

8

Funktionell provning på kalla och halvvarma asfaltbeläggningar.



Bild: Kallteknik-sträcka vid Grödbby

FÖRORD

Arbetet, som beskrivs i denna rapport, har utförts av Vägtekniskt Centrum Nord i Farsta. Projektet är finansierat genom Svenska byggbranschens utvecklingsfond (SBUF).

Denna rapport beskriver etapp 1 där målsättningen har varit att undersöka befintliga kalla och halvvarma asfaltbeläggningar med avseende på funktionella egenskaper.

Projektets referensgrupp som också fungerat som en styrgrupp har varit medlemmarna i den Svenska Teknikgruppen för Utveckling av Kallproducerade Asfaltbeläggning (STUKAS). (Vid kontinuerliga möten har framkomna resultat redovisats).

Undertecknad skulle vilja tacka Ylva Spaak-Bäckskog vid VTC Nord i Farsta för hennes stora arbetsinsats med de många laboratorieundersökningar som utfördes inom projektet.

Kenneth Olsson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING		Sida
I.	SAMMANFATTNING	4
1.	BAKGRUND	6
2.	INLEDNING	7
3.	PROVHANTERING	8
3.1	Stenmaterialegenskaper	
3.2	Korngradering/beläggningstyper	
3.3	Bindemedelstyp/vätskeinhåll	
3.4	Handblandning/laboratorieblandning	
3.5	Tillverkning av provkroppar	
3.6	Konditionering	
3.7	Proportionering	
4.	FUNKTIONELLA MÄTMETODER	15
4.1	Wheel-track, deformationsmätningar	
4.2	Styvhetsmodul	
4.3	Marshallstabilitet	
4.4	Pressdraghållfasthet	
5.	OG 16	18
5.1	Hållrum, styvhetsmodul och draghållfasthet	
5.2	Marshallstabilitet	
5.3	Wheel-track	
5.4	Frys-tö beständighet	
6.	AG 22	24
6.1	Hållrum, styvhetsmodul och draghållfasthet	
6.2	Marshallstabilitet	
6.3	Wheel-track	
6.4	Frys-tö beständighet	
7.	AB 16	31
7.1	Hållrum, styvhetsmodul och draghållfasthet	
7.2	Marshallstabilitet	
7.3	Wheel-track	
7.4	Frys-tö beständighet	
8.	SAMMANFATTANDE KOMMENTARER	37
9.	REFERENSER	38

BILAGOR

I. Sammanfattning

I VÄG 94 utgörs nästan hälften av alla beläggningstyper av sådana som antingen tillverkas kallt eller halvvarmt. Dessa beläggningstyper är beskrivna i typblad där ett flertal receptparametrar är angivna. En brist finns dock i att dessa produkter idag är dåligt dokumenterade med avseende på funktionella egenskaper.

I denna undersökning har funktionella mätmetoder som idag används till varma asfaltbeläggningar anpassats för att erhålla en rangordning av kalla och halvvarma asfaltbeläggningar. Detta har kunnat genomföras genom att temperaturerna i testmetoderna sänkts till en nivå där mätbara resultat även erhålls för de allra mjukaste produkterna. Undersökningarna har alltså i första hand varit inriktat på relativa, jämförande provningar mellan olika produktslag.

De vanligaste produkterna AB16, OG16 och AG22 har undersökts med både emulsioner och mjukbitumen där viskositeten varierat från 500-20 000 mm²/s. I samtliga fall rör det sig om tillverkning av helt nya produkter och inte användande av återvinningsmassor.

Mätresultat i form av styvhetsmodul, Marshallstabilitet och draghållfasthet har visat sig gå i stigande skala vid ökad viskositet hos bitumenet. För viskositet upp till 5000 mm²/s (OG-beläggningar) ligger resultaten på en sådan låg nivå att det inte bedöms relevant att prova dessa egenskaper vid t.ex. produktionskontroll eller kvalitetskontroll.

Vid beläggningar med viskositet på 10 000 mm²/s och större blir hållfastheten mer mätbar och det är också på dessa beläggningstyper som vi önskar oss tillgodoräkna en viss stabilitet eftersom de oftast läggs på något mer trafikerade vägar. Det vi har sett i denna undersökning för AB16 och AG22, med viskositet på 10 000 mm²/s och 20 000 mm²/s, är att det inte finns några större skillnader i egenskaper mellan produkter med samma viskositet om de proportioneras och packas rätt. Med rätt packning menas när AB16 har en hålrumshalt kring 4-7 vol-% och när AG22 ligger på ca: 8-12 vol-%.

Även en hel del deformationsundersökningar har genomförts med hjälp av wheel-track på gyratoriskt tillverkade provkroppar. De mjukaste beläggningarna visar de största spårdjupen. OG-beläggningarna är de som är mest känsliga för ökade laster vid +25°C. Från en ökning av hjullast på 30 kg till 45 kg ökade spårdjupstillväxten med ca. 30-50% för OG-beläggningar. För AB16 och AG22 med viskositet på 10 000 mm²/s och större var skillnaderna betydligt mindre vid samma testtemperatur.

I undersökningen har också ett antal produkter genomgått frys-tö-cykler med vakuum-mätning i saltlösning. Samtliga resultat (jämförelse av draghållfastheter) har visat att det inte skett någon större påverkan på provkropparna efter frys/tö konditioneringen.

Nivån på de funktionella mätresultat som tagits fram är mycket beroende av hur blandningen/packningen lyckats vid proportioneringen. Det har i denna undersökning visat sig att laboratorieblandning är att föredra i jämförelse med handblandning framförallt med tanke på att större provmängder kan framställas och att blandningarna upplevs homogenera.

En lägre hålrums halt leder till högre värden när det gäller styvhet, Marshallstabilitet och draghållfasthet.

Som en jämförelse mellan emulsioner och mjukbitumen med samma ursprungsviskositet och samma hålrums halt så är egenskaperna i stort sett desamma.

De framtagna resultaten för dessa kalla och halvvarma asfaltbeläggningarna är en bra bit ifrån de egenskaper man erhåller med varmblandade beläggningar. Detta visar att de kalla och halvvarma asfaltbeläggningarna också fortsättningsvis skall relateras till varandra och inte med varma beläggningar.

Av de provningsmetoder som använts i detta projekt är det mest relevant att, som vid kallåtervinning, undersöka pressdraghållfasthet och då för beläggningar med viskositet på 10000 och högre. De andra metoderna, framför allt wheel-track, blir för kostsamma och dessutom finns en osäkerhet i hur provkropparna skall tillverkas på laboratoriet för att få jämförbara hålrums halt som ute i fält.

1. BAKGRUND

Kall- och halvvarm asfalttillverkning har utförts sedan en lång tid tillbaka. För att ersätta grusvägbanor med en enkel och billig beläggning tillverkades till en början oljegrus som även idag finns på marknaden. Vid mitten av 70-talet kom emulsionerna och man provade framförallt två olika koncept, dels en öppen beläggning benämnd AEBÖ och dels en tät variant typ AEB. Båda varianterna minskade dock i efterfrågan efter en del misslyckanden med bitumenavrinning, dålig täckning m.m. Istället kom ett nytt koncept där värme tillfördes stenmaterial till mellan 50-120°C, d.v.s. halvvarm asfalttillverkning. Bindemedlen kom då att bestå av mjukbitumen och vanliga beläggningstyper blev MJAB och MJOJ. På senare år har dock emulsionsbeläggningarna blivit allt vanligare igen.

I dagens regelverk, VÄG 94, utgörs nästan hälften av alla beläggningstyper av sådana som antingen tillverkas kallt eller halvvarmt. Beläggningstyperna är beskrivna i typblad där receptparametrar är angivna. En brist finns dock i att dessa produkter idag är dåligt dokumenterade med avseende på funktionella egenskaper.

Detta projekt syftar till att undersöka kalla och halvvarma asfaltbeläggningar med avseende på funktionella egenskaper. Laboratorieundersökningarna är i första hand inriktat på relativa, jämförande provningar mellan olika produktslag samt att studera relevansen i de provningsmetoder som används.

Syftet är också att komma närmare en gemensam referensmetodik för både kalla och halvvarma beläggningar så att produktutvecklingen kan fortskrida.

2. INLEDNING

Hösten 1997 beviljades av SBUF att genomföra etapp 1 av projektet "*Funktionell provning av kalla och halvvarma asfaltbeläggningar*". Styrgruppen träffades och en arbetsplan togs fram där ingående beläggningstyper bestämdes och vad för typ av analyser som skulle genomföras.

Projektets referensgrupp har varit STUKAS (Svenska Teknikgruppen för Utveckling av Kallproducerade Asfaltbeläggningar) där kontinuerliga redovisningar gjorts vid mötestillfällen. Vid dessa tillfällen har det från referensgruppen också bl.a. kommit fram nya riktlinjer om vad som skall undersökas i projektet.

Idag används de kalla och halvvarma asfaltbeläggningarna framför allt på det låg- och mellantrafikerade vägnätet och där transportavståndet från de varma stationära asfaltverken är långt. Andelen s.k. icke byggda vägar är för detta vägnät relativt stor vilket innebär att rörelser i vägkroppen som kräver en flexibel beläggning med god återläkningsförmåga. Det är här som de mjukaste varianterna av de kalla och halvvarma beläggningarna idag tjänar sitt syfte.

Vissa delar av vägnätet har en relativt stor andel tung trafik. För detta ändamål tillverkas de kalla och halvvarma beläggningarna med ett hårdare bindemedel där viskositeten ligger kring 10-15 000 mm²/s. I Väg 94 finns även beskrivningar för att använda sig av bindemedel med visk 20 000 mm²/s men av praktiska/maskintekniska skäl förekommer de väldigt sällan. I detta projekt har vi därför också tagit med nyutvecklade emulsionssystem där emulsionen är baserade på B180.

Totalt har 16 st kalla och halvvarma beläggningstyper proportionerats och undersökts inom ramen för detta projekt. Arbetet har utförts vid Vägtekniskt Centrum Nord i Farsta och de ingående materialen, sten och bitumen, kommer från ett referensmaterial i Farsta resp. Nynäs AB.

3. Provhantering

Att hantera och prova kalla och halvvarma beläggningar är minst lika komplext som att undersöka varma beläggningar. Ett antal steg i denna provhanteringsprocess kommer nedan att beskrivas. Dessa steg är:

- Stenmaterialegenskaper
- Korngradering/beläggningstyp
- Bindemedelstyp/vätskeinhåll
- Proportionering
- Laboratieblandning / handblandning
- Tillverkning av provkroppar
- Konditionering
- Funktionella undersökningar

3.1 Stenmaterialegenskaper

Gemensamt för hela laboratiestudien på kalla och halvvarma asfaltbeläggningar har varit stenmaterialelets egenskaper där ett referensmaterial från Farsta (helkrossad gnejsig granit) använts. Stenmaterialet har varit fraktionerat i filler, 0-2, 2-4, 4-8, 8-11, 11-16 resp. 16-22.

De tekniska data kring stenmaterialet redovisas i tabell 1.

	Egenfiller	0-2	2-4	4-8	8-11	11-16	16-22
Korndensitet	2,62	2,63	2,64	2,63	2,66	2,66	2,71
Sprödhet				40	29	53	
Flisighet				1,38	1,23	1,28	
Kulkvarn						9,0	

Tabell 1. Egenskaper för stenmaterial

3.2 Korngradering/Beläggningstyper

I dag utgörs nästan hälften av de produkter som finns representerade i VÄG 94 av kalla och halvvarma asfaltbeläggningar. I denna studie beslutade referensgruppen att undersöka de tre vanligaste beläggningstyperna nämligen:

- OG 16
- AB 16
- AG 22

De två översta korngraderingarna representerar slitlagerbeläggningar med en kontinuerlig kornkurva innehållande låg andel filler och en relativt låg bindemedelshalt. AG22 är istället en bärande beläggning men även den har en blandning av stenmaterial med kontinuerlig kornkurva innehållande låg andel filler och en låg bindemedelshalt.

I denna studie har även en slitlager- resp. bärlagerbeläggning med öppen korngradering undersökts med emulsioner, benämnda AB16Ö resp. AG22Ö.

3.3 Bindemedelstyp/vätskeinhåll

Bindemedlet i denna undersökning har varit bitumenemulsioner och mjukbitumen med varierande viskositet. Bitumenemulsioner används vid helt kall tillverkning (<50°C) där produkterna erhåller beteckningen AE före beläggningstypen, t.ex. AEOG, AEB och AEG.

Mjukbitumen används vid s.k. halvvarm tillverkning (50-120°C) där produkterna erhåller beteckningen MJ före beläggningstypen, t.ex. MJOG, MJAB och MJAG. Även andra bindemedel i form av vägolja (VO500) och nyutvecklade emulsioner från Nynäs, benämnd Nymix, har använts.

De ingående bindemedlen har varit:

- VO 500
- BE60M/2000
- MB 2000
- BE60M/5000
- MB 5000
- BE60M/10000
- MB 10000
- BE60M/20000
- MB 20000
- Nymix 630 (visk ca: 63000)

Från komponenterna stenmaterial och bindemedel har ett antal olika beläggningsvarianter framställts i enlighet med VÄG 94. Indelat i beläggningstyper har följande varianter tillverkats och undersökts:

<u>OG16</u>	<u>AB16</u>	<u>AG22</u>
OG16/VO 500	MJAB16/10000	MJAG22/10000
AEOG16/2000	AEB16/10000	AEG22/10000
MJOG16/2000	MJAB16/20000	MJAG22/20000
AEOG16/5000	AB16/Nymix 630	AEG22/20000
MJOG16/5000	AB16Ö/Nymix 630	AG22Ö/Nymix 630
	OG16/Nymix 630	

När det gäller kall och halvvarm tillverkning av asfalt har vattenhalten i blandningen en stor betydelse för ett lyckat slutresultat på vägen. För torra massor ger oftast en viss tröghet vilket medför att asfalthäggaren inte förmår att dra ut beläggningen utan att ojämnheter uppkommer. Vid för blöta beläggningar gör konsistensen den att massan blir svår att komprimera och då oftast med vältsprickor och höga hålrumshalter som slutresultat på den färdiga beläggningen. Reaktiviteten hos stenmaterialet, framför allt <0.075 mm, är av mycket stor betydelse vid tillsättning av vatten. Är fillret mycket finkornigt blir den totala specifika stenyttan stor vilket innebär att åtgången av vätska i någon form blir större, d.v.s mer vatten behöver tillsättas.

Ute i fält är oftast stenmaterialhögarna naturligt fuktade från nederbörd men om inte detta räcker till behöver vatten tillsättas antingen genom att bevattna upplagen eller genom att tillsätta vatten på transportbandet vid asfaltverket.

Bitumenemulsioner

Bitumenemulsioner innehåller redan ca: 1/3-del vatten beroende på att bindemedlet skall kunna vara hanterbart vid låga temperaturer och på så sätt tillåta en helt kall tillverkningsprocess. Förblir emulsionerna i obrutet tillstånd tills packning utförs, d.v.s. bindemedlet är i vattenfas, behöver inte den tillsatta vattenmängden vara så stor. De flesta emulsionerna bryter dock relativt tidigt innan beläggningen blivit utlagd och för att få en smidig konsistens behöver vatten tillsättas. Smidigheten beror också på vilken viskositet bindemedlet har. Ju mjukare bindemedel (jämför BE60M/2000) desto lättare är det att bryta isär de förband som bildats mellan stenmaterial och bitumen. Vid hårdare bindemedel (viskositet > 10000) blir det svårare att bryta isär dessa förband och massan blir trögare vilket i sin tur medför att ojämnheter och separationer uppkommer på den färdiga beläggningen. För att avhjälpa detta förekommer vissa knep genom att t.ex. tillsätta en liten andel nafta i slutet av blandningsprocessen, dela upp materialet i grov och fin fraktion och tillsätta hårt resp. mjukt bindemedel i olika blandningssteg eller att låta emulsionen förbli obruten (ex. Nymix 630) tills packning sker.

I bitumenemulsioner är det oftast någon form av vidhäftningsmedel iblandat för att god vidhäftning skall erhållas mellan sten och bitumen.

Mjukbitumen

Mjukbitumen innehåller inte vatten. Mjukbitumen består istället av bitumen, vanligen B180, blandad med en mjukgörare. Mjukgöraren är ett oljedestillat utvunnet under destillationsprocessen vid framställning av bitumen ur råolja. För att uppnå smidighet hos asfaltmassorna tillsätts värme till stenmaterialet + att bitumenet värms upp till 70-120°C beroende på viskositet. Ju högre viskositet desto högre temperatur. Värmen i stenmaterialet tillsätts oftast genom att hetånga tillförs materialfickorna, s.k. ångturboverk.

Vid användning av mjukbitumen skall ett vidhäftningsmedel sättas till för att uppnå god vidhäftning mellan sten och bitumen. Denna hantering är ur miljöhänseende ifrågasatt.

Oftast uppstår problem med ojämnheter och separationer på den färdiga beläggningen vid för låga stenmaterialtemperaturer i kombination med för hög viskositet på bindemedlet. De flesta mobila halvvarma asfaltverk har problem när viskositeten överstiger 10000 mm²/s på grund av att inte stenmaterialet kommer upp i de erforderliga temperaturerna. Lösningen kan då vara att tillsätta vatten för att öka på smidigheten men detta får till följd att hålrums halten blir högre och kvaliteten försämras. Även här finns andra varianter för att öka smidigheten såsom att tillsätta en liten andel nafta i slutet av blandningsprocessen eller att dela upp materialet i en grov och fin fraktion och tillsätta hårt resp. mjukt bindemedel i olika blandningssteg. En allt vanligare företeelse är att mjukbitumen-beläggningarna tillverkas i de varma stationära asfaltverken där temperaturerna kan hållas på rätt nivå. Detta medför oftast längre transportavstånd och en dyr produkt men att den slutliga kvaliteten blir bättre.

3.4 Handblandning/laboratorieblandning

Eftersom projektets syfte också har varit att försöka närma oss en gemensam referensmetodik för kallteknik har även blandningsförfarandet på laboratoriet utvärderats genom att dels utföra handblandningar av varje provkropp för sig och dels att utföra blandningar med en liten tvångsblandare (10 kg:s satser).

En jämförelse av uppnådd hålrums halt för de två olika blandningsförfarandena genomfördes. Packningen med gyratorisk utrustning (Ø100 mm) utfördes med samma inställningar. Hålrums halt beräknades som medel av tre provkroppar och för OG-produkterna kunde inte någon signifikant skillnad utläsas av resultaten utan hålrums halterna låg kring 9-13 vol-% oberoende av blandningsmetod, se tabell 2.

För den grova beläggningen (AG) kunde det konstateras en klar skillnad mellan handblandning och laboratorieblandning vid emulsionstillsättningen. Handblandningen blev mycket trög och emulsionen blandade sig till största delen mot finmaterialet vilket gjorde att de stora stenarna blev otäckta och massan blev mer svårpackad. För samma massatyp fast med värme och mjukbitumen uppstod inte dessa problem.

För slitlagerbeläggningen (AB) upptäcktes inte heller några större skillnader utan hålrums halten låg kring 5-8 vol-%.

Massatyp	Handblandat	Laboratorieblandare
MJOG16/MB2000	13,1 vol-%	10,3 vol-%
MJOG16/MB5000	10,3 vol-%	8,6 vol-%
AEOG16/2000	11,3 vol-%	9,7 vol-%
AEOG16/5000	9,8 vol-%	10,7 vol-%
OG16/VO500	12,3 vol-%	11,3 vol-%
MJAG22/MB10000	9,1 vol-%	10,1 vol-%
MJAG22/MB20000	7,7 vol-%	9,6 vol-%
AEG22/10000	13,3 vol-%	7,4 vol-%
AEG22/20000	9,0 vol-%	6,6 vol-%
MJAB16/MB10000	5,5 vol-%	6,2 vol-%
MJAB16/MB20000	4,3 vol-%	7,9 vol-%
AEB16/MB10000	8,0 vol-%	7,9 vol-%

Tabell 2. Hålrumsdata för två olika blandningsförfaranden.

Enligt dessa undersökningar är det att föredra laboratorieblandning framför allt med tanke på att större provmängder kan framställas och att blandningarna upplevs homogenera. En större risk för separationer vid provkroppsfremställning finns dock jämfört med om man handblandar varje provkropp för sig.

3.5 Tillverkning av provkroppar

Eftersom de olika beläggningarnas funktionella egenskaper skulle jämföras utfördes ett likartat packningsarbete på alla provkroppar som tillverkades.

För detta ändamål användes en gyratorisk packningsutrustning, se bild 1. Den gyratoriska utrustningen hade följande inställningar under provtillverkningen:

Arbetsstryck:	600 kPa
Gyratorisk vinkel:	1°
Rotationshastighet:	30 varv/min
Packningsvarv:	200 varv

Detta förfarande är också i likhet med vad det norska Asfaltutvecklingsprojektet i Telemark använde sig av [1].



Bild 1. Gyratorisk packningsutrustning

3.6 Konditionering

I likhet med kall återvinning har provkropparna konditionerats i 7 dygn vid +40°C med ett stödnät runt mantelytan. Detta har även våra norska kollegor kommit fram till genom noggranna studier i det s.k. Asfaltutvecklingsprojektet i Telemark [1]. De kom också fram till att 8 st frys/tö cykler skulle ingå i konditioneringen. I detta projekt utfördes frys/tö-konditionering som en separat undersökning för ett antal av beläggningarna. Dessa resultat finns redovisade i resp. kapitel för varje beläggningstyp. Frågan kring frys/tö har aktualiserats i Sverige på senare år med mildare vintrar och då framför allt saltets inverkan på beläggningen vid frys/tö.

En kall asfaltbeläggning är till en början mycket föränderlig och hållfasthetstillväxten ökar i takt med att vattnet försvinner och en viss efterkomprimering fås. Den enkla konditioneringen i 7 dygn vid + 40°C kan beskrivas som den färdiga beläggningens andra liv, d.v.s. när den legat ute på vägen och ”mognat”. Men för att nå dit är det mycket viktigt att beläggningen är beständig den första tiden mot trafik, klimat m.m utan att skador inträffar (stensläpp, etc).

3.7 Proportionering

För att ta fram optimala egenskaper för de olika massatyperna har tre olika bindemedelshalter undersökts. Från vardera blandning har tre stycken provkroppar tillverkats i den gyratoriska packningsutrustningen. För att minska ned något på antalet blandningar utfördes detta på mjukbitumen-beläggningarna för att sedan anta den bindemedelshalt som var den bästa även för emulsionsbeläggningarna. Vid proportioneringsarbetet handblandades vardera provkropp för sig för att på så sätt minska inverkan av separationer. Efter konditioneringen har hållrumshalter, draghållfasthet vid + 10°C och styvhetsmodul vid +2°C bestämts och utvärderats. Samtliga proportioneringar från de olika massatyperna redovisas i bilaga 1.

Genom proportioneringsarbetet bestämdes den bindemedelshalt som ansågs vara den optimalaste för beläggningen. Dessa halter redovisas i tabell 3.

Massatyp	Bitumenmängd
OG 16 / VO500	3,5 vol-%
OG 16 / MB 2000	3,5 vol-%
OG 16 / BE60M/2000	3,8 vol-%
OG 16 / MB 5000	3,8 vol-%
OG 16 / BE60M/5000	3,8 vol-%
OG 16 / Nymix 630	4,5 vol-%
AG 22 / MB 10000	3,0 vol-%
AG 22 / BE60M/10000	3,0 vol-%
AG22 / MB 20000	4,0 vol-%
AG 22 / BE60M/20000	4,0 vol-%
AB16 / MB 10000	4,5 vol-%
AB16 / BE60M/10000	4,5 vol-%
AB16 / MB 20000	5,0 vol-%
AB16 / Nymix 630	5,5 vol-%
AB16ö / Nymix 630	5,5 vol-%

Tabell 3. Proportionerade bindemedelshalter

4. Funktionella mätmetoder

4.1 Wheel-track, deformationsmätningar

Wheel-track är en testmetod där massans funktionella egenskaper undersöks i förhållanden som så långt det är möjligt efterliknar de verkliga förutsättningar som råder på vägarna. Testerna utförs i en amerikansk utrustning APA (Asphalt Pavement Analyzer) som mäter spårdjup, se bild 2. Provkroppar som antingen är cirkulära eller rektangulära placeras i formar som läggs in i klimatkammaren. Därefter påförs gummislangar på asfaltytan som pumpas upp till önskat lufttryck. Kraften på provkroppen, som också kan varieras till önskad storlek, påförs sedan genom ett hjul som sänks ned på slangen. Kraften kan justeras till max 113 kg, vilket motsvarar ett maximalt kontaktryck på 1378 kPa. Temperaturen inne i APA kontrolleras via en microprocessor och kan ställas in på temperaturer mellan 5-60 °C.

Under testen rör sig tre parallella hjul fram och tillbaka över provkropparna och spårdjupen mäts med LVDT:s kontinuerligt i 4 respektive 5 mätpunkter beroende på om testen utförs på cirkulära eller rektangulära provkroppar. Insamlade spårdjupsdata sänds till en dator för bearbetning och en graf över deformationsförloppet ritas upp. Vid varje enskilt testtillfälle kan 3 balkar eller 6 cirkulära provkroppar testas.

Utrustningen ger en stor valfrihet att variera olika parametrar beroende på vilken massatyp eller för vilket ändamål provningen sker. Vid standardtesten för varma asfaltbeläggningar sätts slangtrycket till 700kPa, hjullasten till 45 kg, temperaturen till 50°C och antalet överfarter till 8000. Alla dessa parametrar kan dock ändras separat, oberoende av varandra.

I detta fall med kallteknik och mjukare bindemedel har temperaturen sänkts till +25°C och antalet överfarter har ansatts till 2500. Både 30 resp. 45 kg axellast har provats med ett slangtryck på 700 kPa.



Bild 2. Wheel-track utrustning, Asphalt Pavement Analyzer

4.2 Styvhetsmodul

Genom mätning av styvhetsmodul på en asfaltbeläggning erhålls ett mått på dess lastfördelande förmåga. En god lastfördelande förmåga innebär att de underliggande lagren utsätts för mindre påkänningar. Risken för materialomlagringar i de obunda lagren och de underliggande bundna lagren minskar och likaså risken för utmattningsprickor.

Styvhetsmodulen hos beläggningen är temperaturberoende. Vid höga temperaturer eftersträvas en så hög styvhetsmodul som möjligt men man måste då beakta egenskaperna hos samma beläggning vid låga temperaturer. En allt för hög styvhetsmodul kan på sikt medföra sprickbildning vid låga temperaturer.

För att mäta styvhetsmodulen utsätts ett cylinderformat prov för en vertikal, periodiskt återkommande given belastning på mantelytan. Den vid avlastningen horisontella, återgående deformationen mäts med hjälp av töjningsgivare. Styvhetsmodulen framräknas sedan enligt formeln från teorin för elastiska cylindrar, där tvärkontraktionstalet är känt (0.35). Styvhetsmodulen har i detta fall bestämts med hjälp av Nottingham Asfalt Tester, se bild 3, vid temperaturen $+2^{\circ}\text{C}$.

De provkroppar som testas kan antingen vara borrhärdar från färdig väg eller framställda i laboratorium. I detta fall har gyratoriskt tillverkade provkroppar undersökts.



Bild 3. Bestämning av styvhetsmodul

4.3 Marshallstabilitet.

Marshallstabilitet är en amerikansk metod som är framtagen för att undersöka stabiliteten/hållfastheten på provkroppar av asfaltbetong. Provkroppar med en diameter av 100 mm förkonditionerats i vattenbad (+25°C) i 30-40 minuter före testen. Provkroppen placeras sedan i utrustningen som kan liknas vid två halvcirkelformade testhuvuden som rör sig mot varandra under det att skjuvspänningar byggs upp i provkroppen. Provkroppens Marshallstabilitet är den maximala kraften som provkroppen kan ta upp innan skjuvspänningarna blir för stora och provet skjuvas av. Flytvärdet, som fås fram samtidigt, är ett mått på den totala rörelsen (skjuvningen) i provkroppen som uppstår från det att pålastningen börjar till brottlasten nås. Den beskriver massans seghet och uttrycks i millimeter.

4.4 Pressdraghållfasthet.

Vid pressdragprovning tempereras en cylindrisk provkropp till +10°C innan den utsätts för belastning på mantelytan med två diametralt motstående lastfördelningsbommar, se bild 4. Belastningshastigheten är 50 mm/min och pågår tills det att dragbrott uppkommer. Brottlasten mäts och används sedan för beräkning av draghållfastheten.

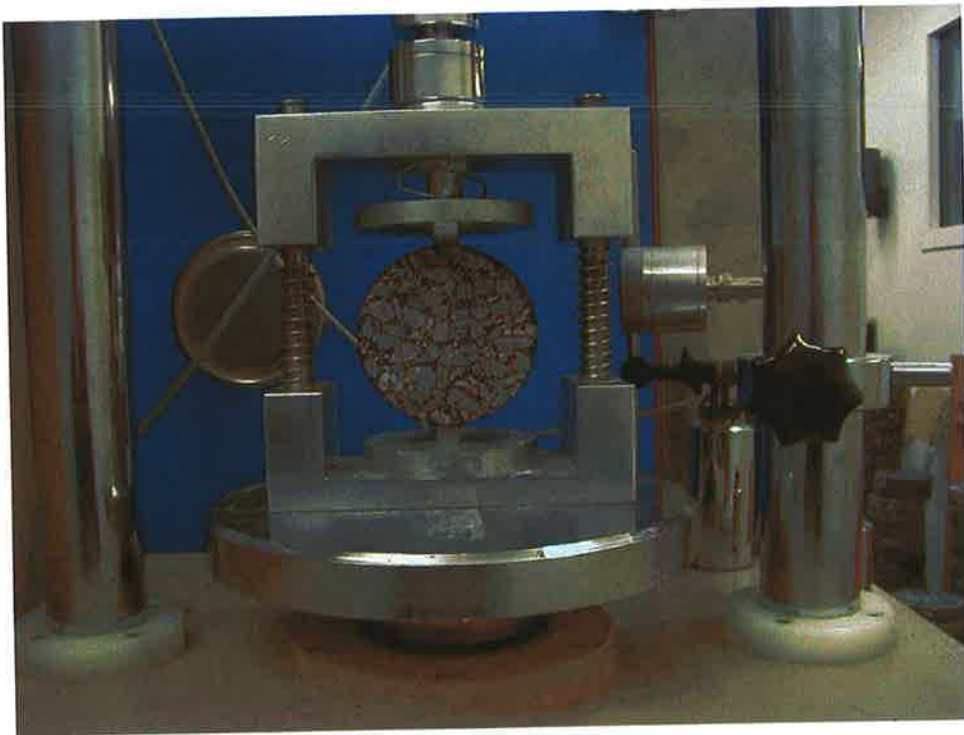


Bild 4. Bestämning av pressdraghållfasthet

5. OG16

Beskrivning Väg 94:

OG16 består av stenmaterial med en kontinuerlig gradering och låg fillerhalt, och har en låg halt av antingen vägolja, mjukbitumen eller emulgerad mjukbitumen. OG16 används som slitlager på lågtrafikerade vägar med stora krav på flexibilitet, t ex där rörelser i underlaget kan förväntas. OG16 används också med fördel på platser där det är stora avstånd till fasta anläggningar för tillverkning av asfaltmassa.

Några fördelar:

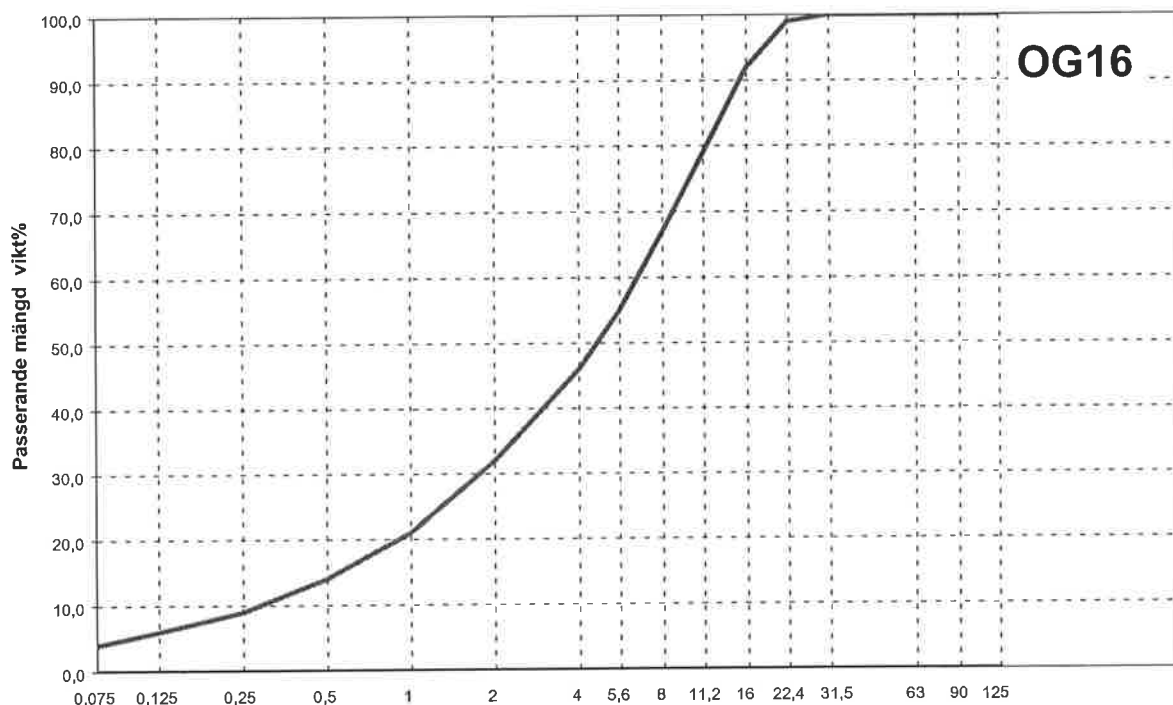
- Mycket god flexibilitet
- Mycket god återläkningsförmåga

Några nackdelar:

- Begränsade stabilitetsegenskaper
- Risk för spegling vid våt vägbana

Proportionering

Den sammansatta kurva som framställts på laboratoriet åskådliggörs i figur 1.



Figur 1. Kornstorleksfördelning för OG16

I tabell 4 framgår vilka bindemedelstyper och temperaturer som använts vid blandningarna. För de kalla beläggningarna har stenmaterialets temperatur varit ca: +20°C och bitumenets temperatur ca: +45°C. Oljegruset med VO 500 tillverkades vid +60°C för både sten och bitumen medans mjukbitumenet hade en temperatur på ca: 100°C.

Beroende på viskositet hos ingående mjukbitumen finns vissa riktlinjer för vad stenmaterialets temperatur (och därmed blandningens) skall vara. För MB 5000 var stenmaterialtemperaturen +70°C och för MB 2000 ca: +60°C.

I blandningen med VO500 och MB 2000 resp. MB 5000 tillsattes vidhäftningsmedel. Till blandningarna tillsattes också 2% vatten.

Samtliga beläggningar gick bra att blanda och att packa.

5.1 Hållrum, styvhetsmodul och draghållfasthet

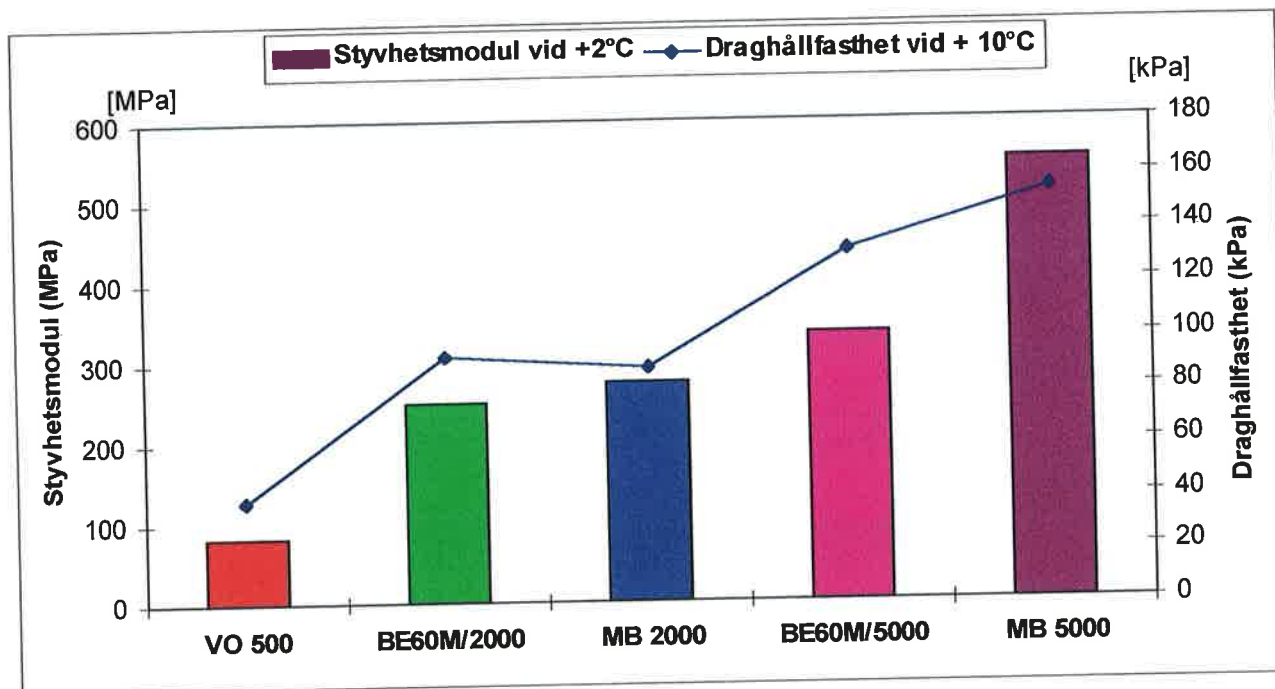
Resultaten på styvhet och draghållfasthet visar ett klart samband med bitumenets viskositet, se tabell 4 och figur 2. Oljegruset med VO500 är knappt mätbart vilket också var förväntat. I stort sett var det ingen skillnad i egenskaper mellan MB2000 och BE60M/2000. Däremot var det en viss skillnad mellan MB5000 och BE60M/5000 trots att bindemedelshalterna i stort sett var desamma. Samma proportionering gjordes dock om i kap. 5.4 Frys-Tö. Där visades det sig att emulsionsbeläggningarna gav något högre värden än mjukbitumen i form av draghållfasthet. Beläggningar med samma viskositet är alltså ganska likvärdiga oavsett om det är mjukbitumen eller emulsioner.

Som jämförelse utfördes även en blandning med Nymix630 på OG-kurvan. Både styvhetsmodulen och draghållfastheten blev mycket höga. Detta är dock en beläggning som erfarenhetsmässigt är mycket svår att få till ute i fält mycket beroende på en hög finandel och att beläggningen då blir för styv innan den har lagts ut.

Bindemedels- typ	Binde- halt	Temp. Sten	Temp. Bitumen	Hållrum	Styvhetsmodul vid +2 °C	Draghållfasthet vid + 10°C
VO 500	3,5%	60°C	60°C	11,6 vol-%	82 MPa	38 kPa
MB 2000	3,5%	60°C	100°C	13,1 vol-%	275 MPa	88 kPa
BE60M/2000	3,8%	20°C	45°C	11,3 vol-%	250 MPa	92 kPa
MB 5000	3,8%	70°C	100°C	10,5 vol-%	550 MPa	154 kPa
BE60M/5000	3,8%	20°C	45°C	9,8 vol-%	335 MPa	131 kPa
Nymix 630	4,5%	20°C	45°C	12,3 vol-%	4020 MPa	729 kPa

Tabell 4. Data över OG-beläggningar med skiftande viskositet hos bindemedlet.

Erfarenheter från fält med funktionella parametrar såsom styvhet och draghållfasthet är för dessa OG-beläggningar med mjuka bindemedel mycket begränsade. Det stora problemet är att massans låga hållfasthet inte medger uppborring av borrhärlor ur beläggningen utan att de faller sönder. För de mjukaste varianterna får man istället tillämpa att provkroppar tillverkas vid laboratoriet av beläggningssmassan.

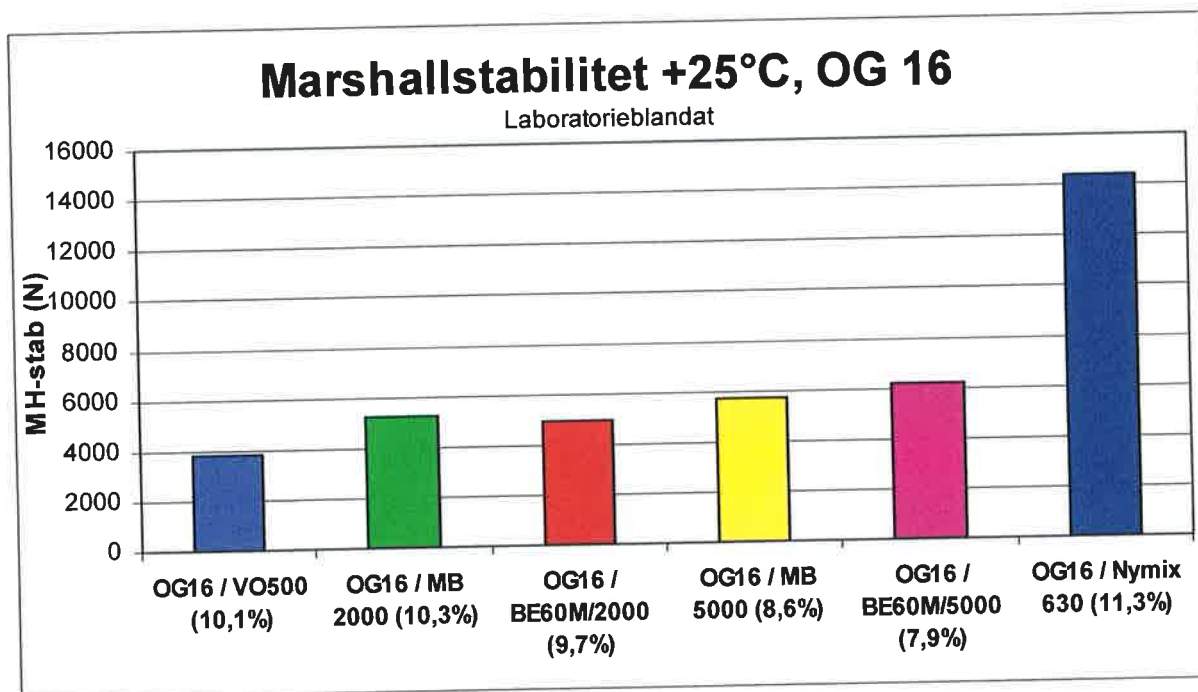


Figur 2. Data över OG-beläggningar med skiftande viskositet hos bindemedlet.

5.2 Marshallstabilitet

Resultaten på Marshallstabiliteten visar på mycket små skillnader i värden mellan emulsioner och mjukbitumen med samma viskositet, se figur 3. Mellan viskositet 500-5000 varierar värdena vid +25°C från ca: 4-6 kN. Här provades även Nymix 630 där resultatet var ca: 14 kN.

Tidigare undersökningar [2] har visat att liknande OG-gradering erhållit Marshallstabilitetsvärden med MB 2000 på ca: 5-6 kN och för MB 6000 ca: 6-8 kN. Detta stämmer också ganska väl med resultaten i denna undersökning.



Figur 3 Marshallstabilitet för OG-beläggningar

5.3 Wheel-Track

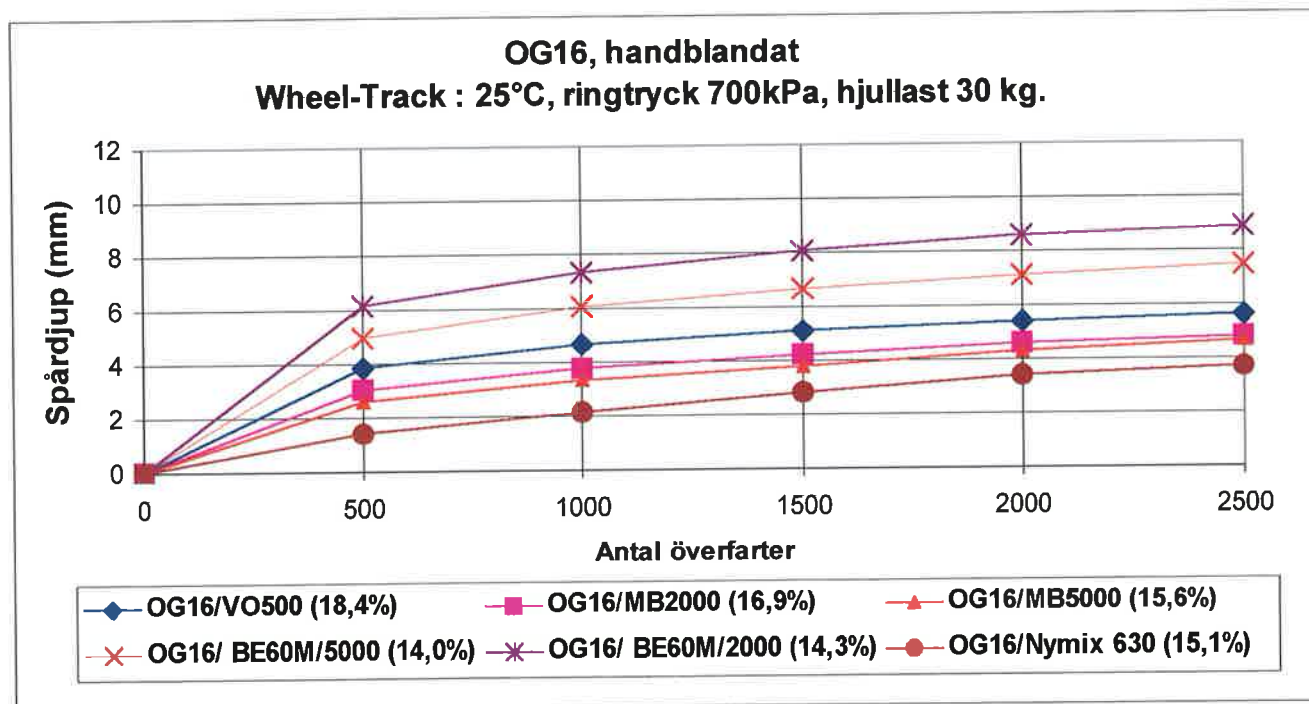
För att mäta de olika beläggningarnas deformationsegenskaper har wheel-track körts på gyrotillverkade provkroppar (Ø150 mm). Eftersom metodiken inte tidigare använts för kallteknik har olika lastförutsättningar jämförts (30 kg och 45 kg hjullast).

Hålrumsalterna har i de flesta fall legat i spannet 12-17 vol-%. Här kan dock konstateras att högre hålrumsalter erhålls vid samma packningsförfarande (tryck, vinkel, temp, varv) med Ø150 mm jämfört med Ø100 mm.

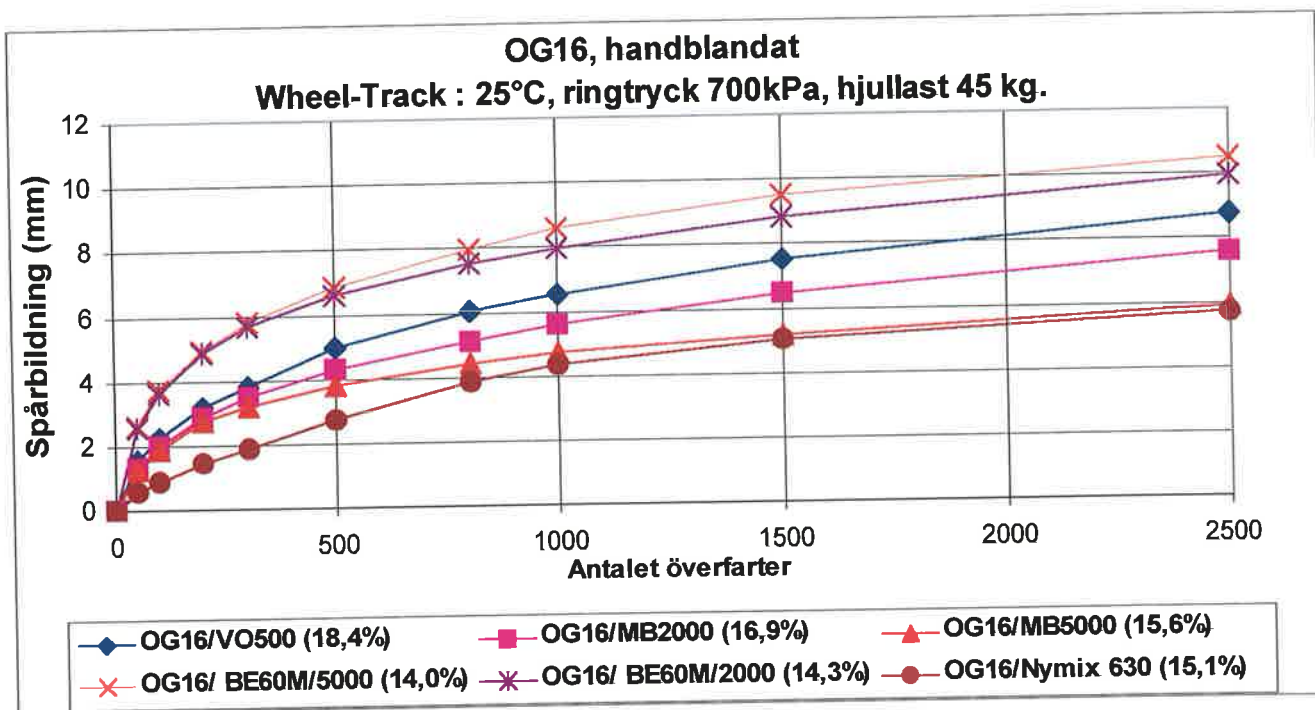
I samtliga fall visar emulsionsbeläggningarna något högre spårdjupstillväxt än motsvarande mjukbitumen, se figur 4 och figur 5. Även den mjukaste beläggningen med VO500 visar lägre spårtillväxt trots att hålrumsalterna var något högre än hos emulsionsbeläggningarna.

Blandningen med Nymix 630 visar enbart något bättre deformationsegenskaper vid försöken med hjullast 30 kg. Ökades hjullasten till 45 kg erhöll både Nymix 630 och MB 5000 samma spårdjupstillväxt, ca: 6 mm efter 2500 överfarter. Detta visar att själva OG-graderingen tar upp laster till en viss begränsning och att bitumenstyvhetsen inte spelar någon större roll åtminstone vid +25°C.

Överlag ökade dock deformationerna med ökade laster. Från en ökning av hjullast på 30 kg till 45 kg ökade spårdjupstillväxten med ca: 30-50 % för de provade beläggningarna.



Figur 4 Wheel-track på OG-beläggningar med 30 kg:s hjullast.



Figur 5 Wheel-track på OG-beläggningar med 45 kg:s hjullast

Erfarenhetsmässigt vet vi att dessa OG-beläggningar enbart tål en liten andel tung trafik. Vid varma sommardagar och tung trafik kan deformationerna växa dramatiskt (skapande av kanthäng). För att klara en större del tung trafik lämpar sig hellre en AB-beläggning där bindemedlet har en något högre viskositet.

5.4 Frys-tö beständighet

För att försöka återspegla vad som händer med asfaltbeläggningar vid frys-töskiftningar har detta försökts att simulera i laboratoriet.

Provkropparna (6st Ø100mm av vardera massatyp) tillverkades med gyratorisk packningsutrustning enligt tidigare förfarande. Därefter torrlagrades proverna i 7 dygn i torkskåp vid +40°C. Efter detta valdes tre provkroppar ut för mätning i vatten med 1% saltlösning i en timme under vakuum, 40 mbars undertryck. Därefter lagrades proverna i ytterligare 23 timmar under atmosfäriskt tryck vid rumstemperatur.

Provkropparna placerades sedan i en låda med våt sand (Ca: 20 vikt-% vattenkvot, Baskarpsand). Lådan placerades i sin tur i klimatskåpet som var inställt på 10 frys-töcykler. En cykel omfattar 12 tim vid +23°C och 12 tim vid -21°C. Efter avslutad frys-tövaxling vägdes provet och höjden mättes.

Därefter bestämdes pressdraghållfastheten dels för den torrlagrade serien och dels för den frys-töbehandlade serien som innan test låg i +10-gradigt vatten i ca: 4 timmar.

I detta försök har OG-beläggningar med MB5000, BE60M5000 och Nymix provats. Resultaten åskådliggörs i tabell 5 och visar att beläggningarna i stort sett inte blivit påverkade av den frys/tö behandling som utfördes. Nivån på draghållfasthetsvärdena är mycket lika de som uppmättes vid proportioneringsarbetet för samtliga beläggningstyper.

	Draghållfasthet före	Draghållfasthet efter	Hålrums halt
OG16 / MB 5000	142 kPa	158 kPa	11,2 vol-%
OG16 / BE60M5000	167 kPa	145 kPa	11,1 vol-%
OG16 / Nymix 630	738 kPa	730 kPa	11,6 vol-%

Tabell 5. Resultat av frys/tö försök

6. AG22

Beskrivning Väg 94:

AG22 består av stenmaterial med en kontinuerlig gradering och liten andel filler och har en låg halt av antingen mjukbitumen eller emulgerad mjukbitumen. AG22 används som bärlager på lågtrafikerade vägar med stora krav på flexibilitet, t ex där rörelser i underlaget kan förväntas. AG22 används också med fördel på platser där det är stora avstånd till fasta anläggningar för tillverkning av asfaltmassa.

Några fördelar:

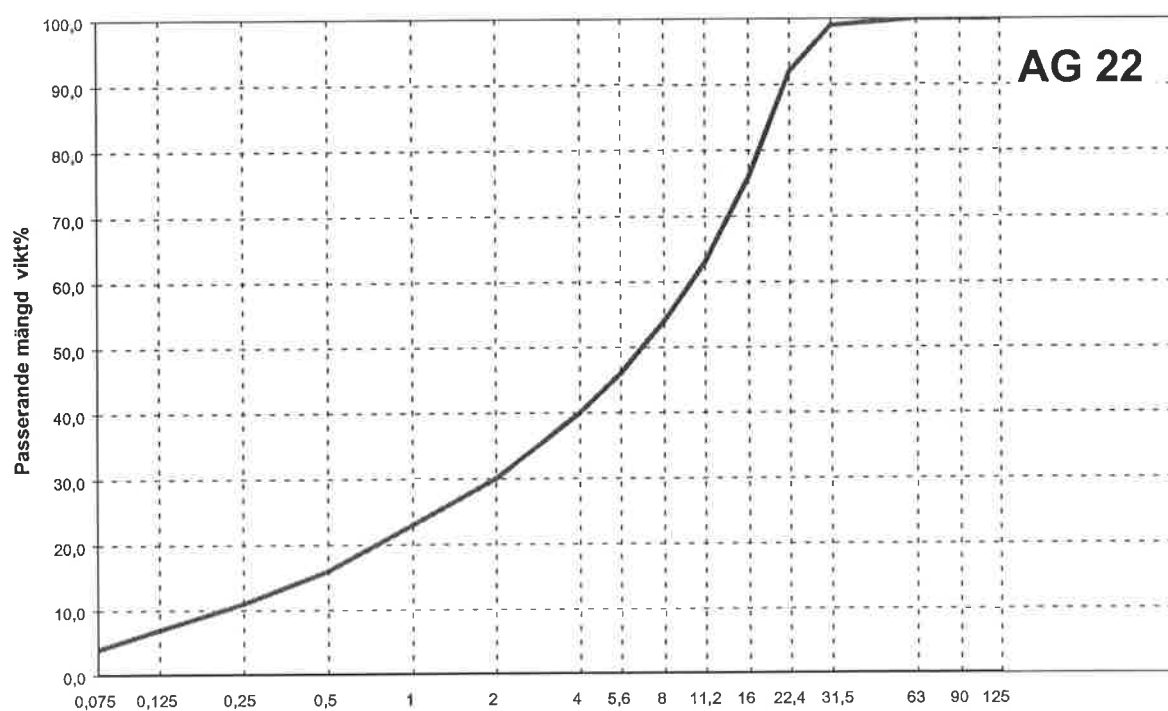
- Mycket god flexibilitet
- Bra vid låga temperaturer

Några nackdelar:

- Begränsade stabilitetsegenskaper
- Kan ha begränsad vattenresistens

Proportionering

Den sammansatta kurva som framställts på laboratoriet åskådliggörs i figur 6.



Figur 6 Kornstorleksfördelning för AG22

I tabell 6 framgår vilka bindemedelstyper och temperaturer som använts vid blandningarna. För de kalla beläggningarna har stenmaterialets temperatur varit ca: +20°C och bitumenets temperatur ca: +45°C. För MB 20000 uppvärmdes stenmaterialet till ca: +90°C medan bitumenet höll ca: +120°C. Även riktvärden för en varm AG22/B180 med hålrums halt ned mot ca: 5 vol-% anges i tabellen. Dessa styvhetsvärden är märkbart högre och steget i mellan gör att det inte idag går att jämföra kalla och halvvarma beläggningar med varma beläggningar.

I blandningen med MB 10000 och MB 20000 tillsattes vidhäftningsmedel. Till blandningarna tillsattes också 2% vatten.

Beläggningarna med viskositet 20000 var mycket tröga att handblanda.

Bindemedels- typ	Binde- halt	Temp. Sten	Temp. Bitumen	Hålrums halt	Styvhetsmodul vid +2 °C	Draghållfasthet vid +10 °C
MB 10000	3,0%	80°C	110°C	10,6 vol-%	1290 MPa	340 kPa
BE60M/10000	3,0%	20°C	45°C	13,3 vol-%	940 MPa	250 kPa
MB 20000	4,0%	90°C	120°C	7,7 vol-%	3200 MPa	610 kPa
BE60M/20000	4,0%	20°C	45°C	9,0 vol-%	1530 MPa	404 kPa
B180	4,2%	180°C	150°C	4,6 vol-%	11200 MPa	1570 kPa

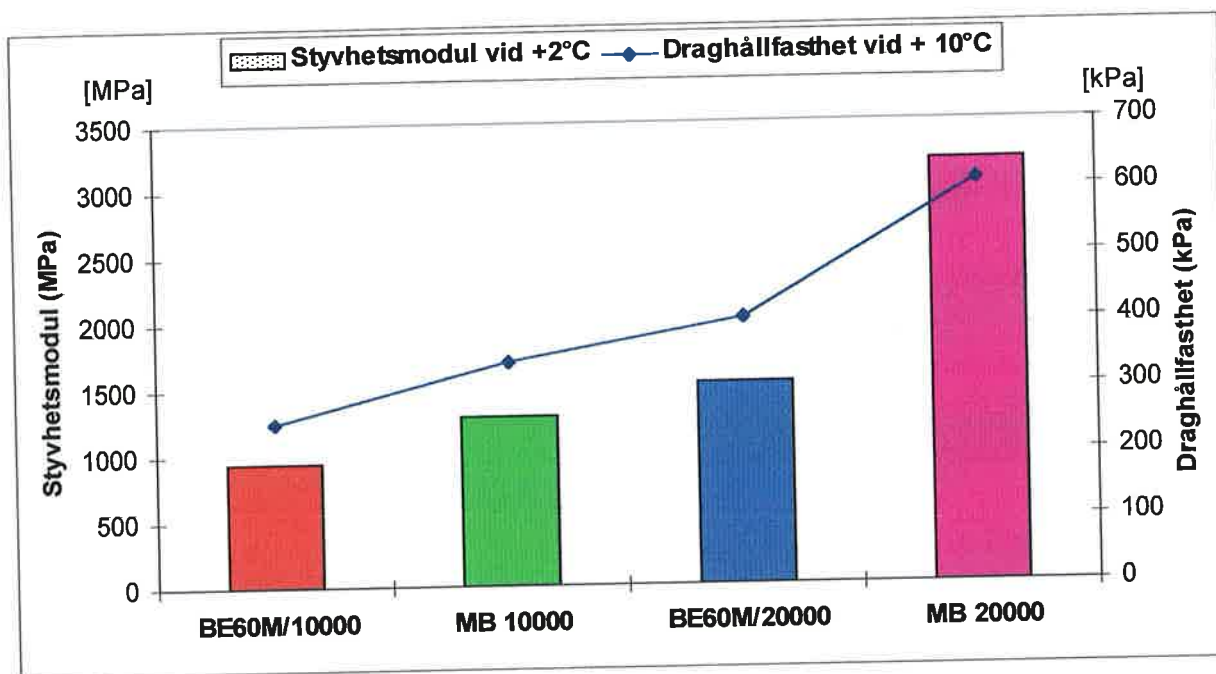
Tabell 6. Data över AG-beläggningar med skiftande viskositet.

6.1 Hålrums, styvhetsmodul och draghållfasthet

Vid betraktelse av styvhets- och draghållfasthetsresultaten jämförelsevis mellan mjukbitumen och emulsioner vid samma viskositet så erhålls klart bättre egenskaper för mjukbitumen-beläggningarna, se figur 7. För viskositet 10.000 ca: 30% högre värden och för viskositet 20000 är styvheten dubbelt så hög. Detta kan vara en effekt av att hålrums halten också är högre i emulsionsbeläggningen. I kap. 6.4 Frys-Tö utfördes ytterligare några jämförande tester för viskositet 20000 mm²/s där hålrums halten var mycket lika och där draghållfastheterna också blev mycket likvärdiga.

Det bör påpekas att mjukbitumen och viskositeter >10 000 mm²/s kan vara svåra att utföra vid mobila halvvarma asfaltverk eftersom stenmaterialet oftast inte kommer upp i de erforderliga temperaturerna. Däremot har det visat sig fungera bra att tillverka fullgoda beläggningar med viskositet >10000 i varma stationära asfaltverk.

Tidigare erfarenheter av pressdraghållfasthet ute i fält på AG22 med emulsion finns vid objektet Väg 718, Härnösand-Viksjo. Detta är ett projekt som VTI följt upp under åren och i rapporten[3] redovisas att draghållfastheten för borrhärdor låg mellan 180-250kPa. Viskositeten på den tillsatta emulsionen låg något under 10 000 mm²/s. Detta stämmer mycket väl med erfarenheterna från proportioneringsarbetet i detta projekt där draghållfastheten för AG22 med BE60M/10000 låg kring 250 kPa.



Figur 7. Data över AG-beläggningar med skiftande viskositet.

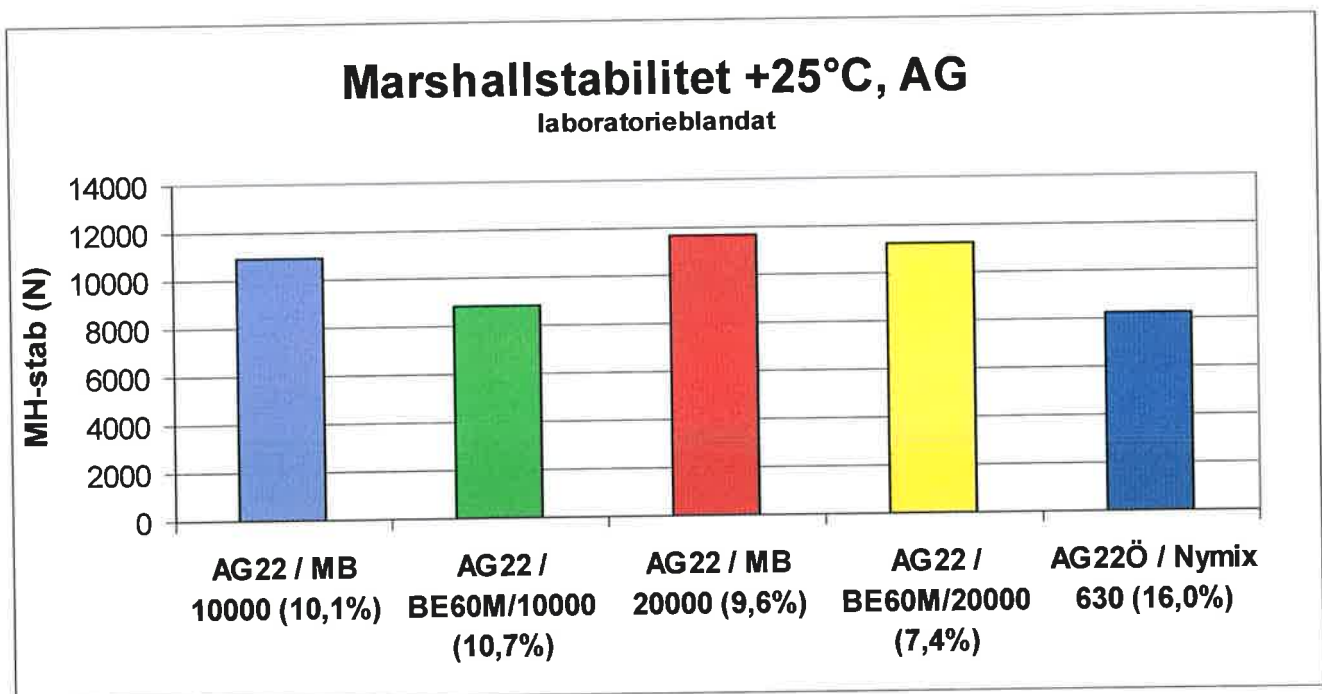
6.2 Marshallstabilitet

Även Marshallstabiliteten visade övervägande högre resultat för beläggningar med mjukbitumen än motsvarande emulsionsbeläggning, dock inte i samma utsträckning som för styvhet och pressdraghållfasthet.

Här provades också en öppnare AG-kurva med mindre andel finmaterial och med Nymix 630. Marshallstabiliteten blev lägre än de övriga beläggningarna trots ett styvare bindemedel.

För viskositet 10 000 mm²/s varierar värdena vid +25°C från ca: 9-11 kN och för viskositet 20 000 mm²/s mellan 11-12 kN. Här provades även Nymix 630 där resultatet var ca: 8 kN med en öppnare kurva.

Värdena åskådliggörs i figur 8.



Figur 8. Marshallstabilitet för AG-beläggningar

6.3 Wheel-Track

För att mäta de olika beläggningarnas deformationsegenskaper har wheel-track körts på gyrotillverkade provkroppar (Ø150 mm). Eftersom metodiken inte tidigare använts för kallteknik har olika lastförutsättningar jämförts (30 resp. 45 kg hjullast). Även laboratorieblandning jämfört med handblandning har utförts.

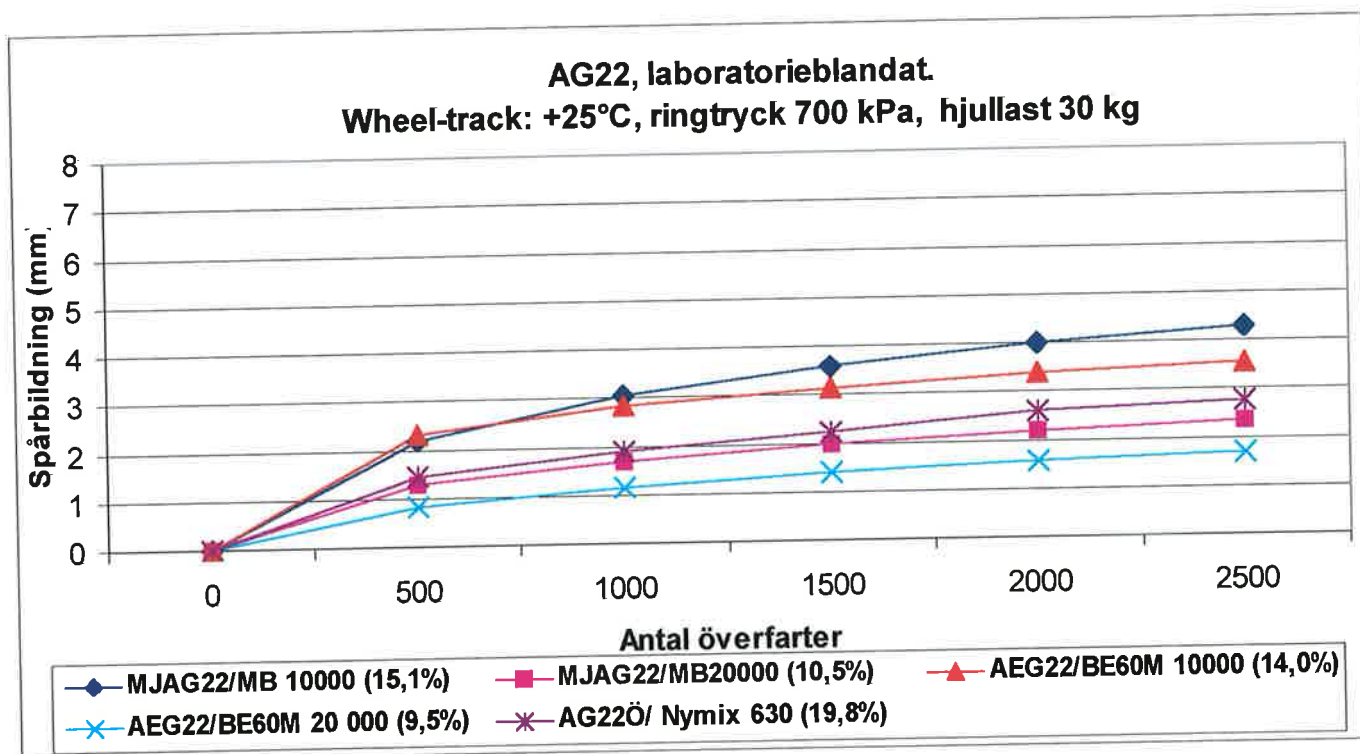
Hålrumsalterna har i de flesta fall legat i spannet 7-12 vol-%. Även här kan det konstateras att högre hålrumsalter erhålls vid samma packningsförfarande (tryck, vinkel, temp, varv) med Ø150 mm jämfört med Ø100 mm.

Vid blandning av denna grova massa konstaterades det att laboratorieblandning var att föredra framför handblandning på grund av separationer och dålig täckning på det grova materialet, se figur 9. I figur 10 som visar motsvarande handblandade beläggningar kunde det konstateras en klart högre spårdjupstillväxt med viskositet 20 000 vilket troligtvis beror av dålig täckning på storsten och findelsansamlingar i provkroppen. Detta var dock inte lika tydligt för viskositet 10 000.

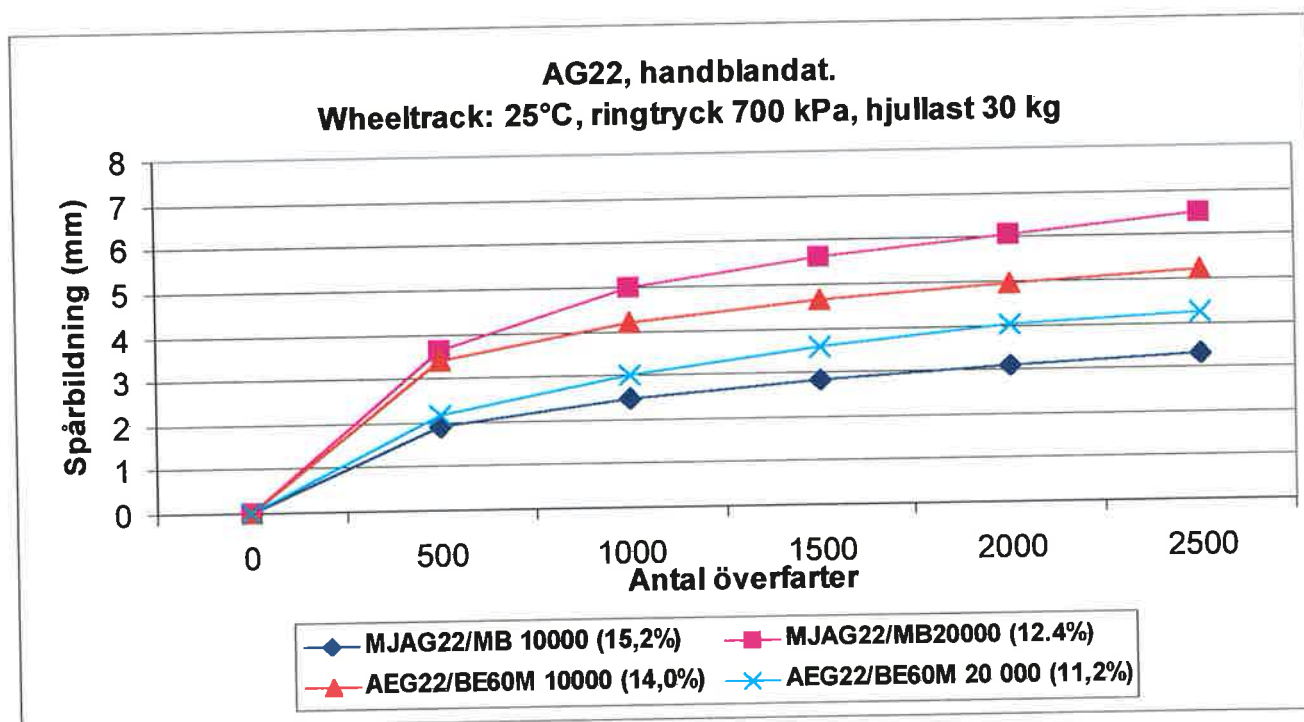
En ökning av lasterna för de handblandade provkropparna gav ingen signifikant skillnad till en ökning av deformationsnivån. För MJAG22/10000 ökade visserligen deformationerna medans de övriga i stort sett låg kvar på samma nivå.

De laboratorieblandade provkropparna rangordnade sig i deformationsegenskaper beroende på viskositet. För viskositet 10 000 låg deformationerna kring 3.5 – 4.5 mm och för viskositet 20000 på ca: 1.5 – 2.5 mm.

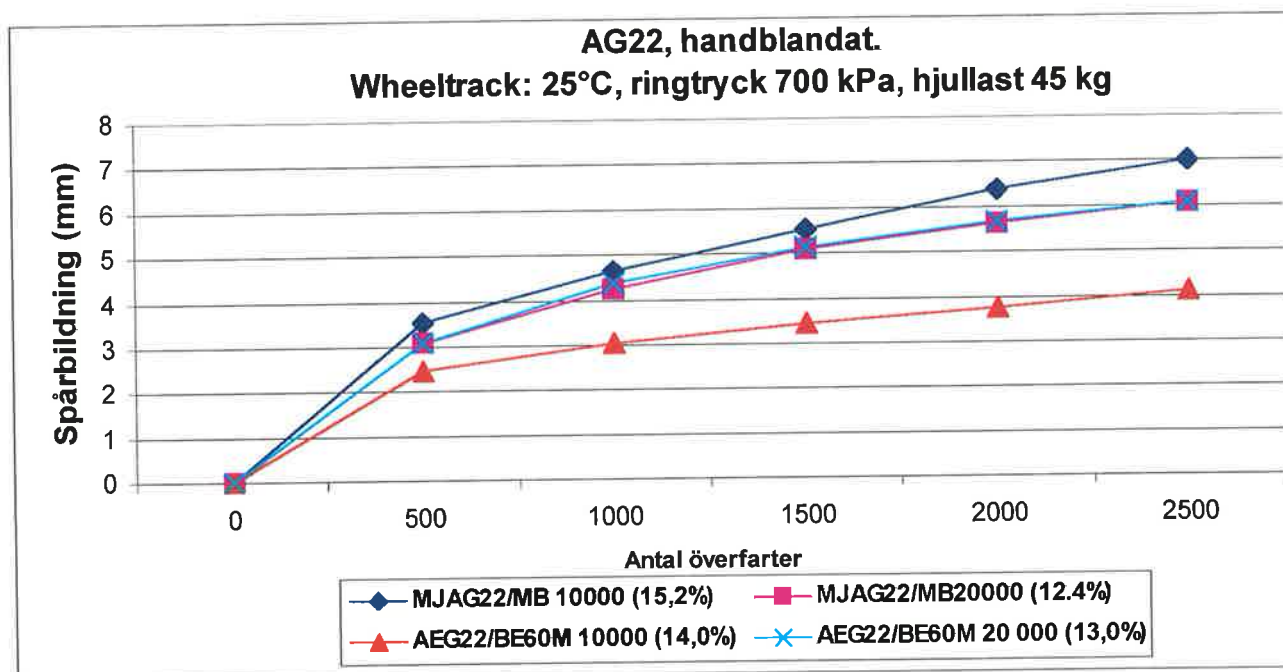
Här provades också en öppen variant med Nymix 630, där hålrumsalten låg kring 20 vol-%. Deformationen blev ca: 3 mm vid denna temperatur.



Figur 9. Wheel-track på AG-beläggningar med 30 kg:s hjullast



Figur 10. Wheel-track på AG-beläggningar med 30 kg:s hjullast



Figur 11. Wheel-track på AG-beläggningar med 45 kg:s hjullast

6.4 Frys-tö beständighet

För att försöka återspegla vad som händer med asfaltbeläggningar vid frys-töskiftningar finns det ett laboratorieförfarande framtaget. Förfarandet i detta fall var det samma som beskrivits för OG-beläggningarna.

I detta försök har AG-beläggningar med MB20000 och BE60M20000 provats. Resultaten åskådliggörs i tabell 7 och visar att beläggningarna i stort sett inte blivit påverkade av den frys-tö behandling som utfördes. Nivån på draghållfasthetsvärdena är i detta fall något högre för beläggningen med emulsion. Vid proportioneringsarbetet var resultaten omvända.

	Draghållfasthet före	Draghållfasthet efter	Hålrums halt
AG22 / MB 20000	432 kPa	450 kPa	8,2 vol-%
AG22 / BE60M20000	480 kPa	531 kPa	8,0 vol-%

Tabell 7 Resultat av frys/tö försök

7. AB16

Beskrivning Väg 94:

AB16 består av stenmaterial med en kontinuerlig gradering och låg fillerhalt, och har tämligen låg halt av mjukbitumen eller emulgerad mjukbitumen. AB16 används som slitlager på lågtrafikerade vägar med stora krav på flexibilitet, t ex där rörelser i underlaget kan förväntas. AB16 används också med fördel på platser där det är stora avstånd till fasta anläggningar för tillverkning av asfaltmassa.

Några fördelar:

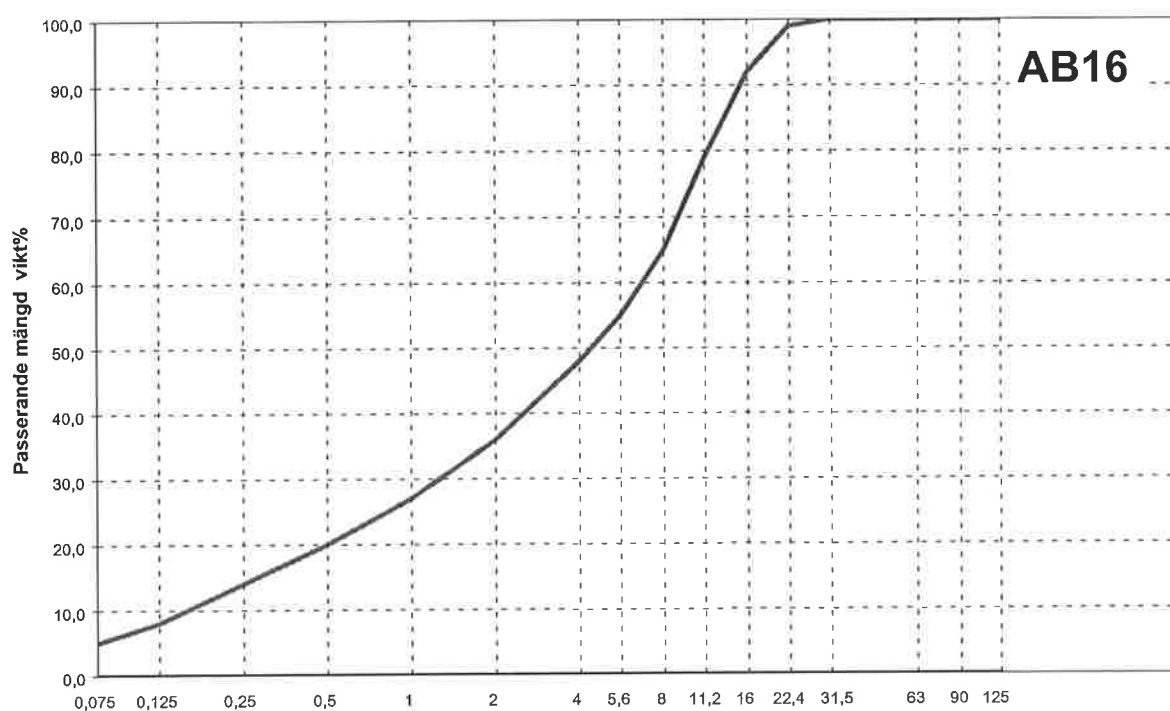
- God flexibilitet
- God återläkningsförmåga

Några nackdelar:

- Begränsade stabilitetsegenskaper
- Risk för spegling vid våt vägbana

Proportionering

Den sammansatta kurva som framställts på laboratoriet åskådliggörs i figur 12.



Figur 12. Kornstorleksfördelning för AB16

I tabell 8 framgår vilka bindemedelstyper och temperaturer som använts vid blandningarna. För de kalla beläggningarna har stenmaterialets temperatur varit ca: +20°C och bitumenets temperatur ca: +45°C. Temperaturen vid tillverkning med MB 10000 var för stenmaterialet ca: 80°C och för bitumenet ca: 110°C. Motsvarande temperaturer var för MB 20000 90°C resp. 120°C.

Samtliga beläggningar gick bra att blanda och packa.

7.1 Hålrums, styvhetsmodul och draghållfasthet

Hålrumsalternativen för MB 10000 och MB 20000 är nere i 4-6 vol-% med samma packningsarbete som beskrivits tidigare. För BE60M/10000 blev hålrumsalternativen ca: 8,0 vol-%. Detta visar att värmen har en viss effekt för att få ihop denna korngradering. I denna undersökning provades inte AEB16/20000 beroende på att den praktiskt taget är omöjlig att åstadkomma i de mobila verken och dagens kunskaper.

Resultaten på styvhet och draghållfasthet visar ett klart samband med bitumenets viskositet, se tabell 8 och figur 13. Mjukbitumenmassan med viskositet 10000 visar ca: 40-50% högre styvhets- och draghållfasthetsvärden än motsvarande emulsionsmassa. Detta kan vara en effekt av att hålrumsalternativen också är högre i emulsionsbeläggningen. I kap 7.4 Frys-Tö utfördes ytterligare en blandning där hålrumsalternativen blev mycket lika för både emulsion och mjukbitumen. I detta fall blev draghållfastheterna mycket lika.

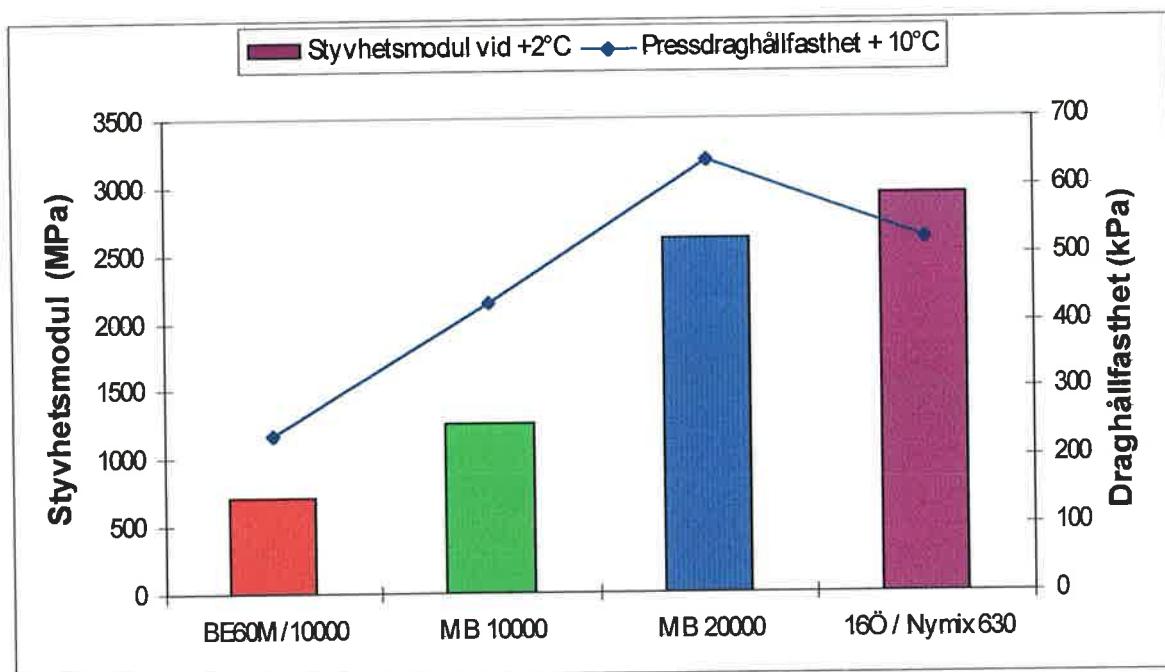
I denna jämförelse provades även en beläggningstyp benämnd AB16Ö med Nymix 630. Denna massatyp liknar den tidigare AEBÖ-beläggningen som kom fram på 80-talet. Trots den höga hålrumsalternativen var styvhetsmodulen högre än för MB 20000. Däremot visar draghållfasthetsvärdena något lägre värden. Detta visar att nivån på styvhetsmodul förmodligen är mer beroende av bindemedlets hårdhet medan pressdragprovning mäter den sammansatta beläggningens hållfasthet.

Bindemedels- typ	Binde- halt	Temp. Sten	Temp. Bitumen	Hålrums	Styvhetsmodul vid +2 °C	Draghållfasthet vid + 10°C
MB 10000	4,5%	80°C	110°C	5,5 vol-%	1260 MPa	428 kPa
BE60M/10000	4,5%	20°C	45°C	8,0 vol-%	710 MPa	232 kPa
MB 20000	5,0%	90°C	120°C	4,3 vol-%	2610 MPa	639 kPa
16Ö/Nymix 630	5,5%	20°C	45°C	17,3 vol-%	2940 MPa	522 kPa

Tabell 8. Data över AB-beläggningar med skiftande viskositet.

Tidigare laboratorieundersökningar [2] har visat att liknande AB-gradering erhållit draghållfasthetsvärden med MB 6 000 på ca: 250-350 kPa och för MB 10000 ca. 400-500 kPa. Detta stämmer ganska väl med resultaten i denna undersökning.

VTI har tillsammans med Vägverket följt upp AB-beläggningar ute i fält under ett antal år [3]. Erfarenheterna tyder på att draghållfastheterna efter några års trafik ligger mellan 300-400 kPa för MB 5000 och mellan 500-550 kPa för MB 9000.



Figur 13. Data över AB-beläggningar med skiftande viskositet.

Skanska har tillsammans med Nynäs utfört ett antal provsträckor med AB16Ö/Nymix 630. Dessa har följts upp med laboratorieundersökningar såsom draghållfastheter och styvhetsmoduler. Som exempel kan nämnas några resultat från två sträckor kring Umeå-trakten.

Vid objekt Trinnan har draghållfasthetsvärdet på borrhärdor dubblerats efter två år och värdena är jämförbara med de resultat som erhöles på laboratoriet vid proportioneringsarbetet, se tabell 9. Vid objekt Sörmjölet ligger motsvarande draghållfasthetsvärden efter två år på ca. 650 kPa och styvhetsvärdena på ca. 3 500 MPa. Detta är något högre värden än vad som uppmättes vid proportioneringsarbetet.

AB16Ö/Nymix 630	Proportionering		Resultat år 1		Resultat år 2	
	Draghållf. + 10°C	Styvhet + 2°C	Draghållf. + 10°C	Styvhet + 2°C	Draghållf. + 10°C	Styvhet + 2°C
Trinnan	520 kPa	2900 MPa	290 kPa	-	540 kPa	3200MPa
Sörmjölet	510 kPa	2900 MPa	-	-	650 kPa	3500 MPa

Tabell 9. Erfarenheter med Nymix 630.

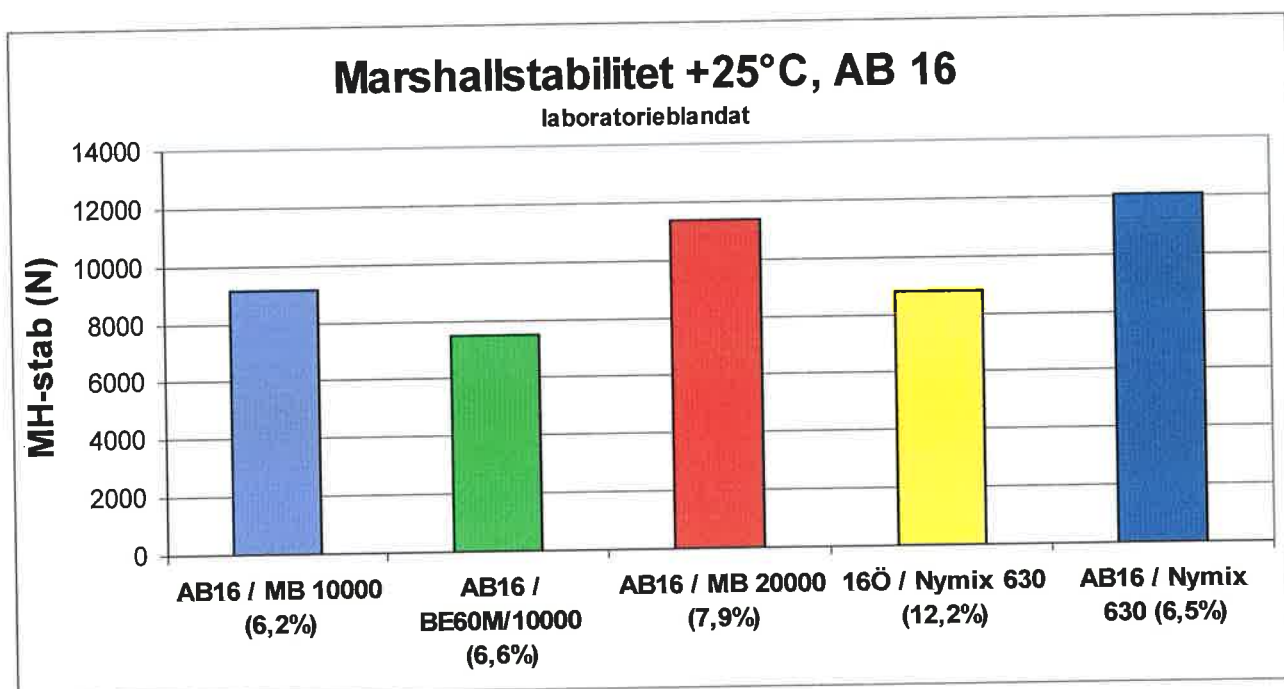
I Frankrike arbetar man med ett kallteknik-koncept som kallas Grave-emulsion (GE). Denna beläggningstyp liknar väldigt mycket vårt AB-koncept ifråga om korngredning och bindemedelshalter. Med tanke på klimatförutsättningarna i Frankrike arbetar de med hårdare bitumenemulsioner (ex. B200, jämförbar med Nymix 630). Eftersom även fransmännen arbetar med brutna emulsionssystem tillsätts en viss andel tjära eller lösningsmedel för att produkten skall kunna läggas ut utan problem. Genom detta tål beläggningen också ett intensivt packningsarbete utan att ytan spricker sönder. Denna hantering skulle kunna

innebära framsteg i Sverige, men här har man ur miljöhänseende valt att frågå denna metodik. Istället finns förhoppningar om att använda sig av obrutna emulsionssystem (typ Nymix).

7.2 Marshallstabilitet

Resultaten på Marshallstabiliteten visar högre värden med ökande viskositet, se figur 14. Trots i stort sett samma hållrumshalt visar AB16/BE60M10000 ca: 1.5 kN lägre stabilitet. Den öppnare korngaderingen (AB16Ö) med Nymix gav jämförbara värden med AB16/MB 10000. Användes istället Nymix 630 (viskositet ca: 63000) i AB-kurvan så blev stabiliteten ca: 1 kN högre än när MB 20000 tillsattes.

Här kan man alltså se att effekten av att tillsätta hårdare bitumen, typ B180, i en AB-gradering precis som fransmännen gör. I Sverige kvarstår dock problematiken att vi inte tillåter tjär-tillsatser eller lösningsmedel varför det rent produktionsmässigt inte går att tillverka dessa produkter i Sverige. Att arbeta med obrutna emulsionssystem (typ Nymix) kan dock vara ett steg på vägen.



Figur 14. Marshallstabilitet för AB-beläggningar

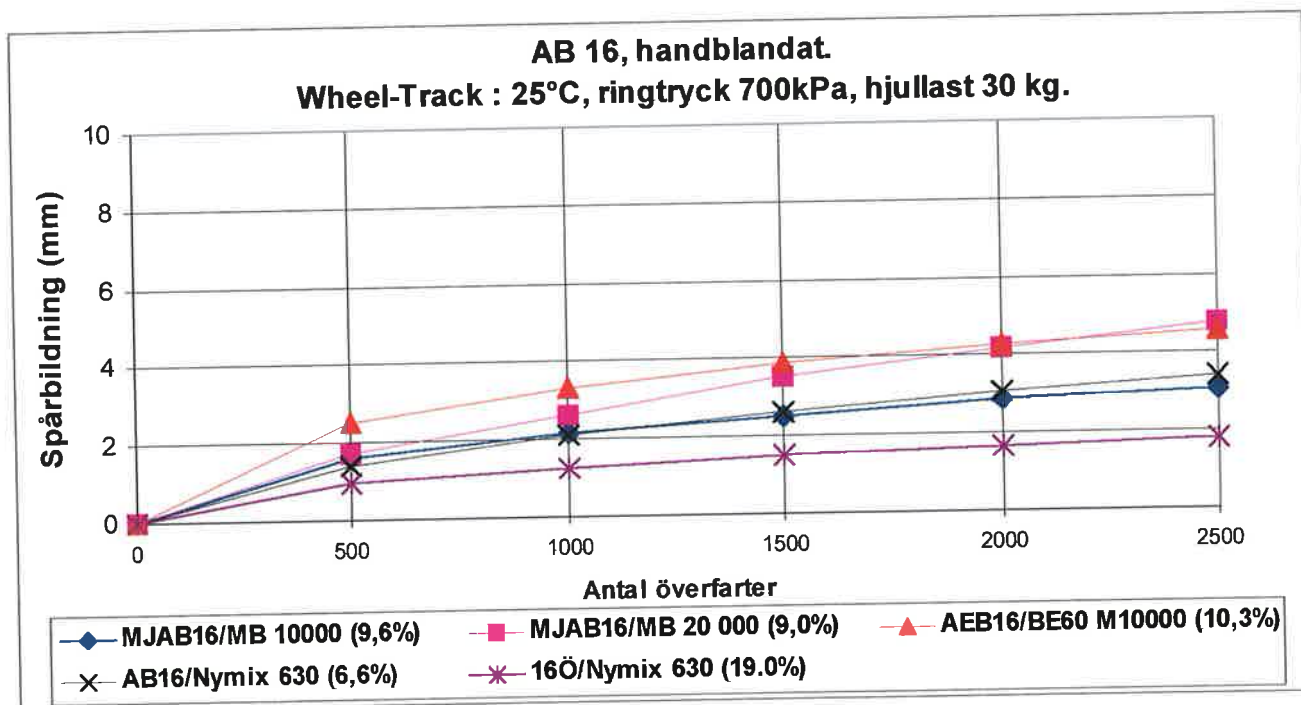
7.3 Wheel-Track

För att mäta de olika beläggningarnas deformationsegenskaper har wheel-track körts på gyrotillverkade provkroppar (Ø150 mm). Även här har olika lastförutsättningar jämförts (30 resp. 45 kg hjullast).

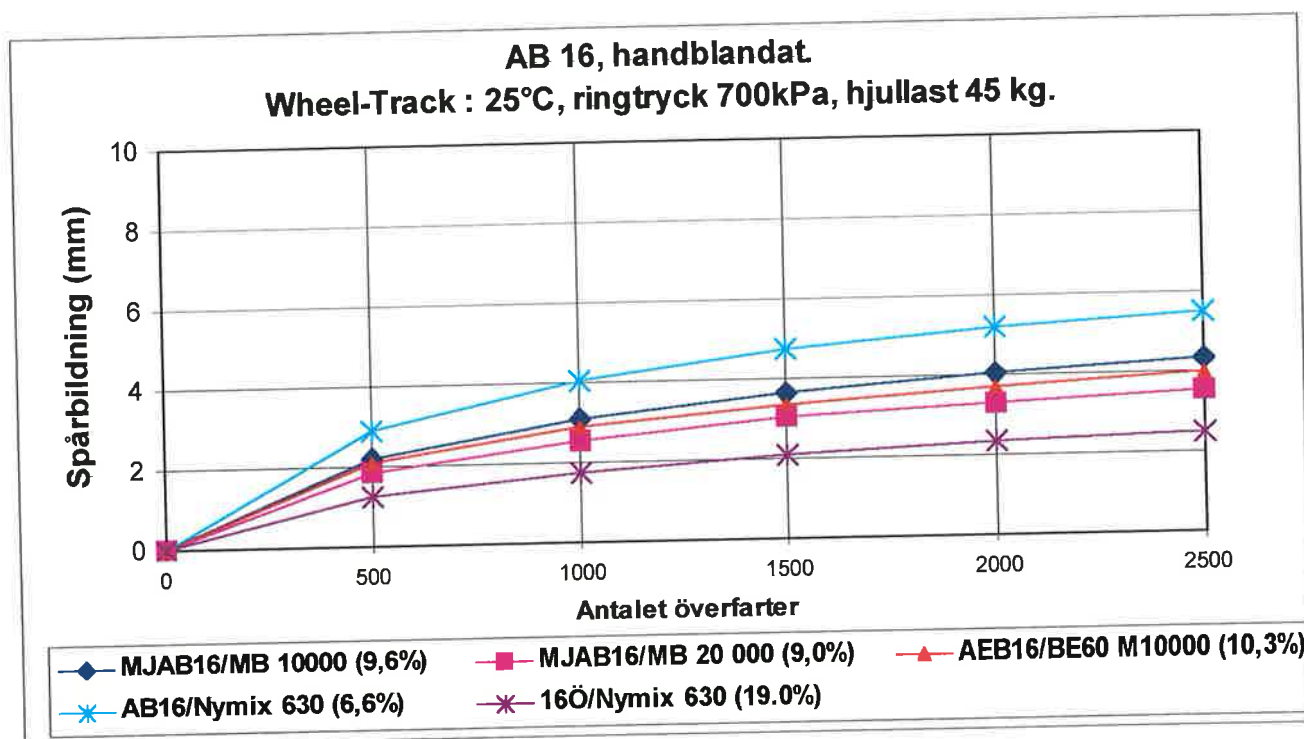
Hålrumsalterna har i de flesta fall legat i spannet 7-12 vol-%. Även här kan det konstateras att högre hålrumsalter erhålls vid samma packningsförfarande (tryck, vinkel, temp, varv) med Ø150 mm jämfört med Ø100 mm.

Vid blandning av denna täta massa konstaterades det att spårdjupen låg kring 3-5 mm efter 2500 överfarter, se figur 15 och figur 16. Varken MJAB 10000/20000 eller AEB/BE60M10000 påverkades i någon större omfattning av en högre last vid denna temperatur.

Däremot ökade spårdjupen för AB16 Nymix 630 med ökade laster från 3,5 – 5,5 mm. Som jämförelse provades också AB16Ö med Nymix 630 och resultaten visade på mycket små deformationer, ca: 2 mm:s spårdjup efter 2500 överfarter.



Figur 15 Wheel-track på AB-beläggningar med 30 kg:s hjullast



Figur 16 Wheel-track på AB-beläggningar med 45 kg:s hjullast

7.4 Frys-tö beständighet

För att försöka återspegla vad som händer med asfaltbeläggningar vid frys-tö skiftningar finns det ett laboratorieförfarande framtaget. Förfarandet i detta fall var det samma som beskrivits för OG-beläggningar.

I detta försök har AB-beläggningar med MB5000, BE60M5000 och Nymix 630 provats. Resultaten åskådliggörs i tabell 10 och visar att beläggningarna i stort sett inte blivit påverkade av den frys-tö behandling som utfördes. Nivån på draghållfasthetsvärdena ligger högre för emulsion och lägre för mjukbitumen jämfört mot de som uppmättes vid proportioneringsarbetet för samtliga beläggningstyper. Förklaringen kan ligga i att hålrumsalterna också är lägre resp. högre än vid proportioneringsarbetet.

	Draghållfasthet före	Draghållfasthet efter	Hålrums halt
AB16 / MB 10000	281 kPa	255 kPa	7,3 vol-%
AB16 / BE60M10000	318 kPa	318 kPa	7,2 vol-%
AB16 / Nymix 630	485 kPa	427 kPa	14,4 vol-%

Tabell 10. Resultat av frys-tö försök

8. SAMMANFATTANDE KOMMENTARER

I denna undersökning har funktionella mätmetoder som idag används till varma asfaltbeläggningar anpassats för att erhålla en rangordning av kalla och halvvarma asfaltbeläggningar. Detta har kunnat genomföras genom att temperaturerna i testmetoderna sänkts till en nivå där mätbara resultat även erhålls för de allra mjukaste produkterna. Undersökningarna har alltså i första hand varit inriktat på relativa jämförande provningar mellan olika produktslag.

- Mätresultat såsom styvhetmodul och draghållfasthet har visat sig vara i stigande skala vid ökad viskositet hos bitumenet. För viskositeter upp till 5000 mm²/s (OG-beläggningar) ligger resultaten på en sådan låg nivå att det inte bedöms relevant att prova dessa egenskaper vid t.ex produktionskontroll eller kvalitetskontroll.
- Vid beläggningar med viskositet på 10 000 mm²/s och större blir hållfastheten mer mätbar och det är också på dessa beläggningstyper som vi önskar oss tillgodosäkra en viss stabilitet eftersom de oftast läggs på något mer trafikerade vägar. Det vi har sett i denna undersökning för AB16 och AG22 med viskositet på 10 000 mm²/s och 20 000 mm²/s är att det inte är några större skillnader i egenskaper mellan produkter med samma viskositet om de proportioneras och packas rätt, dvs. när AB16 har en hålrumshalt kring 4-7 vol-% och när AG22 ligger på ca: 8-12 vol-%.
- Resultaten som erhållits i denna undersökning för AB16 och AG22 kan sammanfattas enligt nedan:

AB16 (visk 10 000-20 000):	Styvhetsmodul vid +2°C: 700-3000 MPa
AG22 (visk 10 000-20 000):	Styvhetsmodul vid +2°C: 900-3200 MPa
AB16 (visk 10 000-20 000):	Draghållfasthet vid +10°C: 250-650 MPa
AG22 (visk 10 000-20 000):	Draghållfasthet vid +10°C: 250-650 MPa
AB16 (visk 10 000-20 000):	Marshallstabilitet vid +25°C: 7-12 kN
AG22 (visk 10 000-20 000):	Marshallstabilitet vid +25°C: 9-12 kN
AB16 (visk 10 000-20 000):	Wheel-Track vid +25°C: 3-5 mm
AG22 (visk 10 000-20 000):	Wheel-Track vid +25°C: 1-7 mm

- Nivån på dessa funktionella mätresultat som tagits fram är mycket beroende av hur blandningen/packningen lyckats vid proportioneringen. En lägre hålrumshalt leder till högre värden när det gäller styvhet, Marshallstabilitet och draghållfasthet.
- I undersökningen har också ett antal produkter genomgått frys-tö-cykler med vakuum-mätning i saltlösning. Samtliga resultat (jämförelse av draghållfastheter) har visat att det inte skett någon större påverkan på provkropparna efter frys-tö konditioneringen.

- Som en jämförelse mellan emulsioner och mjukbitumen med samma ursprungsviskositet och samma hålrums halt så är egenskaperna i stort sett desamma. Man kan dock påpeka att det är betydligt lättare att erhålla lägre hålrums halter med mjukbitumen-produkter när tillräcklig värme tillförs stenmaterialet. Misslyckas man med att tillföra den erforderliga värmen finns dock en stor risk att beläggningarna blir svårutlagda och svårpackade vilket i sin tur resulterar i en sämre slutprodukt i jämförelse om produkten blandats med emulsion.
- De framtagna resultaten för dessa kalla och halvvarma asfaltbeläggningarna är en bit ifrån de egenskaper man erhåller med varmblandade beläggningar. Detta visar att de kalla och halvvarma asfaltbeläggningarna också fortsättningsvis skall relateras till varandra och inte med varma beläggningar.
- Av de provningsmetoder som använts i detta projekt är det mest relevant att, som vid kallåtervinning, undersöka pressdraghållfasthet och då för beläggningar med viskositet på 10000 och högre. De andra metoderna, framför allt wheel-track, blir för kostsamma och dessutom finns en osäkerhet i hur provkropparna skall tillverkas på lab för att få jämförbara hålrums halt som ute i fält.

9. REFERENSER

1. **Statens vegvesen;** Asfaltutviklingsprosjektet i Telemark
Mixdesign, rapport nr. 87.
2. **Isacsson Ulf;** Mjukbitumen, sammanställning av svenska erfarenheter
1984-89. Rapport nr 1 1990.
3. **Jacobson Torbjörn;** Kallblandad asfalt-emulsionsbeläggning,
Lägesrapport 97-12.