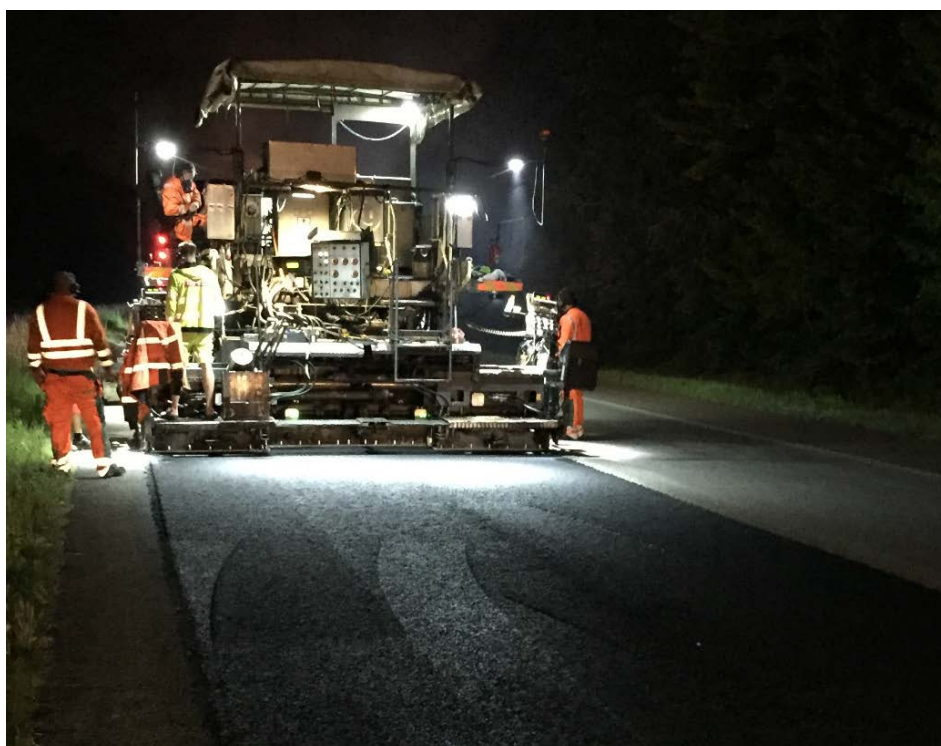


# UTVECKLING AV EMULSIONER MED REJUVENATORER

*ETAPP 2*



**Anders Gudmarsson**

**2018-01-08**

# FÖRORD

Detta projekt har inkluderat produktutveckling, laboratorieprovning, omfattande förprovning av befintlig beläggning och ett fullskaleförsök genom remixing. Följande personer på Peab Asfalt har varit starkt delaktiga och möjliggjort utförandet av de olika momenten:

- Olof Åkesson
- Martin Rydh
- Michael Langfjell
- Lennart Holmqvist
- Peter Broberg med läggarteam
- Björn Persson
- Sven-Olof Nordström

Övriga personer som har bidragit till och möjliggjort projektet är:

- Uffe Mortensen, URM konsult
- Fredrik Loeb, Sweco
- Jeanette Kristensson, Trafikverket
- Torsten Nordgren, Trafikverket

SBUF och Trafikverket har bidragit med den huvudsakliga finansieringen av detta projekt.

Stort tack till samtliga inblandade.

Anders Gudmarsson

Stockholm, januari 2018

# SAMMANFATTNING

Rejuvenatorer används med syfte att förbättra åldrade bindemedels mekaniska egenskaper som annars kan vara för sprött för att återanvändas i större mängder. I SBUF projektet 12866 ”Utveckling av SBS-emulsioner med rejuvenatorer, Etapp 1” utvärderades rejuvenatorer med avseende på dess funktion, ekonomi och möjlighet att användas i emulsioner (Gudmarsson 2015). Produkter med stor potential att förbättra både egenskaperna i asfaltmassorna och ekonomin identifierades.

Målet med Etapp 2 av detta projekt är att utveckla emulsioner baserade enbart på rejuvenatorer som kan användas vid remixing eller vid tillverkning av asfaltmassa i asfaltverk. Denna rejuvenator-emulsion skall vara kompatibel med andra bitumenemulsioner och genom att kunna blandas med olika typer av bitumenemulsioner skapas ett praktiskt enkelt förfarande för att uppnå önskad rejuvenatorhalt. En rejuvenator-emulsion bör även ha potential att reducera tillverkningstemperaturen (LTA) och samtidigt möjliggöra en högre återvinningshalt vid tillverkning av asfalt i varmverk.

Genomförandet av detta projekt har bestått av tre huvudmoment där första steget var att utveckla emulsioner innehållande rejuvenatorer. Moment två bestod i att prova granulat med och utan emulsion i laboriemiljö för att utvärdera emulsionens effekt på granulatet. I det tredje momentet utfördes ett fullskaleförsök där en del av en befintlig beläggning remixades med en högre halt (ca 1 kg/m<sup>2</sup>) emulsion innehållande rejuvenator samtidigt som bindemedelshalten av den nytillsatta asfaltmassan reducerades. Övrig beläggning remixades enligt konventionellt (svenskt) förfarande där emulsionsmängden oftast begränsas till mindre än 0.3 kg/m<sup>2</sup>.

Resultaten av emulsionsutvecklingen visade att stabila emulsioner av rejuvenatorer kan tillverkas. Laborieprovningarna av granulatet med olika emulsionshalter visade att tillsättning av en högre emulsionshalt än 0.3 % krävs för att uppnå en betydande förbättrande effekt av en tillsatt emulsion. Granulat med 1.5 % tillsatt emulsion visade däremot på betydande förbättrade egenskaper som utifrån de genomförda provningarna ligger i nivå med en nytillverkad asfaltmassa. Den befintliga beläggningen som remixades uppvisade stora variationer i hålrumshalt och bindemedelshalt vilket försvårade en jämförande studie mellan de två remixing-förfarandena. En bättre vattenkänslighet via remixing med högre emulsionshalter kunde dock påvisas i fullskaleförsöken.

# INNEHÅLL

<b>1. BAKGRUND .....</b>	<b>4</b>
<b>2. SYFTE .....</b>	<b>5</b>
<b>3. METODIK .....</b>	<b>5</b>
3.1 UTVECKLING AV EMULSIONER .....	5
3.2 LABORATORIESTUDIE .....	6
3.3 REMIXING MED REJUVENATOR-EMULSION .....	6
3.3.1 <i>Förprovning och utförande</i> .....	7
<b>4. RESULTAT OCH DISKUSSION .....</b>	<b>9</b>
4.1 EMULSIONER .....	9
4.2 LABORATORIEPROVNING .....	10
4.3 REMIXING MED REJUVENATOR-EMULSION .....	14
<b>5. SLUTSATS .....</b>	<b>16</b>
<b>LITTERATURFÖRTECKNING .....</b>	<b>17</b>

## 1. BAKGRUND

I strävan efter att öka halten återvunnen asfalt i nya beläggningar har rejuvenatorer blivit ett alltmer vanligt tillsatsmedel. I Tyskland används rejuvenatorer regelbundet vid tillverkning av asfaltmassor med återvinning (Aksell 2015). Dessutom är rejuvenatorer i förseglingsemulsioner ingen ny företeelse utan har använts internationellt med mycket goda resultat. Rejuvenatorerna används med syfte att förbättra det åldrade bindemedlets mekaniska egenskaper som annars kan vara för sprött för att återanvändas i större mängder. Med hjälp av rejuvenatorer kan istället ett åldrat bindemedels egenskaper återställas till att mer likna egenskaperna i ett jungfruligt bitumen.

I SBUF projektet 12866 "Utveckling av SBS-emulsioner med rejuvenatorer, Etapp 1" utvärderades rejuvenatorer med avseende på dess funktion, ekonomi och möjlighet att användas i emulsioner (Gudmarsson 2015). Produkter med stor potential att förbättra både egenskaperna i asfaltmassorna och ekonomin identifierades. Dessutom kunde en emulsion innehållande en av rejuvenatorerna tillverkas med mycket goda resultat. Emulsioner innehållande rejuvenatorer bör därför ha potential att förbättra kvaliteten i både remixade beläggningar och i asfaltmassor med hög återvinningshalt som tillverkas i asfaltverk. Förbättrade utmattningsegenskaper för returafalt med rejuvenatorer har även påvisats i tidigare SBUF projekt (Tyllgren 2010).

Remixing-tekniken som för närvarande används i Sverige nyttjar oftast en mycket begränsad emulsionsmängd ( $< ca 0.3 \text{ kg/m}^2$ ). Detta beror bland annat på att en högre emulsionshalt anses öka risken för blödningar i den färdiga beläggningen. I andra länder som t.ex. Danmark tillsätter man en hög halt emulsion ( $ca 1,0-1,2 \text{ kg/m}^2$ ) samtidigt som bindemedelshalten i den nytillverkade asfaltmassan sänks för att kompensera mot den högre emulsionsmängden. Enligt detta förfarande kan istället risken för blödningar reduceras genom större möjligheter att justera den totala bindemedelshalten via den tillsatta emulsionen vid utförandet. I Sverige kompenseras det sällan med en lägre bindemedelshalt i den nytillverkade asfaltmassan vilket alltså begränsar emulsionsmängden och därmed kvaliteten i slutprodukten. Anledningen till att man tillsätter en emulsion istället för ett rent bindemedel, är att en emulsion ger en avsevärt bättre beständighet (Holmqvist och Jansson 2010). Detta kan jämföras med en tunnskiktsbeläggning (TSK) där en hög emulsionsmängd tillsätts i kombination med en låg bitumenhalt i asfaltmassan.

Målet med Etapp 2 av detta projekt är att utveckla emulsioner av rejuvenatorer som kan användas vid remixing eller vid tillverkning av asfaltmassa i asfaltverk. Inledningsvis utreds vilka koncentrationer av rejuventorena som är möjliga att emulgera. Målet är att utveckla en emulsion baserad på enbart en rejuvenator som skall vara kompatibel med andra bitumenemulsioner. Denna rejuvenator-emulsion ska därmed kunna blandas med olika bitumenemulsioner vilket bidrar till ett enkelt praktiskt förfarande för att variera rejuvenatorhalten. En rejuvenator-emulsion bör även ha potential att reducera tillverkningstemperaturen (LTA) och samtidigt möjliggöra en högre återvinningshalt vid tillverkning av asfalt i varmverk.

Effekten av de utvecklade rejuvenator-emulsionerna har utvärderats genom en laboratoriestudie där fräsmassor med och utan emulsion har testats med avseende på hållrum, packningsgrad, penetration, mjukpunkt, ITR och Cantabro. Dessutom har ett fullskaleförsök utförts där den utvecklade emulsionen har använts vid remixing. En provyta utfördes där befintlig beläggning blandades med en högre emulsionsmängd innehållande rejuvenator och där bindemedelshalten av

nyttillverkad massa sänktes. Laboratorieprovning av borrhärnor tagna från ytor med och utan en högre emulsionsmängd utfördes.

## 2. SYFTE

Projektet syftar till att utveckla emulsioner av rejuvenatorer för tillsättning vid remixing eller vid tillverkning av asfaltmassa i asfaltverk. Emulsioner av rejuvenatorer kan med stor potential användas till att möjliggöra en förbättrad livslängd och beständighet i remixade beläggningar och i asfaltmassor med hög återvinningsgrad.

Projektet syftar även till att undersöka effekterna av att vid remixing använda en högre emulsionshalt (där emulsionen även innehåller en rejuvenator) i jämförelse mot remixing enligt nuvarande praxis. Projektet belyser även vikten av att genomföra en noggrann förprovning i laboratoriet vid remixingprojekt för att undvika allvarliga problem som blödning.

## 3. METODIK

Genomförandet av detta projekt har bestått av tre huvudmoment där första steget var att utveckla emulsioner innehållande rejuvenatorer. Utvärdering av de framtagna emulsionernas lagringstabilitet och pH-värde utfördes. Moment två bestod i att prova granulat med och utan emulsion i laboratoriemiljö för att utvärdera emulsionens effekt på granulatet. I det tredje momentet utfördes ett fullskaleförsök där en del av en befintlig beläggning remixades med en högre halt emulsion innehållande rejuvenator. Övrig beläggning remixades enligt konventionellt (svenskt) förfarande.

### 3.1 Utveckling av emulsioner

I Etapp 1 av detta projekt identifierades rejuvenatorer med potential att förbättra ekonomi och prestanda i asfaltmassor med hög återvinningsgrad. Dessutom tillverkades en SBS-emulsion innehållande en rejuventor i syfte att användas vid remixing eller vid tillverkning av asfalt i verk (Gudmarsson 2015). I Etapp 2 har emulsioner vidareutvecklats genom att enbart emulgera rejuvenatorer med syfte att tillsättas till emulsioner av modifierade och omodifierade bitumen. Emulgerade rejuvenatorer möjliggör ett flexibelt system för att variera rejuvenatorns koncentration och tillsättning.

Utvecklingen av rejuvenator-emulsioner har utförts genom att emulgera olika koncentrationer av respektive rejuvenator. Tre rejuvenatorer (Nygen 910, Storflux och Storflux Nature) har utvärderats och tre olika koncentrationer (70, 75 och 80 %) av respektive rejuvenator emulgerades. Dessa försök har avgränsats till att använda samma emulgator och halten av saltsyra har justerats för att i detta fall uppnå ett önskat pH-värde på 1.6. Det kan nämnas att processen för att emulgera

en rejuvenator är något förenklad då det inte kräver uppvärmning som vid tillverkningen av konventionella emulsioner.

En blandning av en SBS-emulsion och den nyutvecklade rejuvenator-emulsionen har tillsatts till asfaltmassan som använts i laboratoriestudien samt i remixingförsöken. Halterna av respektive emulsion avgörs av önskat resultat (tex penetration och mjukpunkt) i färdig beläggning. En fördel med en blandad emulsion är att SBS-emulsionen kan motverka en möjlig initial negativ påverkan på asfaltens deformationsstabilitet som eventuell kan uppstå på grund av den mjukgörande rejuvenatorn. Eftersom det i dagens läge finns få studier om rejuvenatorers påverkan på asfaltmassors initiala deformationsstabilitet så bör detta dock utredas vidare.

### 3.2 Laboriestudie

En laboriestudie utfördes för att undersöka den nyutvecklade emulsionens effekt på återvunnen asfalt. Återvunnen asfaltmassa användes som bas för att prova tre fall: 100 % granulat (0 % emulsion), granulat med 0.3 % emulsion av bindemedelshalten samt granulat med 1.5 % emulsion av bindemedelshalten. I samtliga fall värmdes granulatet och blandades i en laborieblandare för att granulatet med 0 % emulsion inte skulle hanteras annorlunda än i de två övriga fallen då emulsion tillsattes och blandades med granulatet vid ca 145 °C. Provkroppar av respektive massa packades genom Marshallinstampning med 25 slag på varje sida. Normalt används 50 slag per sida för maximal packning enligt Marshallmetoden, men för att undvika maximal packning, vilket sällan uppnås i fält, valdes istället 25 slag.

Följande laborieanalyser utfördes på de tre asfaltmassorna. Även kornkurva och bindemedelshalt bestämdes för granulatet.

- Penetration
- Mjukpunkt
- Hålrum
- Vattenkänslighet (ITSR)
- Kohesion (Cantabro)

Dessa laboriemetoder användes också till att utvärdera borrhärnor och beläggningssmassa från fullskaleförsöket genom remixing.

### 3.3 Remixing med rejuvenator-emulsion

Ett flertal exempel finns där allvarliga blödningar uppstått efter remixing på grund av en otillräcklig förprovning. Detta har bidragit till en begränsning av emulsionsmängdens kalkylvärde till 0,3 kg/m<sup>2</sup> i Trafikverkets tekniska handlingar (2016). Internationella erfarenheter från t.ex. Danmark visar dock att en väsentligt högre emulsionsmängd viktad mot en lägre bindemedelshalt i den nytillverkade asfaltmassan ger ett bättre slutresultat. Detta förfarande ger en ökad möjlighet till att optimera och justera emulsionsmängden under utförandet vilket även reducerar risken för

blödningar i färdig beläggning. Markant förbättrade egenskaper genom en högre emulsionsmängd (1-1.5 %) har även påvisats i tidigare SBUF projekt (Holmqvist och Jansson 2010).

Metodiken i detta projekt baseras på att utföra remixing med en högre emulsionsmängd och reducerad bindemedelshalt i den nytillverkade asfaltmassan. Remixing med en högre halt emulsion lämpar sig för befintliga beläggningar som inte redan är för täta eller har en förhöjd bindemedelshalt. Det är därför mycket viktigt att genomföra en grundlig förprovning av beläggningens befintliga bindemedelshalter och hålrum samt dess variation.

### 3.3.1 Förprovning och utförande

Inom ramen för detta projekt identifierades två sträckor som möjliga objekt att utföra remixing-försöken på. En omfattande förprovning av den första tilltänkta provsträckan (Tpl Bromölla till K länsgräns) visade på en homogen beläggning som dock var mycket tät med en hög bindemedelshalt. Detta objekt ansågs på grund av dessa förutsättningar inte vara lämpligt för försök med en högre emulsionshalt utan att riskera blödningar i den remixade beläggningen. Försöksobjektet byttes därför mot det andra möjliga alternativet (Cpl Närlunda till Hbg S i Helsingborg). Genom en omfattande förprovning uppvisade den befintliga beläggningen längs denna sträcka på mycket varierande hålrumshalter och bindemedelshalter. Detta ansågs tidigt av samtliga parter vara ett problem för att tydligt kunna visa på önskad effekt. Jacobson och Hornwall (1998) har även tidigare belyst problematiken med inhomogena beläggningar som remixas där t.ex. olika typer av lagningar eller separationer i befintlig beläggning kan ge utslag i slutprodukten. I samråd med Trafikverket beslutades det att ändå genomföra försöket då det inte fanns andra möjligheter att genomföra ett fullskaleförsök inom ramen för projektets tidplan.

Inför utförandet av provytan utfördes ett försök för att utvärdera eventuella maskinella begränsningar med att remixa med en hög emulsionshalt  $\sim 0.8 \text{ kg/m}^2$ . I den befintliga utrustningen tillsattes emulsionen endast genom två munstycken till den upprivna befintliga beläggningen och blandades därefter samman med nytillverkad asfaltmassa. Detta tillsammans med begränsade blandningsmöjligheter vid remixing ansågs som en potentiell risk för att inte erhålla en homogen sammansatt beläggning vid förhöjda emulsionsmängder. Förförsöken visade dock att den befintliga utrustningen klarade av att hantera emulsionsmängder på över  $1 \text{ kg/m}^2$  med lovande resultat genom att sänka hastigheten. Vid försöken sänktes hastigheten till ca  $2.7 \text{ m/min}$  vilket gav en emulsionsmängd på ca  $1 \text{ kg/m}^2$ . Detta resulterade i en till synes god blandning och i en homogen ny sammansatt beläggning. Det var dock tydligt att det krävs modifieringar av utrustningen för att bibehålla "normal" hastighet vid remixing med höga emulsionshalter. Ett ökat flöde med jämnare spridning av tillförd emulsion över asfaltmassan och en förbättrad blandningsprocess är nödvändig för att kunna applicera högre emulsionsmängder vid en rimlig hastighet.

Från försöken kunde slutsatser dras om vilken hastighet som krävdes för att uppnå en specifik emulsionsmängd. Vid utförandet av provytan mättes hastigheten med jämna mellanrum för att kontrollera mängden tillförd emulsion. Figur 1 visar utförandet av beläggningen med hög emulsionsmängd där mätningen av hastigheten stämde av med hjälp av måttband och tidtagarur.



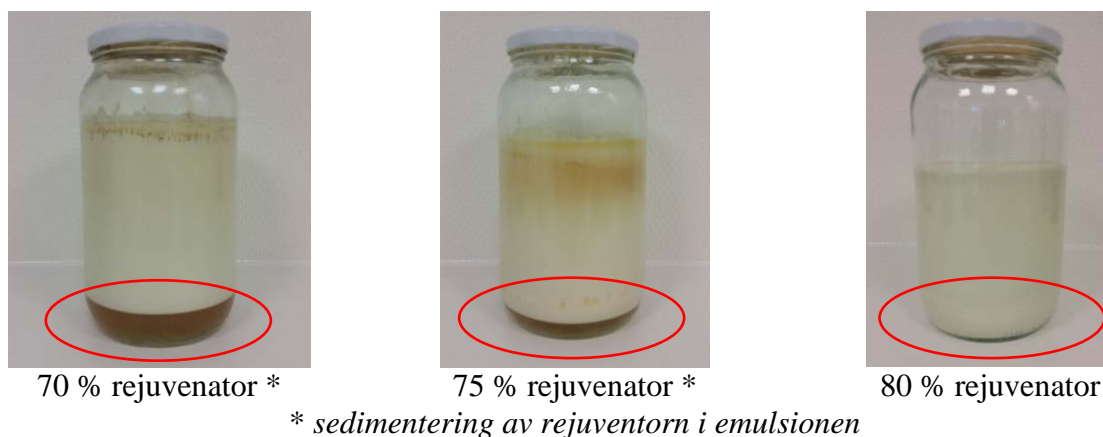


Figur 1. Remixing med högre emulsionsmängd och sänkt hastighet

## 4. RESULTAT OCH DISKUSSION

### 4.1 Emulsioner

Av de tre rejuvenatorerna visade sig Nygen 910 och Storflux vara emulgerbara. Det gick alltså inte att utveckla en emulsion av Storflux Nature. Det finns dock möjlighet att en annan emulgator lämpar sig bättre för att emulgera Storflux Nature, men att utvärdera lämpliga emulgatorer för olika rejuvenatorer ansågs dock ligga utanför avgränsningarna av detta projekt. Gällande Nygen 910 och Storflux så kunde samtliga tre koncentrationer emulgeras, men det var endast med en rejuvenatorhalt av 80 % som en stabil emulsion för Nygen 910 erhöles. Koncentrationer av 70 och 75 % rejuvenatorer gav emulsioner som inte är lagringstabla. Viktigt att notera är dock att dessa emulsioner är fullt användbara efter omröring. Figur 2 visar skillnaderna i lagringstabla för Nygen 910 och de olika koncentrationerna av rejuvenatorn. Ringarna i botten på respektive bild hänvisar till sedimentationen av rejuvenatorn vid 70 och 75 % men inte vid 80 %. Vid försöken med Storflux resulterade samtliga koncentrationer i lagringstabla emulsioner.



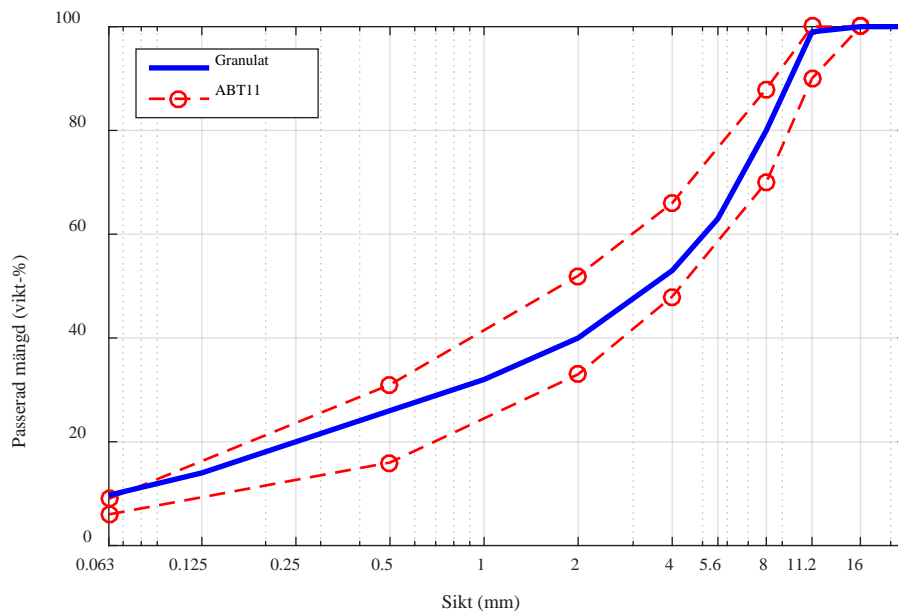
Figur 2. Lagringstabla av emulsioner med varierande halt av rejuvenatorn (Nygen 910)

En viktig skillnad mellan emulsionerna med Nygen 910 och Storflux är att endast Nygen 910 visade sig vara fullt kompatibel i blandningar med SBS-emulsioner. Emulsionen med Storflux kunde alltså inte blandas med en SBS-emulsion. Däremot kunde Storflux-emulsionen blandas med en konventionell omodifierad emulsion (BE65R). Detta belyser även att polymermodifierade emulsioner innebär en mer komplicerad process.

Rejuvenator-emulsionen med Nygen 910 (pH-värde 1.8) valdes till blandningen med SBS-emulsionen för vidare tillsättning till asfaltmassorna som användes i laboratorie- och fältförsöken. För att uppnå önskad penetration och mjukpunkt i slutlig beläggningssmassa användes en blandning som till 90 % bestod av en SBS-emulsion med ett 160/220 basbitumen och till 10 % av den utvecklade rejuvenator-emulsionen.

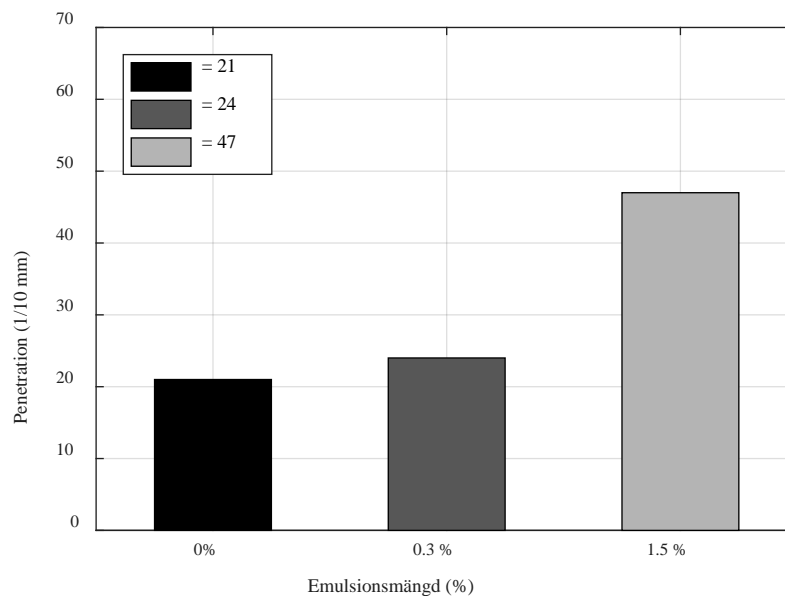
## 4.2 Laboratorieprovning

Granulatet som användes i studien gav efter extraktion och siktning en kornkurva som liknar en ABT 11 (se Figur 3) samt en bindemedelshalt på 4.7 vikt-%.



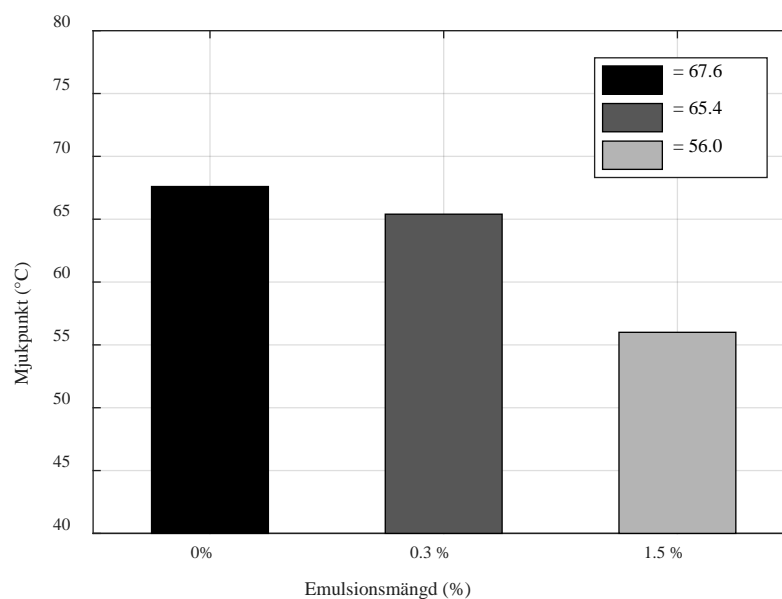
Figur 3. Granulatets kornkurva samt gränslinjer för ABT 11 (TDOK 2013:0529).

Granulatet utan emulsion härdades genom att blandas i laboratoriet enligt samma tillvägagångssätt som granulatet som blandades med emulsionen. Denna härdning av granulatet förändrade penetrationen från 38 till 21. Penetrationen av det återvunna bindemedlet från de tre olika asfaltmassorna visas i Figur 4 och mjukpunkten presenteras i Figur 5.



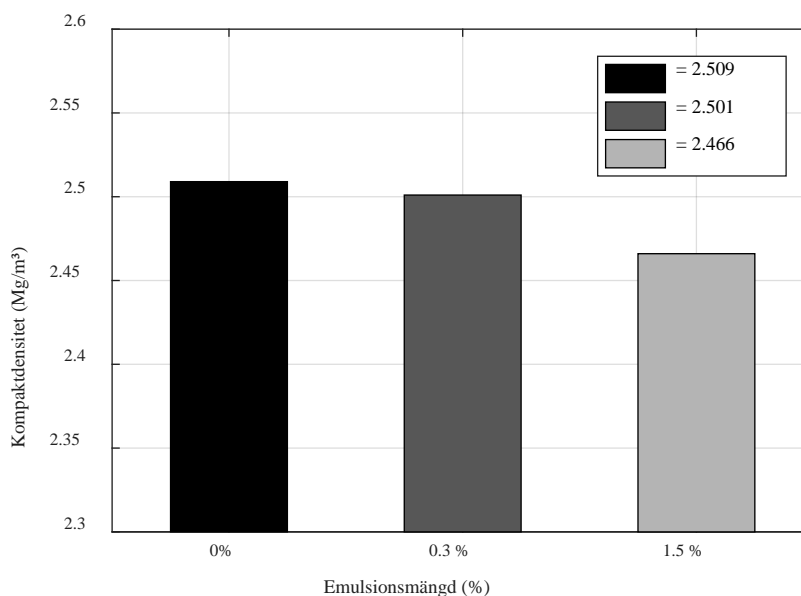
Figur 4. Penetration på bindemedel från granulat med 0, 0.3 samt 1.5 % emulsionsmängd.

Resultaten av penetration och mjukpunkt visar en marginell skillnad för asfaltmassorna med 0 och 0.3 % emulsion. Det är först vid den högre emulsionshalten på 1.5 % som en betydande förändring uppnås i det återvunna bindemedlets mjukpunkt och penetration.



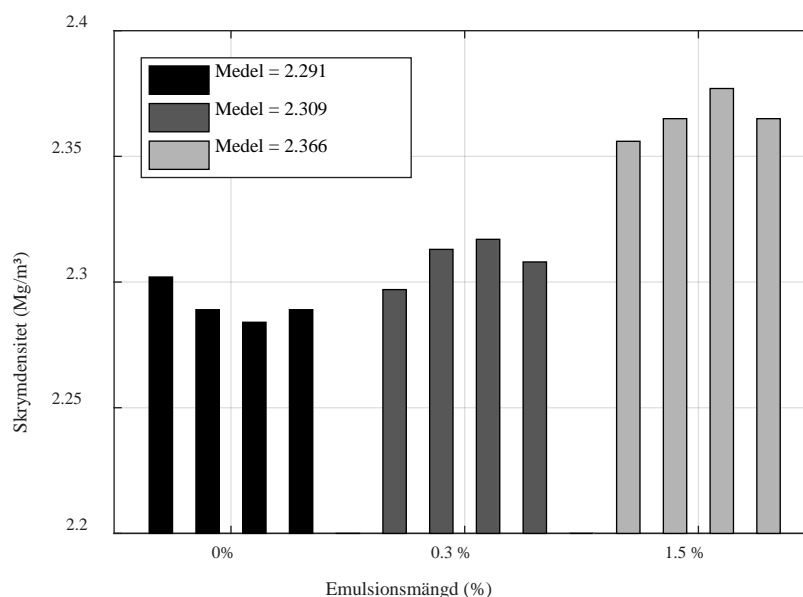
Figur 5. Mjukpunkt av bindemedel från granulat med 0, 0.3 samt 1.5 % emulsionsmängd.

Figur 6 visar att den högre emulsionshalten på 1.5 % sänker kompaktdensiteten av granulatet medan granulatet med 0.3 % emulsion även här ger en marginell skillnad mot granulatet utan emulsion.

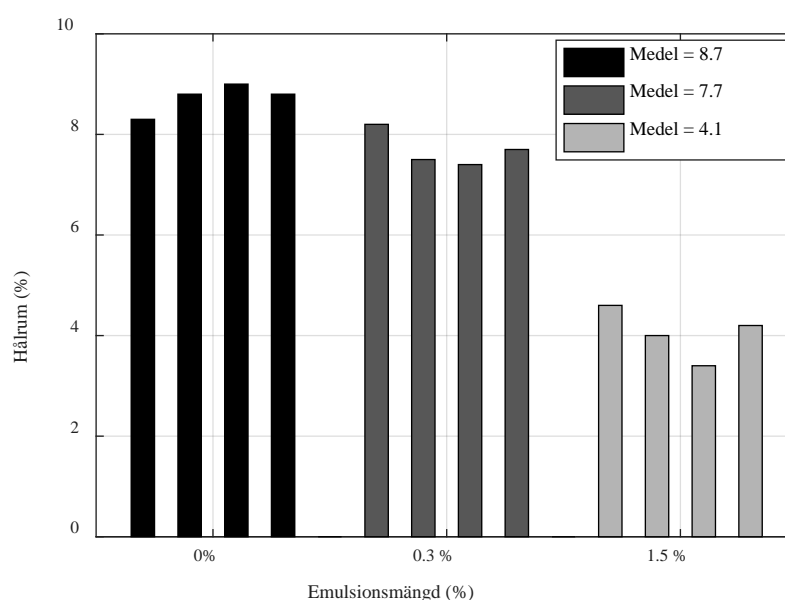


Figur 6. Kompaktdensitet av granulat med 0, 0.3 samt 1.5 % emulsionsmängd.

Skrymdensitet och hålrum av de Marshallstampade provkropparna redovisas i Figur 7 respektive Figur 8. Dessa resultat visar att en tillsättning av enbart emulsionsmängder på 0.3 %, som motsvarar halter enligt nuvarande praxis i Sverige, inte bidrar nämnvärt till en bättre packning av granulatet. Enligt förväntan bidrar dock den högre emulsionsmängden till en betydligt bättre packningsbarhet. Hålrumsen i granulatet med 1.5 % tillsatt emulsion har halverats i jämförelse mot de övriga asfaltmassorna.

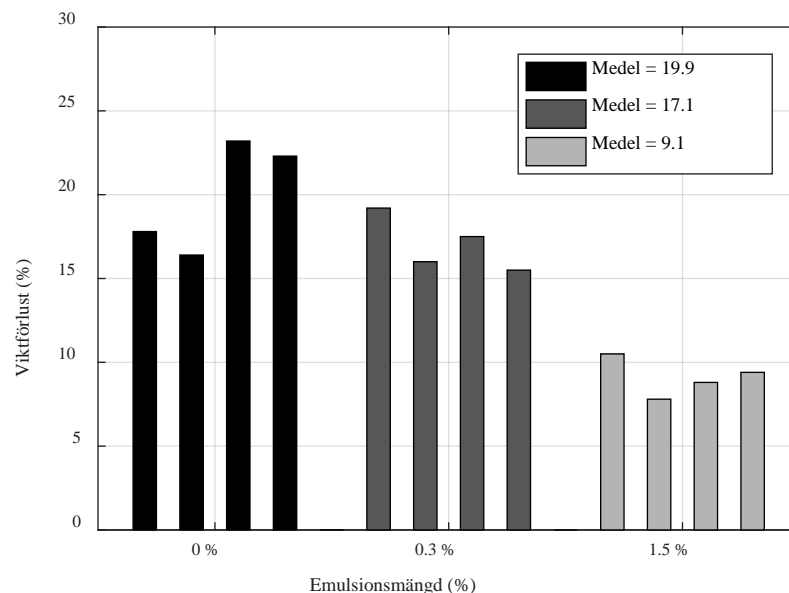


Figur 7. Skrymdensitet av marshallpackade provkroppar (2\*25) från granulat med 0, 0.3 samt 1.5 % emulsionsmängd.



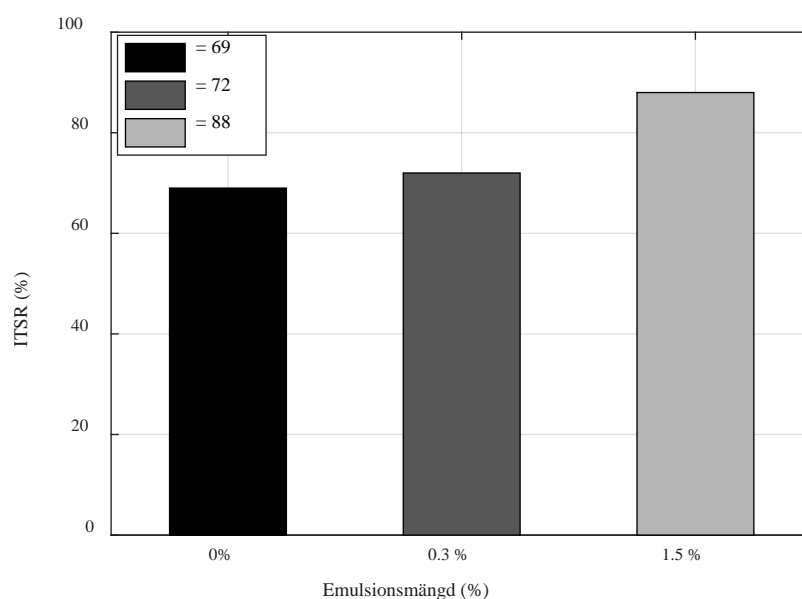
Figur 8. Hålrums halt av marshallpackade provkroppar (2\*25) från granulat med 0, 0.3 samt 1.5 % emulsionsmängd.

Figur 9 visar viktförlusterna av de Cantabro testade Marshallstampade provkropparna från respektive asfaltmassa. Marshallpackningen bidrar i sig till en relativt bra kohesion av provkropparna som ger relativt små viktförluster. Viktigt att belysa är dock att granulatet med 1.5 % emulsion ger en halvering av viktförlusten i jämförelse mot de två övriga asfaltmassorna.



Figur 9. Viktförlust av Cantabro testade Marshallpackade provkroppar (2\*25) från granulat med 0, 0.3 samt 1.5 % emulsionsmängd.

Figur 10 presenterar vattenkänsligheten för de olika asfaltmassatyperna genom tryckhållfasthetsprovning av torra och konditionerade provkroppar i vatten (ITSR).



Figur 10. ITSR-värde för marshallpackade provkroppar (2\*25) från granulat med 0, 0.3 samt 1.5 % emulsionsmängd.

Asfaltmassorna med 0 och 0.3 % emulsion uppvisar värden som ligger under 75 % som är det normala gränsvärdet för vattenkänslighet även om lokala skillnader förekommer. Den högre emulsionshalten bidrar till att förbättra vattenkänsligheten i granulatet till värden väl över det normala kravet.

Samtliga laboratorieprovningar visar tydligt att tillsättning av en hög emulsionsmängd till granulat förbättrar egenskaperna i asfaltmassan. De presenterade resultaten visar att en asfaltmassa bestående av granulat samt en hög emulsionsmängd presterar i nivå med en nytillverkad asfaltmassa för egenskaperna testade i detta projekt. Provningsresultatet visar även att en högre halt än 0.3 % krävs för att uppnå en betydande förbättrande effekt av en tillsatt emulsion.

### 4.3 Remixing med rejuvenator-emulsion

Tabell 1 redovisar samtliga provningar utförda på borrhärdar tagna från fullskaleförsöket med remixing enligt konventionell teknik (referens) samt med en högre emulsionshalt i kombination med en reducerad bindemedelshalt i den nytillverkade asfaltmassan (provyta). Resultaten av de olika provningsmetoderna på beläggningen före åtgärd visar delvis på spridningen i egenskaperna längs med sträckan. Den omfattande förprovningen av hålrum och bindemedelshalter från flera punkter längs sträckan visade på mycket varierande resultat längs den befintliga beläggningen.

Tabell 1. Provningsresultat på borrhärdar tagna före och efter remixing.

Yta	Bmh (%)	Pen (mm/10)	Mp (°C)	Skrym (Mg/m <sup>3</sup> )	Kompakt (Mg/m <sup>3</sup> )	Hålrum (%)	Cantabro* (%)	ITSR (%)
<b>FÖRE REMIXING</b>								
Provyta 1600 m	6,2	38	58,2	2,355	2,376	0,9	45,6	68
Provyta 1700 m	6,6	50	52,4	2,359	2,378	0,8	25,5	
Referens 2400 m	6,4	25	60,4	2,335	2,398	2,6	77,1	60
Referens 2500 m	6,5	27	59,6	2,308	2,390	3,4	65,0	
<b>EFTER REMIXING</b>								
Provyta 1600 m	6,2	42	56,8	2,340	2,395	2,3	15,9	83
Provyta 1700 m	6,7	45	55,8	2,336	2,397	2,6	17,6	
Referens 2400 m	7,3	33	56,8	2,342	2,395	2,2	18,7	74
Referens 2500 m	6,4	42	55,4	2,339	2,393	2,3	18,9	

\*Cantabro på borrhärdarna utfördes ej enligt metod då minsta tjocklek skall vara 35 mm (FAS 479-03). Effekten av för tunna provkroppar (30 mm) återspeglar sig framförallt i resultatet före åtgärd där en stor spridning syntes.

Trots varierande hålrums- och bindemedelshalter finns det tendenser i resultaten som speglar laboratoriestudien. IITSR-värdet var även i fullskaleförsöken bättre i asfaltmassan med högre emulsionsmängd. I övrigt är det mindre skillnader mellan provytan utförd med hög emulsionsmängd och referensen utförd enligt nuvarande konventionell remixing-teknik. Då borrkärnorna uppvisade varierande bindemedelshalter, på grund av den inhomogena befintliga beläggningen, är det även svårt att dra slutsatser från jämförelsen mellan ytorna. Värt att notera är att borrkärnorna före och efter åtgärd togs vid samma position. Detta innebär i sig inte att ”samma” beläggning testades efter åtgärd då massan troligen förskjuts något vid omläggningen.

Tabell 2 visar provresultatet på massaprover tagna från vägen och även i detta fall visar massaprovet med högre emulsionsmängd på en förbättrad vattenkänslighet. Det finns även en tendens till lägre Cantabro-värden för beläggningen med den högre emulsionshalten.

Tabell 2. Provningsresultat av massaproven efter remixing

Yta	Bmh (%)	Skrym (Mg/m <sup>3</sup> )	Kompakt (Mg/m <sup>3</sup> )	Hålrums (%)	Cantabro (%)	IITSR (%)
<b>EFTER REMIXING</b>						
Provyta 1600 m	6,0	2,334	2,411	3,2	7,2	81
Provyta 1700 m	6,3	2,320	2,395	3,1	6,6	
Referens 2400 m	5,8	2,360	2,414	2,2	9,4	77
Referens 2500 m	5,8	2,355	2,410	2,3	10,6	



## 5. SLUTSATS

Detta projekt har visat att stabila emulsioner av rejuvenatorer kan tillverkas. Möjligheten att skapa emulsioner av olika typer av rejuvenatorer kan bero på valet av emulgator. Ytterligare studier krävs för att bestämma lämpliga emulgatorer för respektive rejuvenator och för att optimera blandningen av respektive emulsion.

Resultaten av de laborietillverkade provkropparna visade som förväntat på förbättrade egenskaper för granulatet med den högre emulsionsmängden. Resultaten visar även att för funktionerna testade i detta projekt, så kan en asfaltmassa bestående av granulat samt en hög emulsionsmängd prestera i nivå med en nytillverkad asfaltmassa. Laborieprovningen visar också att en högre halt än 0.3 % krävs för att uppnå en betydande förbättrande effekt av en tillsatt emulsion.

Förförsöken inför fullskaleförsöken visade att maskinella förbättringar krävs för att kunna bibehålla en rimlig hastighet vid utförandet av remixing med höga emulsionshalter. Nuvarande utrustning begränsar emulsionsmängden genom att inte kunna bibehålla normal hastighet vilket resulterar i en sämre produkt på vägarna. För att kunna behålla en rimlig utförandehastighet krävs ett rikligt flöde och jämnare spridning av tillsatt emulsion samt en förbättrad blandning av massan innan utläggning.

Laboriestudien av granulatet med olika emulsionsmängder visar på att de internationella erfarenheterna med höga emulsionshalter vid remixing har stor potential att förbättra kvaliteten på färdig beläggning. Det kan jämföras med tunnskikt där en hög emulsionsmängd i kombination med en låg bitumenhalt används.

## LITTERATURFÖRTECKNING

Aksell, K. J. (2015). "Studieresa till Tyskland med Asfaltforum", specialistseminarium NVF Utskott Beläggningar, Hög återvinningsgrad – Vägen framåt, Stockholm, 2015-01-22.

FAS 479-03, ASFALTBELÄGGNING OCH –MASSA, Bestämning av resistens mot flygbränsle enligt Cantabro test.

Gudmarsson, A. (2015) "Utveckling av SBS-emulsioner med rejuvenatorer", SBUF Rapport 12866.

Holmqvist, L., Jansson, L. (2010) "Remixing med SBS-emulsion Etapp1", SBUF Rapport 12101.

Jacobson, T., Hornwall, F. "Remixing – varm återvinning av asfalt på vägen, uppföljning av provvägar och kontrollsträckor 1996-98", VTI notat 78-1998.

TDOK 2013:0529, Krav, Bitumenbundna lager, Kenneth Lind, 2015-11-02, Trafikverket.

Teknisk beskrivning för utförande av underhållsbeläggningar 2016, Varm värme Gk, DNS, DSS, Trafikverket, 2016-01-14.

Tyllgren, P. (2010). "Föryngring av returafalt med miljöanpassade tillsatsmedel", Skanska ra100215a, SBUF Rapport 12230.