBS 6% (Linjär)	-20	92	93	46	54	-0,08	94
EVA 6%	-10	56	54	51	63	0,08	66
SBS + Svavel	-15	73	72	38	89	0,10	76

Tabell 1: Ett av delproverna vid tillverkningen på Pankas A/S i Roskilde analyserades för varje bindemedel (utom referensen).

#### 4.7.2 Bindemedlens egenskaper före och efter åldring i laboratorietank

	Oåldrat / Åldrat 6 dygn					
	Penetration (0,1mm)	Mjukpunkt (°C)	El. återgång (%)	Viskositet (Poises)		
				135°C	150°C	175°C
Referens (70/100)	77 / 63	46 / 47	15 / <b>Brott</b>	3,3 / 4,2	1,7 / 2,1	0,7 / 0,8
SBS + Hårt bitumen	47 / 41	53 / 58	70 / 59	6,4 / 7,9	3,3 / 3,9	1,4 / 1,5
SBS 3% (Linjär)	51 / 38	53 / 62	71 / <b>Brott</b>	7,2 / 9,4	3,5 / 4,6	1,4 / 1,9
SBS 4% (Radiell)	58 / 55	98 / 80	83 / 75	9,7 / 13,8	6,2 / 6,5	3,0 / 2,5
SBS 6% (Linjär)	67 / 71	93 / 83	89 / 86	18,4 / 22,3	8,5 / 9,1	3,4 / 3,5
EVA 6%	56 / 42	54 / 57	45 / 50	8,2 / 10,9	4,1 / 5,2	1,6 / 2,0
SBS + Svavel	64 / 53	83 / 63	73 / <b>Brott</b>	10,8 / 13,3	5,4 / 6,2	2,2 / 2,3

Tabell 2: Analyser utförda före och efter 6 dygns åldring i laboratorietank. Alla prover är uttagna från tanken.

#### 4.7.3 Mjukpunktsförändring / Tid i laboratorietank

	Tid (h)	0	24	72	Omrörare Av	144	Omrörare På	145
	Mjukpunkt (°C)	Referens (70/100)	45,6	46,2	47,3		47,1	
	SBS + Hårt bitumen	53	53	58		58		58
	SBS 3% (Linjär)	53	56	68		62		62
	SBS 4% (Radiell)	98	91	89		78		80
	SBS 6% (Linjär)	93	85+	85+		83		83
	EVA 6%	54	55	57		58		57
	SBS + Svavel	83	74	67		64		63

Tabell 3: Mjukpunktsförändringen för de olika bindemedlen under lagring i laboratorietanken.

## 5. Funktionsprovning på laborietillverkade asfaltmassor med åldrat bindemedel

*Samtliga analyser är utförda på Skanska VTC-Västs laboratorium i Gunnilse utom Hamburger Wheeltrack försöken som är utförda hos Pankas A/S i Roskilde*

Försöken är utförda med två av de bindemedel som valts ut till slitlagret för Vägverket Region Västs provväg E6 mellan Geddeknippen – Kallsås (SBUF-projekt 11692) samt ett referensbindemedel. Asfaltmassorna är av typen ABS 16 med kvartsit och är tillverkade på samma sätt som asfaltmassorna som användes i förprovningen inför Etapp 3 (slitlagret). Samtliga provkroppar är uppborrade eller sågade ur asfaltplattor tillverkade med sk Plate Compactor på VTC Väst i Göteborg. Tillverkningsproceduren samt hur de olika bindemedelssorterna påverkat asfaltmassans egenskaper och hur de förhåller sig till varandra behandlas i detalj i rapporteringen kring SBUF-projekt 11692. I den här delen av arbetet undersöks om och hur asfaltmassornas egenskaper förändras när bindemedlet åldrats. Observera också att eftersom försöken utfördes parallellt med försöken i Etapp 3 har massorna med åldrat bindemedel bara undersökts med fokus på egenskaper viktiga för slitlager. Relevanta egenskaper för massor längre ner i vägkonstruktionen, t ex utmattningsegenskaper, flexibilitet eller styvhet, har därför inte undersökts.

### 5.1 Analysmetoder som använts för att bestämma asfaltmassornas funktionella egenskaper

#### 5.1.1 Dynamisk krypstabilitet (FAS-metod 468-00)

Metoden avser att bedöma asfaltbeläggnings känslighet för permanenta deformationer. Under analysen utsätts en cylinderformad borrhärna, *tempererad till 40°C*, för 3600 belastningar med trycket 100 kPa (motsvarar 74kg mot en cylinderformad metallplatta med diametern 96mm, provkroppens diameter är 150mm). Belastningen ligger på i 1s och tiden mellan belastningarna är också 1s. Den *permanenta deformationen*<sup>11</sup> mäts och redovisas i mikrostrain. För en 60mm tjock provkropp (standard i försöken) motsvaras en deformation på 1mm av ungefär 16 500 mikrostrain.

#### 5.1.2 Slitage enligt Prall (FAS-metod 471-02)

Metod avser att bedöma vägytans slitstyrka. En cylinderformad borrhärna (Ø 100mm) placeras i en tättslutande metallbehållare med öppen ovansida<sup>12</sup>. Locket som fästs på behållaren har öppningar för genomflödande vatten och ett fritt utrymme på 4cm mellan lockets ovansida och provets yta. I locket placeras 40 stålkulor med diametern 12mm.

<sup>11</sup> Begreppet *Irreversibel Töjning* anses vara en riktigare beskrivning av samma mätvärde men *Permanent Deformation* används tills vidare.

<sup>12</sup> All provning är utförd på sågad ovanyta i denna undersökning

Behållaren med provkropp och metallkuler sätts i rörelse (slaghöjd 43mm, frekvens 950 slag/min) under 15 min, bortnött material förs bort med genomflödande vatten. Både provkroppen och vattnet är tempererat till 5° C. Volymen bortnött material anges i cm<sup>3</sup> som belägningens *slitagevärde*.

### **5.1.2.b Slitage enligt Prall på vinterkonditionerade provkroppar (VTI Metod 5-03, metoden är under utveckling)**

Genom att vinterkonditionera provkropparna innan slitagevärdet bestäms ges en indikation på hur väl belägningen står emot temperaturskiftningar och inverkan från salt på vägen. Dessa faktorer har inverkan på portrycket i belägningens yta och kan leda till att vatten vandrar mellan närliggande hålrum i belägningens ovanlag och orsaka skador.

I försöken har provkropparna mätts med och lagrats i 30-procentig saltlösning under två dygn vid 40°C. Därefter placerades provkropparna i klimatskåp (i vattenbad) där temperaturen växlar mellan -20 och 20°C med 12h intervall under 7 dygn. Slitagevärdet bestämdes sedan enligt FAS-metod 471-02 (se ovan, stycke 5.2).

### **5.1.3 Bedömning av spårbildningsresistens med hjälp av Wheeltrack utrustning (EN 12697-22:2003)**

Wheeltrack analyser är bland de hårdaste stresstesten som finns tillgängliga för bundna lager idag. Spårbildningsresistensen hos asfaltmassorna har bedömts genom att laboratorietillverkade asfaltplattor har analyserats i två olika utrustningar. I försöken har både en s k ”Small Device” och en ”Large Device” använts. Dimensionerna för båda utrustningarna är i enighet med EN-metod 12697-22:2003. *I båda fallen är provplattorna tempererade till 60°C.*

Försöken med Small Device har utförts på både torra plattor och plattor nedsänkta i vattenbad under analysen. Analyserna har utförts av Pankas A/S i Roskilde med en utrustning av modellen Hamburg Wheeltrack och med 20 000 singelpassager från ett helgjutet gummihjul. I försöken har *spårtillväxten* (för de sista 10 000 överfarterna) och det totala *spårdjupet* bestämts. I försök med Hamburg Wheeltrack kan en del av spårdjupet tillskrivas bruksförluster (i synnerhet för HWT i vatten).

Försöken med Large Device (benämns ”Fransk utrustning” tidigare rapporter) har utförts på Skanskas VTC i Göteborg. I försöken har plattorna rullats över med 60 000 singelpassager från ett luftpumpat däck. Det *relativa spårdjupet* i % har bestämts som spårdjupet i förhållande till plattans ursprungstjocklek. Spårdjupet är här till största delen ett resultat av deformationer och omlagringar i asfaltmassan.

## 5.2 Resultat från funktionstester på asfaltmassa

### 5.2.1 Dynamisk Krypstabilitet

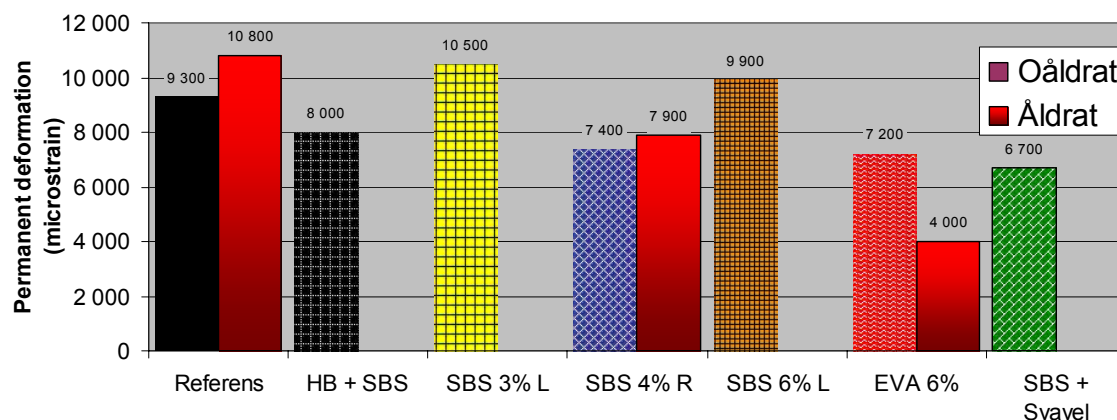


Diagram 8: De uppvisade permanenta deformationerna efter analys m a p dynamisk krypstabilitet.

Samtliga massor uppvisar väldigt hög deformationsresistens. Asfaltmassan med omodifierat åldrat bindemedel visade på störst deformationer bland de undersökta massorna. Deformationsresistensen hos asfaltmassan med åldrad EVA är iögonfallande hög. Stabiliteten hos den SBS modifierade massan var också mycket god och har inte påverkats nämnvärt av att bindemedlet åldrats.

### 5.2.2 Slitage enligt Prall inklusive försök på vinterkonditionerade provkroppar

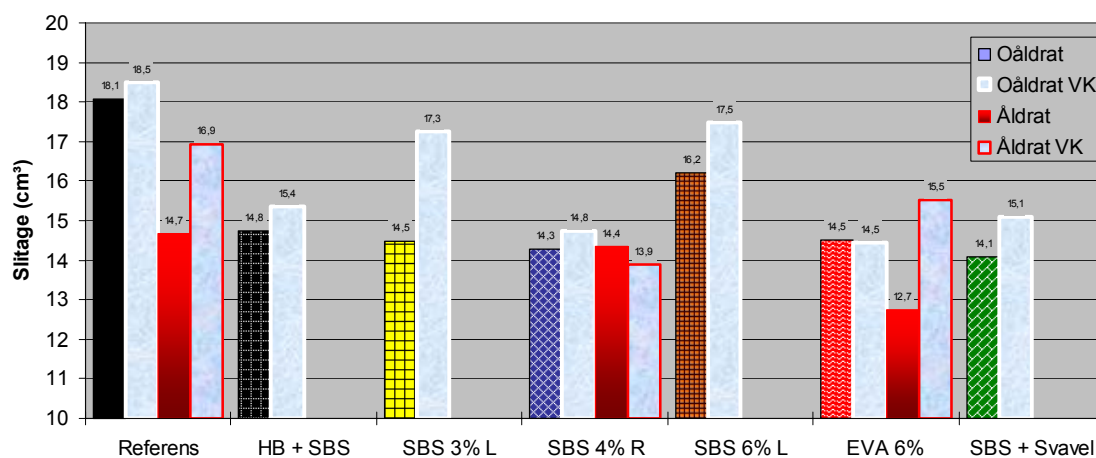


Diagram 9: Slitagevärden för massor med åldrat och oåldrat bindemedel samt slitagevärden för vinterkonditionerade provkroppar. Observera att Y-axeln börjar vid 10.

Åldringen av bindemedlen och vinterkonditioneringen av provkropparna har haft relativt liten inverkan på de överlag redan mycket låga slitagevärdena. Den vinterkonditionerade referensmassan gav upphov till de högsta slitagevärdena (18,5 cm<sup>3</sup> i medel) och massan med åldrat EVA modifierat gav de lägsta värdena (12,7 cm<sup>3</sup>).

## 5.2.3 Spårbildningsresistens

### Analys med Hamburg Wheeltrack (Small Device):

Bindemedel	Oåldrat bindemedel i massan / Åldrat bindemedel i massan													Spårtiliväst
	Antal överfarter													
	20	50	100	500	1 000	2 000	5 000	10 000	15 000	20 000	20 000	20 000		
Referens	0,20 / 0,16	0,49 / 0,37	0,73 / 0,55	1,31 / 1,01	1,63 / 1,24	2,01 / 1,46	2,78 / 1,91	3,72 / 2,32	4,39 / 2,61	5,05 / 2,90	5,05 / 2,90	5,05 / 2,90	1,33 / 0,58	
HB + SBS	0,14	0,36	0,55	1,00	1,21	1,42	1,77	2,08	2,29	2,43	2,43	2,43	0,35	
SBS 3% L	0,10	0,29	0,45	0,87	1,05	1,30	1,59	1,78	1,93	2,05	2,05	2,05	0,27	
SBS 4% R	0,18 / 0,10	0,45 / 0,24	0,63 / 0,35	1,10 / 0,60	1,29 / 0,72	1,50 / 0,83	1,73 / 0,99	1,92 / 1,10	2,03 / 1,20	2,12 / 1,28	2,12 / 1,28	2,12 / 1,28	0,20 / 0,18	
SBS 6% L	0,11	0,30	0,43	0,76	0,90	1,02	1,18	1,33	1,44	1,44	1,44	1,49	0,16	
EVA 6%	0,11 / 0,08	0,28 / 0,24	0,42 / 0,38	0,80 / 0,76	0,99 / 0,97	1,20 / 1,19	1,46 / 1,55	1,67 / 1,86	1,79 / 2,05	1,86 / 2,22	1,86 / 2,22	1,86 / 2,22	0,19 / 0,36	
SBS + S	0,12	0,28	0,39	0,73	0,90	1,06	1,26	1,44	1,54	1,54	1,54	1,63	0,19	

Tabell 4: Resultat från analys med Hamburg Wheeltrack (Small)

### Analys med Hamburg Wheeltrack i vatten (Small Device):

Bindemedel	Oåldrat bindemedel i massan / Åldrat bindemedel i massan													Spårtiliväst
	Antal överfarter													
	20	50	100	500	1 000	2 000	5 000	10 000	15 000	20 000	20 000	20 000		
Referens	0,27 / 0,26	0,70 / 0,62	1,02 / 0,87	2,02 / 1,46	2,79 / 1,82	3,83 / 2,25	6,59 / 3,26	10,61 / 4,59	14,25 / 5,85	16,93 / 7,09	16,93 / 7,09	16,93 / 7,09	6,32 / 2,50	
HB + SBS	0,15	0,41	0,62	1,21	1,49	1,85	2,35	2,81	3,11	3,33	3,33	3,33	0,52	
SBS 3% L	0,16	0,40	0,57	1,01	1,27	1,55	2,21	2,98	3,56	4,06	4,06	4,06	1,08	
SBS 4% R	0,19 / 0,10	0,47 / 0,27	0,70 / 0,42	1,20 / 0,79	1,41 / 0,93	1,66 / 1,12	2,02 / 1,36	2,40 / 1,71	2,67 / 1,75	2,87 / 1,81	2,87 / 1,81	2,87 / 1,81	0,47 / 0,10	
SBS 6% L	0,17	0,43	0,61	1,07	1,28	1,51	1,91	2,21	2,44	2,59	2,59	2,59	0,38	
EVA 6%	0,10 / 0,28	0,27 / 0,66	0,42 / 0,93	0,79 / 1,57	0,93 / 1,94	1,12 / 2,38	1,36 / 3,00	1,71 / 3,49	1,75 / 3,93	1,81 / 4,29	1,81 / 4,29	1,81 / 4,29	0,10 / 0,80	
SBS + S	0,06	0,20	0,36	0,83	1,01	1,18	1,43	1,62	1,72	1,72	1,72	1,79	0,17	

Tabell 5: Resultat från analys med Hamburg Wheeltrack i vatten (Small Device)



### Analys med Hamburg Wheeltrack (Small Device):

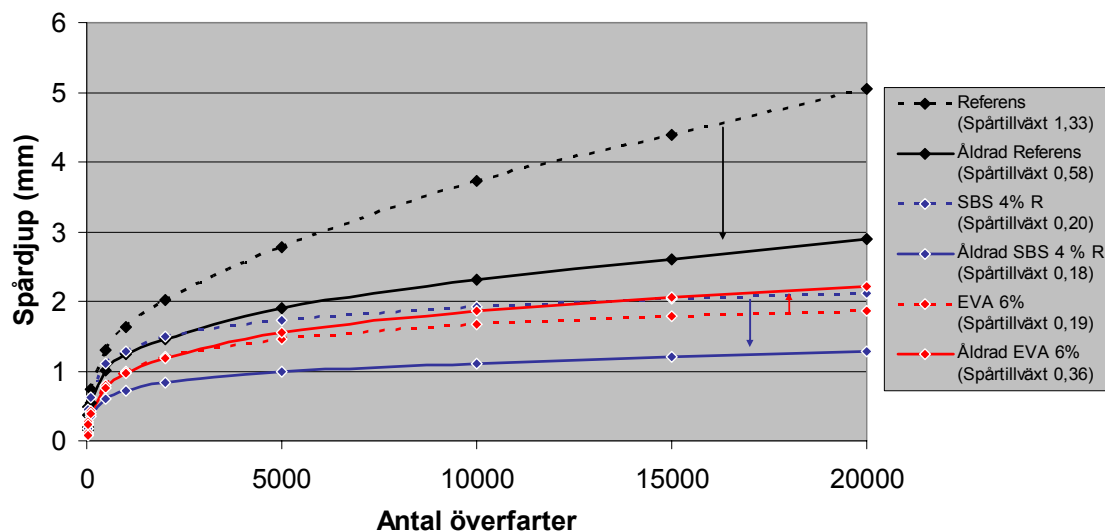


Diagram 10: Resultat från analys med Hamburg Wheeltrack (Small Device)

Av de tre asfaltmassor med åldrat bindemedel som undersökts visar massan med referensbindemedlet och massan med 4 % SBS på förbättrade värden. Massan med EVA i bindemedlet påverkas inte nämnvärt av åldringen.

### Analys med Hamburg Wheeltrack i vatten (Small Device):

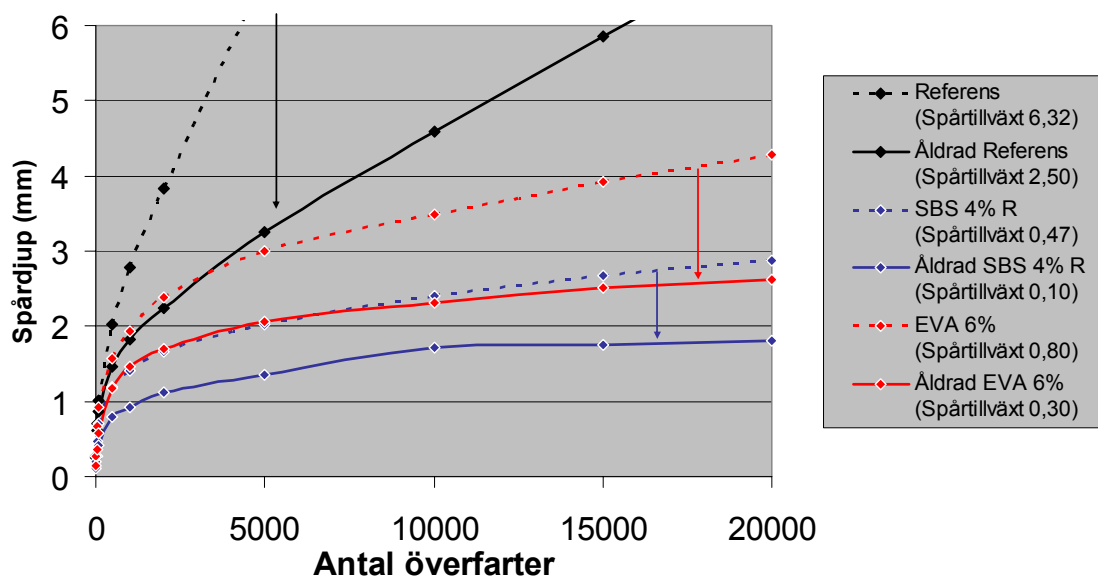


Diagram 11: Resultat från analys med Hamburg Wheeltrack i vatten (Small Device)

Försöken med HWT i vatten är de mest utslagsgivande i den här undersökningen. Alla massor med åldrat bindemedel visar ändå på en förbättrad spårbildningsresistens.

### Analys med Wheeltrack (Large Device):

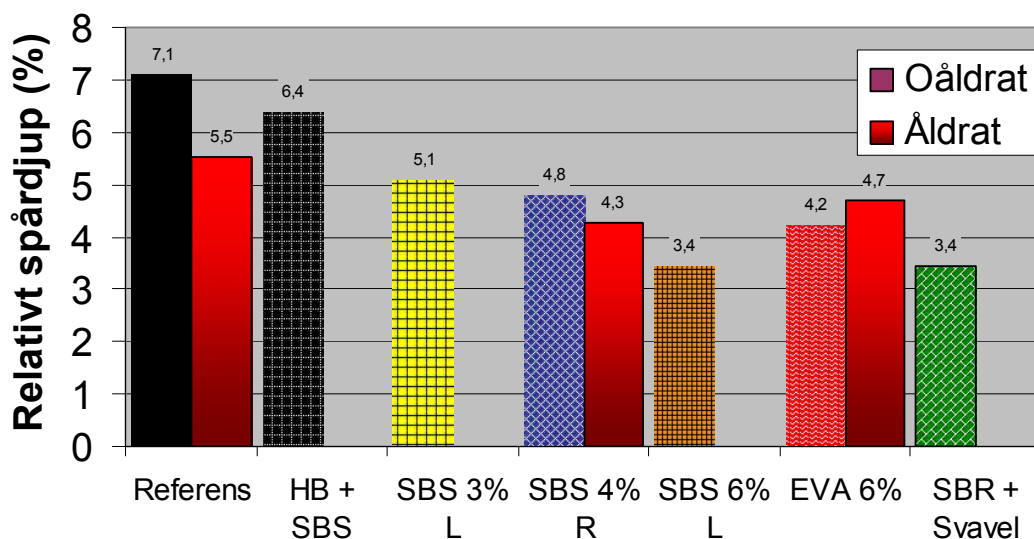


Diagram 12: Resultat från analys med Wheeltrack (Large Device)

På grund av inverkan från plötsliga omlagringar är inte spårtillväxten ett lämpligt måttetal vid analys med den här typen av utrustning och är inte medtaget. Åldringen av bindemedlet har haft relativt liten inverkan på alla tre asfaltmassorna. Den största skillnaden var för referensmassan där det relativa spårdjupet sjönk från 7,1 % till 5,5 %.

### 5.3 Jämförbarhet med avseende på packning och hålrum

Skillnaden i densitet mellan de laboratorietillverkade plattorna var relativt liten. *Packningen bedöms inte ha haft någon inverkan på hur resultaten bör tolkas med avseende på skillnaderna mellan åldrat och oådrat bindemedel.*

Plattornas densitet och andra faktorer som kan påverka jämförbarheten redovisas och diskuteras i detalj i SBUF Rapport 11692.

## 6. Diskussion

### Kraftiga svängningar i mjukpunkt för de SBS-modifierade bindemedlen

För samtliga av de SBS-modifierade bindemedlen iakttogs kraftiga förändringar av mjukpunkten med tiden. Antingen steg mjukpunkten under en kort tid för att sedan sjunka eller så föll den direkt från start. När bindemedlets mjukpunkt sätts i relationen till mängden polymer i bindemedlet ges för SBS-baserade blandningar en s-formad kurva [2, 6], var lutningen är som brantast beror på vilken typ av SBS-polymer som använts (diagram 1).

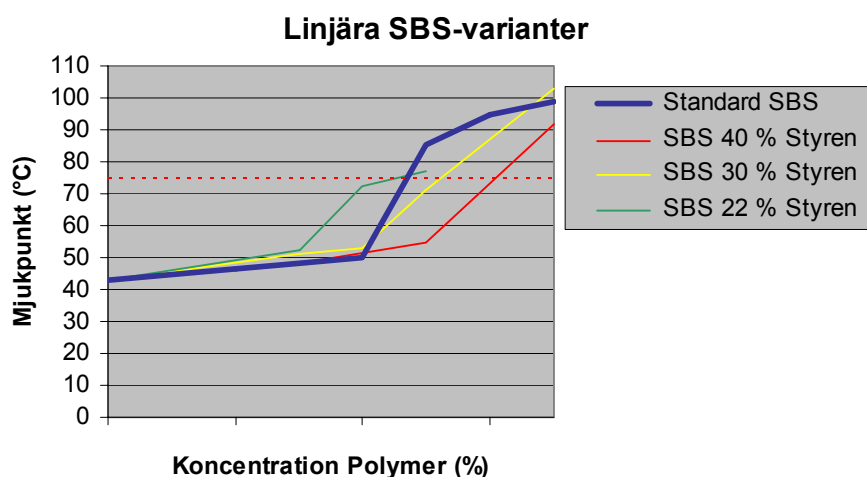


Diagram 13:

Samband mellan koncentration och mjukpunkt för linjära SBS-varianter med olika monomerhalter (källa [2]).

När blandningen åldras ändras den effektiva polymermängden. Det vill säga mängden inlöst och eventuellt reagerad<sup>13</sup> polymer. Om polymeren inte är helt inlöst och dispergerad direkt efter blandningen *ökar* den effektiva polymermängden en begränsad tid efteråt. När polymeren är fullt inlöst *minskar* den effektiva polymermängden i takt med att polymeren bryts ned. Om koncentrationen polymer i blandningen ligger nära den branta delen av kurvan (diagram 13) kan mycket små förändringar av den effektiva polymermängden innebära en kraftig förändring av blandningens mjukpunkt.

Bindemedel som modifieras med polymerer som inte påverkar bindemedlets mjukpunkt lika mycket som en SBS-modifiering (t ex EVA) uppvisar heller inte några större förändringar i mjukpunkt under lagringstiden.

### Bra överensstämmelse mellan åldringsförsöken i laboratorietank och iakttagelser från fullskaleanläggningar

De förändrade egenskaper som iakttogs hos bindemedlet som åldrades i laboratorietank stämmer mycket väl överens med (odokumenterade) iakttagelser från Skanskas produktionsanläggningar. Överensstämmelsen med RTFOT-testet var god för de lågmodifierade bindemedlen men väldigt dålig för de högmodifierade.

<sup>13</sup> Om polymerens funktion är beroende av en kemisk reaktion

För att ytterliggare bekräfta validiteten i metoden tillverkades ytterliggare ett polymermodifierat bindemedel baserat på en radiell SBS-polymer men från en annan tillverkare. Koncentrationen polymer i blandningen ändrades och basbindemedlet byttes ut. En jämförelse mellan bindemedel nummer 4 och varianten baserad på samma polymersort (radiell SBS) redovisas i diagram 2. Vår bedömning är att metoden är pålitlig och ger en god indikation på hur bindemedlets egenskaper förändras under hanteringsprocessen.

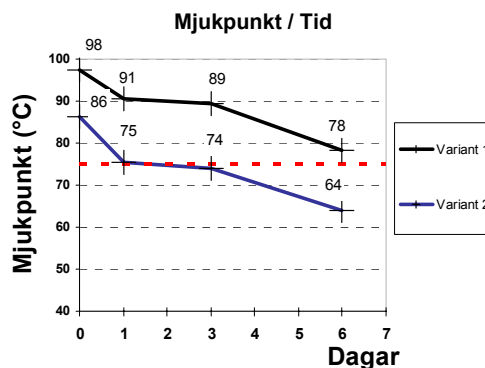


Diagram 2: Jämförelse mellan två olika bindemedel modifierade med radiella SBS-polymerer

### Ingen separationsbenägenhet hos de analyserade bindemedlen

Inget av bindemedlen i undersökningen separerade vid 180°C efter att omrörningen i tanken stängts av. Däremot bildades en hård skorpa vid kontaktytan mot luften hos ett av bindemedlen (6 % linjär SBS). Detta är förmodligen en kemisk reaktion med eller katalyserat av luften, reaktionen avstannade när hinnan helt avskärmat bindemedlets luftkontakt. När omrörningen startades på nytt slogs hinnan sönder i tunna flagor som inte var återlösliga i bindemedlet. Detta verkar inte ha haft någon effekt på bindemedlets egenskaper (snarare åldras bindemedlet långsammare när kontaktytan mot luften avskärmas). Däremot kan resterna av hinnan ställa till praktiska problem (t ex vid ackumulering i filter på produktionsanläggningen). Denna typ av problem är omöjliga att fånga upp med tubtestet eller RTFOT-testet.

### Ingen försämring av de funktionella egenskaperna hos de modifierade massorna med åldrat bindemedel

Trots att bindemedlets egenskaper förändrades med åldringen syntes ingen försämring av de funktionella egenskaperna hos asfaltmassan. Det är viktigt att minnas att de två bindemedel som valdes ut till fortsatta försök också verkade påverkas minst av lagringen i laborietanken. De uppmätta funktionella egenskaperna låg på rekordnivåer och det är möjligt att försök med en ”sämre komponerad” asfaltmassa skulle varit mer utslagsgivande<sup>14</sup>. Hur andra potentiellt utslagsgivande funktionella egenskaper som *utmattningsmotstånd*, *styvhet* eller *flexibilitet* påverkas av att bindemedlet åldras undersöktes inte heller.

### Andra iakttagelser

Penetrationsvärdet sjönk för samtliga bindemedel utom det med 6 % Linjär SBS efter åldring i laborietanken<sup>15</sup>. Den elastiska återgången sjönk för samtliga bindemedel, förmodligen på grund av försprödning av basbindemedlet och nedbrytning av polymeren, men ökade för det EVA-modifierade bindemedlet.

<sup>14</sup> Modifierade massor tenderar att generera högre lägstanivåer snarare än högre toppar.

<sup>15</sup> Det stämmer väl överens med forskningsresultat som visar att mycket elastiska bindemedel kan få en försämrad penetrationsresistens [5].

## 7. Slutsatser

- Lagringsstabiliteten varierade kraftigt mellan de olika bindemedlen.
- Den lämpliga hanteringstemperaturen för bindemedlen varierar och påverkades olika av åldringen.
- Tillvägagångssättet att åldra bindemedel i laborietank ger en god indikation om hur bindemedlet åldras under hantering i full skala.
- De lågmodifierade bindemedlen visade på god överensstämmelse mellan RTFOT-testet och åldringen i laborietanken. För de högmodifierade bindemedlen var överensstämmelsen tvärtom mycket dålig.
- Inget av bindemedlen i undersökningen visade tecken på att vara separationsbenägna vid en hanteringstemperatur på 180°C. En hård skorpa bildades vid ytan för ett av bindemedlen (Linjär SBS 6 %) när omrörningen i laborietanken stängdes av.
- De funktionella egenskaperna som mättes hos asfaltmassorna med modifierat bindemedel i den här studien påverkades inte negativt av att bindemedlet åldrats.

## 8. Referenser

- [1] “*The Shell Bitumen Handbook*”, Fifth edition (2003)
- [2] “*Increased formulation flexibility and performance using Kraton® IPD™ Polymers*”, W. Vonk m fl
- [3] “*Styrene Butadiene styrene polymer modification of road bitumens*” G. D. Airey, Journal of materials science 39 (2004) 951 – 959
- [4] “*The Structure of Polymer Modified Binders and Corresponding Asphalt Mixtures*”, V. Wegan m. fl, Danish Road Institute Report 92 (1999).
- [5] “*Polymer modified asphalt*”, Yvonne Becker m fl, Vision Tecnologica Vol. 9 N° 1 (2001)
- [6] “*Polymer-Modified Bitumen, Asphaltenes and Asphalts, 1*”, C. Giavarini, Developments in Petroleum Science 40, 381
- [7] “*Low temperature fracture properties of polymer-modified asphalts relationships with the morphology*” L. Champion m. fl, Journal of Materials Science 36, 451 – 460 (2001)

## Bilaga 1: DSR och Åldringsindex

*Denna bilaga innehåller kompletterande analyser, DSR och åldringsindex, på bindemedlen i undersökningen. Analyserna är utförda av KTH på begäran av och finansierade av Vägverket efter det att rapporten färdigställts. Resultaten är både intressanta och relevanta men ändrar inte på någon av slutsatserna i rapporten. Ett av bindemedlen (SBS + Svavel) saknas i undersökningen eftersom bindemedlet tog slut under de första försöken.*

(Värt att notera är att åldringsindex visar att bindemedlet med 6 % linjär SBS förstyvats kraftigt medan bindemedlet med EVA ligger på ungefär samma nivå som referensbindemedlet. Bindemedlet med 4 % radiell SBS är i relation till de andra mer eller mindre opåverkat.)

2006-09-05

Niclas Stenberg