

KFA rejuvenatorprosjekt:

Laboratorieprøving av forynget bitumen fra resirkulert asfalt

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 734



Tittel

KFA rejuvenatorprosjekt:

Undertittel

Laboratorieprøving av forynget bitumen fra resirkulert asfalt

Forfatter

Torbjørn Jørgensen og Thomas Haukli Fiske

Avdeling

Teknologi Drift og vedlikehold

Seksjon

Prosjektnummer

C13496

Rapportnummer

Nr. 734

Prosjektleder

Torbjørn Jørgensen

Godkjent av

Joralf Aurstad

Emneord

Resirkulert asfalt, rejuvenator, bitumen, laboratorietesting, bestandighet, aldring

Sammendrag

Rejuvenatorer er produkter som kan myke opp aldret bitumen og gjenopprette egenskapene til nytt bitumen. Bruk av rejuvenatorer gjør det mulig å øke gjenbruksprosenten til verksprodusert asfaltmasse. Fem utvalgte rejuvenatorer er undersøkt i blandinger med aldret bitumen som simulerer 50 % gjenbruk. Laboratorietesting av bindemiddel-egenskaper, aldring og vannfølsomhet viste noenlunde like egenskaper som referansen - ordinær bitumen. Forslag til blandetabeller for lettere å komme til riktig blandeforhold er utarbeidet.

Title

KFA Rejuvenator Study:

Subtitle

from Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

Author

Torbjørn Jørgensen and Thomas Haukli Fiske

Department

Technology

Section

Project number

C13496

Report number

No. 734

Project manager

Torbjørn Jørgensen

Approved by

Key words

Reclaimed asphalt pavement, rejuvenator, bitumen, laboratory testing, ageing

Summary

Rejuvenators are agents that restore and soften aged and hardened bitumen in reclaimed asphalt. Rejuvenators enables a higher percentage of recycling. Five commercial rejuvenators were investigated, simulating 50 % RAP in the asphalt mixture. Binder testing was performed on fresh, short-term aged and long-term aged blends. Water affinity and water susceptibility was also tested. Result showed only minor differences compared to the reference bitumen. Blending tables were developed to estimate optimal dosage of rejuvenator to aged bitumen.



Innhold

Sammendrag	1
1 Innledning.....	2
1.1 Prosjektgruppe.....	2
1.2 Bakgrunn og målsetninger	3
2 Om rejuvenatorer.....	3
2.1 Aldring av bitumen og effekt av rejuvenatorer	3
2.2 Produkter	5
3 Planlegging av forsøk	6
3.1 Hva som skulle undersøkes.....	6
3.2 Prøvmingsmetoder og prøvmingsplan.....	7
4 Laboratorieanalyser - Resultater.....	9
4.1 Innledende arbeid	9
4.2 Bindemiddelanalyser for blandinger med mykt granulatbitumen	9
4.3 Bindemiddelanalyser på blandinger med hardt granulatbitumen	13
5. Gjennomgang av prøvmingsresultater.....	22
5.1. Blandeforhold	22
5.2. Fraass bruddpunkt	22
5.3. Kompleksmodul og fasevinkel for TG*= 15 kPa.....	23
5.4. Elastisk tilbakegang i MSCRT.....	23
5.5. Vannfølsomhet - rulleflaske og vendskak	23
6. Konklusjoner og videre arbeid	24
6.1. Når er det behov for rejuvenator	24
6.2. Stort sett like resultater	24
6.3. Produktinformasjon	25
6.4. Videre arbeid: prøvminger med hardt granulatbitumen.....	25
Referanser	25
Vedlegg.....	26
1. Produktdatablad Revive RA	26
2. Produktdatablad Sylvaroad RP 1000	28
3. Produktdatablad Nygen 910	30
4. Produktdatablad ViaTop plus RC	31
5. Produktdatablad Anova 1817	32
6. Resultater bindemiddeltesting, hardt granulatbitumen	33
7. Resultater fra bindemiddelprøvming, mykt granulatbitumen	35
8. Resultater rulleflaskemetode og vendskak-prøvming.	37
9. Forslag til blandeskjema og blandetabell	40

Sammendrag

Rejuvenatorer er produkter med lav viskositet som ved forholdsvis lav tilsetning myker opp aldret bitumen og gjenoppretter egenskapene til nytt bitumen. Bruk av rejuvenatorer til resirkulert asfalt gjør det mulig å øke gjenbruksprosenten til verksprodusert asfaltmasse. Høy gjenbruksprosent i høyverdige asfaltmasser er god økonomi og bidrar til reduserte klimagassutslipp.

Det er foreløpig liten bruk av rejuvenatorer i Norge. Beskrivelse av valg og bruk av rejuvenatorer må tilpasses norske asfalttyper. Erfaringer fra andre land er ofte ikke overførbare til norske forhold.

Målsetningen i denne rapporten er å belyse hvordan fem rejuvenator-produkter fungerer ved høy tilsetning av resirkulert asfalt.

I undersøkelsens første runde, ble tre rejuvenatorer undersøkt i blandinger med et lite aldret bitumen i asfaltgranulatet. I andre runde var det et betydelig hardere bitumen i asfaltgranulatet, og to nye rejuvenatorer ble inkludert i undersøkelsen.

Det ble utført laboratorieblandinger med gjenvunnet bitumen fra asfaltgranulatet. Rejuvenator ble tilsatt for å gjenskape et 160/220 bitumen. Deretter ble det tilsatt lik mengde ny 160/220 bitumen for å simulere 50 % gjenbruk. På prøveblandingene ble det utført laboratorietesting av fersk, korttidsaldret og langtidsaldret bindemiddel.

Bindemiddelanalysene viser at fire av rejuvenator-produktene ikke skiller seg ut med hensyn til egenskaper for ferskt, korttidsaldret eller langtidsaldret prøve, sammenlignet med ordinær bitumen 160/220. Den femte rejuvenatoren har en viss modifierende effekt.

Informasjonen om rejuvenatorene er ulik fra leverandør til leverandør. Dette gjør det vanskelig å sammenligne ulike produkter. Produktdatabladene bør oppgi viskositet med hensyn til håndtering (lagring og pumpbarhet) og til beregning av tilsetningsmengde til asfaltgranulatet.

I vedlegg 9 beskrives hvordan teoretisk blandeforhold kan beregnes. Forslag til blandetabeller til granulatbitumen med ulik hardhet er utarbeidet.

I andre runde ble lavtemperaturegenskaper ned til 0 °C med dynamisk skjærreometer (DSR) også benyttet. Metoden synes å fungere godt til karakterisering av stivhet (kompleksmodul og fasevinkel) ved temperaturer rundt frysepunktet.

1 Innledning

1.1 Prosjektgruppe

Høsten 2018 startet et samarbeidsprosjekt for å vurdere effekten av rejuvenatorer på aldret bitumen i gjenbruksasfalt. Kontrollordningen for asfaltgjenvinning – KFA og Statens vegvesen, Drift og Vedlikehold (SVV DoV) sto for planlegging og gjennomføring av prosjektet.

Prosjektgruppa har bestått av

- Roar Telle (VTI og KFA) og Ragnar Bragstad (VTI)
- Thomas Haukli Fiske og Wenche Hovin (Svv DoV, Laboratoriet i Trondheim)
- Torbjørn Jørgensen og Joralf Aurstad (Svv DoV, Teknologi)
- Jon Borge Finset (Nynas Bitumen Norge)

Laboratoriearbeidet er utført av:

- VTI og KFA: Innsamling av asfaltgranulat, gjenvinning av bitumen og bindemiddeltesting
- SVV DoV: Bindemiddelanalyser og prøving av vedheft
- NCC Roads: Vannfølsomhet med vendskakmetoden
- NTNU: Langtidsaldring av blandinger med bitumen og rejuvenator
- Nynas Bittech: Bestemmelse av Fraass bruddpunkt.

Resultatbehandling og rapportering av laboratorieundersøkelsene er gjort av Torbjørn Jørgensen og Thomas H. Fiske.

Leverandører av rejuvenatorene i undersøkelsen har gitt informasjon om bruk av produktene samt produktdatablad og HMS-datablad.

I oppstarten av prosjektet ble det utført en masteroppgave på NMBU: «Effekt av rejuvenatorer på aldret bitumen» av Omaad Aslam og Monir Yousef. Oppgaven beskrev forsøksplanen og laboratorieprøvinger for våren 2019 (Aslam & Yousef, 2019).

I undersøkelsens første runde, ble tre rejuvenatorer undersøkt i blandinger med et lite aldret bitumen i asfaltgranulatet. (Jørgensen og Fiske 2020). Det ble utført laboratorieblandinger med gjenvunnet bitumen fra asfaltgranulat. Rejuvenator ble tilsatt for å gjenskepe et 160/220 bitumen. Det ble så tilsatt lik mengde ny 160/220 bitumen for å simulere 50 % gjenbruk.

Prøveblandningene gikk gjennom et omfattende program med testing på fersk, korttidsaldret og langtidsaldret prøve. Det ble også utført prøving av vedheft (rulleflaskemetoden) og vannfølsomhet (vandskakmetoden) på rejuvenator-blandingene for å se eventuelle effekter.

Da det i første runde ble benyttet et lite aldret asfaltgranulat, ble det nødvendig å gjennomføre en runde til med undersøkelser. Denne gangen var gjenvunnet bitumen fra asfaltgranulatet mer aldret og betydelig hardere. Det ble også tatt inn to nye rejuvenatorer i undersøkelsen.

1.2 Bakgrunn og målsetninger

Det er en øvre grense for hvor mye resirkulert asfalt som kan tilsettes når det benyttes én grad mykere bitumen enn det som skal være i ny asfalt. Oppmykning av aldret granulatbitumen vil ved høy gjenbruksprosent kreve så mye tilsetning at bindemiddelinnholdet blir for høyt.

En rejuvenator er et «foryngelsesmiddel», som vanligvis har lav viskositet. Rejuvenatoren skal myke opp aldret bitumen ved forholdsvis lave tilsetninger, og samtidig gjenopprette egenskapene til ferskt bitumen. Tilsetning av rejuvenator muliggjør høy gjenbruksprosent i asfaltdekker.

Det er behov for en beskrivelse av valg og bruk av rejuvenatorer tilpasset norske asfalttyper. Målsetningen er å åpne for høyere tilsetning av resirkulert asfalt i vegdekker og ivareta bindemiddelkvaliteten. Høyere gjenbruksprosent i vegdekker gir bedre utnyttelse av gode steinmaterialer og bindemidler, gir reduserte kostnader, lavere energiforbruk og lavere klimagassutslipp. Det forutsettes at asfaltkvalitet og dekkelevetid er minst på samme nivå som asfalt produsert uten gjenbruk.

Det finnes mange rejuvenatorprodukter på verdensmarkedet, men få brukes i Norge. Omfattende studier av slike tilsetninger er gjort i land som har erfaring med høy gjenbruksprosent i asfaltdekker. Erfaringene behøver ikke være overførbare til norske forhold, fordi vi benytter mykere bitumengrader og siden asfalten ofte er lite aldret (KFA, 2019).

Dette prosjektet skal finne gode bedømmelseskriterier for rejuvenatorer. Det kan bli aktuelt å bistå feltforsøk med høy gjenbruksprosent og tilsetning av rejuvenator. Laboratiestudien kan være et bidrag til å planlegge og følge opp slike forsøk.

2 Om rejuvenatorer

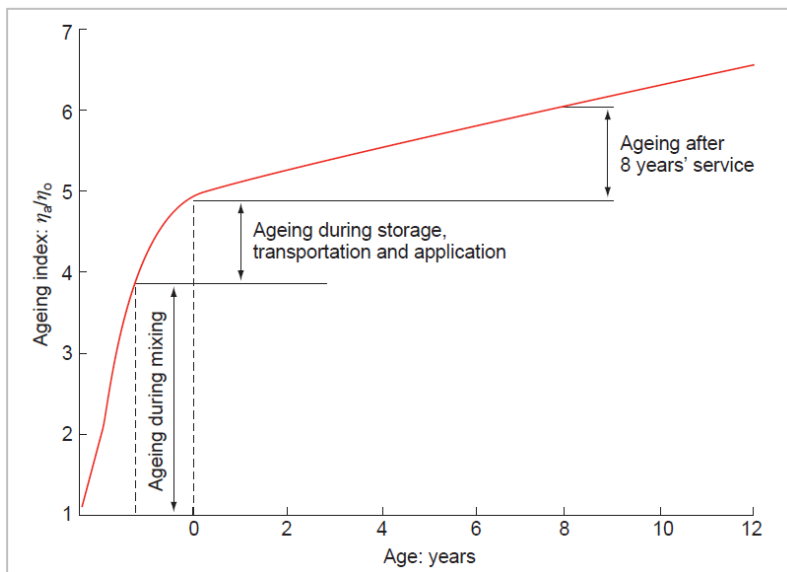
2.1 Aldring av bitumen og effekt av rejuvenatorer

Oppherding av bitumen i asfalten består i hovedtrekk av to prosesser:

- Oppherding pga. fordampning av flyktige stoffer ved høy temperatur ved blanding, varmlagring, transport og utlegging.
- Oksidasjon i produksjonsfasen og ved brukstemperatur over tid i den utlagte asfalten. Langtidsaldringen avhenger av lufttilgang, temperatur og tid. Høyt hulrom i asfaltdekket og høye dekketemperaturer vil gi raskere oksidasjon og aldring.

Tynnere bitumenfilm på steinmaterialet (pga. lavt bindemiddelinnhold) vil gi større oppherding i produksjonsfasen samt raskere oksidasjon/aldring i den utlagte asfalten.

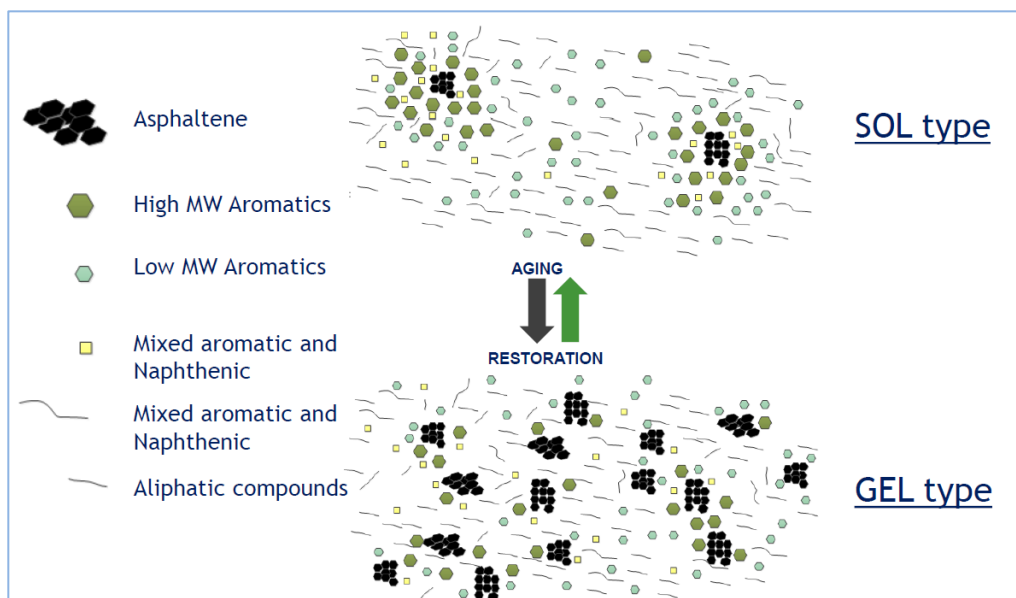
Oksidasjon i bruksfasen regnes som den viktigste årsak til aldring (Hunter, Self, & al., 2015), se figur 1. Aldring og oksidasjon fører til at molekylvekten til de kjemiske bestanddelene i bitumen øker. De største molekylene bindes sammen i asfaltener, som over tid samles i klynger og strukturer (figur 2). Økende innhold av harde asfaltener og avtagende innhold av mykere, plastiserende komponenter fører etter hvert til et hardt og sprøtt bitumen.



Figur 1 Aldringskurve for bitumen i asfalt under produksjon og i bruksfase

En rejuvenator fungerer som et fortynningsmiddel, som kan frigjøre eller løse opp klynger av de største molekylene (asfaltener) i aldret bitumen, se figur 2. Egenskapene til det ferske bitumen kan dermed gjenskapes i stor grad (Kraton, 2017).

Rejuvenatoren kan ikke reversere oksidasjonen, men kan i stor grad gjenskape de viskoelastiske egenskapene til nytt bitumen.



Figur 2 Fremstilling av hvordan rejuvenatorer gjenoppretter «opprinnelig» (sol-type) tilstand i aldret (gel-type) bitumen

Løsemiddelbaserte fortynningsmidler vil bare gi en kortvarig oppmykning siden de ikke gjenskaper opprinnelige egenskaper. Flyktige løsemidler fordampes under asfaltens produksjon og i tidlig bruksfase. Opphellingen går derfor raskere enn for nytt bitumen.

Når bitumenaldringen i gammel asfaltmasse har gått veldig langt, kan ikke de opprinnelige egenskapene gjenopprettes. Asfaltgranulat med så hardt og sterkt aldret bitumen bidrar ikke som bindemiddel, og fungerer da som et tilslag.

2.2 Produkter

Tabell 1 viser materialer som ble undersøkt i prosjektet

Tabell 1 Materialer i undersøkelsen

Materialer	Leverandør	Kommentar
Gjenvunnet bitumen	VTI	Fra granulat/fresemasse
160/220 bitumen	Nynas AS	Flammepkt. > 220 °C (Coc)
Revive RA rejuvenator	Arstec AS	Produsent: Arkema/ArrMaz. Bio-olje. Flammepkt. > 175 °C (metode?)
Sylvaroad RP 1000 rejuvenator	Kraton	Produsent: Kraton Chemicals. Talloljebasert spesialprodukt. Flammepkt. > 270 °C (Coc)
Nygen 910 rejuvenator	Nynas AS	Mineraloljebasert spesialprodukt. Flammepkt. > 210 °C (PMcc)
ViaTop plus RC *	Permakem as	Produsent JRS. Smeltepkt. ca 60 °C. Flammepkt. Ikke oppgitt
Anova 1817*	Sparks AS	Produsent Cargill. Bio-olje, plantebasert. Flammepkt. > 250 °C (Coc)

* I andre runde med hardt granulat-bitumen

Produktdatablader (PDS) for produktene er gitt i vedlegg 1-5. Ingen av de fem produktene er klassifisert som helseskadelig.

3 Planlegging av forsøk

Den europeiske asfaltforeningen EAPA har utarbeidet en veiledning for vurdering og bruk av rejuvenatorer i resirkulert asfalt (EAPA, 2018). Den tyske asfaltforeningen har gitt ut en tilsvarende veiledning (DAV, 2020).

De to veilederne beskriver bruk av umodifisert bitumen i resirkulert og ny asfalt. De beskriver at det innledningsvis utføres en laboratoriestudie der gjenvunnet, aldret bitumen fra resirkulert asfalt blandes med rejuvenator til ønsket «fersk» bitumengrad. Deretter korttidsaldres prøveblandinger med RTFOT, etterfulgt av en eller to langtidsaldringer (PAV), for å avklare om prøveblandinger herdes og aldres tilsvarende et ferskt bitumen. Bindemiddelegenskaper ved høy og lav brukstemperatur undersøkes med relevante prøvingsmetoder.

I dette prosjektet er det utført to runder med laboratorieprøvinger:

- Med mykt granulatbitumen og tre rejuvenatorer
- Med hardt granulatbitumen og fem rejuvenatorer.

3.1 Hva som skulle undersøkes

Første trinn var å lage prøveblandinger som simulerer 50 % gjenbruk. Målbitumenet var 160/220 som hadde penetrasjon 160 mm/10 og mykningspunkt 38 °C. Gjenvunnet granulatbitumen i andre runde hadde penetrasjon 24 mm/10 og mykningspunkt 60 °C.

Rejuvenator-tilsetning til granulatbitumen for å få samme mykningspunkt som 160/220, ble avklart ved beregning og prøveblanding.

Blandinger til laboratorieprøving besto av 50 % 160/220 og 50 % oppmyket granulatbitumen. Prøven av 160/220 var referanse. Bindemiddeltesting ble utført for å undersøke hvordan blandinger ble påvirket av korttids- og langtidsaldring.

Tabell 2 gir en oversikt over prøvingene.

Tabell 2. Prøvingsplan

Prøving	Ferske blandinger	etter RTFOT	e/RTFOT+PAV	e/RTFOT+2PAV
DSR (G* og MSCRT)	x	x	x	x
DSR temperaturfølsomhet til G* (0 °C til 70 °C)	x	x	x	x
Mykningspunkt	x	x	x	x
Penetrasjon	x	-	-	-
Fraass bruddpunkt	-	x	x	-

De ferske blandinger besto av 50 % oppmyket granulatbitumen og 50 % 160/220 bitumen.

Vedheft og vannfølsomhet for blandinger med mykt granulatbitumen ble undersøkt med rulleflaskemetoden og våndskakemetoden. Blandinger uten og med amintilsetning ble testet.

3.2 Prøvingsmetoder og prøvingsplan

Tabell 3 gir oversikt over benyttede prøvingsmetoder i undersøkelsen. Gjenvinning av bitumen fra asfaltgranulat ble utført av Veiteknisk institutt (VTI). PAV-langtidsaldring ble utført av NTNUs bindemiddellaboratorium. Fraass bruddpunkt ble utført av Nynas Bitumens laboratorium i Nynäshamn.

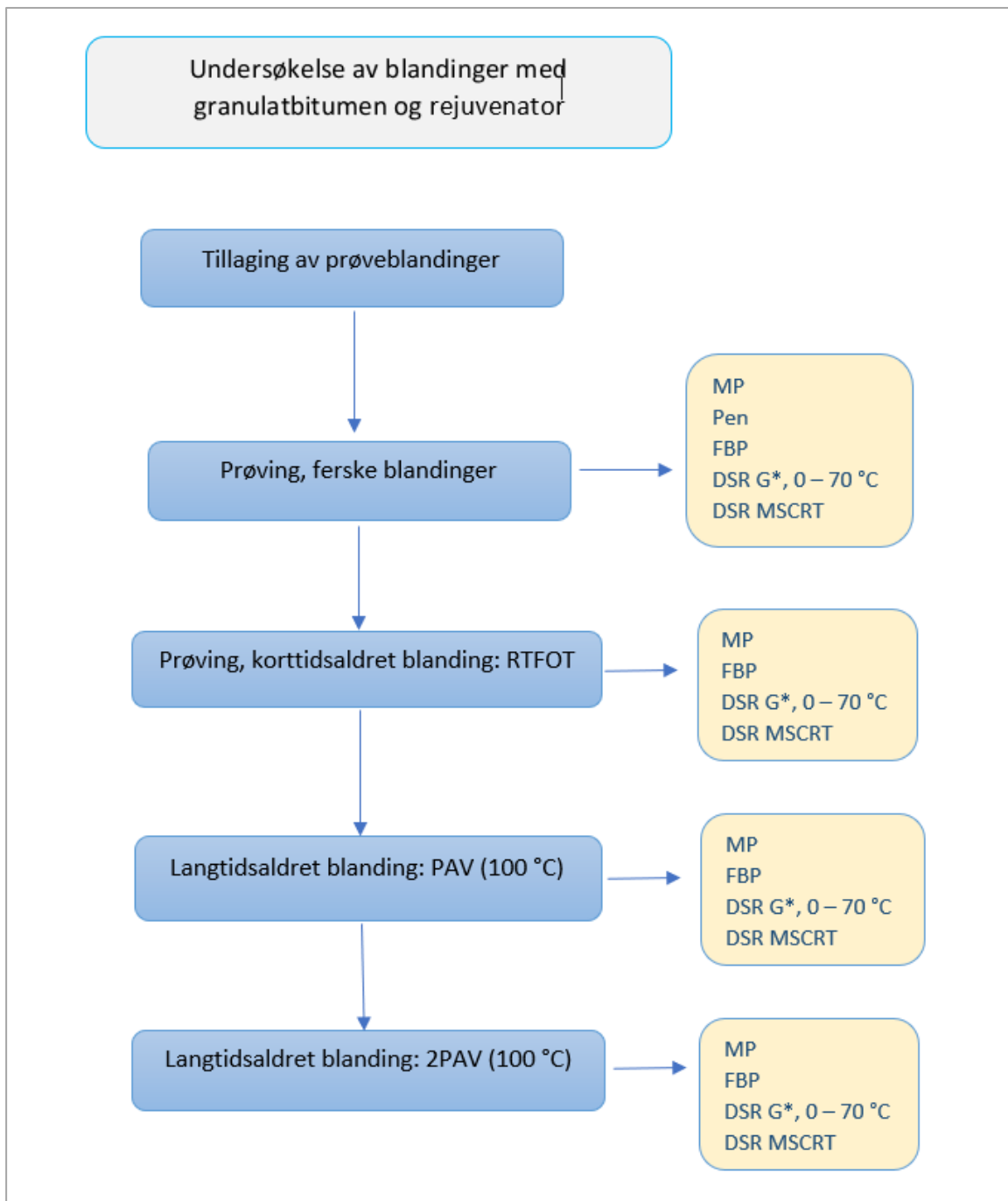
Tillaging av prøveblandinger og øvrige prøvinger ble utført av vegvesenets laboratorium i Trondheim.

Tabell 3. Prøvingsmetoder i undersøkelsen

Standard	Prøvingsmetode
NS-EN 12697-3:2013	Gjenvinning av bitumen: Rotasjonsfordamper
NS-EN 1426:2015	Penetrasjon @ 25°C (Pen)
NS-EN 1427:2015	Mykningspunkt (MP)
NS-EN 12593:2015	Fraass bruddpunkt (FBP)
NS-EN 12607-1: 2014	Rolling Thin Film Oven Test, RTFOT @ 163 °C
NS-EN 14770:2012	DSR G* og δ , temperaturområde (40 °C – 0 °C) og (40 °C – 70 °C)
NS-EN 16659:2015	Multiple Stress Creep and Recovery Test (MSCRT) @ 50°C, Jnr og R%
NS-EN 14769:2012	Pressure Ageing Test (PAV), 20 t og 40 t @ 100°C
NS-EN 12697-11	Rulleflaskemetoden på prøveblandingen og 8/11 mm steinmateriale
NCC Roads, intern metode	Vändskak-testing på varmblandet 0-4 mm asfalt. Utstyr iht. NS-EN 12274-7: <i>Shaking abrasion test</i>

Det ble ikke utført prøving av vedheft og vannfølsomhet i andre runde. Resultatene fra første runde (se kap. 5.5 og vedlegg 8) viste små forskjeller i vedheft og vannfølsomhet for prøveblandingen. De undersøkte rejuvenatorene var «nøytrale» i forhold til vedheft og vannfølsomhet. Tilsetningene reduserte ikke effekten til aminet.

Arbeidsplanen for undersøkelsene er vist i figur 3.



Figur 3 Prøvingsplan for bindemiddeltesting.

4 Laboratorieanalyser - Resultater

4.1 Innledende arbeid

I det innledende arbeidet er det nyttig å beregne mengden rejuvenator som tilsettes granulatbitumenet for å oppnå ønsket bitumengrad. Alternativet er å lage prøveblandinger med gjenvunnet granulatbitumen for å finne optimal tilsetning. Det er arbeidskrevende å gjenvinne bitumen fra granulat, og tilgjengelig mengde granulatbitumen er begrenset. Å beregne sannsynlig tilsetningsmengde og kontrollere den med en eller to prøveblandinger, synes fornuftig.

Ulike prøvingsmetoder eller prøvingstemperaturer for å finne blandeforholdet, kan gi ulik mengde tilsetning. For eksempel vil penetrasjon og mykningspunkt gi ulike blandeforhold (Tanghe, Lemoine, & al., 2012) (EAPA, 2018). Mykningspunkt benyttes ofte til å finne optimalt blandeforhold.

Siden rejuvenatorene er lavviskøse, er det ikke mulig å bestemme mykningspunkt på disse. Leverandørene oppgir ofte viskositet ved ulike temperaturer for sine produkter. Viskositet til bitumen kan bestemmes direkte eller beregnes fra kompleksmodulen (G^*) ved samme temperatur.

Den amerikanske standarden ASTM D4887 viser hvordan man kan bestemme mengde tilsatt rejuvenator til granulatbitumen for å oppnå ønsket bitumenviskositet.

I denne undersøkelsen beregnes blandeforholdet mellom granulatbitumen og rejuvenator etter viskositet ved 60 °C. En dobbelt-logaritmisk fremstilling gir en lineær blandekurve:

$$\log\log(V) = A \cdot \log\log(V_a) + B \cdot \log\log(V_b)$$

V: viskositet i blanding V_a : viskositet granulatbitumen V_b : viskositet rejuvenator

A: andel granulatbitumen B: andel rejuvenator $A + B = 1,00$

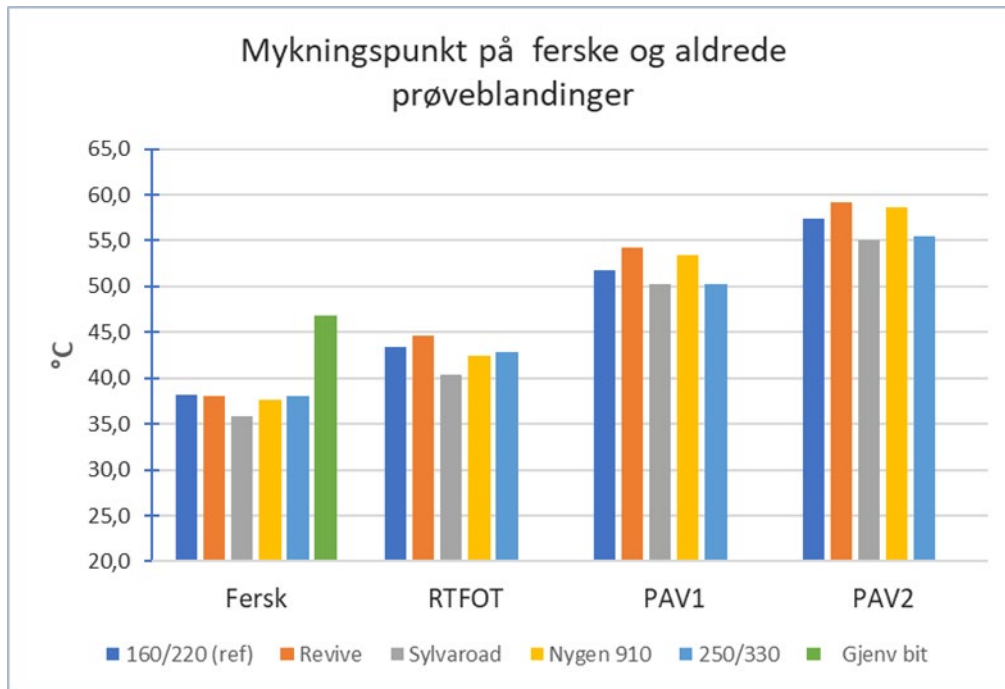
Viskositet ved 60 °C til granulatbitumen (penetrasjon 24) og målbitumen (penetrasjon 160) ble bestemt ved DSR-måling. Rejuvenatorenes viskositet er oppgitte eller målte verdier.

Det ble laget prøveblandinger med 50 % oppmyket granulatbitumen og 50 % ny bitumen 160/220.

4.2 Bindemiddelanalyser for blandinger med mykt granulatbitumen

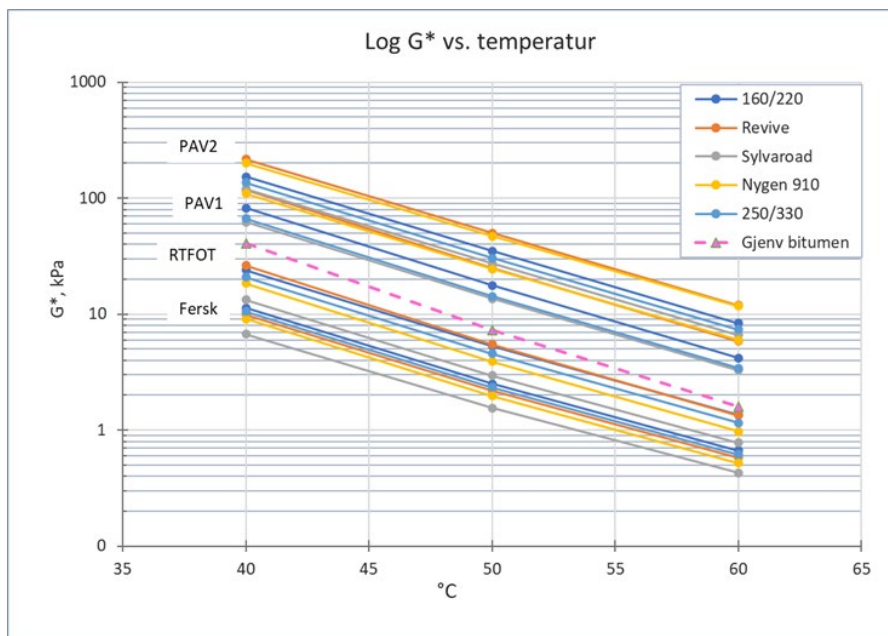
Se også oversikt blandinger og resultater i vedlegg 8

Mykningspunkt på ferske og aldrede prøveblandinger samt på gjenvunnet granulatbitumen er vist i figur 4



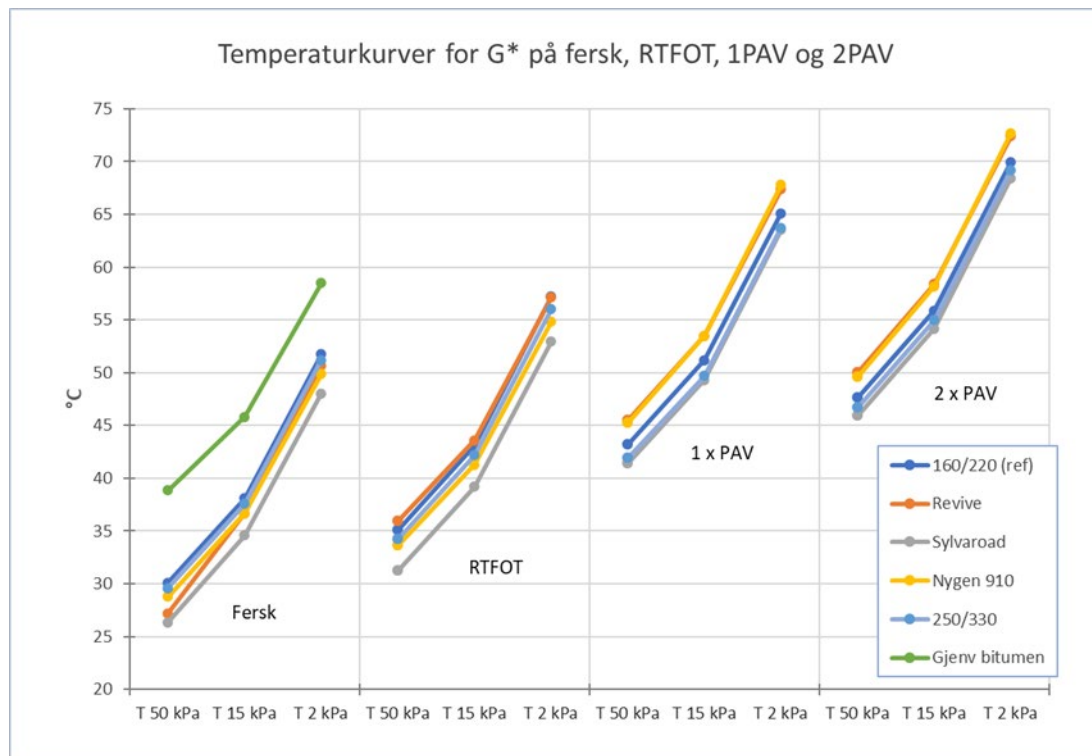
Figur 4 Mykningspunkt på ferske og aldrede prøveblandinger, samt på gjenvunnet granulatbitumen

Målinger på DSR (dynamisk skjærreometer) ble gjort på ferske og aldrede prøveblandinger samt på gjenvunnet granulatbitumen med 25 mm plate geometri. Bestemmelse av kompleks skjærmodul (G^*) og fasevinkel (δ) ble gjort ved 40, 50 og 60 °C. Resultater på ferske og aldrede prøveblandinger samt gjenvunnet bitumen er vist i figur 5.



Figur 5 Kompleksmodul. G^* , på ferske og aldrede prøveblandinger

Figur 6 viser en oversikt over temperaturfølsomhet for temperaturer der ($G^*= 2$ kPa, 15 kPa og 50 kPa) på ferske og aldrede prøver.



Figur 6 Temperaturfølsomhet for G^* (temperatur for 2 kPa, 15 kPa og 50 kPa)

Multiple Stress Creep and Recovery Test (MSCRT)

Prøvingen ble utført ved 50 °C på ferske og aldrede prøveblandinger.

Prøvens deformasjonsmotstand bestemmes ved å gjennomføre 10 krypsykluser ved tre spenningsnivåer. I en krypsyklus belastes prøven i ett sekund og avlastes i 9 sekunder. Deformasjonen under belastning, vil under avlastning gå tilbake mer eller mindre etter hvor elastisk prøven er. Etter ti sykluser beregner reometeret den gjenværende tøyningen (middelverdi for ti sykluser), som delt på skjærspenningen gir verdien J_{nr} .

J_{nr} -verdien representerer «non-recoverable creep compliance». På norsk kan dette oversettes til: «ikke-gjenvinnbar krypføyelighet». Enheten er 1/kPa.

Jo lavere J_{nr} -verdi, jo lavere er gjenværende tøyning. I amerikansk og europeisk PMB-standard (høringsutgave) benyttes J_{nr} -verdi ved 3,2 kPa skjærspenning.

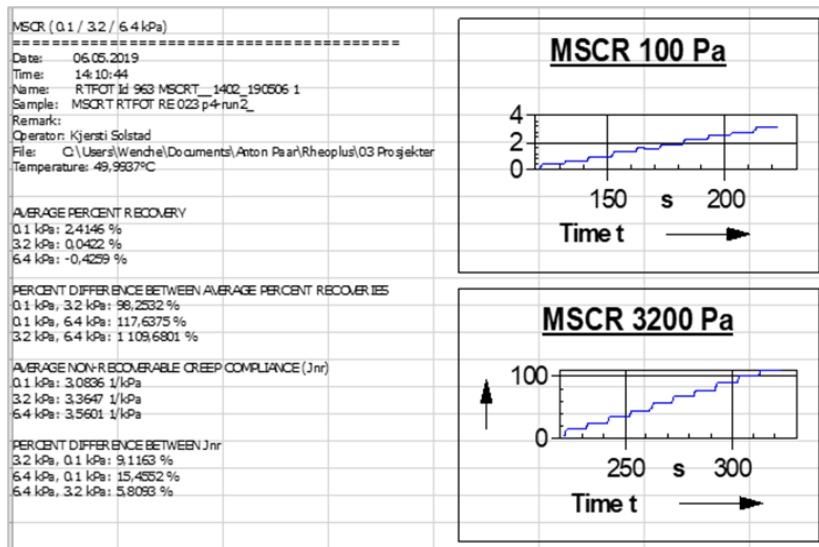
Selv om metoden er laget spesielt for PMB, fungerer den også godt for vanlig bitumen.

Elastisk tilbakegang R%, beregnes også i MSCRT-prøvingen. Gjennomsnittverdi for 10 sykluser rapporteres.

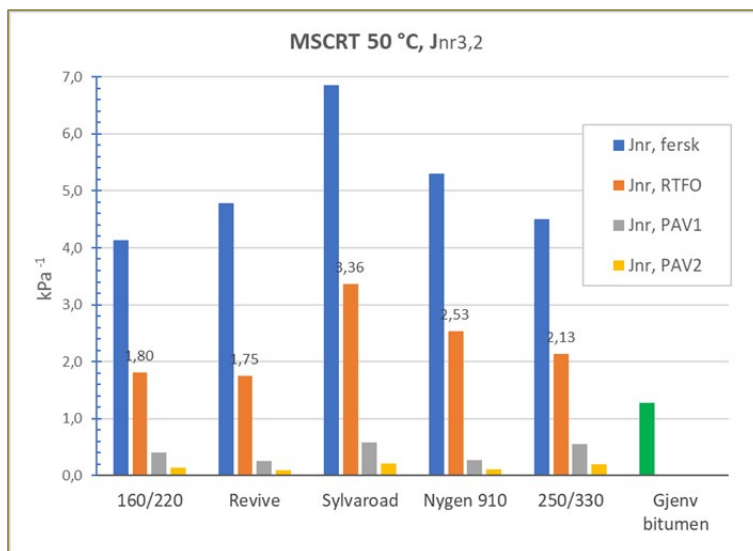
Figur 7 viser et eksempel på en MSCRT-prøving. En ser at kurven har trappetrinnfasong. Det betyr at prøven har liten elastisk tilbakegang (R% er mindre enn 10 %).

For umodifisert bitumen er det hovedsakelig bindemiddelstivheten som bidrar til lav J_{nr} -verdi. For polymermodifisert bitumen fører særlig stor elastisk tilbakegang til lav J_{nr} -verdi.

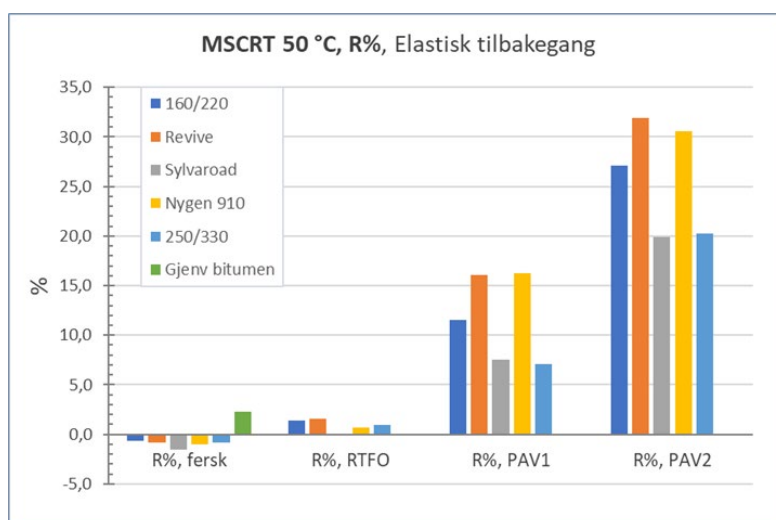
Figur 8 og 9 viser J_{nr} -verdi og elastisk tilbakegang på RTFOT-herdede prøver.



Figur 7 MSCRT på prøve etter RTFOT, utskrift fra DSR-reometer



Figur 8 MSCRT-prøving av ferske og aldrede prøver



Figur 9 MSCRT elastisk tilbakegang (R%) til ferske og aldrede prøver

4.3 Bindemiddelanalyser på blandinger med hardt granulatbitumen

Tabell 4 viser analyseverdier på inngående materialer. Tabell 5 viser analyseverdier og blandeforhold i blandinger for å gjenskape 160/220 bitumen. Prøveblandingene er med 50 % ferskt 160/220. Resultater fra utførte analyser og prøvninger er gitt i vedlegg 6 og 7.

Tabell 4. Analyseverdier på inngående materialer

Prøve	Penetrasjon mm/10	Mykningspkt. °C	Viskositet 60 °C mPas	Fraass bruddpkt. °C
Gjenvunnet bitumen	24	60,2	1598 000 *	-11
160/220 referanse	160	37,8	68 700 *	-28
Revive RA			2,7	
Sylvaroad RP1000			22	
Nygen 910			32	
ViaTop RC		62-65		
Anova 1817			29	

* fra DSR (G*) -måling

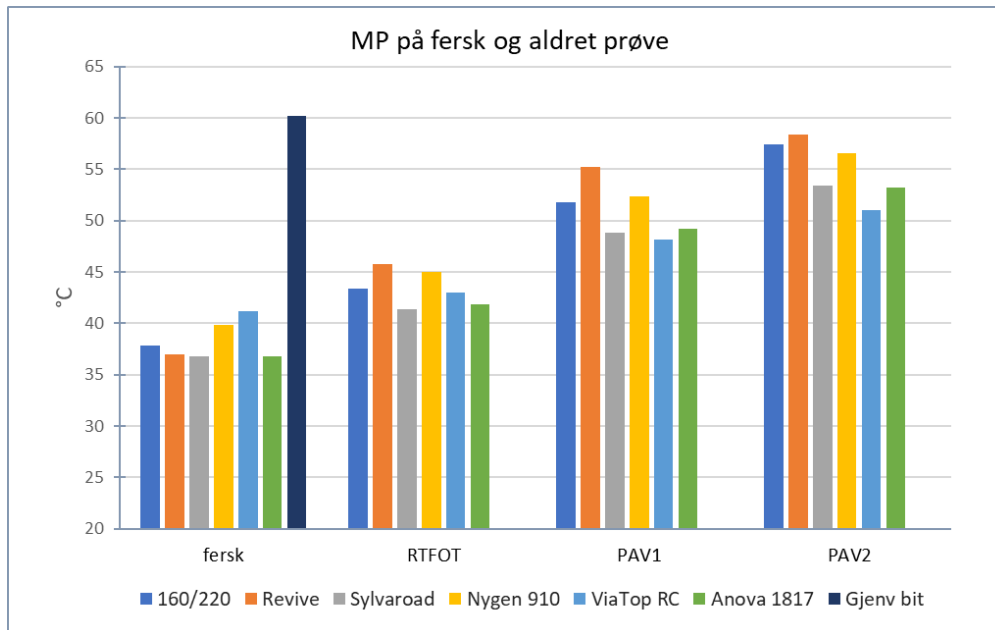
Tabell 5. Blandeforhold for å gjenskape 160/220 bitumen og analyseverdier på blandinger tilsatt 50 % ny 160/220 bitumen.

Rejuvenator tilsatt gjenvunnet bitumen	Andel gjenv. bitumen	Andel rejuvenator	Mykn. pkt. °C	Pen 25 °C dmm	Dyn visk 60°C Pas *
Revive RA	0,926	0,074	37,0	206	66,9
Sylvaroad RP1000	0,877	0,123	36,8	201	65,3
Nygen 910	0,847	0,153	39,8	146	80,2
ViaTop RC	0,885	0,115	41,2	154 **	32,2
Anova 1817	0,870	0,130	36,8	200	63,3

* fra DSR (G*) -måling

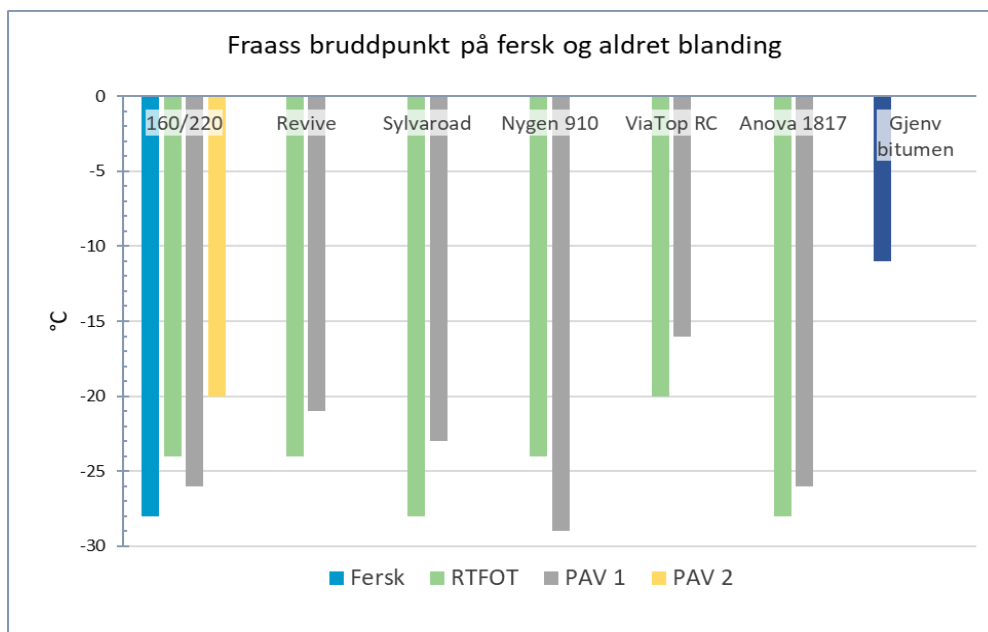
** middel av to prøvninger

Mykningspunkt på ferske og aldrede prøveblandinger samt på gjenvunnet granulatbitumen er vist i figur 10.



Figur 10 Mykningspunkt på ferske og aldrede prøveblandinger, samt på gjenvunnet granulatbitumen

Fraass bruddpunkt på ferske og aldrede prøveblandinger samt på gjenvunnet granulatbitumen er vist i figur 11.



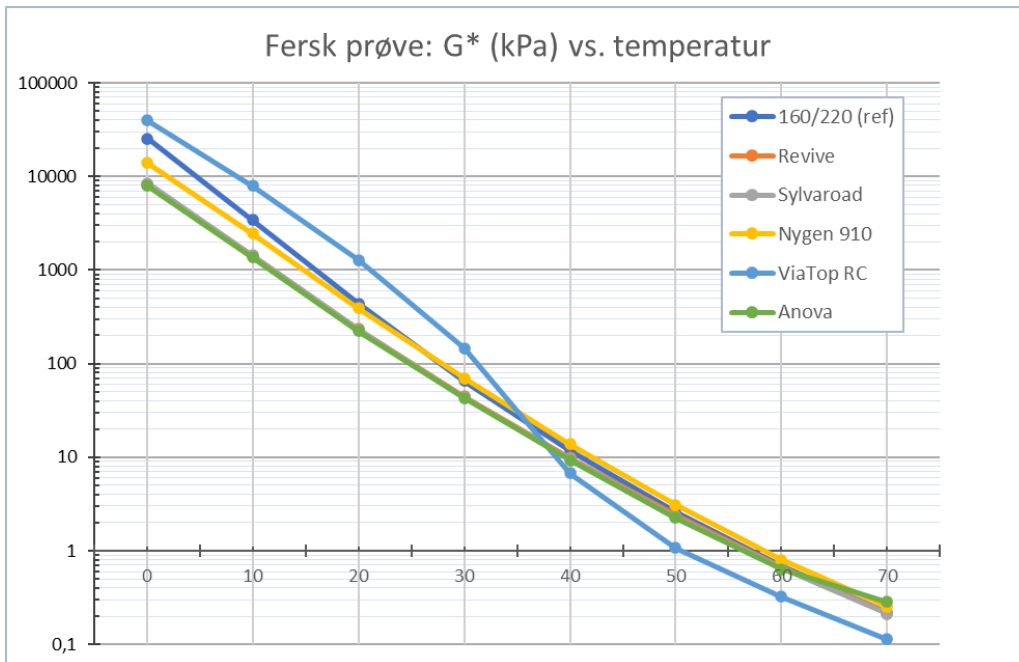
Figur 11 Fraass bruddpunkt på ferske og aldrede prøveblandinger

DSR-målinger

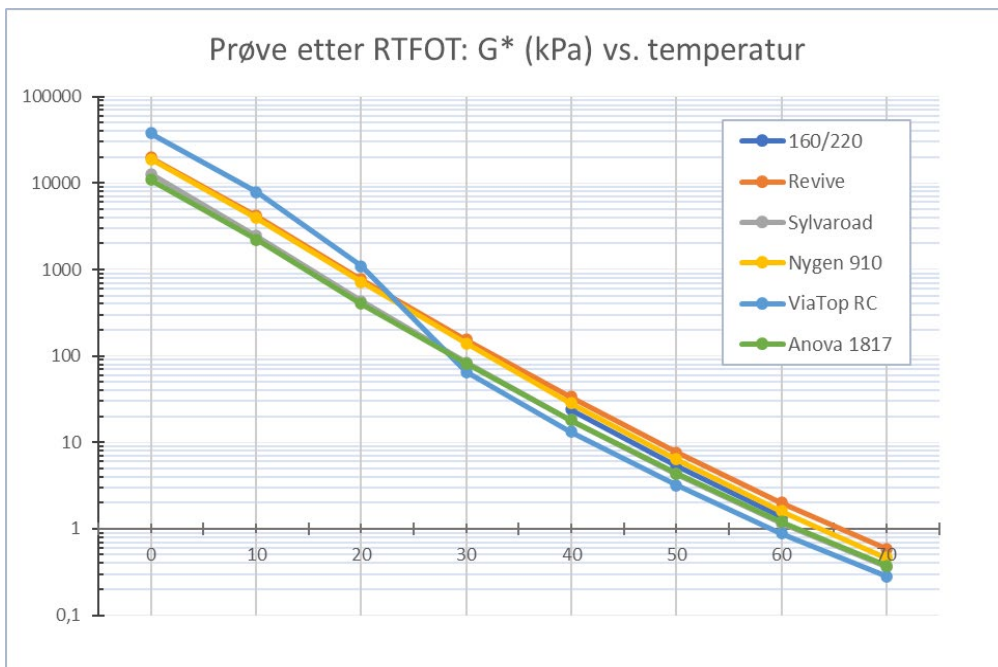
Reometeret ble programmert til å måle ved fast innstilte temperaturer («temp-ramp») med trinn på 10 °C. Til temp-ramp 40 – 70 °C benyttes 25 mm plategeometri. Til temp-ramp 40 – 0 °C benyttes 8 mm plategeometri.

DSR-målingene ble gjort på ferske og aldrede prøveblandinger samt på gjenvunnet granulatbitumen.

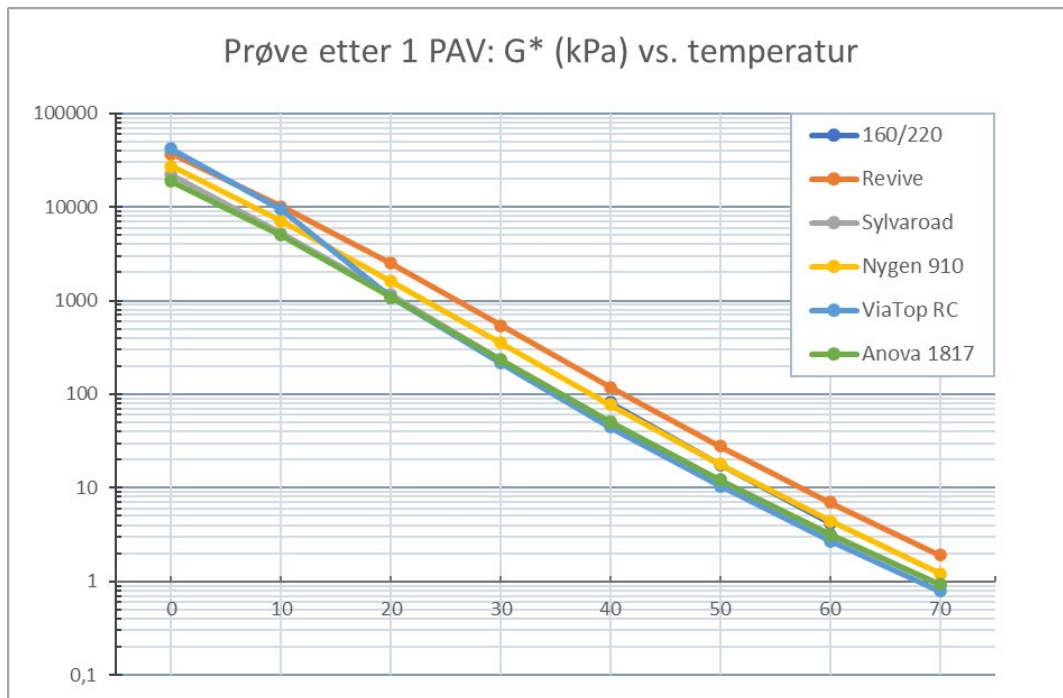
Bestemmelse av kompleks skjærmodul (G^*) og fasevinkel (δ) ble gjort ved 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 og 70 °C. Resultatene på ferske og aldrede prøveblandinger samt på gjenvunnet bitumen er vist i figur 12 til 15.



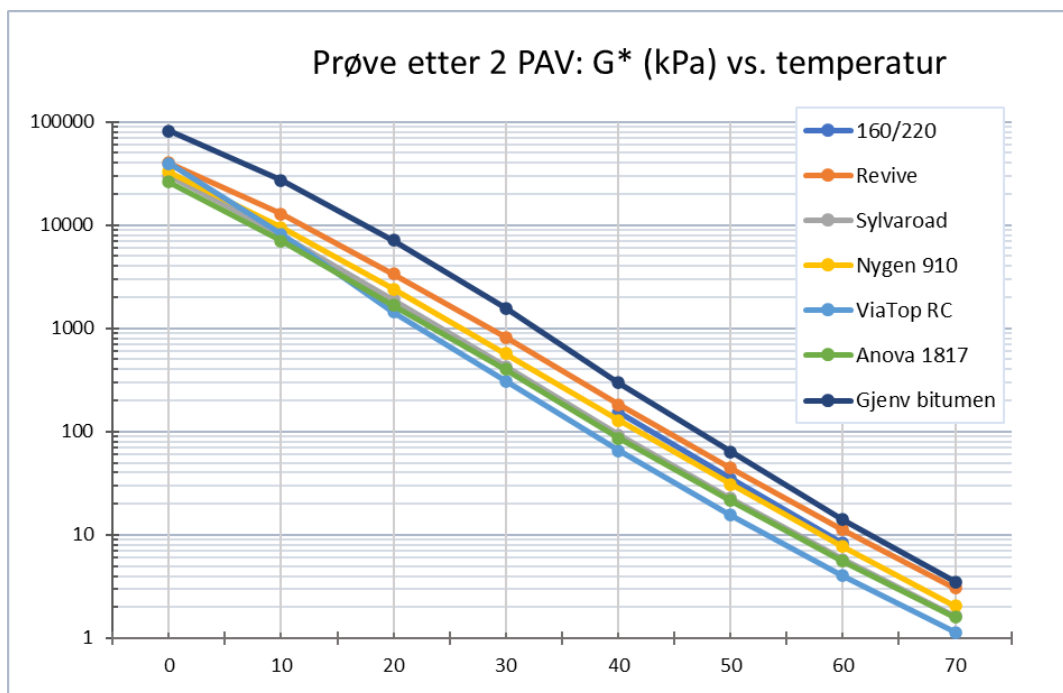
Figur 12 Kompleksmodul G^* , på ferske prøveblandinger



Figur 13 Kompleksmodul. G^* , på RTFO-aldrede prøveblandinger

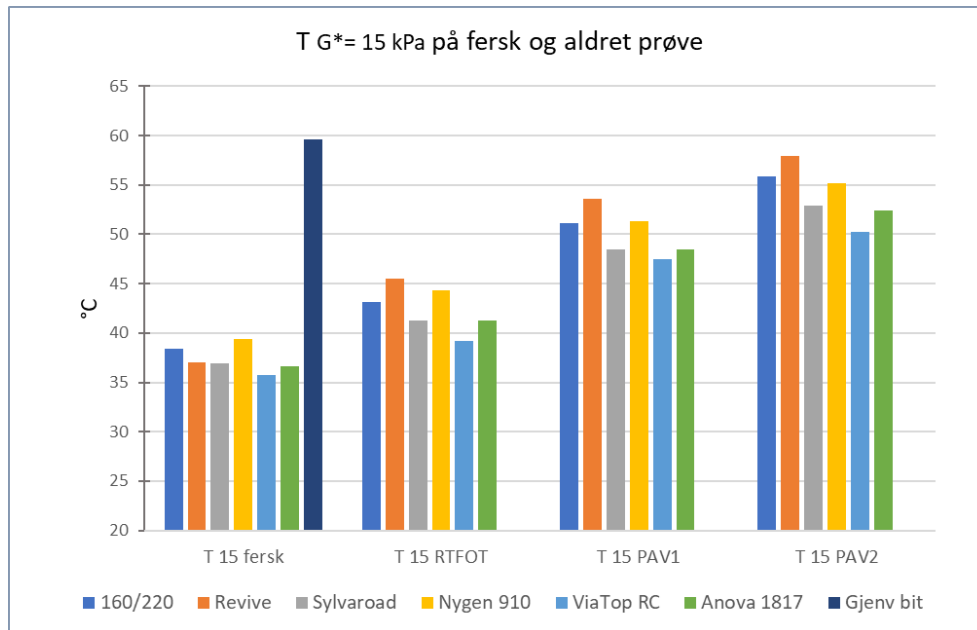


Figur 14 Kompleksmodul. G^* , på ferske og PAV-aldrede prøveblandinger



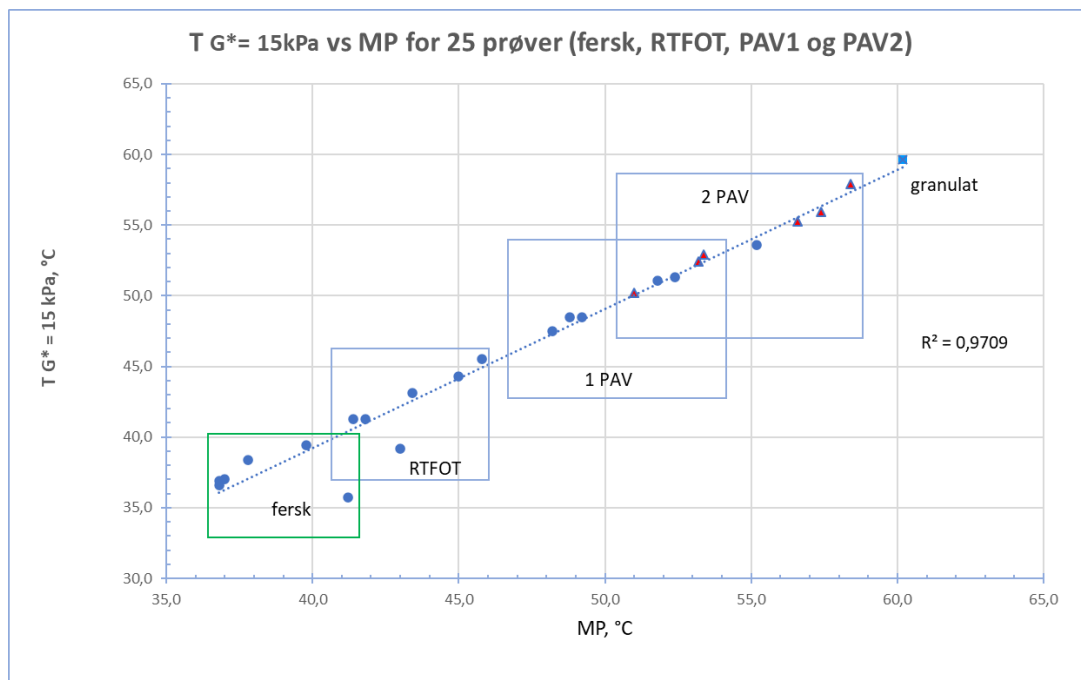
Figur 15 Kompleksmodul. G^* , på 2 × PAV-aldrede prøveblandinger

Figur 16 viser hvordan temperaturen der $G^*=15$ kPa endres ved aldring.



Figur 16 Temperatur for $G^*=15\text{kPa}$ for ferske og aldrede prøveblandinger

Figur 17 viser lineært forhold og god korrelasjon ($R^2 = 0,971$) mellom mykningspunkt og temperatur der $G^*=15\text{ kPa}$.



Figur 17 Temperatur for $G^*=15\text{kPa}$ plottet mot mykningspunkt for ferske og aldrede prøveblandinger.

Temperaturfølsomhet G* (T-verdier)

På grunnlag av G*-verdiene ved 40, 50 og 60 °C beregnes temperaturen der G* er 2 kPa, 15 kPa og 50 kPa.

Temperaturen der G*= 2,2 kPa for prøve etter RTFOT-herding, benyttes i den amerikanske PG-spesifikasjonen. Temperaturene der G*= 15 kPa og G*= 50 kPa har vært aktuelle i arbeidet med ny europeisk PMB-standard. Tyskland har allerede begynt å bruke temperatur der G*= 15 kPa istedenfor mykningspunkt til umodifisert bitumen.

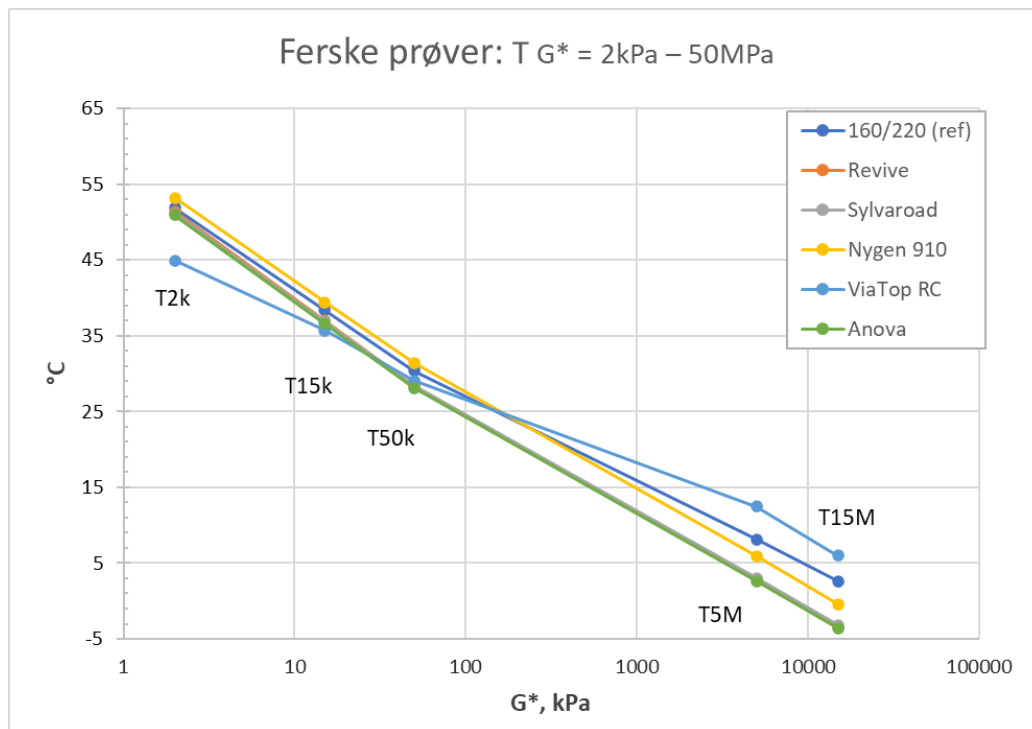
På grunnlag av G*-verdi ved 30, 20, 10 og 0 °C, beregnes temperaturer der G* er 5 MPa og 15 MPa. Temperaturen der G*= 5 MPa etter PAV-aldring benyttes i den amerikanske PG-spesifikasjonen (utmatningskriterium). Temperaturen der G*= 15 MPa ligger i området -4 °C til +9 °C for prøveblandingene (fra ferske til langtidsaldrede). T-verdi for G*=15 MPa beskriver bindemiddelstivhet i området rundt 0 °C.

Tabell 6 gir en oversikt over beregnede T-verdier i de ulike aldringstrinnene.

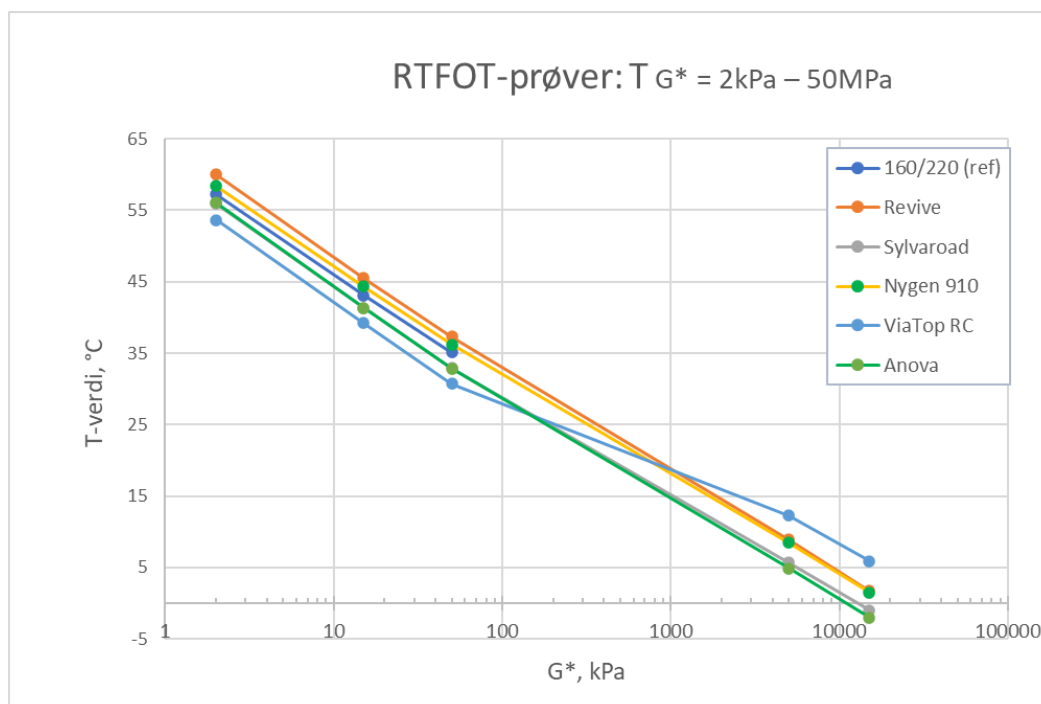
Tabell 6 Beregnede T-verdier for G*= 2 kPa, 15 kPa, 50 kPa samt 5 MPa.

Prøve/Rejuvenator	T G* 2 kPa °C	T G* 15 kPa °C	T G* 50 kPa °C	T G* 5 MPa °C
Fersk				
160/220 (ref)	51,9	38,4	30,4	8,1
Revive	51,4	37,0	28,5	2,8
Sylvaroad	51,2	36,9	28,4	3,0
Nygen 910	53,2	39,4	31,4	5,9
ViaTop RC	44,9	35,7	29,1	12,5
Anova 1817	51,0	36,6	28,1	2,6
Gjenv bitumen	72,9	59,6	51,6	24,7
RTFOT				
160/220 (ref)	57,2	43,1	35,1	
Revive	60,0	45,5	37,3	8,9
Sylvaroad	55,8	41,3	32,9	5,7
Nygen 910	58,4	44,3	36,2	8,5
ViaTop RC	53,6	39,2	30,7	12,3
Anova 1817	56,1	41,3	32,8	4,9
PAV1				
160/220 (ref)	65,1	51,1	43,2	
Revive	69,6	53,6	45,9	15,0
Sylvaroad	63,7	48,5	40,1	10,3
Nygen 910	66,1	51,3	43,0	12,6
ViaTop RC	62,4	47,5	39,2	12,9
Anova 1817	63,8	48,5	40,0	10,0
PAV2				
160/220 (ref)	70,0	55,9	47,6	
Revive	73,21	57,9	49,1	17,1
Sylvaroad	68,4	52,9	44,4	13,3
Nygen 910	70,2	55,2	46,6	14,6
ViaTop RC	65,5	50,2	41,9	12,9
Anova 1817	68,2	52,4	43,9	12,4

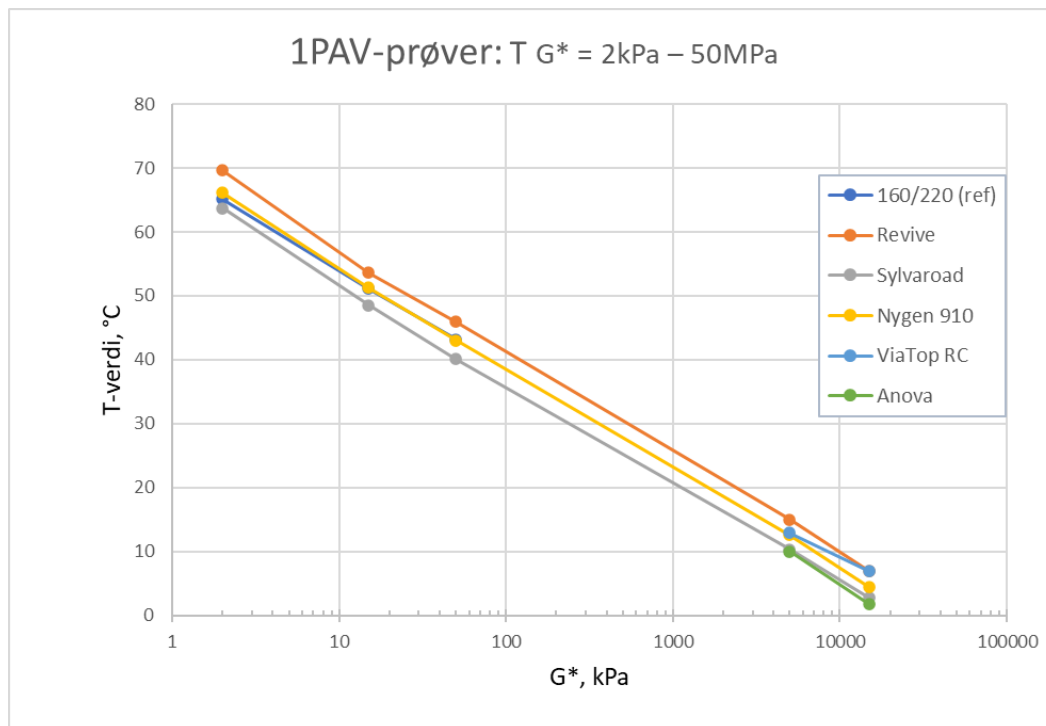
Figurene 18-21 viser temperaturfølsomhetskurver på ferske og aldrede prøver. Verdiene for G^* er i logaritmisk skala.



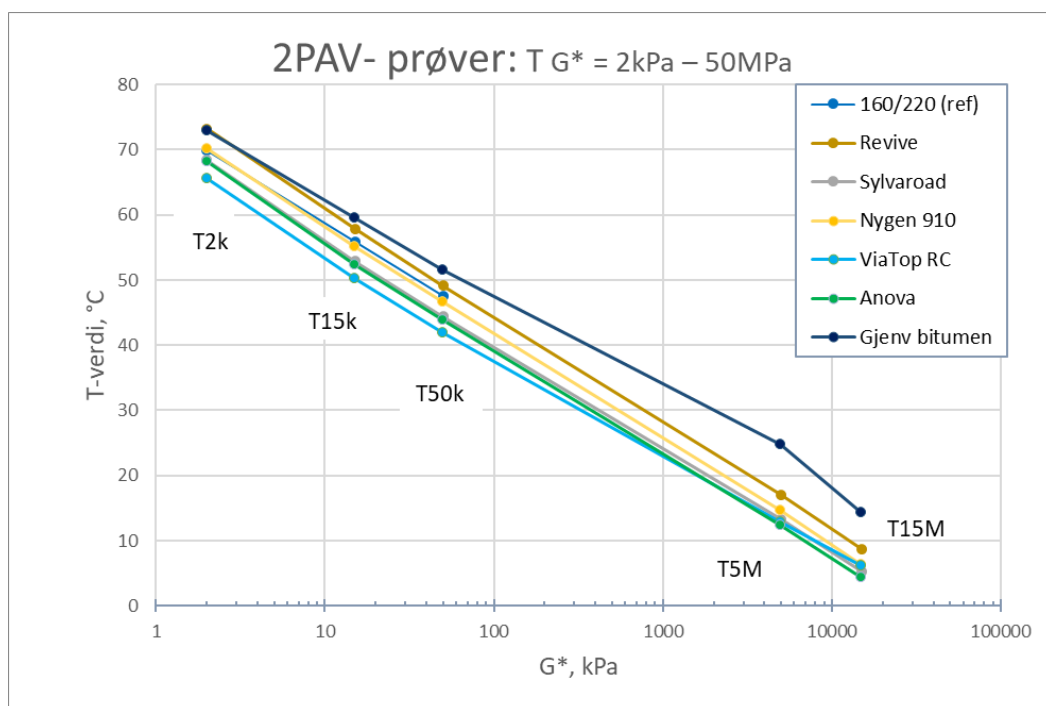
Figur 18 Temperaturfølsomhetskurve for ferske prøver. Indikatorer for temperatur: $G^* = 2 \text{ kPa}$; 15 kPa ; 50 kPa ; 5 MPa og 15 MPa .



Figur 19 Temperaturfølsomhetskurve for korttidsaldrede prøver. Indikatorer for temperatur der $G^* = 2 \text{ kPa}$; 15 kPa ; 50 kPa ; 5 MPa og 15 MPa



Figur 20 Temperaturfølsomhetskurve for langtidsaldrede prøver.
Indikatorer for temperatur: $G^* = 2 \text{ kPa}$; 15 kPa ; 50 kPa ; 5 MPa og 15 MPa

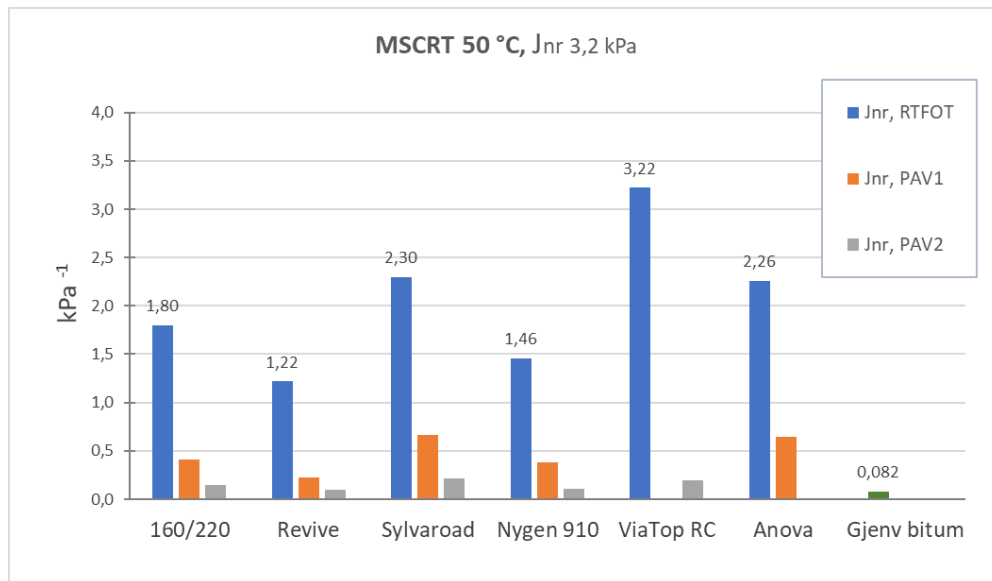


Figur 21 Temperaturfølsomhetskurve for dobbelt langtidsaldrede prøver, samt gjenvunnet granulatbitumen. Indikatorer for temperatur: $G^* = 2 \text{ kPa}$; 15 kPa ; 50 kPa ; 5 MPa og 15 MPa .

Verdiene for ViaTop gir en flatere temperaturkurve enn de andre blandingene på fersk og RTFOT-aldret prøve. På langtidsaldrede prøver har alle prøveblandingene forholdsvis lik temperaturfølsomhet. Figur 21 viser også at gjenvunnet granulatbitumen er hardere enn alle prøveblandingene etter dobbel langtidsaldring. Revive-blandingen var «hardest» av de langtidsaldrede prøveblandingene i hele temperaturområdet.

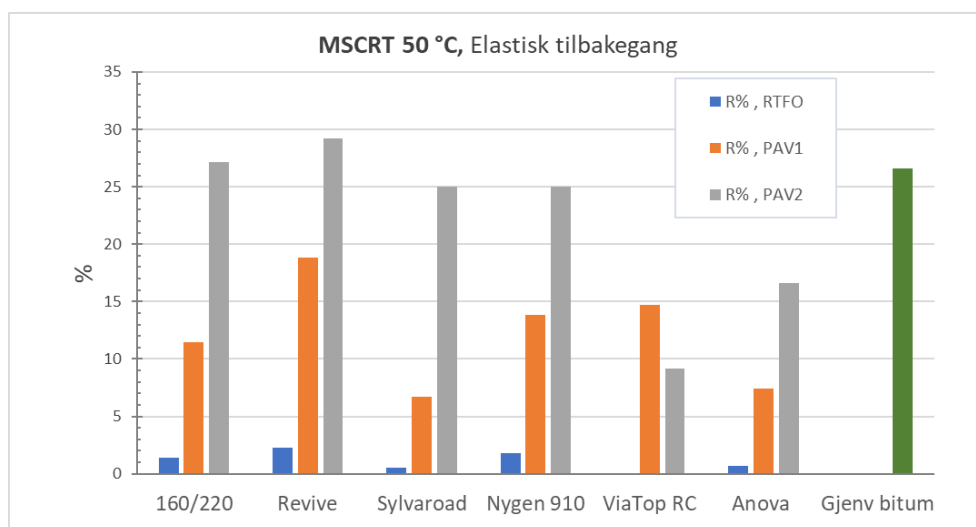
Multiple Stress Creep and Recovery Test (MSCRT)

Ble utført ved 50 °C på ferske og aldrede prøveblandinger. Figur 22 viser Jnr (3,2 kPa) til RTFOT- og PAV-aldrede prøver.



Figur 22 MSCRT-prøving av korttids- og langtidsaldrede prøver

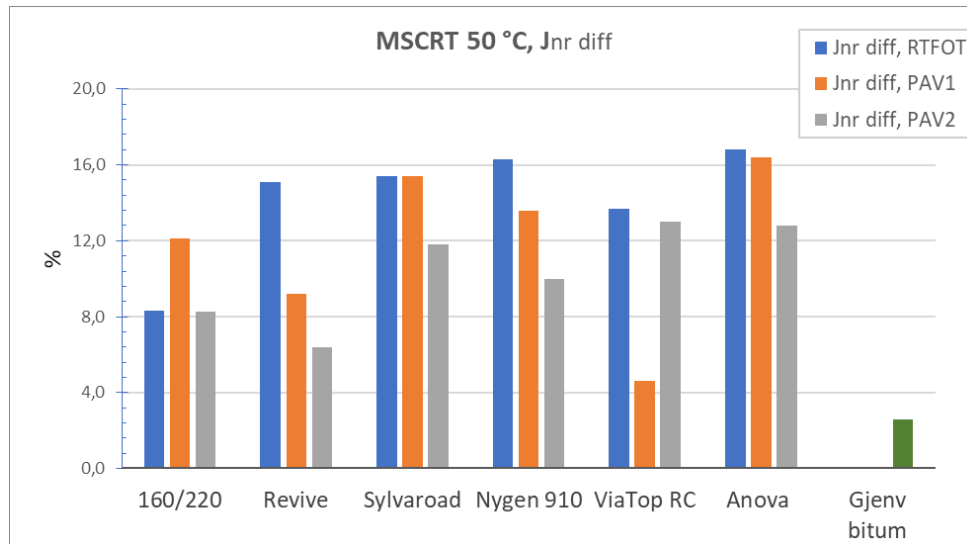
Figur 23 viser elastisk tilbakegang R%, til RTFOT- og PAV-aldrede prøver



Figur 23 MSCRT elastisk tilbakegang (R%) til korttids- og langtidsaldrede prøver

Relativ endring i Jnr når påført spenning økes med ett nivå, er spenningsfølsomhet (stress sensitivity), Jnr-diff. En bindermiddelprøve med Jnr-diff over 75 % regnes som spenningsfølsom i den amerikanske PMB-standard.

Figur 24 viser Jnr-diff verdier på ferske og aldrede prøver. Ingen av prøvene regnes som spenningsfølsomme.



Figur 24 Jnr-diff, spenningsfølsomhet for korttids- og langtidsaldrede prøver

5. Gjennomgang av prøvingsresultater

5.1. Blandeforhold

Det var innledningsvis ikke gode måledata til beregning av blandeforhold. Mengde tilsetning ble beregnet på grunnlag av viskositetsverdier for ferskt bitumen, gjenvunnet granulatbitumen og rejuvenatorer (se kap. 4.1). Det ble også tatt hensyn til anbefalte doseringer fra produsentene. I runden med hardt granulatbitumen ble blandingenes mykningspunkt forholdsvis lik referansens, med maksimalt avvik på 2-3 °C. ViaTop-blandingen hadde høyest mykningspunkt. Siden ViaTop er et fast stoff ved 40 °C, vil det bidra til høyere mykningspunkt i denne blandingen.

5.2. Fraass bruddpunkt

Fraass-verdien etter RTFOT lå på samme nivå som 160/220 på to av fem prøveblandinger. Høyeste og laveste verdi var -20 °C og -28 °C. På langtidsaldrede prøver fikk Viatop-prøven det høyeste bruddpunktet (-16 °C) mens Nygen fikk det laveste bruddpunktet (-29 °C). Alle verdier ligger innenfor spesifikasjonskravet til 160/220 (≤ -15 °C).

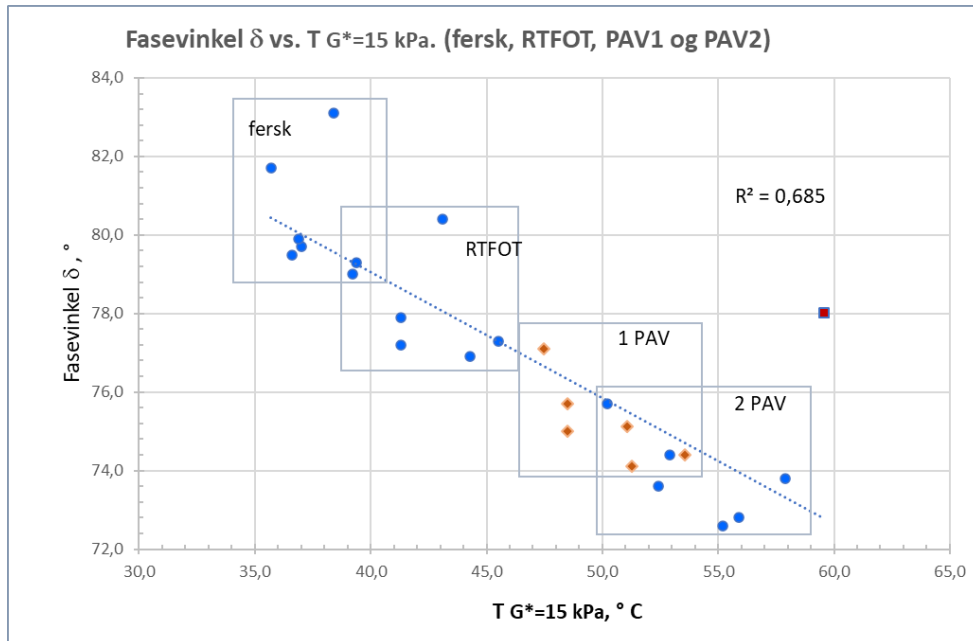
Fraass-verdien for blandingene økte fra RTFOT til 1 × PAV med 1,8 °C (snittverdier), og 1,8 °C for referansen.

Fraass-verdiene bestemt med automatisk apparat mistenkes å være bedre enn ved halvautomatisk bestemmelse. Metoden har en reproduserbarhet på 6 °C.

5.3. Kompleksmodul og fasevinkel for $TG^* = 15 \text{ kPa}$

Et plott av temperatur for fasevinkel mot $G^* = 15 \text{ kPa}$ ved samme temperatur, er vist i figur 25. Det viser en svak korrelasjon og at fasevinkelen avtar når bindemiddelet herdes og aldres.

Granulatbitumenets fasevinkel er høyere enn fasevinkelen til alle PAV-aldrede prøver. Dette indikerer at asfaltgranulatets bindemiddel ikke er like aldret og oksidert som de langtidsaldrede prøvene.



Figur 25 Blandinger med hardt granulatbitumen: Plott av fasevinkel og temperatur for $G^* = 15 \text{ kPa}$

5.4. Elastisk tilbakegang i MSCRT

At R% verdien ved 50 °C skulle øke fra 0 % på fersk prøve til ca. 25 % på 2 × PAV aldrede prøver, var noe uventet. Økte R%-verdier indikerer at det dannes strukturer i bindemiddelet under aldringen. Økt elastisk tilbakegang vil bidra noe til lavere Jnr-verdi og bedre deformasjons-motstand.

5.5. Vannfølsomhet - rulleflaske og vendeskak

Formålet med å teste vedheft og vannfølsomhet var å avklare om :

- Produktet i seg selv gir forbedret vedheft
- Produktet har negativ effekt på amintilsetning

For vedheft med rulleflaske (vedlegg 8) fikk alle blandingsene noenlunde likt resultat.

Amintilsetning var nødvendig for alle blandingsene.

For vändskak lå alle blandinger uten amintilsetning over vurderingskravet på maksimalt 15 % vekttap. Med amintilsetning tilfredsstilte alle blandinger vurderingskravet.

Undersøkelsen viser at de undersøkte rejuvenatorene er nøytrale i forhold til vedheft, og at de ikke reduserer effekten til det benyttede aminet.

6. Konklusjoner og videre arbeid

6.1. Når er det behov for rejuvenator

I en dansk rapport ([Andersson & et al., 2018](#)) bedømmes bruk av mykere bitumengrader som mer produkt- og produksjonssikkert enn bruk av lavviskøse rejuvenatorer. Dette fordi granulatbitumenet ikke var sterkt aldret, og at høyeste gjenbruksandel var 30 %.

I første runde av undersøkelsen ble testprogrammet utviklet og prøvet ut. Gjenvunnet granulatbitumen var mykt og lite aldret. I fullskalaproduksjon med 50 % gjenbruk er det neppe behov for rejuvenator til dette granulatet.

Ved 50 % gjenbruk med et hardt granulat, som i denne undersøkelsen, og med bindemiddelinnhold på 5,4 %, vil 19 % lavviskøs rejuvenator i blandingen øke bindemiddelinnholdet med 1,3 % (fra 5,4 % til 6,7 %). Den nye asfaltblandingen må da ha 4,9 % bindemiddelprosent for at ferdig blanding med 50 % granulat skal få 5,8 % bindemiddel.

Hvis f.eks. V1500 brukes til å gjenskape 160/220 i granulatet, blir andelen i blandingen 38 %. Bindemiddelinnholdet blir 8,7 % i mykgjort granulat. Bindemiddelprosent i ny asfaltblanding må være 3,0 % for at ferdig blanding skal få 5,8 %. Faren for dårlig innblanding og separasjon i massen øker.

Hvis 250/330 brukes til å gjenskape 160/220 i granulatet, blir andelen 80,5 % i oppmyket granulatbindemiddel. Bindemiddelinnholdet i mykgjort granulat blir 27,7 %. Ved 50 % gjenbruk blir bindemiddelinnholdet 14 % uten ny tilsetning av bitumen, og asfaltmassen blir uegnet. Ved tilsetning av 10 % oppmyket granulat må bindemiddelinnholdet i ny asfaltblanding settes til 3,4 % for at ferdig blanding skal få 5,8 %..

Mengden tilsatt rejuvenator eller mykere bitumengrad kan sette praktiske grenser for hvor høy gjenbruksgraden kan være. Over denne praktiske grensen, vil det være fornuftig å utføre ny proporsjonering og vurdere hvordan massen skal produseres.

En lavviskøs rejuvenator kan gi et bindemiddelinnhold i det oppmykede granulatet nesten på nivå med ordinær asfalt. 50 % gjenbruk vil i så fall bli både enklere og tryggere å proporsjonere og produsere.

6.2. Stort sett like resultater

Bindemiddelanalysene viser at produktene ikke skiller seg kritisk ut med hensyn til aldring og vedheft/vannfølsomhet. Konsistensen til ViaTop fører til at blandingen blir noe stivere ved lave temperaturer og litt mykere ved høye temperaturer. Etter langtidsaldring ble forskjellen mellom de ulike blandingsene mindre.

Fire av produktene har lav viskositet ved 60 °C (3, 22, 29 og 32 mPas), og ett produkt har smeltepunkt på ca. 60 °C. Rejuvenator-tilsetningen vil følgelig variere fra 7 % til 18 % i oppmyket granulatbitumen. Forskjellene i dosering kan ha praktiske eller økonomiske konsekvenser, men dette er ikke vurdert i denne studien.

6.3. Produktinformasjon

Informasjonen om rejuvenatorene er ulik fra leverandør til leverandør. Dette gjør det vanskelig for kunden å sammenligne ulike produkter og vurdere tilsetningsmengde. Produktdatabladene bør oppgi viskositet med hensyn til håndtering (lagring og pumpbarhet) og til å beregne blandingsforhold og tilsetningsmengde. Viskositet ved 25 °C og 60 °C bør alltid oppgis.

Det er nyttig å få beskrivelser og kalkulatorer for å beregne mengde tilsatt rejuvenator. Dessverre er ikke disse godt tilpasset 50 % gjenbruk med 160/220 som bindemiddel i ferdig masse.

I prosjektet er det utarbeidet veiledende blandetabeller for granulatbitumen med ulik hardhet, og rejuvenatorer med ulik viskositet (se vedlegg 9). Det bør alltid utføres prøveblandinger for å kontrollere og ev. justere beregnede blandeforhold.

Det er samtidig nødvendig å beregne hvor mye ekstrahert og gjenvunnet bitumen en trenger til disse prøvingene.

6.4. Videre arbeid: prøvinger med hardt granulatbitumen


Blandinger av komplekse bindemidler (f.eks. aldret PMB tilsatt ny PMB asfalt) er ikke vurdert så langt. Om det blir aktuelt med fullskalaproduksjon med f.eks. 50 % gjenbruk, kan det bli aktuelt å bidra med planlegging og bindemiddelprøving i et nytt prosjekt.

Referanser

- Andersen, E. O. (1998). *Ny Asfaltteknologi - Resultater fra bindemiddelundersøkelser*. Trondheim, Norge: SINTEF Vegteknikk.
- Andersson, O. G., & et al. (2018). *Cirkulær asfaltproduksjon i Danmark*. København: Miljøstyrelsen.
- Aslam, O., & Yousef, M. (2019). *Effekten av rejuvenatorer på aldret bitumen*. Masteroppgave. Ås: NMBU.
- DAV. (2020). *Rejuvenators in the reuse of asphalt*. Bonn, Tyskland: German Asphalt Association.
- EAPA. (2018). *Recommendations for the use of rejuvenators in hot and warm asphalt production*. Brussel, Belgia: European Asphalt Pavement Association.
- Hunter, Self, & al. (2015). *Shell Bitumen Handbook, sixth ed*. London, UK: ICE Publishing.
- KFA. (2019). *Veileder i gjenbruk av asfalt*. Bærum: Kontrollordningen For Asfaltgjenvinning, Veiteknisk institutt.
- Kraton. (2017). Product information. *SYLVAROAD™ RP1000 Performance Additive – EU*. Kraton.
- Tanghe, T., Lemoine, G., & al. (2012). *Influence of rejuvenating additives on recycled asphalt (RAP) properties*. Istanbul, Tyrkia: Eurasphalt & Eurobitume 2012.

Vedlegg

1. Produktdatablad Revive RA



Revive[®] RA

Recycled Bitumen Rejuvenator

Chemistry for Smarter Use of Recycled Asphalt Pavement (RAP)

Revive RA is an additive added to virgin bitumen to improve the ease and efficiency in which highly oxidized bitumen is extracted from RAP and reincorporated back into the new mix and pavement. Revive RA is used to facilitate higher RAP usage levels without compromising asphalt performance. Revive RA is used to engineer asphalts that conform to typical specifications, including AASHTO R35: *Standard Practice for Superpave Volumetric Design* and AASHTO T322 *Standard Method of Test for Determining the Creep Compliance and Strength of Hot-Mix Asphalt (HMA) Using the Indirect Tensile Test Device*.

Applications: Asphalt Paving

Features and Benefits

Better Efficiency
Chemically works to extract higher amounts of oxidized bitumen from the RAP
Binds extracted bitumen and virgin bitumen together for compatibility and homogeneity, resulting in consistently performing asphalt
Improves top and bottom PG temperature grades of bitumen so that the mix will have better in place stiffness without sacrificing cold temperature durability

Easier Compaction
Allows easier compaction and better mat density with fewer roller passes. Adds workability to the mix for easier hand-work

Save Money
Enables higher RAP utilization and less virgin bitumen usage without construction or performance problems

Better Low Temperature Asphalt Performance
Lowers critical cracking temperature of asphalt back to levels found in low RAP mixes by reviving the highly oxidized RAP. Gives contractors virgin mix performance with all the cost savings of a high RAP mix

Compatibility

Bitumen
Compatible with most bitumen including those modified with styrene-butadiene-styrene (SBS), styrene-butadiene rubber (SBR), and ethylene-vinyl acetate (EVA) polymers

Usage Recommendations


Neat and polymer-modified bitumen:
0.5 - 2.75% by weight of total bitumen in mix.
Usage rate should be determined by user based on the amount and stiffness of RAP incorporated into the mix, as well as field (compactive effort) and lab performance AASHTO T322 (Critical Cracking, Indirect Tensile Strength).

Options for Adding Revive RA to Bitumen:

1. Add to bitumen storage tank and agitate mechanically or through pump circulation
2. Add at bitumen terminal by injecting into bitumen line as transport tanker is being charged
3. Add at asphalt mix plant by in-line injecting into the bitumen line (continuous plant) or weigh hopper (batch plant)

Use Revive RA When You Need:

- Easier RAP utilization without performance and construction headaches
- Easier compaction of high RAP asphalt for density bonus payments
- Better profitability and more RAP utilization
- Better efficiency in utilization of bitumen tanks

 6502 South Yale Avenue, Tulsa, OK 74136 | 918-960-3800 roadscience.net



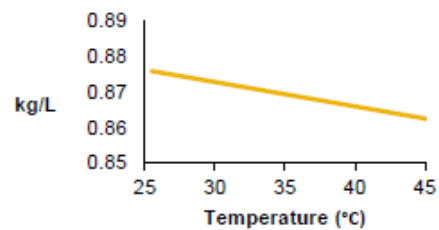
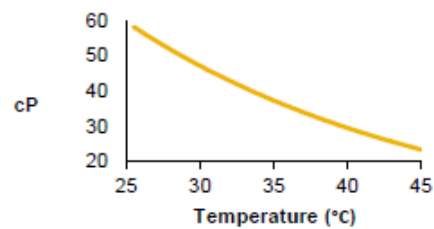
Availability

Revive RA is available in 1,000 L IBC totes (884.5 kg net weight) and 208 L metal drums (181.4 kg net weight).

Physical Characteristics

Property:	Description
Appearance, 25°C	Dark-Colored Liquid
Odor	Hydrocarbon
Density, 25°C	0.89 kg/L
Viscosity, 25°C	60 cP
REACH	Compliant
C.A.S. Number	Proprietary

The density and viscosity data reported are typical and not specifications. Typical ranges for density and viscosity values are ± 2% and ± 20%.



Handling and Storage

Always handle Revive RA products in accordance with Safety Data Sheet (SDS) and Road Science Asphalt Additives Handling and Storage Guidelines document. Avoid product contamination with other materials. Recommended handling temperature range is 0 - 40°C.

Technical Support

To request additional product information, contact your regional Road Science representative. You can also contact us at 918-960-3800 or customerservice@roadscience.net, or visit our website at www.roadscience.net.

The information contained herein is presented in good faith and believed to be accurate, however, ArrMaz Products, LP assumes no responsibility or liability for the information provided. ArrMaz Products, LP further makes no representations or warranties, either express or implied, of merchantability, fitness for a particular purpose or of any other nature with respect to the information or the product(s) to which the information refers. © 2018 ArrMaz Products, LP. All rights reserved. This material may not be reproduced, displayed, modified or distributed without the express prior written permission of the copyright holder.




6502 South Yale Avenue, Tulsa, OK 74136 | 918-960-3800

roadscience.net

Vedlegg

2. Produktdatablad Sylvaroad RP 1000



SYLVAROAD™ RP1000 Performance Additive

PRODUCT DATA SHEET

SYLVAROAD RP1000 Performance Additive is a liquid additive which mobilizes the aged binder of reclaimed asphalt (RA) pavement used in asphalt paving mixes. This improves the flexibility which enhances crack resistance, allowing higher amounts of RA in an asphalt mixture. Increasing RA content improves rutting resistance while reducing virgin material consumption. SYLVAROAD RP1000 enables a step change in the amount of RA used in the mix for all asphalt road layers without sacrificing ease of manufacturing or of application.

FEATURES

- High flashpoint >280°C, non-volatile and has no known risk at elevated process temperatures, allowing addition directly on the RA before the black drum
- Thermal and oxidative stability for consistent performance
- Restores flexibility of aged material giving cracking resistance
- Rutting resistance due to increased RA content
- Improves water sensitivity compared to untreated RA
- Allows good workability at increased RA content
- Produced from a purified pine feedstock and formulated to a controlled specification
- Based on a renewable, non-food, non-animal raw material

POTENTIAL APPLICATIONS

- Hot, Warm and Cold Mix Asphalt

SALES SPECIFICATIONS

Property	Test Method* (Kraton method)	Specification
Color, Gardner, neat	ASTM D6166 (AQCM 002)	Max. 8
Acid value (mg KOH/g)	ASTM D465 (AQCM 001)	Max. 15
Kinematic viscosity, Cannon-Fenske at 40 °C (cSt)	ASTM D445 (AQCM 111)	37 – 47

*Kraton internal methods are based on referenced standard method. Guidance is available upon request.

February 2017

Contact us:
 Almere (NL): +31 (0)36 54 62 800
 Savannah (US): + 1 (912) 238-6439
 Shanghai (CN): + 86 21 6434 8898
www.kraton.com



TYPICAL VALUES

Property	Test Method* (Kraton method)	Typical Value	
Flashpoint (°C)	ASTM D92 (AQCM 007)	>280	
Appearance	Internal method (AQCM 040)	Clear and bright	
Kinematic viscosity, Cannon-Fenske (cSt)	ASTM D445 (AQCM 111)	-20°C	1600
		0°C	350
		20°C	100
		40°C	40
		60°C	23
		100°C	10

*Kraton internal methods are based on referenced standard method. Guidance is available upon request.

SOLUBILITY	SYLVAROAD RP1000 Performance Additive is soluble in commonly available grades of bitumen. Compatible with solvents like aromatics, ketones and alcohols.
COMPATIBILITY	SYLVAROAD RP1000 Performance Additive is compatible with common additives such as adhesion promoters and warm mix additives.
PACKAGING	SYLVAROAD RP1000 Performance Additive is delivered in Drums, IBC or liquid bulk.
STORAGE RECOMMENDATION	Minimize exposure to excessively high or low temperatures and during storage. If material is stored below 10°C material should be warmed and agitated before use. Prevent storage in direct sunlight.

Disclaimer

We cannot anticipate all circumstances, conditions or applications in which this information, our products, or the products of other suppliers in combination with our products may be used. We accept no responsibility for results obtained by the application of this information or for the safety or suitability of our products, either alone or in combination with other products. The user of our products bears the responsibility of determining their suitability for a particular application or formulation, or determining that the products or their use do not infringe any intellectual property. Unless otherwise stated in writing, WE MAKE NO WARRANTY REGARDING THE INFORMATION PROVIDED HEREIN OR OUR PRODUCT, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, OR NON-INFRINGEMENT OF ANY INTELLECTUAL PROPERTY. The buyer assumes all responsibility and liability for loss or damage arising from the handling and use of our products, whether used alone or in combination with other products.

KRATON, the KRATON logo, and SYLVAROAD are trademarks of Kraton Corporation, or its subsidiaries or affiliates, in one or more, but not all countries.


©2016-2017 Kraton Corporation

February 2017

Contact us:
 Almere (NL): +31 (0)36 54 62 800
 Savannah (US): +1 (912) 238-6439
 Shanghai (CN): +86 21 6434 8898
www.kraton.com

Vedlegg

3. Produktdatablad Nygen 910

Norge ISO 9001:2000					
Nygen 910					
Nygen 910 er en spesial olje som er utviklet for å forynge gjenbruksasfalt "Reclaimed Asphalt (RA)", for innblanding i varmasfalt. Den er utviklet for å gi bindemidlet i Gjenbruken de gamle egenskapene og øke kompatibiliteten med det jomfuelle bindemidlet og gi økt langsiktig holdbarhet.					
Produktspesifikasjon					
Test beskrivelse	Metode	Enhet	Min	Maks	Typverdi
Densitet 15°C	EN 15326	kg/dm ³	0,910	0,925	0,917
Kinematisk viskositet 0°C	EN 12595	mm ² /s	3000	5000	4000
Kinematisk viskositet 20°C	EN 12595	mm ² /s	450	600	530
Kinematisk viskositet 60°C	EN 12595	mm ² /s	30	40	36
Flammepunkt PM	EN ISO 2719	°C	206		212
Laveste flyttemperatur	ASTM D 97	°C		-15	-30
Flyktighet, 107°C, 22h	ASTM D 972	Wt%			0.5
Svovel	ASTM D 2622	%			0.06
Farge	ASTM D 1500	-		1.5	<1.0
Totalt syretal	ASTM D 974	mg KOH/g		0.03	<0.01
Karbonfordeling	ASTM D 2140	-			
C ₈		%			11
C ₁₁		%			41
C ₁₆		%			48
Utseende ved 15°C	ASTM D 4176	-	Klar og lys		Klar og lys

Spesifikasjonene i dette produktdatabladet er bare aktuelt for Norge

Nynas AS
Tollbugata 208
NO-3044 Drammen
Norge
T: +47/322 028 30
F: +47/322 028 31
www.nynas.com/bitumen

Data rapportert i dette dokument er oppgitt i henhold til Nynas beste kunnskap og erfaring. Dog er Nynas ikke ansvarlig for tap eller skade, direkte eller indirekte, som kan oppstå ved bruk av disse data.

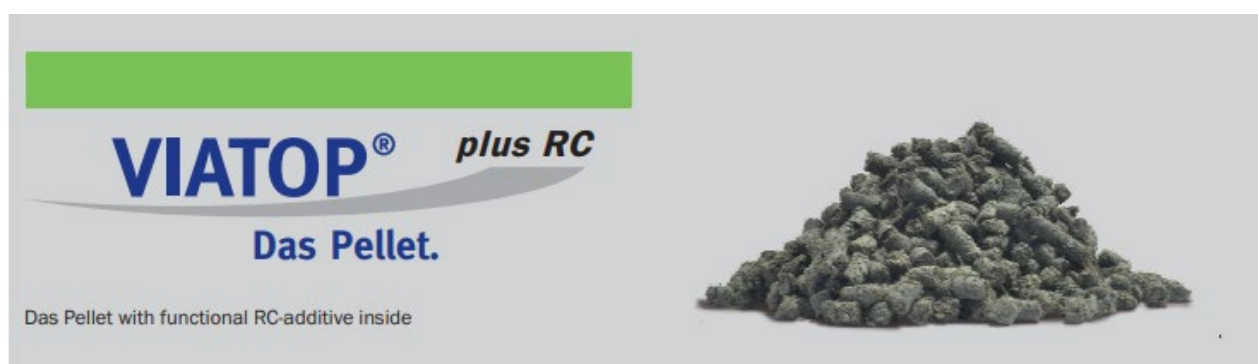
Nygen 910 SDS datablad er tilgjengelig ved forespørsel

Vedlegg

4. Produktdatablad ViaTop plus RC

Data sheet	Grade plus RC
<h1>VIATOP</h1>	
Description VIATOP plus RC is a pelletized blend of 50 % by weight ARBOCEL ZZ 8-1 and 50 % by weight rejuvenator	
Characteristics of the pellets Grey, cylindrical pellets	
Content of ARBOCEL ZZ 8-1	~ 50 %
Content of rejuvenator	~ 50 %
Average pellet length	5 mm - 15 mm
Average pellet thickness	3 mm - 5 mm
Bulk density (in accordance with DIN EN ISO 60)	400 g/l - 500 g/l
Sieve analysis: finer than 2 mm	max. 8 %
Characteristics of the ARBOCEL ZZ 8-1 Grey, fine fibrilled and long-fibered cellulose	
Characteristics of the rejuvenator White solid	

Prøven besto av ren rejuvenator, uten cellulosefiber



Vedlegg

5. Produktdatablad Anova 1817

ANOVA® 1817 REJUVENATOR PRODUCT DATA

Cargill Anova® 1817 Rejuvenator

Product Description

Anova® 1817 is a high performance rejuvenator that chemically balances and reactivates aged bitumen to:

- Allow incorporation of high levels of recycled asphalt (RAP and RAS) into HMA.
- Enhance performance and durability.
- Enhance binder aging resistance.
- Allow for maintaining or lowering compaction temperatures.
- Allow use in emulsions and emulsified rejuvenator applications.

Typical Properties

	VALUE	METHOD
Density @ 20 °C, g/ml	0.92 - 0.95	ASTM D1475
Viscosity @ 25 °C, cSt	100	AOCS Ja 10-87
Flash Point °C, open cup	>290	AOCS Cc 9a-48

Typical Formulation and Usage Instructions

Cargill utilizes unique models and methods to recommend the correct dosage matching the desired performance for each application.

Anova 1817 is typically added at dosages of 0.25% to 6% of the bitumen weight. Dosage depends on the desired level of recycled content and local specifications.

HMA Incorporation

Anova 1817 can be added to the bitumen at the terminal, or injected in-line into the bitumen at the hot mix asphalt plant.

When added at the HMA plant, the additive pump system can be connected to asphalt binder line between storage tank and the drum/batch asphalt addition port.

Bitumen blended with the additive can be handled, stored, and shipped as done normally for PG binders, and in accordance to the safety datasheet and applicable specifications.

Brazil
São Paulo

Europe
Schiphol

Turkey
Istanbul

USA
Minneapolis

www.cargill.com/anova
Anova-Asphalt@cargill.com

Helping the world thrive

Vedlegg

6. Resultater bindemiddeltesting, hardt granulatbitumen

Tabell V6-1. Resultater fra bindemiddelprøving med DSR, hardt granulatbitumen

Rejuvenator	G*(40°C)	G*(50°C)	G*(60°C)	G*(70°C)	δ(40°C)	δ(50°C)	δ(60°C)	δ(70°C)	G*(40°C)	G*(30°C)	G*(20°C)	G*(10°C)	G*(0°C)	δ(40°C)	δ(30°C)	δ(20°C)	δ(10°C)	δ(0°C)	Jnr 3,2	Jnr 6,4	Jnr diff	R% 3,2	R% 6,4
Ferske	kPa	kPa	kPa	kPa	°	°	°	°	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	°	°	°	°	°	kPa ⁻¹	kPa ⁻¹	%	%	%
160/220 *	11,7	2,58	0,687	0,218	83,6	86,4	88,3	89,4	12,0	65,2	440	3434	25291	83,4	79,8	74,4	65,2	50,2	4,00	4,17	10,7	0,0	0,0
Revive	9,85	2,39	0,669	0,219	80,9	84,9	87,5	89	9,6	44,6	234	1409	8109	80,6	75,8	69,8	62,0	51,4	4,66	5,55	11,5	0,0	0,0
Sylvaroad	9,62	2,32	0,653	0,212	81,1	85,0	87,4	89	9,4	43,5	230	1433	8501	81,0	76,1	70,4	62,4	51,5	4,59	4,94	11,2	0,0	0,0
Nygen 910	13,8	3,09	0,802	0,253	79,6	84,1	87,1	88,8	13,9	69,6	393	2462	14013	79,6	73,9	67,1	58,0	46,6	3,36	3,61	12,4	0,0	0,0
ViaTop RC	6,76	1,08	0,322	0,114	83,3	87,0	88,7	89,6	5,5	147,0	1274	7948	39820	84,3	52,0	56,0	50,6	38,7	9,98	11,00	9,8	0,0	0,0
Anova 1817	9,31	2,26	0,633	0,285	80,8	84,7	87,4	88,8	9,4	42,9	224	1357	7908	80,7	75,8	70,0	62,2	51,6	4,70	5,10	11,8	0,0	0,0
Gjenv bitumen	296	63,8	14,1	3,5	63,3	70,8	77,8	82,9	319	1563	7142	27055	81807	63,4	54,4	43,8	33,8	25,7	0,082	0,086	2,6	26,6	22,8
RTFOT																							
160/220 *	24,0	5,33	1,37		79,1	83,3	86,4												1,80	1,90	8,3	1,43	0,7
Revive	33,4	7,69	1,99	0,590	74,2	79,9	84,2	87,0	33,5	154,0	767	4193	19622	74,2	68,1	61,3	52,2	41,8	1,22	1,34	15,1	2,30	0,8
Sylvaroad	18,0	4,31	1,16	0,366	77,3	82,2	85,7	88,0	18,8	84,6	430	2444	12781	76,8	71,3	65,1	56,7	46,1	2,30	2,50	15,4	0,52	0,0
Nygen 910	28,4	6,35	1,60	0,465	74,4	80,2	84,5	87,4	29,1	139	722	3930	19006	74,0	67,6	60,0	51,6	41,5	1,46	1,63	16,3	1,80	0,4
ViaTop RC	13,3	3,18	0,879	0,282	79,4	3,18	86,7	88,6	13,8	65,0	1087	7900	37500	79,2	73,8	59,6	49,9	37,8	3,22	3,49	13,7	0,00	0,00
Anova 1817	18,1	4,38	1,20	0,376	76,5	4,38	85,2	87,7	18,4	81,4	403	2217	10971	76,2	70,4	64,3	56,2	46,4	2,26	2,49	16,8	0,70	0,00
PAV1																							
160/220 *	82,0	17,7	4,19		67,2	74,4	80,5												0,41	0,41	12,1	11,5	11,5
Revive	118,0	27,8	6,97	1,91	65,6	72,2	78,4	83,2	126,0	542	2498	10116	36767	65,2	58,5	50,8	42,0	33,6	0,22	0,25	9,2	18,8	11,9
Sylvaroad	50,9	12,1	3,15	0,916	70,4	76,6	81,8	85,4	54,2	234	1149	5239	22069	70,0	63,7	56,6	47,8	38,4	0,67	0,75	15,4	6,7	2,8
Nygen 910	77,2	17,9	4,43	1,21	66,4	73,3	79,6	84,0	81,1	354	1602	7050	27116	66,0	59,2	51,8	43,3	35,2	0,38	0,43	13,6	13,8	6,7
ViaTop RC	44,4	10,4	2,70	0,793	72,2	78,3	83,0	86,2	48,2	216	1073	9386	41733	72,0	65,6	58,1	45,2	34,4	0,83	0,93	4,6	14,7	1,9
Anova 1817	50,2	12,2	3,20	0,938	69,6	75,8	81,2	85,0	54,6	234	1078	5013	18765	69,3	63,0	56,1	47,7	39,3	0,65	0,73	16,4	7,4	3,1
PAV2																							
160/220 *	153	35,1	8,35		61,0	68,5	75,8												0,14	0,16	8,3	27,1	19,1
Revive	182	44,2	11,2	3,04	61,8	68,6	75,2	80,9	200	815	3369	12888	39999	61,4	54,6	46,8	38,6	31,5	0,11	0,13	6,4	29,2	22,6
Sylvaroad	93,2	22,5	5,82	1,64	65,9	72,5	78,6	83,2	101	427	1892	8117	30184	65,5	59,0	51,5	42,9	34,4	0,29	0,33	11,8	25,0	9,3
Nygen 910	128	30,8	7,72	2,06	61,8	69,0	75,9	81,6	138	572	2394	9452	32806	61,5	54,6	47,1	39,3	32,2	0,17	0,20	10,0	25,0	16,9
ViaTop RC	65	15,5	4,02	1,14	69,1	75,6	81,1	85,0	71,1	308	1438	8218	39642	68,8	62,2	55,0	44,8	33,6	0,50	0,56	13,0	9,2	4,2
Anova 1817	86,5	21,4	5,60	1,60	65,4	72	78,2	82,9	94,2	399	1674	7055	26248	65,0	58,6	51,5	43,2	35,0	0,31	0,35	12,8	16,6	9,0

* verdier fra runde 1

Tabell V6-2. Resultater fra øvrig bindemiddelprøving, hardt granulatbitumen

Rejuvenator-blanding	Mykningspkt °C	Fraass bruddpkt °C	Pen 25°C dmm	DV60 °C (mPas) Rjv-blanding *	DV60 °C mPas
160/220 (ref)	37,8	-28	160		68 700 *
Revive	37,0		206	66 900	2,7
Sylvaroad	36,8		201	65 300	22
Nygen 910	39,8		146	80 200	32
ViaTop RC	41,2		154	32 200	MP 62-65
Anova 1817	36,8		200	63 300	29 ?
Gjenv bitumen	60,2	-11	24		1598 000 *
RTFOT				* fra DSR	
160/220	43,4	-24			
Revive	45,8	-24			
Sylvaroad	41,4	-28			
Nygen 910	45,0	-24			
ViaTop RC	43,0	-20			
Anova 1817	41,8	-28			
PAV1					
160/220	51,8	-26			
Revive	55,2	-21			
Sylvaroad	48,8	-23			
Nygen 910	52,4	-29			
ViaTop RC	48,2	-16			
Anova 1817	49,2	-26			
PAV2					
160/220	57,4	-20			
Revive	58,4				
Sylvaroad	53,4				
Nygen 910	56,6				
ViaTop RC	51,0				
Anova 1817	53,2				

Vedlegg

7. Resultater fra bindemiddelprøving, mykt granulatbitumen

Tabell V7-1. Resultater fra bindemiddelprøving med DSR, mykt granulatbitumen

Prøve.nr	Rejuvenator	MSCRT (50°C) [Jnr diff %]	G*(40°C)	G*(50°C)	G*(60°C)	δ(40°C)	δ(50°C)	δ(60°C)	R% 0,1	R% 3,2	R% 6,4	Jnr 0,1	Jnr 3,2	Jnr 6,4	Mykn. Pkt. °C	Fraass br.p. °C
Re001	160/220 (ref)	5,4	11,26	2,52	0,666	83,8	86,6	88,6	0,53	-0,6	-0,9	3,92	4,13	4,28	38,2	-28
Re002	Revive	7,2	9,92	2,18	0,581	83,6	86,7	88,8	0,42	-0,8	-1,1	4,46	4,78	5,03	38,0	-25
Re003	Sylvaroad	7,3	6,74	1,55	0,428	84,58	87,24	89,16	-0,52	-1,5	-1,8	6,39	6,86	7,19	35,8	-31
Re004	Nygen 910	7,3	9,062	1,968	0,52	83,77	86,84	88,79	0,27	-1,0	-1,3	4,94	5,31	5,57	37,6	-27
Re005	250/330	6,1	10,51	2,342	0,6164	83,94	86,79	88,72	0,34	-0,8	-1,0	4,25	4,51	4,67	38,0	-28
GJB	Gjenv bitumen	6,5	41	7,3	1,59	78,4	83,9	86,8		2,3	1,2		1,28	1,35	46,8	-21
RTFOT																
Re021	160/220 (ref)	8,3	24	5,326	1,365	79,13	83,34	86,39	4,85	1,43	0,63	1,66	1,80	1,90	43,4	-24
Re022	Revive	8,0	26,23	5,48	1,335	78,9	83,5	86,7	4,79	1,55	0,68	1,62	1,75	1,85	44,6	-27
Re023	Sylvaroad	9,1	13,34	2,964	0,7795	81	85	87,6	2,41	0,04	-0,43	3,08	3,36	3,56	40,4	-27
Re024	Nygen 910	9,1	18,45	3,911	0,9781	79,5	84,2	87,2	3,60	0,68	0,06	2,32	2,53	2,68	42,4	-30
Re025	250/330	8,4	20,84	4,554	1,158	79,8	84	86,9	3,91	0,92	0,30	1,96	2,13	2,23	42,8	-30
PAV1																
Re021	160/220 (ref)	12,1	82,0	17,74	4,19	67,2	74,4	80,5	20,0	11,5	5,6	0,36	0,41	0,46	51,8	-26
Re022	Revive	8,6	117,1	25,04	5,8389	66,2	73,36	79,7	23,6	16,0	9,5	0,24	0,26	0,29	54,2	-20
Re023	Sylvaroad	12,8	62,1	13,615	3,2916	69,8	76,48	82,0	15,7	7,6	3,4	0,51	0,58	0,64	50,2	-29
Re024	Nygen 910	9,4	109,9	24,597	6,001	68,0	74	80,0	22,4	16,3	9,7	0,24	0,27	0,30	53,4	-25
Re025	250/330	11,3	66,8	14,291	3,4235	72,0	77,92	82,8	13,8	7,1	3,2	0,50	0,55	0,61	50,2	-27
PAV2																
Re021	160/220 (ref)	8,3	153	35,1	8,4	61,0	68,5	75,8	33,1	27,1	19,1	0,13	0,14	0,16	57,4	-20
Re022	Revive	5,1	217	50,2	11,9	60,2	67,5	74,8	35,9	31,9	25,5	0,09	0,09	0,10	59,2	-18
Re023	Sylvaroad	9,6	121	27,3	6,6	63,9	71,2	77,9	26,7	19,9	12,4	0,20	0,22	0,24	55	-23
Re024	Nygen 910	5,9	200	47,2	11,7	62,9	69,0	75,3	34,4	30,6	24,3	0,10	0,10	0,11	58,6	-20
Re025	250/330	8,2	136	30,5	7,4	65,6	72,1	78,3	26,0	20,3	13,4	0,18	0,20	0,22	55,4	-23

Tabell V7-2. Resultater fra øvrig bindemiddelprøving, mykt granulatbitumen

Analyseverdier på inngående materialer					
Prøve	Penetrasjon mm/10	Mykningspkt. °C	Viskositet 60 °C mPas	Fraass bruddpkt. °C	
Gjenvunnet bitumen	67	46,8	159 300 *	-20,8	
160/220 referanse	175	38,2	66 600 *	-28,0	
250/330	274	31,8	34 500		
Revive RA			2,7		
Sylvaroad RP1000			22		
Nygen 910			32		

* fra DSR (G*) -måling

Blandeforhold for å gjenskape 160/220 bitumen og analyseverdier på blandinger tilsatt 50 % ny bitumen.

Produkt blandet med gjenv. bitumen	Andel gjenv. bitumen	Andel produkt	Mykn. pkt. °C	Visk 60°C Pas *	Fraass brudd- pkt., °C
Revive RA	0,973	0,027	38,0	58,1	-25
Sylvaroad RP1000	0,920	0,080	35,8	42,8	-31
Nygen 910	0,910	0,090	37,6	52,0	-27
250/330	0,32	0,68	38,0	61,7	-28
160/220 referanse			38,2	66,6	-28
Gjenv bitumen	1,00		46,8	159	-21

* fra DSR (G*) -måling

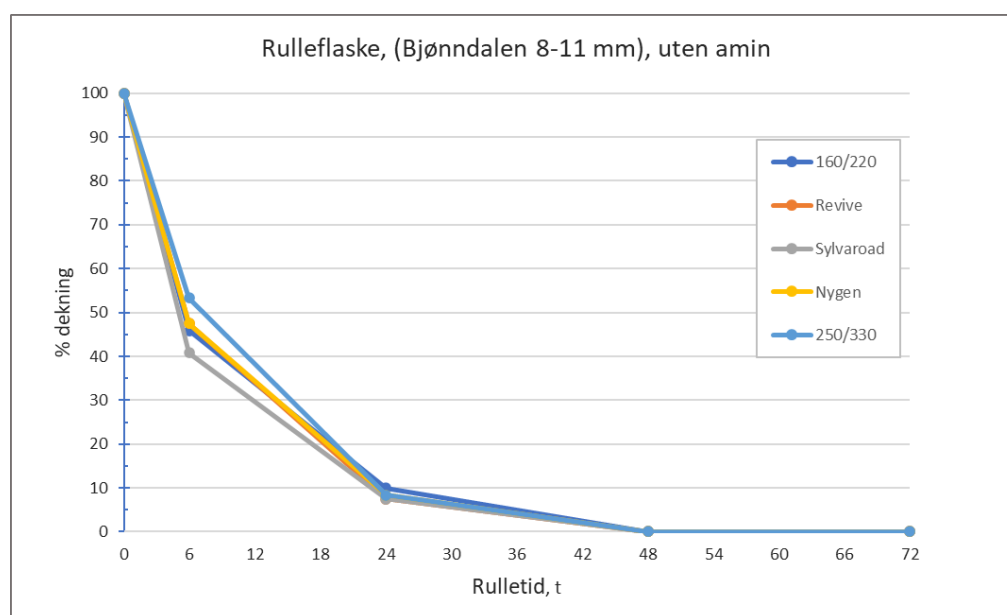
Vedlegg

8. Resultater rulleflaskemetode og vendskak-prøving.

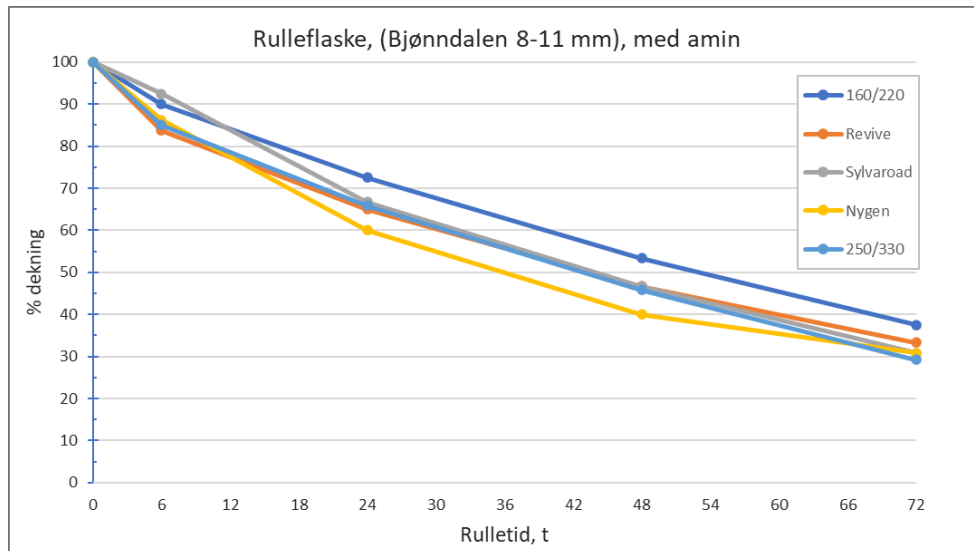
Rulleflaskemetoden med steinmateriale 8/11 mm Bjønndalen (en rombeporfyr) med bitumen uten og med 0,3 % amin (Wetfix AP17). Tabell V8-1 og figur V8-1 og V8-2 viser resultatene.

Tabell V8-1.

Prøveblending	Dekningsgrad (%) etter rulletid (t)				
	0 t	6 t	24 t	48 t	72 t
160/220	100	46	10	0	0
Revive	100	48	8	0	0
Sylvaroad	100	41	8	0	0
Nygen	100	48	8	0	0
250/330	100	53	8	0	0
160/220, 0,3 % amin	100	90	73	53	38
Revive, 0,3 % amin	100	84	65	47	33
Sylvaroad, 0,3 % amin	100	93	67	47	31
Nygen, 0,3 % amin	100	86	60	40	31
250/330, 0,3 % amin	100	85	66	46	29
Middel u/amin	100	47	8	0	0
Middel m/amin	100	88	66	47	32



Figur V8-1. Vedheft med rulleflaskemetoden. Prøveblandinger uten amin.

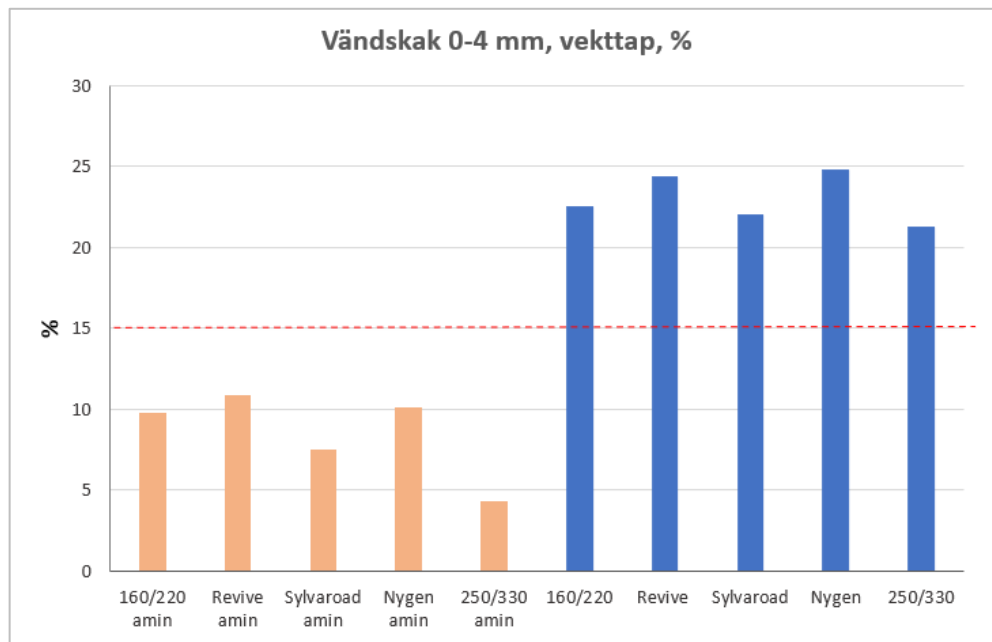


Figur V8-2. Vedheft med rulleflaskemetoden. Prøveblandinger med 0,3 % amin

Våndskak-prøving med steinmateriale 0/4 mm Bjønndalen. Bindemiddel uten amin og tilsatt 0,3 % amin (Wetfix AP17). Utført av NCC Roads 2019, med en etterprøving/korreksjon i 2021. Internkravet for maksimalt vekttap i prøvingen er 15. Resultatene er vist i tabell V8-2 og figur V8-3.

Tabell V8-2 Resultater fra våndskak-prøving. Verdier over internkravet med rød skrift.

	Hulrom, %	Svelling, %	Vekttap, %
160/220 m/amin	7,9	4,8	9,8
Revive m/amin	8,1	3,8	10,9
Sylvaroad m/amin	6,8	2,7	7,5
Nygen m/amin	7,2	3,2	10,1
250/330 m/amin	6,5	4,1	4,3
160/220	6,7	5,2	22,6
Revive	6,6	5,0	24,4
Sylvaroad	6,8	5,0	22,1
Nygen	8,1	3,7	24,8
250/330	7,5	5,6	21,3



Figur V8-3. Vekttap i våndskak-test. Bindemiddel med 0,3 % amin og uten amin

Vedlegg

9. Forslag til blandeskjema og blandetabell

Torbjørn Jørgensen

V9-1 Oppbygging av blandeskjema for mykgjøring av granulatbitumenet

Granulatbitumen

Det er valgt fem «typiske» asfaltgranulater med ulik hardhet. Disse representerer enten ulik grad av aldring eller ulik bitumengrad i den opprinnelige asfalten (penetrasjonsgrad 30/50 – 160/220).

Gjenvunnet RA-bitumen fra disse granulaterne betegnes GB15, GB25, GB30, GB45 og GB60, der GB står for granulatbitumen og tallet står for penetrasjonsverdi.

For å kunne estimere viskositet ved 60 °C, er det for hver GB-type valgt penetrasjonsverdi og sannsynlig mykningspunkt (MP). Dynamisk viskositet ved 60 °C (DV60) for umodifisert bitumen er utledet av DSR-kompleksmodul (G^*) ved 60 °C.

Vi vet vi ikke om oppmykning av aldret granulat med PMB-bitumen er vanskelig eller lett. Rejuvenatorer til PMB vil trolig kreve et litt annerledes opplegg for blandeskjemaer og dokumentasjon. Mykningspunkt bør da erstattes med temperaturen der kompleksmodulen $G^* = 15$ kPa. For PMB samsvarer ikke temperatur der $G^* = 15$ kPa med MP. Med G^* og fasevinkel δ får en mer relevant informasjon om bindemiddelet.

Mykgjørere fra undersøkelse av granulatbitumen og målbitumen

I denne studien er 160/220 og 70/100 målbitumen for oppmykning av granulatbitumen. Det er valgt «typiske» verdier for penetrasjon, MP og DV60 for disse.

Mykgjørere er fem rejuvenatorprodukter og bitumen 250/330. Valgte verdier for granulatbitumen, målbitumen og mykgjørere er vist i tabell V9-1.

Tabell V9-1 Oversikt bindemiddelverdier. GB-verdiene er estimerte gjennomsnittsverdier

Bindemiddel/produkt	Penetrasjon, 0,1 mm	Mykningspunkt, °C	Viskositet 60 °C, mPas
GB15	15	68	4 700 000
GB25	25	63	2 000 000
GB30	30	60	1 430 000
GB45	45	55	700 000
GB60	60	48	310 000
70/100	85	44	180 000
160/220	175	38	58 000
250/330	274	32	34 500
Rejuv - Revive			3
Rejuv - Anova			29
Rejuv - Sylvaroad			22
Rejuv - Nygen			32
Viatop RC			(MP 62-65 °C)

Beregnet blandeforhold for granulatbitumen og rejuvenator er basert på DV60-verdier. En dobbelt-logaritmisk fremstilling vil gi en lineær blandekurve:

$$\log\log(V) = A \log\log(Va) + B \log\log(Vb)$$

V: Viskositet i blanding Va: Viskositet granulatbitumen Vb: Viskositet rejuvenator

A: andel granulatbitumen B: andel rejuvenator A + B = 1,00

Andel rejuvenator (B) i blandingen beregnes etter:

$$B = (\log\log(Va) - \log\log(V)) / (\log\log(Va) - \log\log(Vb))$$

Hvis man ønsker å regne med rejuvenator-tilsetning til granulatbitumen, gir $(B/A) \times 100$ rejuvenator-tilsetning i prosent.

Eksempel:

Blandeforholdet er 0,85 av A, og 0,15 av B. Da tilsettes $(0,15/0,85) \times 100 = 17,65\%$ B til A.

Generelt gjelder det at doseringen ofte er noe forskjellig når granulatbitumenet mykes opp til ønsket penetrasjon, MP eller viskositet.

Rejuvenatorer i fast form

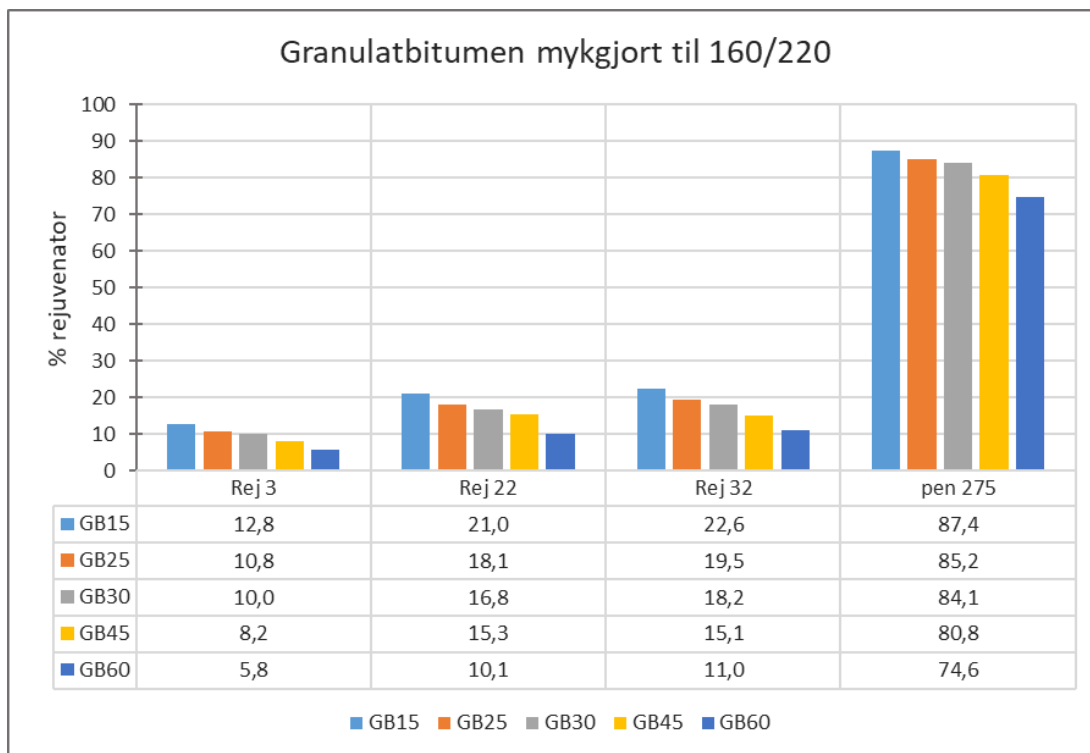
I laboratoriestudien ble det undersøkt en rejuvenator som har smeltepunkt over 60 °C. For slike produkter må en basere seg på leverandørens forslag til dosering, og lage prøveblandinger for å sikre at en får ønsket egenskap (penetrasjon, MP eller $T_{G^*=15kPa}$).

V9-2. Blandetabeller

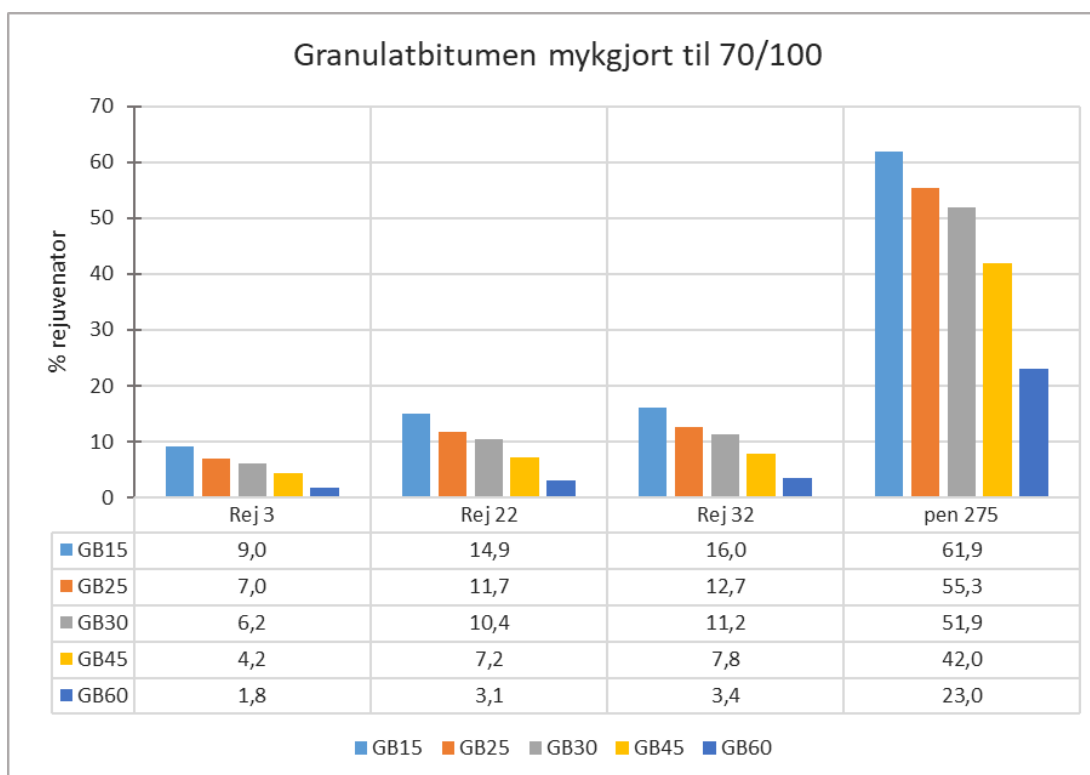
Tabell V9-2 viser blandeforhold for fem granulatbitumen og fire mykgjørere for å oppnå DV60 tilsvarende bitumen 160/220 og 70/100. Figur 1 og 2 gir grafisk fremstilling av rejuvenator-tilsetningene. Blandetabellen viser tydelig hvor mye mer bitumen 250/330 som må tilsettes sammenlignet med rejuvenatorene.

Tabell V9-2 Prosent rejuvenator i blandingen som gir ønsket bitumengrad

Blanding til 160/220	Rej3, %	Rej15, %	Rej22, %	Rej32, %	250/330, %
Granulat GB15	12,8	19,4	21,0	22,6	87,4
Granulat GB25	10,8	16,7	18,1	19,5	85,2
Granulat GB30	10,0	15,5	16,8	18,2	84,1
Granulat GB45	8,2	12,8	13,9	15,1	80,8
Granulat GB60	5,8	9,2	10,1	11,0	74,6
Blanding til 70/100					
Granulat GB15	9,0	13,8	14,9	16,0	61,9
Granulat GB25	7,0	10,8	11,7	12,7	55,3
Granulat GB30	6,2	9,3	10,4	11,2	51,9
Granulat GB45	4,2	6,6	7,2	7,8	42,0
Granulat GB60	1,8	2,9	3,1	3,4	23,0



Figur V9-1 Prosent rejuvenator i blandingen som gir ønsket penetrasjonsgrad 160/220



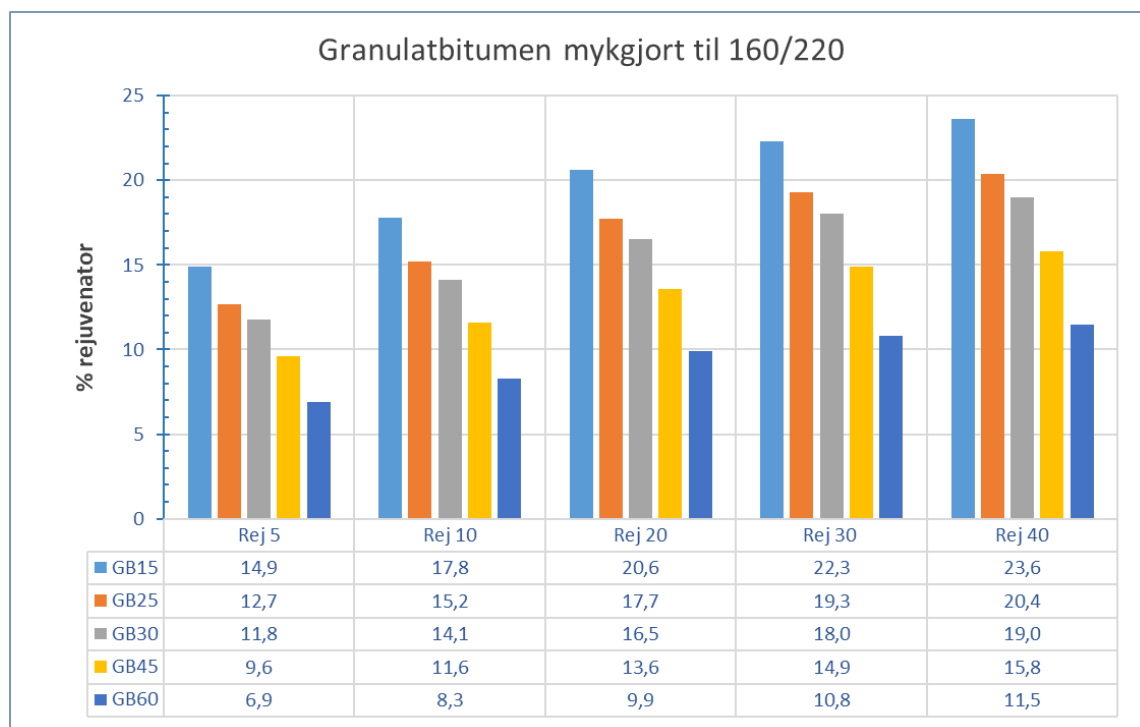
Figur V9-2 Prosent rejuvenator i blandingen som gir ønsket penetrasjonsgrad 70/100

Det er også laget blandetabeller for fem rejuvenatorer med DV60 i området 5 – 50 mPas.

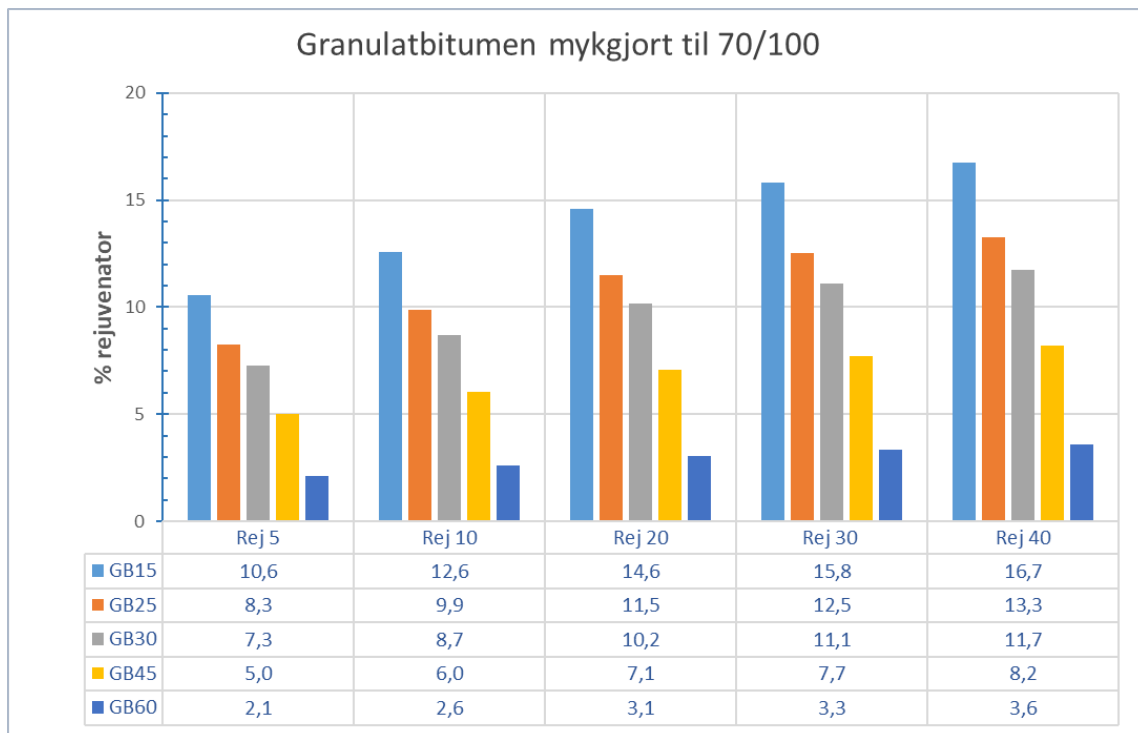
Tabell V9-3 viser generelle blandeforhold for fire granulatbitumen og fem rejuvenatorer med viskositet fra 5 til 40 mPas, for å oppnå DV60 tilsvarende bitumen 160/220 og 70/100. Figur 3 og 4 gir en grafisk fremstilling av rejuvenator-tilsetningene.

Tabell V9-3 Prosent rejuvenator i blandingen for å oppnå ønsket bitumengrad

Blanding til 160/220	Rej 5 mPas, %	Rej 10 mPas, %	Rej 20 mPas, %	Rej 30 mPas, %	Rej 40 mPas, %
Granulat GB15	14,9	17,8	20,6	22,3	23,6
Granulat GB25	12,7	15,2	17,7	19,3	20,4
Granulat GB30	11,8	14,1	16,5	18,0	19,0
Granulat GB45	9,6	11,6	13,6	14,9	15,8
Granulat GB60	6,9	8,3	9,9	10,8	11,5
Blanding til 70/100					
Granulat GB15	10,6	12,6	14,6	15,8	16,7
Granulat GB25	8,3	9,9	11,5	12,5	13,3
Granulat GB30	7,3	8,7	10,2	11,1	11,7
Granulat GB45	5,0	6,0	7,1	7,7	8,2
Granulat GB60	2,1	2,6	3,1	3,3	3,6



Figur V9-3 Prosent rejuvenator i blandingen som gir ønsket penetrasjonsgrad 160/220



Figur V9-4 Prosent rejuvenator i blandingen som gir ønsket penetrasjonsgrad 70/100

V9-3. Beregne nytt bindemiddelinhold i granulatet etter tilsetning av rejuvenator

Når man tilpasser bitumenstivheten i granulatet ved å blande inn rejuvenator, øker bindemiddelinholdet. Det økte bindemiddelinholdet kan beregnes med følgende formel:

$$X = A / (1,00 - b)$$

X = nytt bindem-innhold A = bindem-innhold i granulat b = andel rejuvenator i blandingen

Eksempel:

Bindemiddelinhold i granulat er 5,4 %. I blandingen til ønsket penetrasjonsgrad blir det 15 % rejuvenator og 85 % granulatbitumen.

Bindemiddelinholdet i det mykgjorde granulatet blir: $5,4 / (1,00 - 0,15) = 6,35$ %. Tilsatt rejuvenator pr. 100 kg granulat blir 0,95 kg.



Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47)22073000
firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag