

RAPPORT

Forsøk med gjentakende høy gjenbruksandel

Rogaland 2017



Roar Telle
Høvik, 04.12.2025

INNHold

1) Innledning	side 3
2) Aldring av bitumen	side 3
3) Oppfølging av dekker med 50 % resirkulert asfalt	side 5
4) Feltforsøk med gjentakende gjenbruk	side 8
5) Analyser under produksjon	side 12
6) Analyser av utlagt dekke	side 18
7) Testing av bestandighet (vannømfintlighet)	side 21
8) Testing av bindemiddel hos Nynas	side 23
9) Analyse av asfaltmasse	side 26
10) Analyser av bindemiddel hos Statens vegvesen	side 29
11) Måling av tilstand etter 6 år	side 40
12) Videre forsøk	side 41



1. Innledning

Fram til 2015 ble det normalt tilsatt inntil 20 % resirkulert asfalt ved produksjon av ny asfaltmasse. Vanlig tilsetning var 10 % resirkulert asfalt i slitelag. En mengde på 10-20 % ble ansett som uproblematisk med hensyn til at asfaltmassen ble resirkulert mange ganger. I 2015 produserte Velde asfaltmasse til fylkesveier i Rogaland med 50 % resirkulert asfalt. Spørsmålet mange stilte seg var om kvaliteten på asfaltdekker blir redusert ved gjentakende gjenbruk av dekker med høy andel resirkulert asfalt.

KFA valgte da å gjennomføre et forsøk med gjentakende gjenbruk av asfalt med 50 % resirkulert asfalt.

På grunn av at det vil ta svært mange år hvis vi lar asfaltdekke ligge på veien i normert dekkelevetid før resirkulering, er kun kortidsaldringen ved produksjon og utlegging tatt med i forsøket, se kapittel 2 om aldring av bitumen.

Forsøket ble utført med Agb 11 (160/220), som er den samme dekketypen som ble lagt på fylkesveier i 2015. Massene ble produsert på asfaltfabrikken til Velde Asfalt i Sandnes. Massen ble lagt ut på fabrikkområdet og frest opp igjen og tilsatt i ny asfaltproduksjon tre ganger før den fjerde produksjonen ble lagt ut på veien (D), sammen med en referansemasse uten resirkulert asfalt (R).

Forsøksplan:

0) Asfaltgranulat (utgangspunkt) av Agb 11 med 160/220 (fresemasse med kjent opprinnelse)

A) Agb 11 med 50 % asfaltgranulat (0)

B) Agb 11 med 50 % asfaltgranulat av masse A

C) Agb 11 med 50 % asfaltgranulat av masse B

D) Agb 11 med 50 % asfaltgranulat av masse C

R) Agb 11 uten asfaltgranulat (referansemasse)

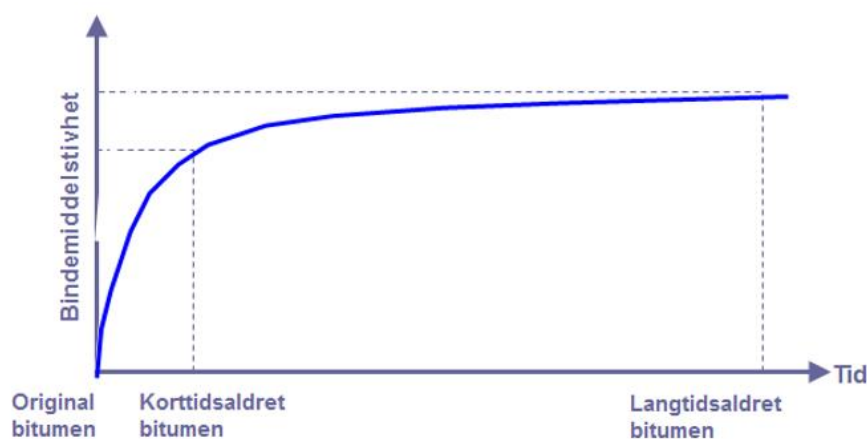
2. Aldring av bitumen

Når bindemiddelet blandes med varmt steinmateriale skjer det en fordamping av flyktige komponenter i bindemiddelet, samt at andre komponenter reagerer med oksygen i lufta. Disse prosessene gjør bindemiddelet stivere. Den endringen i bindemiddelets stivhet som skjer under produksjon og utlegging fram til asfaltdekket har blitt avkjølt, kaller vi kortidsaldring.

En tilsvarende aldring kan vi gjenskape i laboratoriet ved hjelp av en test som heter RTFOT, Rolling Thin Film Oven Test (NS-EN 12607-1). Det er satt krav til hvor mye bindemiddelets egenskaper får lov til å endre seg under herding i denne testen. En bitumen 160/220 skal fortsatt ha penetrasjon over 37 og mykningspunktet skal ikke øke med mer enn 11 °C.

Når et asfaltdekke er lagt ut fortsetter bindemiddelet å endre seg, det blir hardere. Denne prosessen skyldes sollys og tilgang på oksygen. Denne prosessen kalles langtidsaldring og skjer mye langsommere enn korttidsaldringen. Etter mange år vil bindemiddelet i asfalten bli så stivt at det slutter å fungere som «lim» og asfalten smuldrer opp. Denne prosessen kan vi også gjenskape i laboratoriet ved hjelp av et trykk-aldrings-kammer, PAV (Pressure-aging-vessel). Aldringen vil normalt tilsvare omkring 7 år i felt og ikke en tilstand hvor asfalten går i oppløsning (NS-EN 14769).

Hvis asfalten inneholder mer bindemiddel, slik at bindemiddelfilmen på steinoverflatene blir tykkere, vil det gå lengre tid før asfalten smuldrer opp. Et asfaltdekke som ikke er trafikkert vil kunne vare i opptil 40-50 år før bindemiddelet blir for hardt.



Figur 2.1. Korttidsaldring (under produksjon og utlegging) og langtidsaldring (i bruksfasen på veien)

Vi må ta hensyn til at bindemiddelet er aldret når vi benytter gammel asfalt som resirkulert asfalt i produksjon av ny asfalt. Hvis ikke vil vi få et stivere bitumen enn det vi ønsker i den nye asfalten. Er det frest asfalt fra en høytrafikkert vei, som bare har ligget ute i noen år, har bindemiddelet hardet en del. Men er det gammel oppgravd asfalt, som har ligget ute i mange år, kan bindemidlet ha hardet svært mye. Når vi produserer asfalt tilsatt større mengder resirkulert asfalt må vi ta hensyn til at bindemiddelet er aldret, og justere hardheten ved å benytte et mykere bitumen eller tilsette en mykner (foryngelsesmiddel).

En undersøkelse KFA gjorde i 2014 av 98 analyser av prøver av asfaltgranulat fra lagerhaug ved asfaltfabrikker, viser en gjennomsnittlig penetrasjon på 38 med standardavvik på 9,8. Utgangsbitumen er her ukjent.

3. Oppfølging av dekker med 50 % resirkulert asfalt

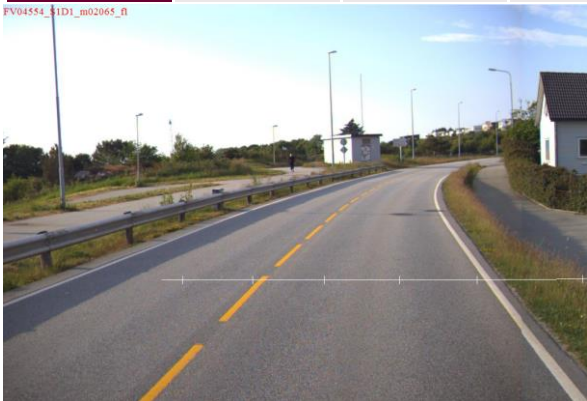
I 2015 la Velde Asfalt ut dekker med 50 % resirkulert asfalt på fylkesveier i Rogaland. Det medførte at Statens vegvesen innførte restriksjon for tillatt mengde i asfaltkontrakter fra 2016 til maksimalt 40 %. Restriksjonene kom inn i Vegnormalene håndbok N200 «Vegbygging» i 2018, men ble tatt ut i 2022. Dekkene fra 2015 ble fulgt opp av KFA fram til 2023. Disse dekkene har ingen direkte referanser, men må sammenliknes med forrige dekke på samme strekning og andre dekker med samme massetype uten tilsvarende mengde resirkulert asfalt i samme område. Det er ikke observert unormal tilstandsutvikling på dekkene med 50 % resirkulert asfalt.

Tilstand på asfaltdekker med Agb 11 med 50 % resirkulert asfalt etter 8 år:

Spor, ujevnheter på tvers av kjørebanelen, er en kombinasjon av slitasje og deformasjon. IRI (International Roughness Index) er et mål for jevnhet i veiens lengderetning og MPD (Mean Profile Depth) et mål for makrotekstur (ruheten) i dekkeoverflaten. Prosentangivelsen viser til at 50 % og 90 % av målingene ligger innenfor oppgitt verdi.

Fv 4554 S1D1, km 1.420 – 2.500 Tananger Ring (ÅDT 2015: 7400)

Fv 4554 – S1D1, km 1.420 – 2.500						
	Spor		IRI		MPD	
	50 %	90 %	50 %	90 %	50 %	90 %
Felt 1	7,6	9,8	1,7	3,0	0,8	0,8
Felt 2	7,9	11,4	1,8	3,2	0,7	0,8



Figur 3.1 Måleresultater og bilder Fv 4554, 15 juli 2023

Fv 450 - S20D1 – 3.115–5.625 Hunndalsvegen (ÅDT 2015: 3100)

Fv 450 – S20D1: 3.115-5.625						
	Spor		IRI		MPD	
	50 %	90 %	50 %	90 %	50 %	90 %
Felt 1	8,5	11,2	1,3	2,8	0,8	1,0
Felt 2	7,7	9,1	1,2	1,7	0,9	1,1



Figur 3.2 Måleresultater og bilder Fv 450, 15 juli 2023

Fv 505 – S3D1 - 0.020-4.759 Kverneldsvegen (ÅDT 2015: 6900)

Fv 505 – S3D1, km 0.020 – km 4.759						
	Spor		IRI		MPD	
	50 %	90 %	50 %	90 %	50 %	90 %
Felt 1	9,7	12,9	1,6	2,3	0,8	0,9
Felt 2	10,3	13,7	2,1	3,0	0,9	0,9

Et kort parti i den ene enden av strekningen er reasfaltert (2022), samt at det er utført kantreparasjoner



Figur 3.3 Måleresultater og bilder Fv 505, 15 juli 2023

Fv 4380, S1D1, km 0.020 – 1.720 Bryne (ÅDT 2015: 5500)

Fv 4380, S1D1, km 0.020 – 1.720						
	Spor		IRI		MPD	
	50 %	90 %	50 %	90 %	50 %	90 %
Felt 1	9,8	11,6	3,3	7,0	0,8	0,9
Felt 2	9,9	14,9	2,6	6,5	0,7	0,8



Figur 3.4 Måleresultater og bilder Fv 4380, 15 juli 2023

Fv 4427, S1D1, km 0.060 – 4.340 Fjermestadveien (ÅDT 2015: 2000)

Reasfaltert fra 2.894 i 2023. 0.060 – 2.894 målt 2023

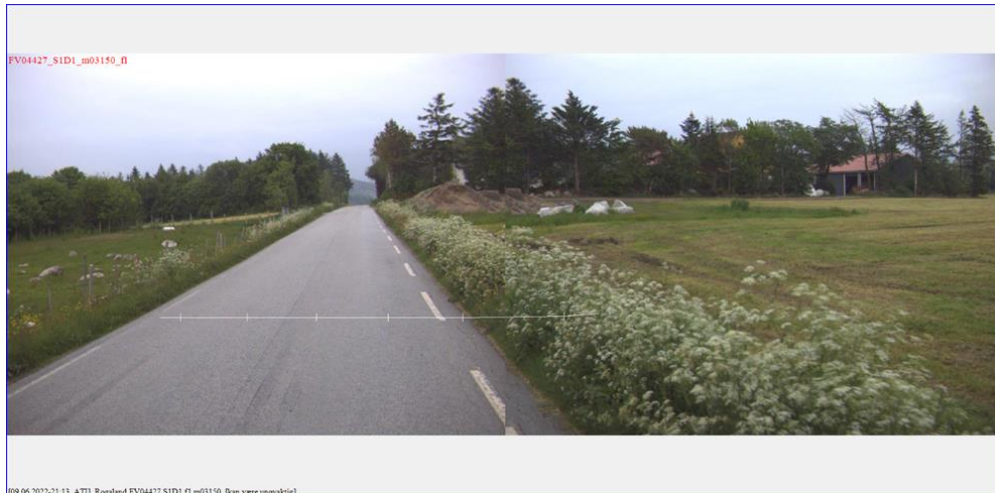
Fv 4427 – S1D1, km 0.060 – km 2.800						
	Spor		IRI		MPD	
	50 %	90 %	50 %	90 %	50 %	90 %
Felt 1	12,4	15,3	1,8	3,5	0,9	1,2
Felt 2	10,1	15,3	2,0	3,0	0,9	1,0



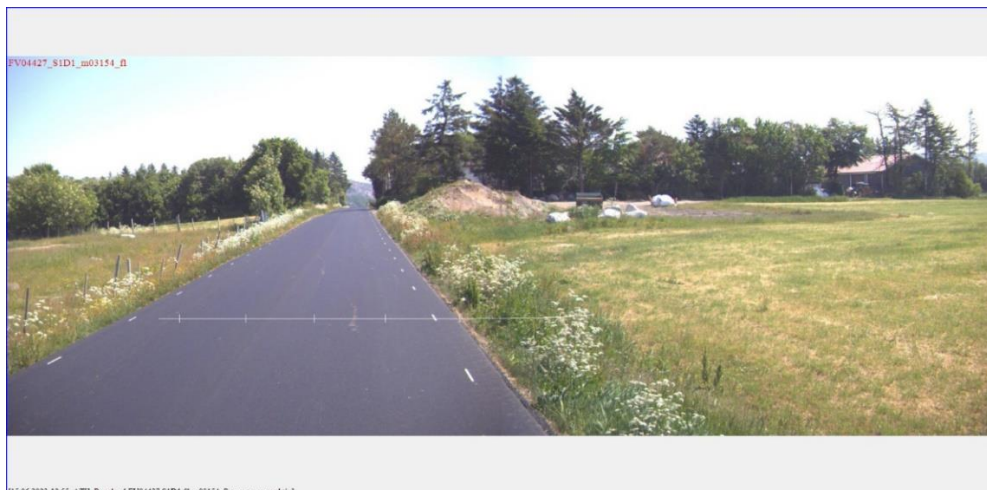
Figur 3.5 Måleresultater og bilder Fv 4427, 15 juli 2023

Det er ikke lett å se av bilder hvorfor dekket ble reasfaltert i 2023 (se bilder nedenfor)

Bilde 2022:



Bilde 2023:



Figur 3.6 Foto fra samme sted på Fv 4427 i 2022 og i 2023

4. Feltforsøk med gjentakende gjenbruk

Feltforsøket ble utført på Fv 318, Bersagerveien ved Hommersåk, for Statens vegvesen på kontrakt 3-11-2017-04, punkt 23. Veien har senere skiftet nummer til Fv 4508.

Følgende personer hos Velde Asphalt planla og gjennomførte asfalteringen i samarbeid med KFA; Ove Sviland, Kjartan Eggebø og Hernan Mujica.

Det ble lagt ut omkring 100 tonn av masse D i en tykkelse på 100 kg/m² og tilsvarende for referansemassen R.

Massetypen er Agb 11. Det ble for hver masse tilsatt 50 % resirkulert asfalt, tilsiktet bitumen er 160/220. Bindemiddelstivheten er justert med regenerator (rejuvenator) Stardoppe ACF20. Referansen ble produsert med ren 160/220.

Forsøksfeltene ble lagt i høyre felt (1) fra Hommersåk, gjentakende gjenbruk 0-281 meter og referansen 281-447 meter.

Resept / Kontrollgrunnlag for masse D:

VELDE		Hoved region	
Kontrollgrunnlag for bituminøse vegdekker og bærelag			
Reseptnr.	3111250 G10-V2	Produksjonssted	VELDE PRODUKSJON AS SVILAND
Produktnavn		Dekketype	AC 11 surf 160/220 Agb 11
Reseptdato	15.02.2017	Asfalleverandør	Velde Asfalt AS

	Tilsiktet	Toleranse	Kompaktering	Marshall 2*50 slag
Bindemiddel (%)	5.8	0.4	Maks.densitet $\rho_{m\max}$ (Mg/m ³)	
Hulrom (%)	3.5	1.5	Romdensitet ρ_s (Mg/m ³)	2.357
Forbruk (kg/m ²)			Hulrom (%)	2.7
Massetemp prod. (°C)	150.0	20.0	Bitumenfylt hulrom (%)	83.5
Dekkets densitet ρ_s (Mg/m ³)	2.359		Stabilitet (N)	9450
Maks.teoretisk densitet $\rho_{m\max}$ (Mg/m ³)	2.445		Flyt (mm)	3.2
Maks. vanninnhold (%)			Stab:Flyt (N/mm)	2953
			Ind. strekkst. (kPa)	

Bindemiddeltype	160/220 (Renewer 0,7% av bind)
-----------------	--------------------------------

	μm		mm					
	63	250	1	2	4	8	11.2	16
Tils	8.0	16.0	29.0	37.5	57.0	79.0	95.0	100.0
Tol.	2.0	7.0	7.0	10.0	10.0	10.0	10.0	0.0

Tilslag	Forekomst	Dens.	FI	LA	Mølle	Sort	Andel
Pukk	Velde-G10	2.72	25.0	25	10.0	0-11	50.0
Pukk	Velde	2.64	10.0	25	10.0	8-11	15.0
Pukk	Velde	2.64	10.0	25	10.0	5-8	8.9
Pukk	Velde	2.64	10.0	25	10.0	2-5	8.4
Steinmel	Velde	2.64	10.0	25	10.0	0,25-2	14.1
Filler	Velde	2.64	10.0	25	10.0	0-0.063	3.6

Tilsetningsstoff		Mengde (% av bindem.)	
Vedheftningsmiddel	Amin	Mengde (% av bindem.)	0.3

Sted: Sandnes
Dato: 14.09.2016

Underskrift: Manuel Garea

Labsys 2025.10.02.49261 - 24.11.2025 06:40

Side 1 av 1

Figur 4.1 Kontrollgrunnlag masse D

Resept / Kontrollgrunnlag for referansemassen (R):



Hoved region

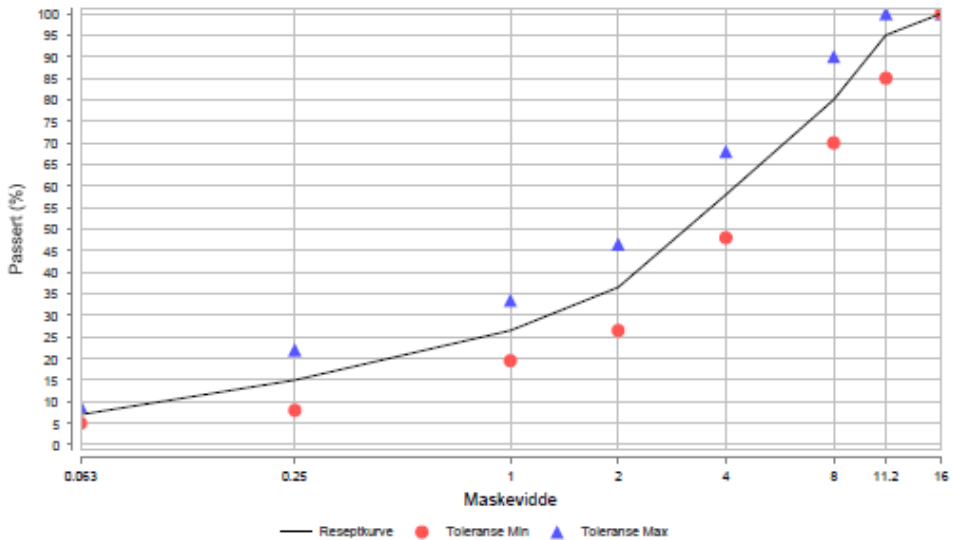
Kontrollgrunnlag for bituminøse vegdekker og bærelag

Reseptnr. 3111200-V2	Produksjonssted VELDE PRODUKSJON AS SVILAND
Produktnavn	Dekketype AC 11 surf 160/220 Agb 11
Reseptdato 15.02.2017	Asfaltleverandør Velde Asfalt AS

	Tilsiktet	Toleranse	Kompaktering	Marshall 2*50 slag
Bindemiddel (%)	5.8	0.4	Maks.densitet ρ_{sv} (Mg/m ³)	
Hulrom (%)	3.5	1.5	Romdensitet ρ_v (Mg/m ³)	2.355
Forbruk (kg/m ²)			Hulrom (%)	2.7
Massetemp prod. (°C)	150.0	20.0	Bitumenfylt hulrom (%)	82.4
Dekkets densitet ρ_v (Mg/m ³)	2.33		Stabilitet (N)	9250
Maks.teoretisk densitet ρ_{te} (Mg/m ³)	2.414		Flyt (mm)	2.8
Maks. vanninnhold (%)			Stab:Flyt (N/mm)	3304
			Ind. strekkst. (kPa)	

Bindemiddeltipe	160/220
-----------------	---------

	μ m	mm						
	63	250	1	2	4	8	11.2	16
Tils	7.0	15.0	26.5	36.5	58.0	80.0	95.0	100.0
Tol.	2.0	7.0	7.0	10.0	10.0	10.0	10.0	0.0



Maskevidde

— Reseptkurve ● Tolerance Min ▲ Tolerance Max

Tilslag	Forekomst	Dens.	FI	LA	Mølle	Sort	Andel
Pukk	Velde	2.64	10.0	25	10.0	8-11	21.0
Pukk	Velde	2.64	10.0	25	10.0	5-8	18.0
Pukk	Velde	2.64	10.0	25	10.0	2-5	19.5
Steinmel	Velde	2.64	10.0	25	10.0	0,25-2	35.5
Filler	Velde	2.64	10.0	25	10.0	0-0,063	6.0

Tilsetningsstoff		Mengde (% av bindem.)	
Vedhefningsmiddel	Amin	Mengde (% av bindem.)	0.3

Sted: Sandnes Dato: 18.04.2013

Underskrift: Rasmussen

Labrys 2025.10.02.49281 - 24.11.2025 08:38

Side 1 av 1

Figur 4.2 Kontrollgrunnlag masse R



Figur 4.3 Bilde fra utførelsen 2017



Figur 4.4 Bilde fra utførelsen 2017



Figur 4.5 Bilde fra utførelsen 2017

5. Analyser under produksjon

FRESEMASSE

	BITUMEN FRA FRESEMASSE								
	Prøve 1.1 (7V)			Prøve 1.2 (7V)			Prøve 1.3 (7V)		
	Bit. Innhold	Penetrasjon	Ring & Ball	Bit. Innhold	Penetrasjon	Ring & Ball	Bit. Innhold	Penetrasjon	Ring & Ball
Fresemasse fra første Agb 11 UG	5,86	107	43	5,85	99	44	5,86	107	42
Fresemasse fra Masse A	Prøve 1.1			Prøve 1.2			Prøve 1.3		
	Bit. Innhold	Penetrasjon	Ring & Ball	Bit. Innhold	Penetrasjon	Ring & Ball	Bit. Innhold	Penetrasjon	Ring & Ball
Fresemasse fra Masse A	5,86	85	45	5,89	94	44	5,85	98	44
Fresemasse fra Masse B	Prøve 1.1			Prøve 1.2			Prøve 1.3		
	Bit. Innhold	Penetrasjon	Ring & Ball	Bit. Innhold	Penetrasjon	Ring & Ball	Bit. Innhold	Penetrasjon	Ring & Ball
Fresemasse fra Masse B	5,63	100	43	5,64	93	44	5,60	98	44
Fresemasse fra Masse C	Prøve 1.1			Prøve 1.2			Prøve 1.3		
	Bit. Innhold	Penetrasjon	Ring & Ball	Bit. Innhold	Penetrasjon	Ring & Ball	Bit. Innhold	Penetrasjon	Ring & Ball
Fresemasse fra Masse C	5,52	97	43	5,53	100	43	5,56	88	45

Gjennomsnitt	FRESEMASSE	Bit. Innhold	Penetrasjon	Ring & Ball
	Fresemasse fra første Agb 11 UG	5,86	104	43
	Fresemasse fra Masse A	5,87	92	44
	Fresemasse fra Masse B	5,62	97	44
	Fresemasse fra Masse C	5,54	95	44

Tabell 5.1 Analyse av bindemiddel i fresemasser (utført av Velde)

FRA EKSTRAKSJON

MASSE A	RÅ BITUMEN		FRA EKSTRAKSJON						Gjennomsnitt	
			PRØVE A1V		PRØVE A2V		PRØVE A3V			
	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball
	164	40	110	42	112	42	123	42	115	42

MASSE B	RÅ BITUMEN		FRA EKSTRAKSJON						Gjennomsnitt	
			PRØVE B1V		PRØVE B2V		PRØVE B3V			
	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball
	165	40	123	41	109	43	110	42	114	42

MASSE C	RÅ BITUMEN		FRA EKSTRAKSJON						Gjennomsnitt	
			PRØVE C1V		PRØVE C2V		PRØVE C3V			
	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball
	156	40	137	40	115	42	115	41	122	41

MASSE D	RÅ BITUMEN		FRA EKSTRAKSJON						Gjennomsnitt	
			PRØVE D1V		PRØVE D2V		PRØVE D3V			
	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball
	167	39	100	43	105	43	100	43	102	43

MASSE R	RÅ BITUMEN		FRA EKSTRAKSJON						Gjennomsnitt	
			PRØVE R1V		PRØVE R2V		PRØVE R3V			
	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball	Penetrasjon	Ring & Ball
	166	40	106	43	110	43	113	42	110	43

Tabell 5.2 Analyse av bindemiddel gjenvunnet fra ekstraksjon av masseprøver (utført av Velde)

Når bitumen aldres avtar penetrasjonsverdien og mykningspunktet øker. Det vil si at bitumenet blir stivere.

Bitumen 160/220 skal ha en penetrasjon ved 25 °C mellom 160 og 220 (enhet 1/10 mm) før produksjon og et mykningspunkt mellom 35 – 43 (°C). Når bitumenet gjenvinnes fra asfaltmassen etter produksjon vil typisk verdi for penetrasjon ligge mellom 100 og 150. Kravet er at penetrasjon skal ligge over 37. Mykningspunktet skal ikke øke mer enn 11 °C.

Penetrasjon er en gammel og enkel analysemetode for bestemmelse av hardhet for bitumen. Prinsippet er at en nål med et lodd, som veier 100 gram, settes mot bitumenets overflate og slippes i 5 sekunder. Normalt måles penetrasjon ved 25 °C. Penetrasjons-verdien oppgis i 1/10 mm (trenger nålen 7 mm ned i bitumenet så blir penetrasjonsverdien 70). Mykere bitumen gir høyere verdi fordi nålen trenger lenger ned i bitumenet.

En annen gammel metode, som det er satt krav til, er mykningspunkt, også kalt «kule & ring» eller «ring & ball». En ring fylles med bitumen og settes i et bad med en kule oppå bitumenet i ringen. Temperaturen i badet økes med 5 °C per minutt til bitumenet blir så mykt at kula siger gjennom ringen. Den temperaturen hvor det skjer kalles mykningspunktet. Mykningspunktet er et mål på asfaltens deformasjonsmotstand ved høy dekketemperatur om sommeren.



VELDE

Samlerapport asfaltanalyser

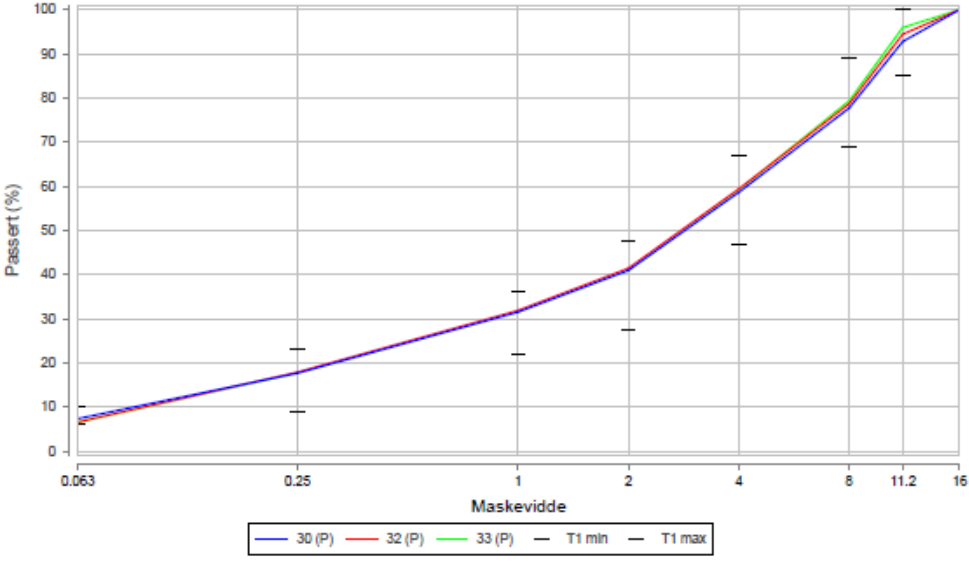
Hoved region

Oppdragsnr.	63170036	Oppdragsnavn	KFA 2017
Prosjektnr.	20174	Prosjektnavn	KFA 2017
Kontrakt/pkt.		Asfaltleverandør	Velde Asfalt AS
Reseptnummer	3111250 G10-V2	Dekketype	AC 11 surf 160/220 Agb 11

Prøvenr.	30 _(P)	32 _(P)	33 _(P)		
Uttaksdato	14.09.2017	14.09.2017	14.09.2017		
Uttatt kl.	18:00	18:00	18:00		
Vegnr	Masse D				
HP					
Meter					
Profil					
Feltnr. / avstand høyre kant					
Bindemiddel (%)	5.92	5.79	5.87		
Temperatur (°C)	156.0	156.0	156.0		
Hulrom (%)					
Densitet dekke (Mg/m³)					
Vanninnhold (%)					
Forbruk (kg/m²)					
Siktemetode	Tørssikt med børster	Tørssikt med børster	Tørssikt med børster		

Toleransesett T1	min	max
Bindemiddel	5.40	6.20
Temperatur	130.0	170.0

Pr.nr.	µm		mm					
	63	250	1	2	4	8	11.2	16
30 _(P)	7.4	17.7	31.5	41.0	58.6	77.7	92.8	100.0
32 _(P)	6.6	17.9	31.9	41.4	59.4	78.7	94.4	100.0
33 _(P)	6.6	17.7	31.7	41.1	59.1	79.3	95.9	100.0



Sted: _____
Dato: _____
Signatur: _____

Figur 5.3 Samlerapport ekstraksjonsanalyser masse D

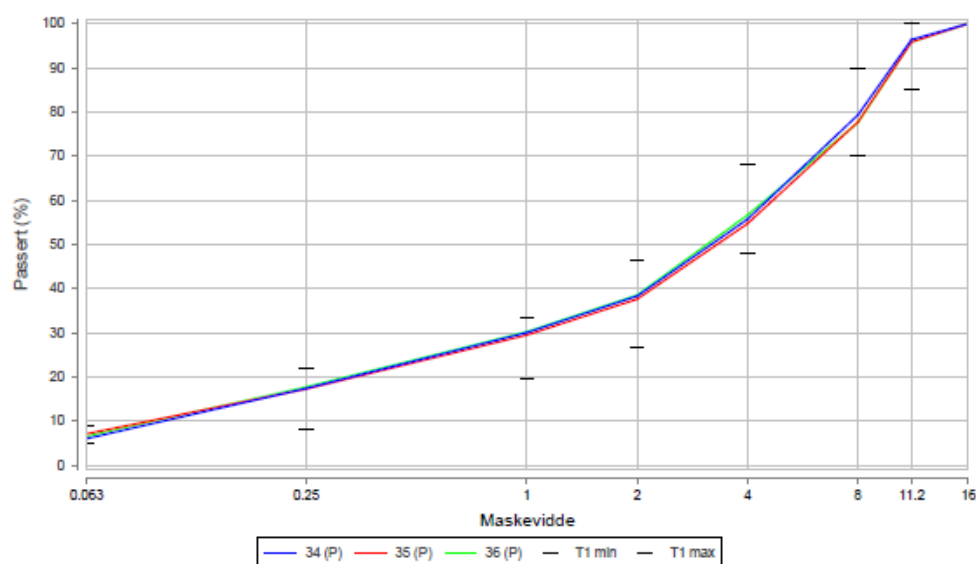
Tilsiktet bitumeninnhold 5,8 %, snitt analyser 5,86 %

Oppdragsnr.	63170036	Oppdragsnavn	KFA 2017
Prosjektnr.	20174	Prosjektnavn	KFA 2017
Kontrakt/pkt.		Asfaltleverandør	Velde Asfalt AS
Reseptnummer	3111200-V2	Dekketype	AC 11 surf 160/220 Agb 11

Prøvenr.	34 _(P)	35 _(P)	36 _(P)		
Uttaksdato	14.09.2017	14.09.2017	14.09.2017		
Uttatt kl.	21:00	21:00	21:00		
Vegnr	Masse R				
HP					
Meter					
Profil					
Feltnr. / avstand høyre kant					
Bindemiddel (%)	6.24	5.84	6.03		
Temperatur (°C)	172.0	172.0	172.0		
Hulrom (%)					
Densitet dekke (Mg/m³)					
Vanninnhold (%)					
Forbruk (kg/m²)					
Siktemetode	Tørssikt med børster	Tørssikt med børster	Tørssikt med børster		

Toleransesett T1	min	max
Bindemiddel	5.40	6.20
Temperatur	130.0	170.0

	µm		mm						
Pr.nr.	63	250	1	2	4	8	11.2	16	
34 _(P)	6.0	17.4	30.0	38.3	55.7	79.3	96.4	100.0	
35 _(P)	7.1	17.2	29.5	37.6	54.7	77.7	95.8	100.0	
36 _(P)	6.6	17.7	30.2	38.5	56.6	77.6	95.8	100.0	



Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____

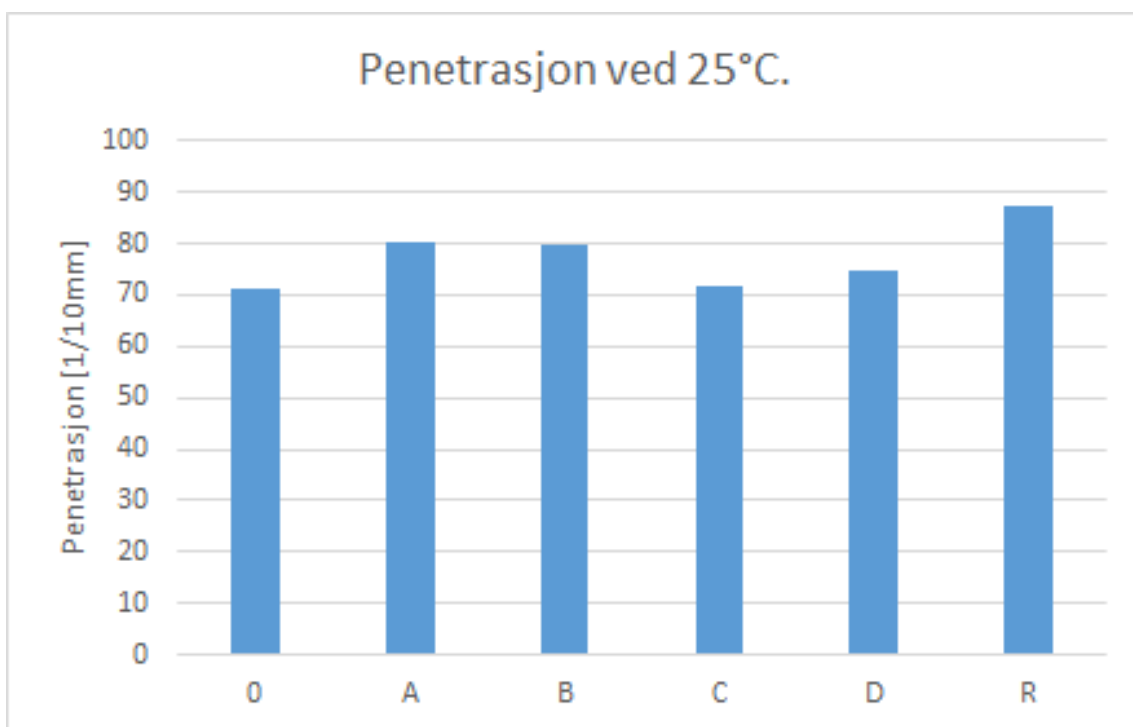
Figur 5.4 Samlerapport ekstraksjonsanalyser masse R

Tilsiktet bitumeninnhold 5,8 %, snitt analyser 6,04 %.

Veiteknisk Institutt har mottatt 5 forskjellige masseprøver fra Velde merket 0, A, B, C, D og R, hvor bitumenet ble gjenvunnet i ekstraksjonsmaskin og rotavapor for analyse av penetrasjon- og mykningspunkt.

Penetrasjon: Prøve	Penetrasjon
0	71
A	80
B	79
C	72
D	75
R	87

Tabell 5.5 Penetrasjonsmålinger



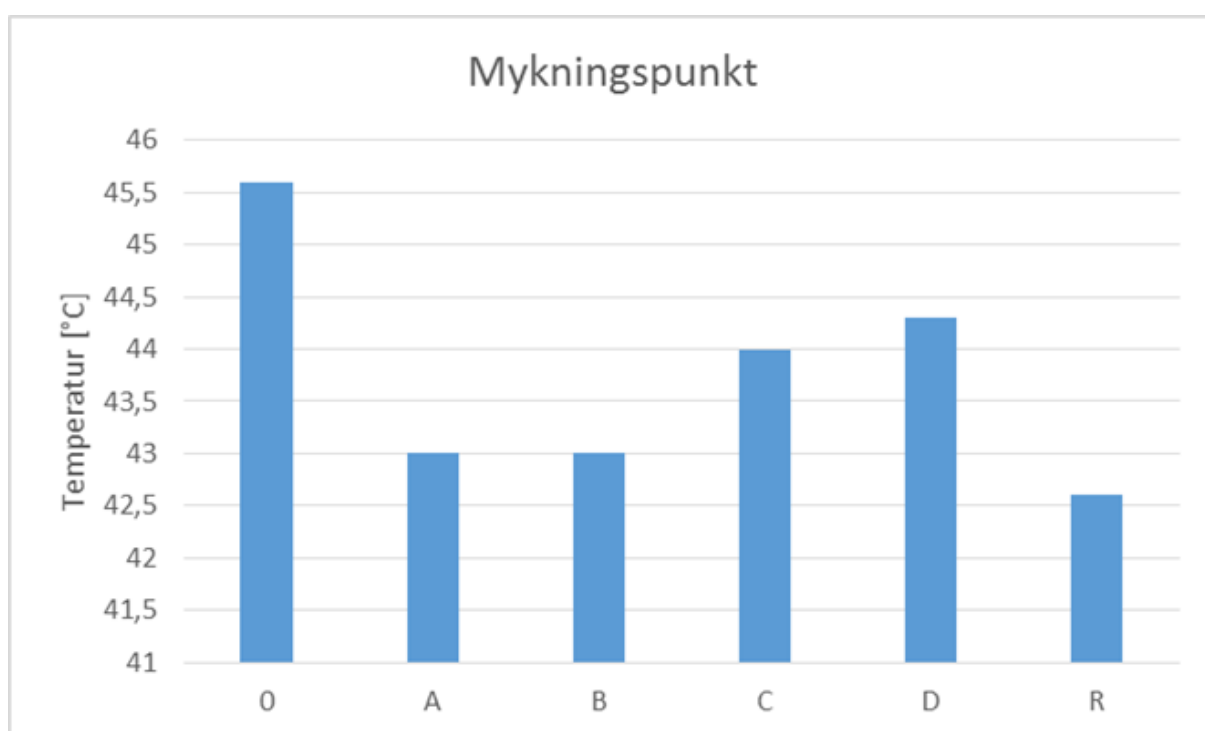
Figur 5.6 Penetrasjonsmålinger

Bitumenet er mykere jo høyere penetrasjonsverdi. Dekket med gjentakende gjenbruk (D) har noe stivere bitumen enn referansen (R).

Mykningspunkt:

Prøve	Mykningspunkt °C	Mykningspunkt °C	Mykningspunkt °C Snitt av fire ringer
0	45,6/45,5	45,7/45,5	45,6
A	43,0/43,1	42,9/42,9	43,0
B	42,9/42,9	43,1/43,0	43,0
C	43,9/44,0	44,0/44,0	44,0
D	44,1/44,4	44,4/44,3	44,3
R	42,8/42,8	42,4/42,4	42,6

Tabell 5.7 Mykningspunktmålinger



Figur 5.8 Mykningspunktmålinger

Bitumen med høyt mykningspunkt er stivere. Dekket med gjentakende gjenbruk har noe stivere bitumen enn referansen. Det vil gi noe bedre motstand mot permanent deformasjon ved høye sommertemperaturer. Målinger av spor i asfaltdekket i ettertid viser marginalt mindre spordannelse i D, sammenliknet med R.

6. Analyser av utlagt asfaltdekke



PROSJEKT: KFA 2017

Kontrakt: KFA 2017
 Vegnr.: FV 318
 Selskap: Velde Asfalt AS
 Dekketype: AC 11 surf 160/220 Agb 11
 Reseptnr: 3111250 G10-V2
 Maks. Teor. Dens. 2445 Kg/m³
 Tykkelse: 40 mm.
 Måler brukes: Troxler

Dato	Plassering	Hulrom (%)	Densitet (Kg/m ³)
Punkt. 1.1	HP1 - 76 - F1	2,61	2259
Punkt. 1.2	"	2,80	2255
Punkt. 1.3	"	2,31	2388
Punkt. 1.4	"	4,06	2228
Punkt. 1.5	"	2,48	2262
Punkt. 2.1	HP1 - 116 - F1	3,36	2243
Punkt. 2.2	"	2,71	2257
Punkt. 2.3	"	2,53	2383
Punkt. 2.4	"	2,61	2381
Punkt. 2.5	"	2,83	2376
Punkt. 3.1	HP1 - 156 - F1	3,08	2249
Punkt. 3.2	"	2,80	2255
Punkt. 3.3	"	2,61	2259
Punkt. 3.4	"	3,08	2249
Punkt. 3.5	"	3,73	2235
Punkt. 4.1	HP1 - 196 - F1	1,96	2273
Punkt. 4.2	"	4,52	2218
Punkt. 4.3	"	2,24	2267
Punkt. 4.4	"	6,06	2185
Punkt. 4.5	"	5,03	2207
Punkt. 5.1	HP1 - 242 - F1	3,55	2239
Punkt. 5.2	"	2,85	2254
Punkt. 5.3	"	1,73	2403
Punkt. 5.4	"	2,61	2381
Punkt. 5.5	"	4,80	2328


 Manuel Garea

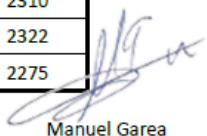
Tabell 6.1 Troxlermålinger på asfaltdekket D

Densitetsmålinger og hulromsberegninger fra dekke med gjentakende gjenbruk.
 Gjennomsnitt hulrom 3,16 % (målingene ligger fra 1,73 til 6,06 %).

PROSJEKT: KFA 2017

Kontrakt: KFA 2017
 Vegnr.: FV 318
 Selskap: Velde Asfalt AS
 Dekketype: AC 11 surf 160/220 Agb 11
 Reseptnr: 3111200 V2
 Maks. Teor. Dens. 2414 Kg/m³
 Tykkelse: 40 mm.
 Måler brukes: Troxler

Dato	Plassering	Hulrom (%)	Densitet (Kg/m ³)
Punkt. 6.1	HP1 - 300 - F1	2,50	2384
Punkt. 6.2	"	2,45	2376
Punkt. 6.3	"	3,65	2326
Punkt. 6.4	"	3,48	2330
Punkt. 6.5	"	4,30	2310
Punkt. 7.1	HP1 - 328 - F1	7,08	2243
Punkt. 7.2	"	5,39	2284
Punkt. 7.3	"	5,39	2284
Punkt. 7.4	"	5,10	2291
Punkt. 7.5	"	6,63	2254
Punkt. 8.1	HP1 - 365 - F1	7,62	2230
Punkt. 8.2	"	5,39	2284
Punkt. 8.3	"	5,18	2289
Punkt. 8.4	"	5,72	2276
Punkt. 8.5	"	8,24	2215
Punkt. 9.1	HP1 - 405 - F1	7,04	2244
Punkt. 9.2	"	6,71	2252
Punkt. 9.3	"	5,92	2271
Punkt. 9.4	"	5,92	2271
Punkt. 9.5	"	7,83	2225
Punkt. 10.1	HP1 -430 - F1	3,10	2339
Punkt. 10.2	"	5,10	2290
Punkt. 10.3	"	5,00	2310
Punkt. 10.4	"	3,90	2322
Punkt. 10.5	"	5,90	2275


 Manuel Garea

Tabell 6.2 Troxlermålinger på asfaltdekket R

Densitetsmålinger og hulromsberegninger fra referansedekke. Gjennomsnitt hulrom 5,38 % (målingene ligger fra 2,45 til 8,24 %).

Densitetsmålingene viser et høyere hulrom for referansedekket (R) enn forsøksdekket (D).

Både masseprøver og borkjerner ble sendt Veidekkes laboratorium i Trondheim for testing i Wheel Track Tester (NS-EN 12697-22 Cooper small device, ved 40 °C)

Wheel Track testen, NS-EN 12697-22, kan enten utføres på prøveplater, for eksempel 26 x 32 cm, som er komprimert på laboratoriet i et eget komprimeringsutstyr eller man kan teste på borkjerner med diameter på 200 mm, som er tatt ut av asfaltdekke på veien. I forsøket kjøres et kompakt gummi hjul fram og tilbake 20.000 ganger på asfaltprøven. Dette skjer i et temperaturskap med konstant temperatur, i vårt tilfelle 40°C. Deformasjonen måles under hele testen og sporutviklingen mellom 10.000 og 20.000 passeringer samt total sporutvikling er mål for massens motstand mot deformasjoner fra trafikk.

PRD er relativ spordybde i prosent av prøvens tykkelse og WTS er stigningstallet i mm/1000 sykler.

Masseprøver:

Masseprøver er tatt ut etter hver produksjon i asfaltfabrikken (D og R ble lagt ut i feltforsøket på Fv 318 (nå Fv 4508))

Prøve merket	Prøvenr.	Bindemiddel	Sporutvikling WTS _{luft} /1000 passeringer	Def (mm)	PRD Def (% av prøvetykkelse)
A	15 og 16	160/220	0,150	4,3	8,5
B	11 og 12	160/220	0,182	4,9	9,8
C	17 og 18	160/220	0,226	5,9	11,8
D	9 og 10	160/220	0,247	5,6	11,1
R	13 og 14	160/220	0,214	5,6	11,3

Tabell 6.3 Wheel Track Test - Laboratorietillagede plater

Borkjerner fra dekke på vei:

Prøve merket	Prøvenr.	Bindemiddel	Sporutvikling WTS _{luft} /1000	Def (mm)	PRD Def (% av prøvetykkelse)
D	D1.1 og D3.1	160/220	0,635	11,9	30,1
D	D2.1 og D4.1	160/220	0,886	19,9	35,6
R	R1.1 og R2.1	160/220	0,436	11,0	28,6
R	R3.1 og R4.1	160/220	0,647	14,0	34,7

Tabell 6.4 Wheel Track Test – Borkjerner fra veien

Hulrom i borkjerner benyttet i Wheel Track test:

Prøvenr.	Prøvehøyde (mm)	Densitet (g/cm ³)	Rice density (g/cm ³)	Hulrom (%)
D1.1	38,2	2,354		3,0
D2.1	38,2	2,352	2,426	3,1
D3.1	41,7	2,324		4,2
D4.1	40,8	2,334		3,8
R1.1	39,9	2,345		3,6
R2.1	36,8	2,375	2,431	2,3
R3.1	41,0	2,361		2,9
R4.1	39,7	2,360		2,9

Tabell 6.5 Densitet og hulrom på borkjerner til Wheel Track Test

Resultatene fra Wheel Track testen viser liten forskjell på sporutvikling for D og R, både på laboratorietillagede prøver og borkjerner fra veien. Nivåforskjellen mellom laboratorietillagede prøver og borkjerner fra veien er stor. Det er ikke krav til Wheel Track verdier for Agb-masser. Det er normalt høyere verdier for borkjerner enn laboratorietillagede prøver (krav til andre massetyper i Vegnormalene gjelder laboratorietillagede prøver)

7. Testing av bestandighet (vannømfintlighet)

60 laboratorieproduserte asfaltprøver fra Veldes laboratorium i Sandnes ble sendt til Sintef fra Veiteknisk Institutt. Prøvene inneholdt fem forskjellige asfalttyper merket A, B, C, D, R.

Halvparten av prøvene ble lagret i vann og utsatt for 8 fryse/tine-sykler. Disse prøvene er merket «våt» i resultat-tabellene.

Cantabro-test:

I Cantabro-testen tromles en asfaltprøve (marshall-kloss) 300 omdreiinger i en Los Angelesstrommel. Etter tromling måles vekttapet (partikkeltapet) for klossen. Testen er opprinnelig utviklet for å teste styrken (kohesjon) for porøse asfaltmasser (NS-EN 12697-17). I Norge benyttes testen på alle massetyper for å vurdere massens vannømfintlighet ved å sammenlikne prøveklusser som er lagret tørt med klusser som er lagret i vann.

Tabell 1: Cantabrotest

Mix	Dato	Kondisjon.	Høyder Middel mm	Diameter Middel mm	Densitet g/cm ³	Test temperatur C	Mass før m1	Mass etter m2	Partikkeltap %
A	14.mar	tørr	64,82	101,80	2,34	21	1218,17	1194,03	1,98
A	22.mar	våt	65,37	101,91	2,34	21	1233,23	1176,83	4,57
B	14.mar	tørr	64,60	101,65	2,36	21	1216,57	1185,70	2,54
B	22.mar	våt	64,54	101,71	2,37	21	1226,63	1184,27	3,45
C	14.mar	tørr	64,76	101,69	2,37	21	1222,27	1187,87	2,81
C	22.mar	våt	64,93	101,64	2,37	21	1228,30	1195,47	2,67
D	14.mar	tørr	63,96	101,64	2,40	21	1221,80	1184,70	3,04
D	22.mar	våt	64,22	101,78	2,39	21	1227,67	1193,67	2,77
R	14.mar	tørr	64,88	101,78	2,37	21	1223,10	1190,73	2,65
R	22.mar	våt	65,04	101,78	2,38	21	1232,80	1196,27	2,96

Tabell 7.1 Resultat fra Cantabro-test

For masse D er forholdet mellom våt og tørr 0,91, mens det for masse R er 1,12.

ITSR-test:

ITSR (indirect tensile strength ratio) NS-EN 12697-12 er en test for å måle vannfølsomheten til en asfaltmasse.

Det lages prøver av asfaltmassen i en Marshall-stamper, eller det kan bores ut kjerner fra et utlagt asfaltdekke. Halvparten av prøvene lagres tørt, mens den andre halvparten lagres i vann i noen dager. Etter lagring testes prøvene ved å presse dem mellom to bommer i et testapparat. Styrkemålet fra dette forsøket betegnes gjerne som indirekte strekkstyrke (ITS – Indirect tensile strength). Forskjell i styrke mellom prøvene som er lagret i vann og prøvene som er lagret tørt (ITSR – Indirect tensile strength ratio) er et mål for asfaltmassens evne til å motstå nedbrytning på grunn av vann (vannfølsomhet). Hvis prøver lagret i vann har mer enn 80 % av styrken til prøver lagret tørt oppfattes normalt resultatet å være tilfredsstillende. Indirekte strekkstyrke omtales også som spaltestrekk.

Mix	Dato	Kondisjon.	Høyder Middel mm	Diameter Middel mm	ITS MPa	Test temperatur C	E-modul Mpa	Lastford. Koeff	ITSR %	Deknings grad
A	22.mar	tørr	65,03	101,78	555	25	3487	3,12	97,1	98 %
A	22.mar	våt	65,31	101,85	539	25	3184	3,04		98 %
B	22.mar	tørr	64,84	101,73	531	25	3342	3,08	98,1	98 %
B	22.mar	våt	64,62	101,93	521	25	3276	3,05		98 %
C	22.mar	tørr	64,51	101,79	491	25	3093	3,00	98,6	98 %
C	22.mar	våt	64,76	101,77	484	25	3053	2,98		98 %
D	22.mar	tørr	64,24	101,69	503	25	3166	3,02	103,7	98 %
D	22.mar	våt	64,26	101,64	521	25	3278	3,06		98 %
R	22.mar	tørr	64,77	101,78	485	25	3060	2,99	105,4	98 %
R	22.mar	våt	65,13	101,81	511	25	3215	3,04		98 %

Tabell 7.2 Resultat fra ITSR-test

Resultatene fra Cantabrotesten og ITSR-testen viser at asfaltmassene er lite vannømfintlige og at det ikke er vesentlig forskjell på massen med gjentakende gjenbruk (D) og referansemassen (R) med hensyn til påvirkning fra vann.

8. Testing av bindemiddel hos Nynas

Bindemiddel fra forskjellige typer asfaltmasser har blitt gjenvunnet og dets penetrasjon, mykpunkt og BBR-verdier (Bending Beam Rheometer) har blitt analysert. Et ferskt bitumen som ikke har gjennomgått asfaltproduksjon har også blitt analysert.

BBR verdier er et mål for lavtemperaturstivhet og relaksasjonsegenskaper (avspenning) til bindemidler. Det gir en indikasjon på bindemidlets evne til å motstå lavtemperatursprekker (NS-EN 14771 Bitumen and bituminous binders - Determination of the flexural creep stiffness - Bending Beam Rheometer (BBR))

Det ferske originalbindemiddelet har gjennomgått penetrasjon- og mykningspunktsmålinger både før og etter kortidsaldring (RTFOT) som simulerer aldringseffekten produksjon av asfaltmassen har på bindemiddelet. Deretter har bindemiddelet gjennomgått akselerert langtidsaldring i PAV (Pressure Aged Vessel) ved 100°C før det ble kjørt BBR-testing.

Det gjenvunnede bindemiddelets penetrasjon og mykpunkt har blitt analysert før det har gjennomgått langtidsaldring i PAV'en og deretter testet BBR. Bitumenet gjenvunnet fra asfaltgranulat («Bitumen fra Masse 0») har ikke gjennomgått videre aldring i PAV.

Alle bindemidler har kjørt BBR ved to temperaturer (-12°C og -18°C) for å finne temperaturnivåene hvor målte verdier er lik de gitte grensenivåer for godkjent resultat.

Resultater fra originalbindemiddel:

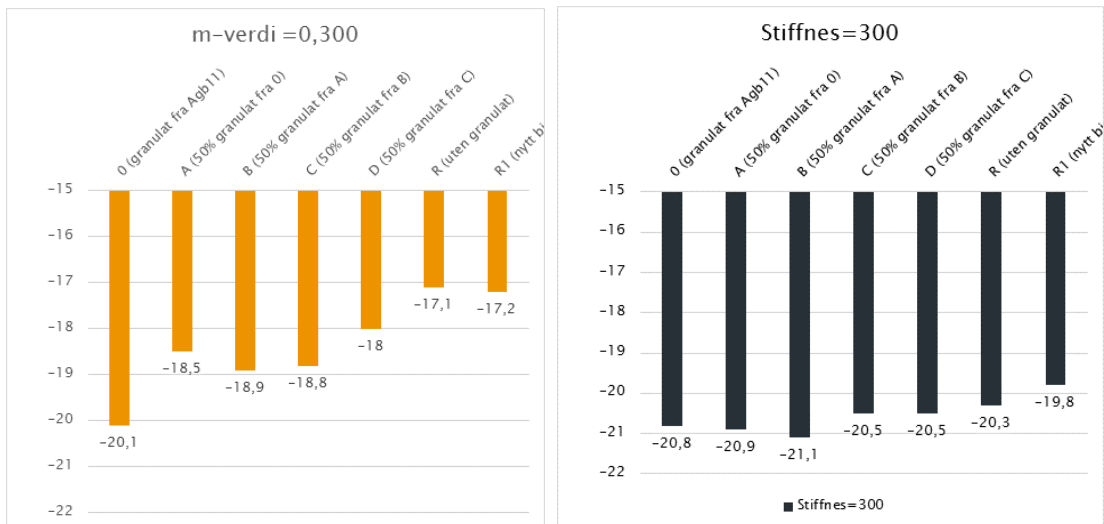
	Original		Etter RTFOT-aldring		Etter PAV-aldring (100°C)		
	Penetrasjon [mm/10]	Mykpunkt [°C]	Penetrasjon [mm/10]	Mykpunkt [°C]	BBR -12°C	BBR -18°	BBR kalkulasjon
C2	173	39,8	88	45	m-value: 0,355 Stiffness: 113 MPa	m-value: 0,293 Stiffness: 239 MPa	Stiffness= 300 MPa ved -19,8°C m-value= 0,300 ved - 17,2°C

Tabell 8.1 Resultater for nytt bitumen

Resultater fra gjenvunnet bindemiddel:

	Etter PAV-aldring (100°C)				
	Penetrasjon [mm/10]	Mykpunkt [°C]	BBR -12°C	BBR -18°	BBR kalkulasjon
Bit. Fra masse A	104	44,4	m-value: 0,349 Stiffness: 89 MPa	m-value: 0,304 Stiffness: 202 MPa	m-value= 0,300 ved -18,5°C Stiffness= 300 MPa ved -20,9°C
Bit. Fra masse B	106	43,8	m-value: 0,337 Stiffness: 122 MPa	m-value: 0,305 Stiffness: 219 MPa	m-value= 0,300 ved -18,9°C Stiffness= 300 MPa ved -21,2°
Bit. Fra masse C	88	46,2	m-value: 0,350 Stiffness: 95 MPa	m-value: 0,306 Stiffness: 214 MPa	m-value= 0,300 ved -18,8°C Stiffness= 300 MPa ved -20,5°C
Bit. Fra masse D	88	45,8	m-value: 0,352 Stiffness: 105 MPa	m-value: 0,300 Stiffness: 220 MPa	m-value= 0,300 ved -18,0°C Stiffness= 300 MPa ved -20,5°C
Bit. Fra masse R	97	44,8	m-value: 0,350 Stiffness: 116 MPa	m-value: 0,291 Stiffness: 230 MPa	m-value= 0,300 ved -17,1°C Stiffness= 300 MPa ved -20,3°C
	Penetrasjon [mm/10]	Mykpunkt [°C]	BBR -12°C	BBR -18°	BBR kalkulasjon
Bit. Fra masse 0	79	45,8	m-value: 0,401 Stiffness: 82 MPa	m-value: 0,326 Stiffness: 198 MPa	m-value= 0,300 ved -20,1°C Stiffness= 300 MPa ved -20,8°C

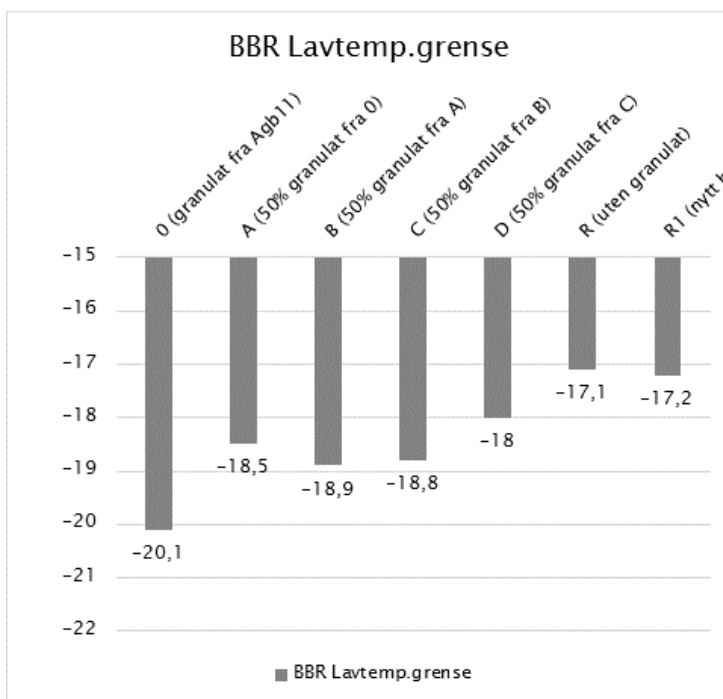
Tabell 8.2 Resultat for gjenvunnet bitumen fra massene A, B, C, D og R, samt bitumen fra granulat 0.



Figur 8.3 Lavtemperaturgrense 1) m-verdi = 0,300 og 2) Stivhet = 300

Den nedre temperaturgrensen er det svakeste resultatet fra de to beregningsmåtene vist i figur 8.3.

Bindemidlet fra opprinnelig granulat har lavest temperaturgrense. Bitumenet gjenvunnet fra asfaltgranulat («Bitumen fra Masse 0») har ikke gjennomgått videre aldring i PAV fordi det allerede er langtidsaldret på veien. Resultatet stemmer ikke med stivheten målt ved penetrasjon, G^* og MSCRT (se kapittel 10)



Figur 8.4 BBR lavtemperaturgrense.

Masse D har en litt lavere lavtemperaturgrense enn referansen R i BBR-analysen.

9. Analyse av asfaltmasse

Veiteknisk Institutt har mottatt 15 marshall-klosser for analyse av elastisk stivhet (E-modul). Disse er testet i NAT (Nottingham Asphalt Tester) hos YIT.

NS-EN 12697-26 Bituminøse masser – Prøvingsmetode for varmblandet asfalt – Del 26: Stivhet (Annex C)

. Resultatene er uttrykt som relativ E-modul i forhold til verdien av prøvekløssene merket «R». Alle verdiene er snitt av 3 prøver.

Prøvenummer	Hulrom [%]	Relativ E-modul 10 °C	Relativ E-modul 20 °C
1 A1	*	0,79	1,09
2 A2	1,0		
3 A3	1,2		
4 B1	0,8	0,67	0,74
5 B2	1,2		
6 B3	0,9		
7 C1	0,8	0,65	0,66
8 C2	0,7		
9 C3	0,6		
10 D1	0,7	0,81	0,74
11 D2	1,0		
12 D3	0,6		
13 R1	0,8	1,00	1,00
14 R2	1,3		
15 R3	0,7		

* Feilmåling

Tabell 9.1 Relativ E-modul målt på Marshallklosser

Elastisitet er et mål på hvor godt et materiale vender tilbake til sin opprinnelige form og størrelse. Høy E-modul betyr at asfalten er stivere og har bedre motstand mot permanente deformasjoner.

Hulrom og bitumenfylt hulrom

Veiteknisk Institutt har mottatt 15 marshall-klosser fra Velde for analyse av hulrom og bitumenfylt hulrom:

Krav til hulrom ved proporsjonering (N200:2014) for Agb, ÅDT < 3000, er 2,0 – 6,0 % og for bitumenfylt hulrom ≥ 70 %.

Hulrommet i marshall-klossene ligger under nedre grense for hulrom. Det vil si at massen lett lar seg komprimere til et lavt hulrom. Det er liten forskjell mellom de ulike massene.

Prøvenummer	Hulrom [%]	Bitumenfylt hulrom [%]	% Bitumen
1	0,9	93,72	Sammenslåing prøve 1,2,3 5,68
2	0,7	95,24	
3	0,9	93,72	
4	1,2	91,99	Sammenslåing prøve 4,5,6 5,59
5	1,2	91,91	
6	1,3	91,24	
7	1,4	89,52	Sammenslåing prøve 7,8,9 5,45
8	1,5	88,80	
9	2,0	86,80	
10	0,9	93,81	Sammenslåing prøve 10,11,12 5,57
11	1,0	93,11	
12	1,0	92,94	
13	0,6	95,60	Sammenslåing Prøve 13,14,15 5,57
14	0,8	94,43	
15	0,5	96,34	

Tabell 9.2 Hulrom og bitumenfylt hulrom i Marshallklosser

Prøvene var merket:

- 1 – R4-50 AGB 11 Uten granulat MASSE R
- 2 – R5
- 3 – R6
- 4 – A4-50 AGB 11 50% Masse A
- 5 – A5
- 6 – A6
- 7 – B4-50 AGB 11 50% Masse B
- 8 – B5
- 9 – B6
- 10 – C4-50 AGB 11 50% Masse C
- 11 – C5
- 12 – C6
- 13 – D4-50 AGB 11 50% Masse D, granulat fra masse C
- 14 – D5
- 15 – D6

Veiteknisk Institutt har mottatt 10 borkjerner av hver av massene D og R fra Velde for analyse av hulrom og bitumenfylt hulrom, kjernenes diameter 10,4 cm:

Krav til hulrom for Agb slitelag (N200:2014) er 2–5 % for enkeltmålinger (dekketykkelse > 80 kg/m²). Det er ikke krav til bitumenfylt hulrom i asfaltdekket.

Referansedekket (R):

Prøvenummer	Hulrom [%]	Bitumenfylt hulrom [%]	% Bitumen
1	1,9	88,34	Sammenslåing prøve 1,2 6,06
2	2,2	86,88	
3	1,4	91,16	
4	1,6	90,17	
5	1,9	88,50	
6	2,1	87,18	
7	2,5	85,32	
8	2,0	87,8	
9	9,2	61,61	
10	7,5	65,75	

Tabell 9.3 Hulrom og bitumenfylt hulrom i borkjerner fra referansedekke R

Prøvene var merket:

- 1 – R 1.1 AGB 11 u.g
- 2 – R 1.2 AGB 11 u.g
- 3 – R 2.1 AGB 11 u.g
- 4 – R 2.2 AGB 11 u.g
- 5 – R 3.1 AGB 11 u.g
- 6 – R 3.2 AGB 11 u.g
- 7 – R 4.1 AGB 11 u.g
- 8 – R 4.2 AGB 11 u.g
- 9 – R 5.1 AGB 11 u.g
- 10 – R 5.2 AGB 11 u.g

Hulrommet ligger lavt eller for lavt for alle kjerner unntatt de to kjernene fra uttakspunkt 5, som ligger over grensen.

Dekke med gjentakende gjenbruk (D):

Prøvenummer	Hulrom [%]	Bitumenfylt hulrom [%]	% Bitumen
1	2,0	87,41	Sammenslåing prøve 1,2 5,76
2	2,1	86,88	
3	2,3	85,62	
4	2,5	84,67	
5	3,1	81,50	
6	3,0	82,10	
7	6,9	67,02	
8	7,8	63,82	
9	3,9	77,76	
10	4,0	77,52	

Tabell 9.4 Hulrom og bitumenfylt hulrom i borkjerner fra dekke med gjentakende gjenbruk D

Hulrommet ligger stort sett innenfor krav, med unntak av prøve 7 og 8 som har for høyt hulrom.

Prøvene var merket:

- 1 – D 1.1 AGB 11 R50
- 2 – D 1.2 AGB 11 R50
- 3 – D 2.1 AGB 11 R50
- 4 – D 2.2 AGB 11 R50
- 5 – D 3.1 AGB 11 R50
- 6 – D 3.2 AGB 11 R50
- 7 – D 4.1 AGB 11 R50
- 8 – D 4.2 AGB 11 R50
- 9 – D 5.1 AGB 11 R50
- 10 – D 5.2 AGB 11 R50

10. Analyser av bindemiddel hos Statens vegvesen, Trondheim

Testoppsett:

MSCRT ved 50°C og 60°C

Kompleksmodul og fasevinkel ved hjelp av temp ramp fra 30-10°C med PP08

LVE range (lineært viskoelastisk område) ved 10°C med PP08

LVE range ved 40°C med PP25

Kompleksmodul og fasevinkel ved hjelp av temp ramp fra 40-60°C med PP25

Kraftduktilitet

Kontaktperson hos Statens vegvesen var Wenche Hovin. En del av teksten som beskriver metode og utstyr kommer fra Statens vegvesen.

Dynamisk SkjærReometer (DSR): G^* og G^* Temp ramp

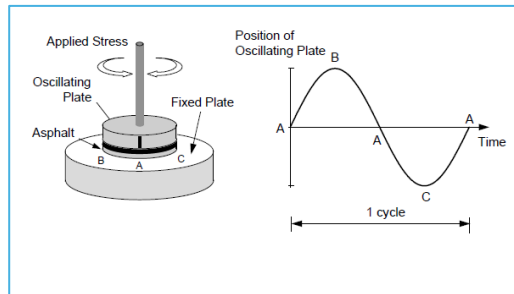
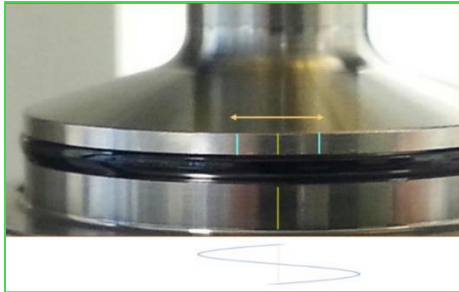
Et Dynamisk SkjærReometer (DSR) består av motordel, sensordel, temperaturkontrollenhet og programvare, som styrer målingene og behandler måledata.

- En svært nøyaktig motor med hensyn til kraft og rotasjonshastighet kan arbeide i ulike moduser: rotasjon, kryp og oscillasjon. Det kan velges konstante, repeterende, pulserende, svingende samt økende/avtakende kraft/skjærspenning på prøven.
- Sensordelen består i denne konfigurasjonen av en fastmontert sirkulær plate nederst, og en bevegelig sirkulær plate øverst. Denne er koblet til motorenheten som har nøyaktige følere for platens posisjon og bevegelse. De to parallelle platene (sensoregeometrien) har konstant avstand (gap) mellom seg, f.eks. 1,00 mm for 25 mm platediameter. Bitumenprøven påføres mellom platene og «trimmes» slik at det dannes en jevn, utvendig bulk.
- Siden bitumen er svært temperaturfølsom, må temperaturkontrollen være nøyaktig. Prøven må være skjermet mot trekk. En elektronisk temperaturstyringsenhet (Peltier-system) omslutter prøven og sørger for raske temperaturinnstillinger. Et DSR for bitumentesting har et stort temperaturspenn, og kan utføre ulike typer temperatursveip (fra varmt til kaldt eller omvendt).

Materialer kan være viskøse (mer eller mindre lettflytende) ved en gitt temperatur uten å ha elastiske egenskaper. Ved en annen temperatur kan de samtidig ha både viskøse og elastiske egenskaper. Dette merkes ved at de ikke renner jevnt og fritt samt virker seige og elastiske.

For bitumenprøver bestemmes kompleksmodulen (G^*) og fasevinkelen (δ) med plate-plate geometri. Metoden er beskrevet i norsk standard NS-EN 14770. I USA benyttes ASTM D7175 og AASHTO T315. I standarden er det tilstrekkelig å måle på én testprøve. I denne studien rapporteres middelerverdi av to prøvinger som en kvalitetssikring.

Måling av kompleksmodul (figur) utføres ved å påføre en dynamisk sinusformet belastning (spenning) på prøven. Prøvingen kan utføres ved ulike temperaturer, spenningsnivåer, tøyingsnivåer og frekvenser. Platens posisjon (horisontalt) og bevegelse registreres hele tiden i rheometeret. På grunnlag av målt skjærspenning og posisjon pr. tidsenhet, beregner DSR en rekke parametere, slik som G^* , G' , G'' og δ . Spenningen (enhet Pa) er forholdet mellom påført kraft og areal i sensorgeometrien.

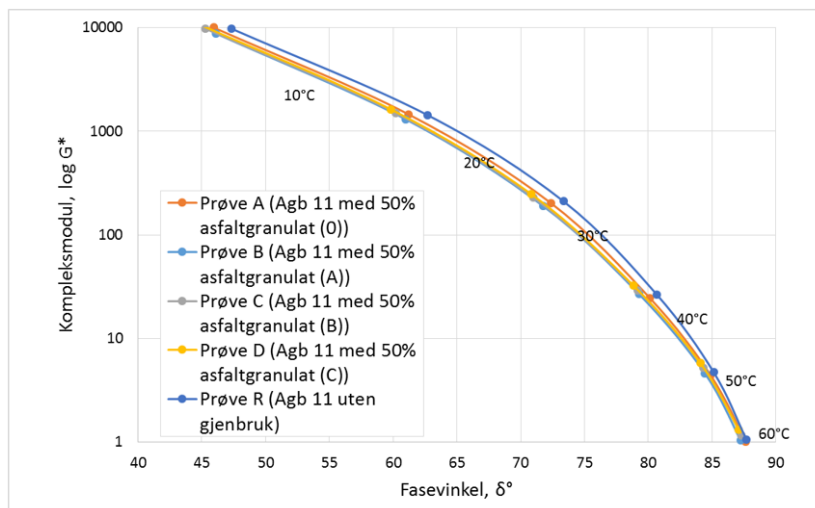


Figur 10.1 Dynamisk SkjærReometer (DSR)

Måling av kompleksmodul. Den øvre plata oscillerer (vugger) fram og tilbake med en frekvens på 1,59 Hz (10 rad/s). Målingen tar under ett minutt. Sinusbevegelsen er vist i underkant av bildet.

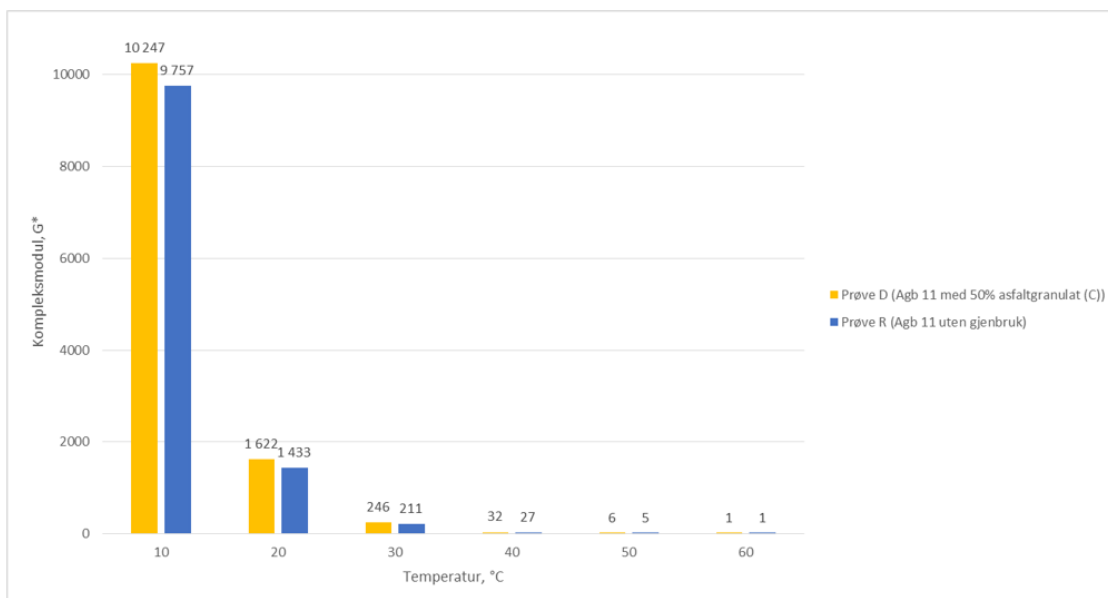
Kompleksmodulens og fasevinkelens sammenheng med bindemiddelegenskaper:

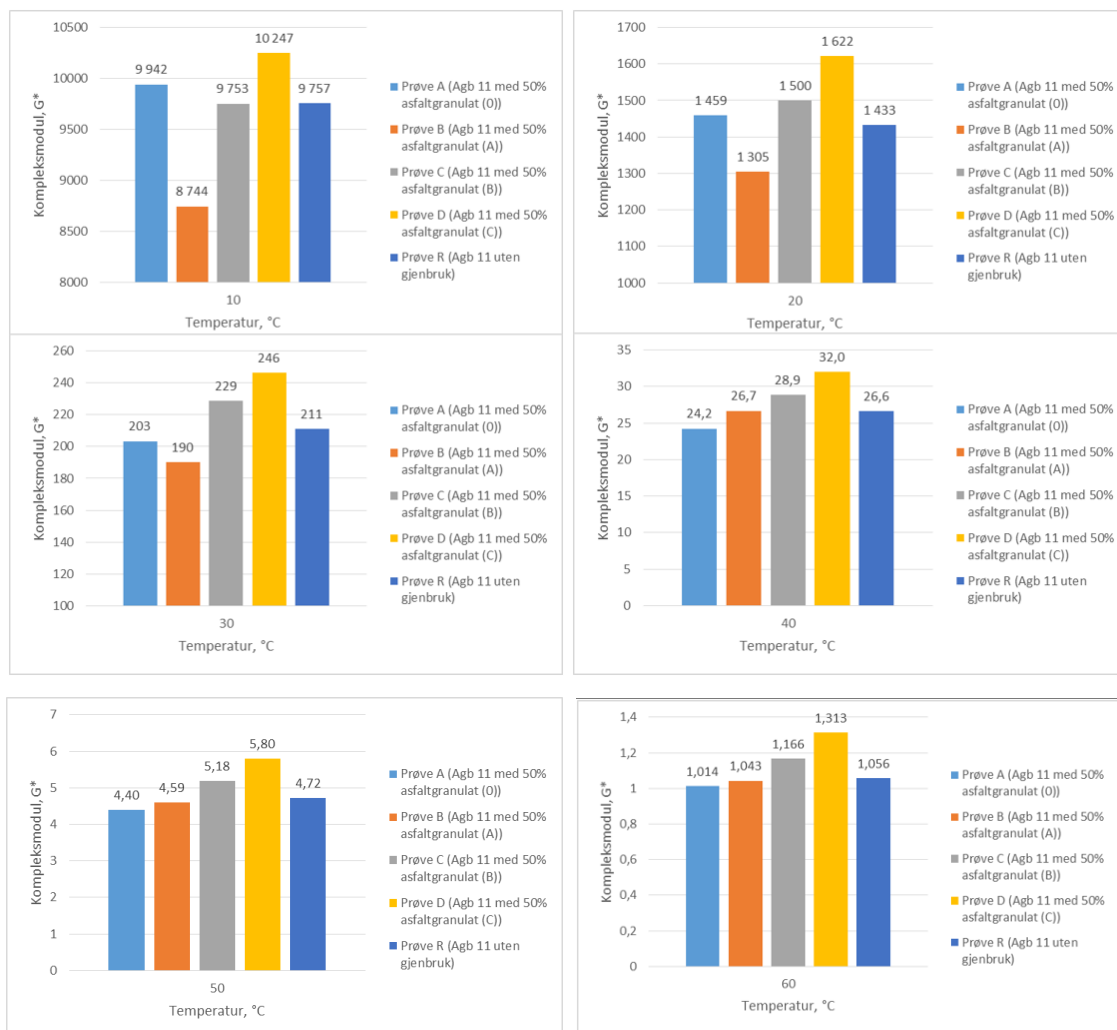
- $G^*/\sin \delta$ uttrykker bindemiddelets evne til å motstå plastiske deformasjoner («tapt» energi under flyt) og er knyttet til motstand mot plastisk deformasjon. Minimumsverdi for høy brukstemperatur angis i den amerikanske PG-spesifikasjonen. $G^*/\sin \delta$ er et mål for deformasjonsmotstand for bindemidlet som gir god korrelasjon til asfaltdekkets deformasjonsmotstand (sporutvikling) for ordinært bitumen, og noe dårligere korrelasjon ved bruk av PMB.
- $G^*\sin \delta$ uttrykker bindemiddelets evne til å motstå utmatting («tapt» energi under tøyning). Maksimumsverdi for *langtidsaldret* prøve ved «midlere» brukstemperatur angis i den amerikanske PG-spesifikasjonen.
- Et aldret og hardt bitumen vil oftest ha en lavere fasevinkel enn et ferskt, produsert bitumen med samme hardhet. Oksidasjon på grunn av aldring skaper mer indre struktur og større molekyler i aldret bindemiddel, som gjør det stivere og mindre fleksibelt.



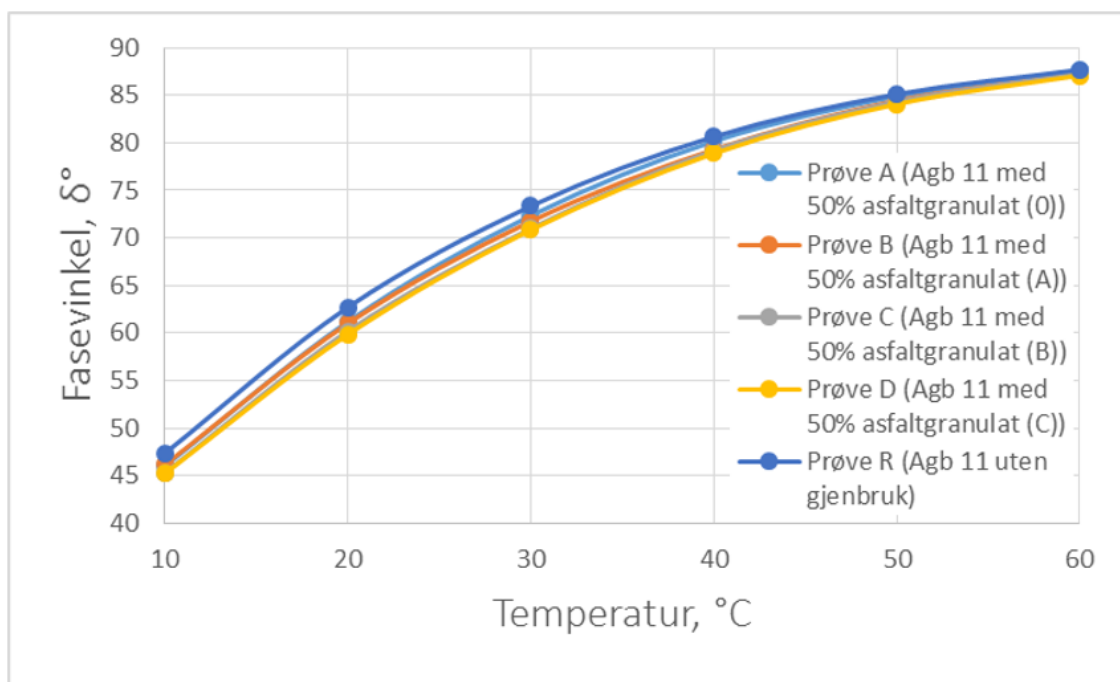
Figur 10.2 Kompleksmodul vs Fasevinkel

$f = 1,59 \text{ Hz}$ og $Y = 1\%$ for alle målinger, PP08: 30-10 °C, PP25: 40-60 °C.

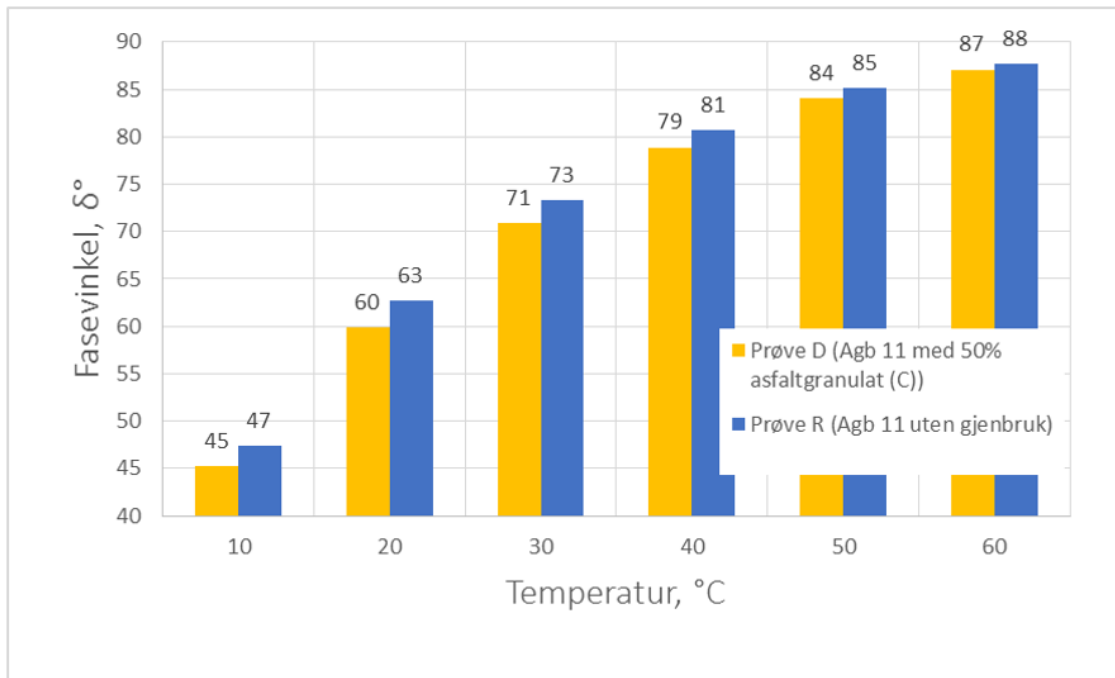




Figur 10.3 Kompleksmodul, G^* , ved ulike temperaturer



$f = 1,59$ Hz og $Y = 1\%$ for alle målinger, PP08: 30-10 °C, PP25: 40-60 °C.



Figur 10.4 To figurer som viser fasevinkelen ved ulike temperaturer

Fasevinkelen (δ) er et mål for den forsinkede responsen «time lag» i en oscillasjon.

Forsinkelsen uttrykkes i vinkelgrader.

Prøvens respons på påførte skjærspenning kan være elastisk, viskøs eller viskoelastisk.

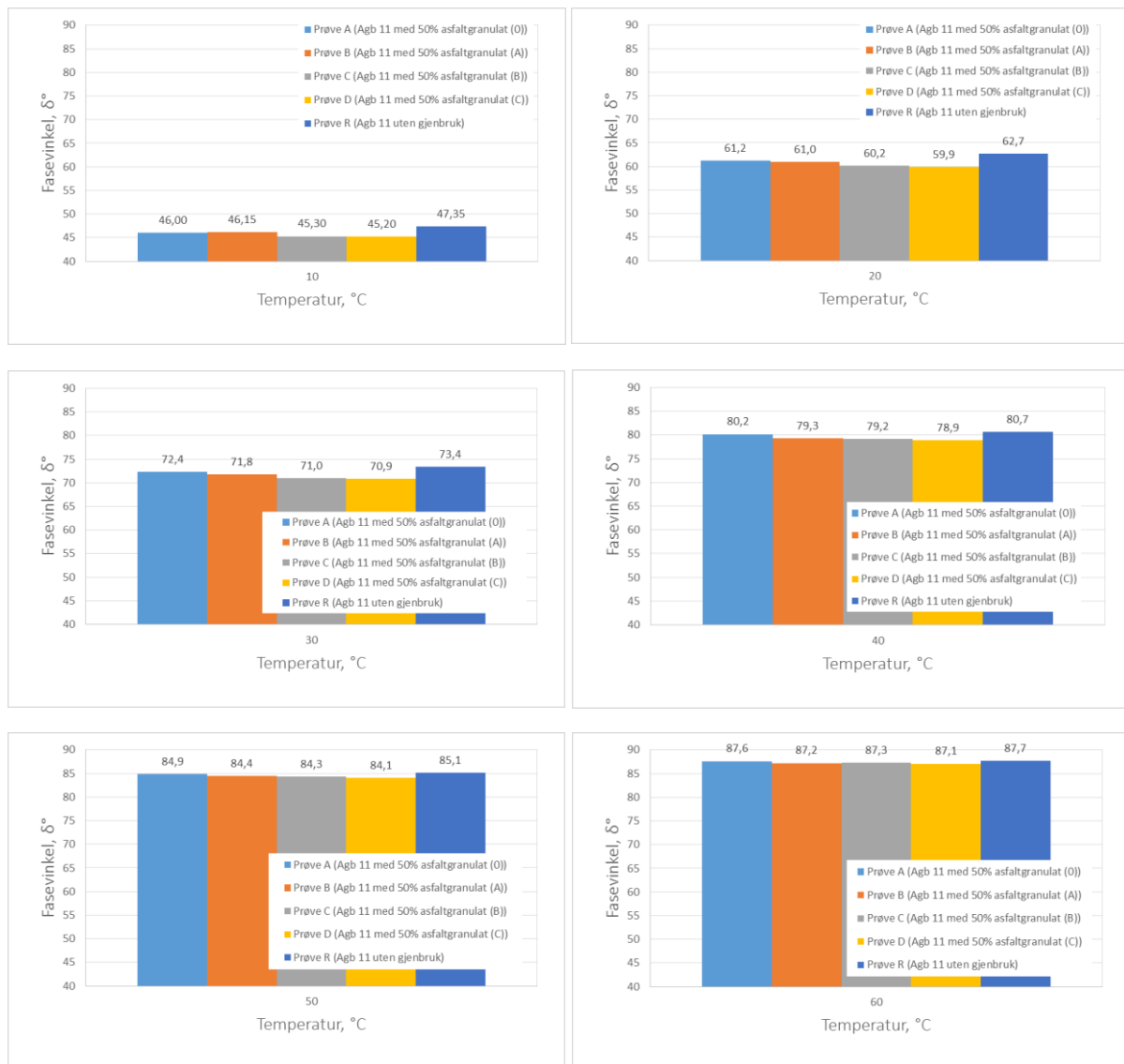
Ved *elastisk* respons svinger prøven *likt* med den påførte skjærspenningens sinuskurve (fasevinkel $\delta = 0^\circ$).

Ved *viskøs* respons svinger prøven *maksimalt forsinket* med den påførte skjærspenningens sinuskurve ($\delta = 90^\circ$).

Ved *viskoelastisk* respons svinger prøven *forsinket* med den påførte skjærspenningens sinuskurve (δ er mellom 0° og 90°).

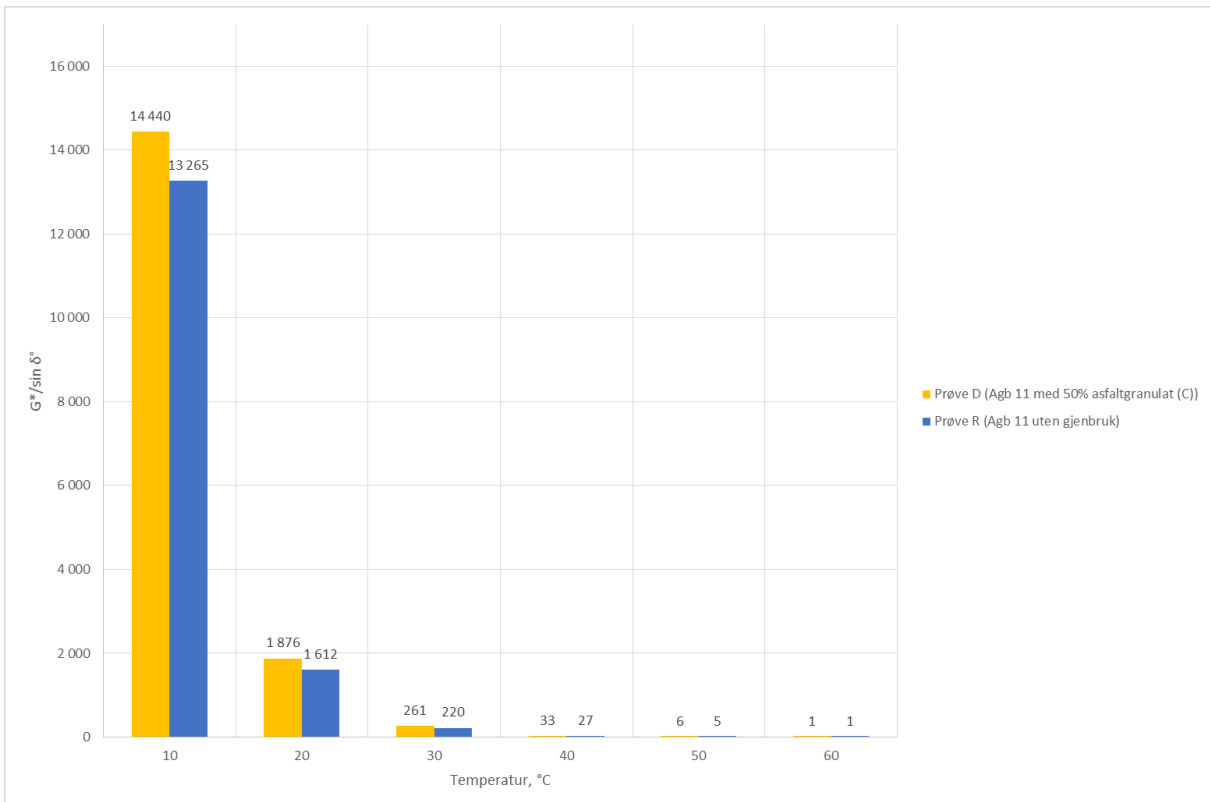
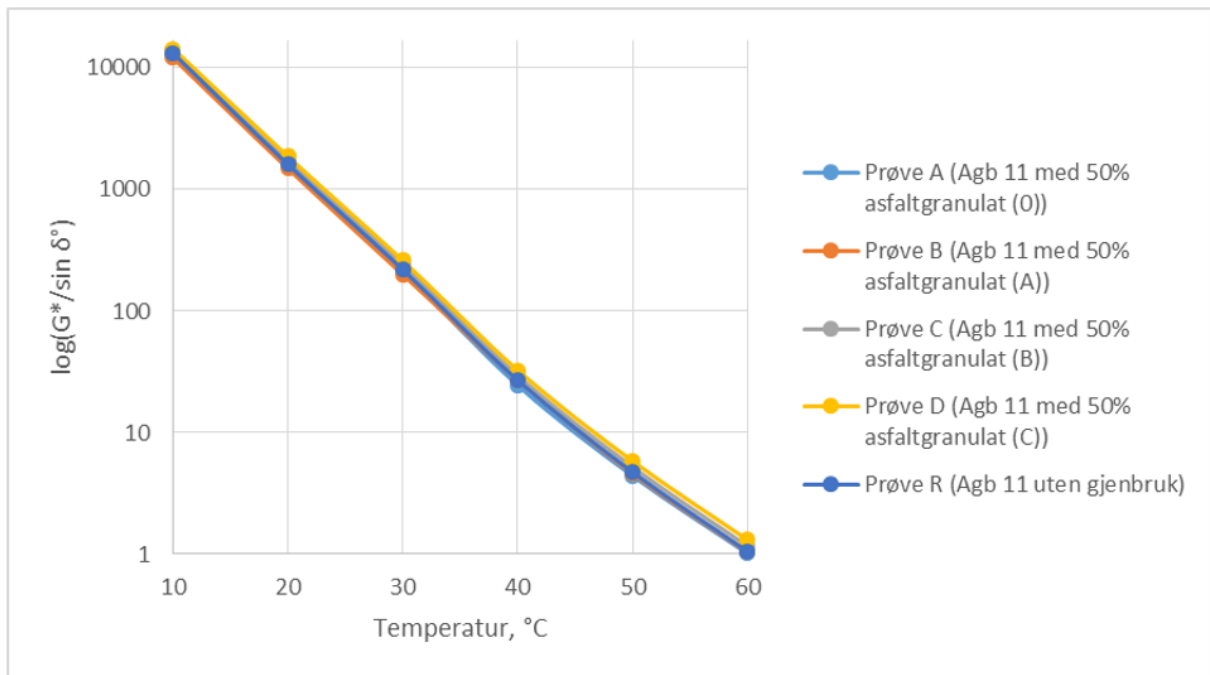
Ved lave temperaturer og ved høye frekvenser, vil bitumen oppføre seg mer som et stift og elastisk materiale (fasevinkelen blir lavere).

Ved høye temperaturer og ved lav frekvens, vil bitumen oppføre seg mer som et viskøst materiale (fasevinkelen blir høyere).



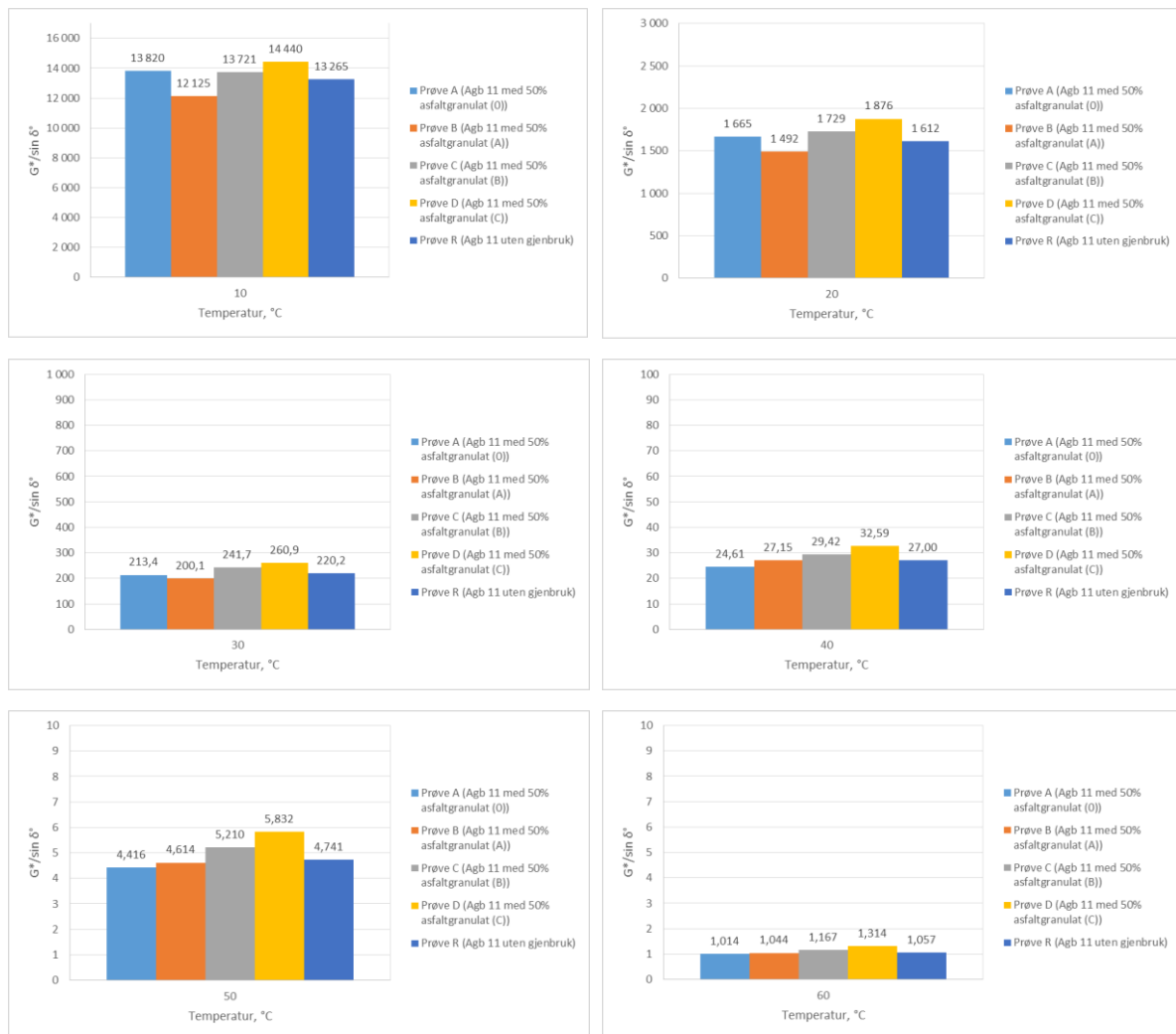
Figur 10.5 Fasevinkelen ved ulike temperaturer

Når fasevinkelen er 0-30°, ligger prøven i det *elastiske* området. I området 30-60° har den *viskoelastisk* respons. I området 60-90° dominerer *viskøse* egenskaper.



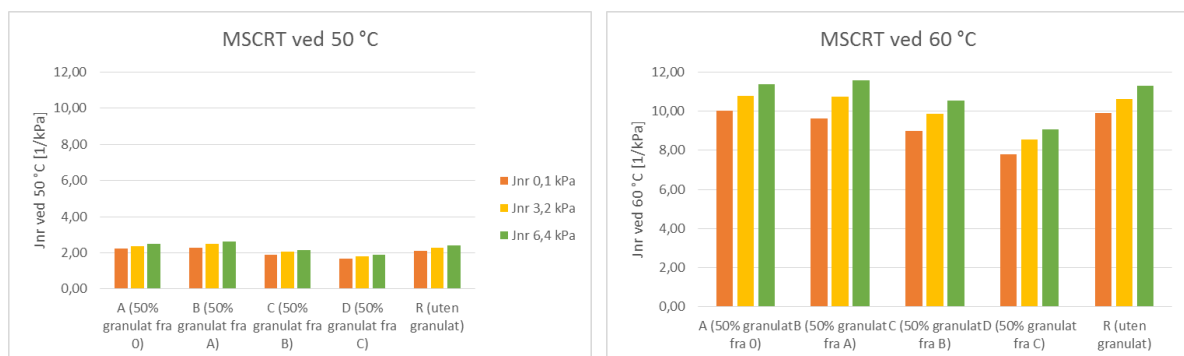
Figur 10.6 To figurer som viser $G^*/\sin \delta$ ved ulike temperaturer

$G^*/\sin \delta$ uttrykker bindemiddelets evne til å motstå plastiske deformasjoner («tapt» energi under flyt) og er knyttet til motstand mot plastisk deformasjon.



Figur 10.7 To figurer som viser $G^*/\sin \delta$ ved ulike temperaturer

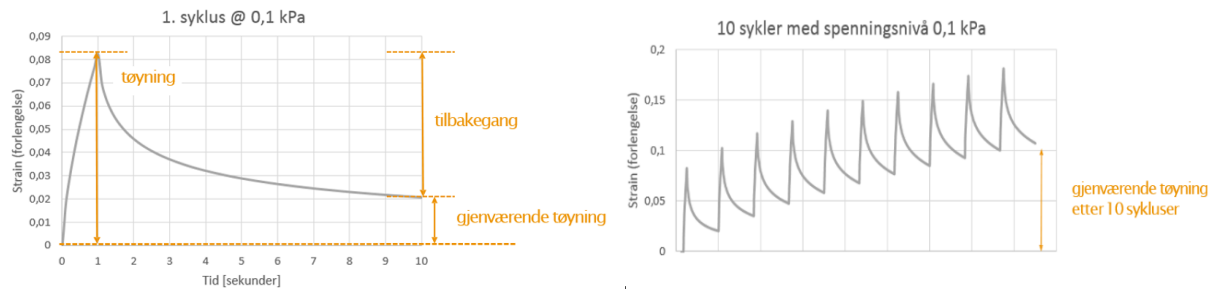
MSCRT-prøving (Multiple Stress Creep Recovery Test) for bestemmelse av Jnr og R% er utgitt som europeisk standard (NS-EN 16659).



Figur 10.8 MSCRT gjenværende tøyning ved 50 og 60 °C

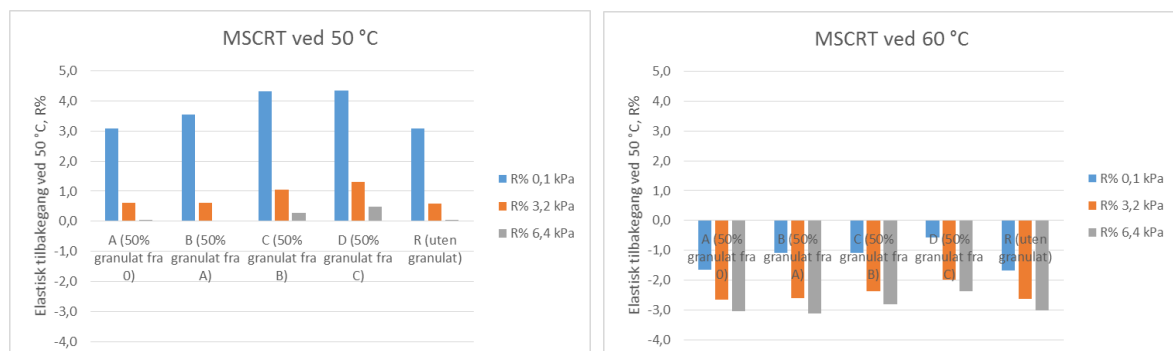
Jnr er den gjenværende tøyningen delt på påført skjærspenning (enhet 1/kPa). «Non-recoverable creep-compliance» kan oversettes med «ikke-gjenvinnbar krypføyelighet». Jo lavere Jnr-verdien er, jo lavere er den gjenværende tøyningen. Jnr-verdien viser tendensen til å få plastisk deformasjon. Selv om metoden er laget for PMB, er den også

egnet for vanlig bitumen. I MSCRT utføres 10 sammenhengende krypsykluser. En krypsyklus består 1 sekund med belastning, som gir en bestemt kryptøyning. Deretter slås belastningen av i 9 sekunder, og prøven tillates å reversere tøyningen med en elastisk tilbakegang. Den gjenværende tøyningen er et mål for plastisk deformasjon. Ved å dele gjenværende tøyning med påført skjærspenning fås *Jnr*-verdien.



Figur 10.9 viser prinsippet for MSCRT-målinger

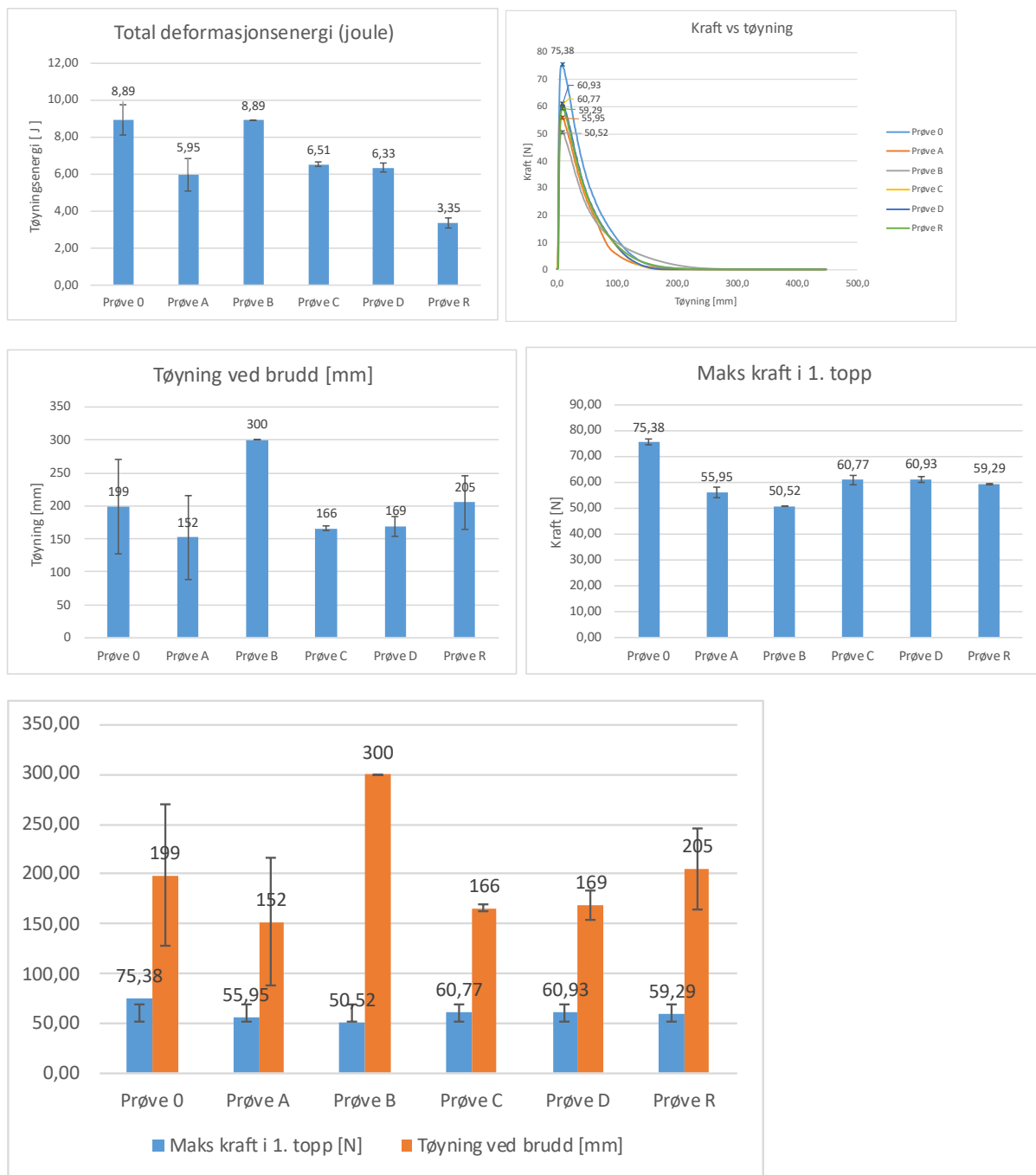
Jnr-diff er et mål for spenningsfølsomhet (stress sensitivity). Hvis *Jnr*-verdien endres mye når man øker spenningsnivået, f.eks. fra 0,1 kPa til 3,2 kPa, er prøven spenningsfølsom.



Figur 10.10 MSCRT elastisk tilbakegang

Elastisk tilbakegang (*R*%) bestemmes i MSCRT-prøvingen. Det er mulig at *R* %-verdien kan erstatte tradisjonell elastisk tilbakegang (utføres ved 10 °C i Norge). Siden ingen prøver er med polymer, er *R* %-verdien lav, og lite aktuell.

Kraftduktilitet – Kohesjon og strekkegenskaper for bitumen



Figurer 10.11. Resultat fra kraftduktilitetsmålinger

Kraftduktilitetmetoden (NS-EN 13589)

En formstøpt bitumenprøve «hundebæin» strekkes ved konstant fart til en forlengelse på 1333 %. Deformasjonsenergien (joule, J) beregnes fra kraftkurven for et gitt område etter den første toppen. Kohesjonsenergien, som er deformasjonsenergi dividert på det initiale tverrsnittetsarealet av prøven, er et mål for styrken i bindemidlet. Lengden på prøven ved brudd gir et direkte mål på duktilitet eller strekkbarhet.

11. Måling av tilstand etter 6 år

Måling utført 15.06.2023

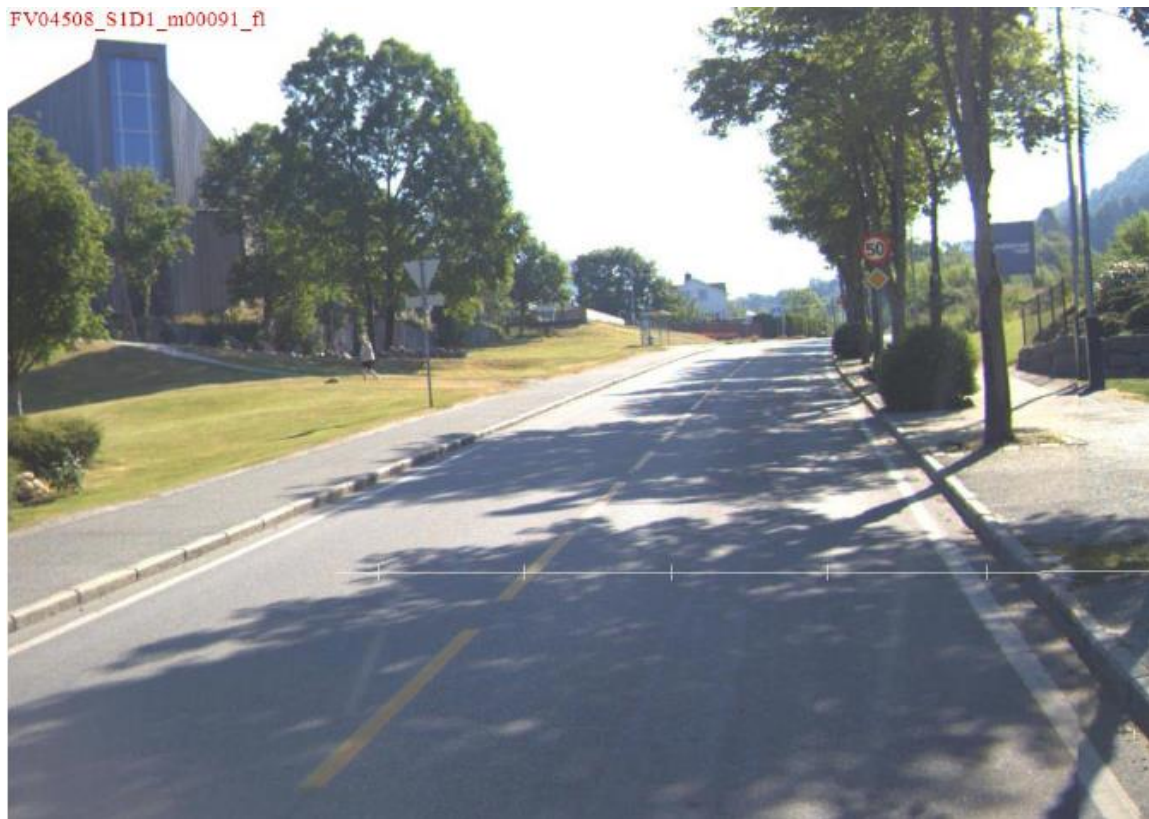
Fv 4508 – S1D1, km 0.010 – 0.270 Bersagelveien

	Spor		IRI		MPD	
	50 %	90 %	50 %	90 %	50 %	90 %
Felt 1 Gx4	6,4	7,3	3,1	3,5	0,9	1,0
Felt 2 Ref	6,9	7,7	2,6	3,2	0,9	0,9

Tabell 11.1 Tilstandsmålinger etter 6 år

Sporutviklingen er marginalt mindre for masse D enn for referansen R. Ut fra wheel track resultater var det forventet omtrent samme sporutvikling for D og R.

Bilder fra målingen i 2023:



Figur 11.2 Bilde av masse D: gjentakende gjenbruk etter 6 år på veien



Figur 11.3 Bilde av masse R: Referanse uten gjenbruk etter 6 år på veien

Konklusjon etter 6 år er at kvalitet og antatt levetid er den samme for masse D med gjentakende gjenbruk, fire ganger 50 % resirkulert asfalt, og referansemasse R, uten gjenbruk.

12. Videre forsøk:

Det var intensjon om å supplere resultatene med aldringsforsøk på bindemiddel. I et rent bindemiddelforsøk er det mulig å få med både korttidsaldring og langtidsaldring simulert i laboratoriet. I feltforsøket ble bindemidlet kun korttidsaldret ved produksjon og utlegging, mens langtidsaldring ikke var aktuelt på grunn av tiden.

Bindemidler fra granulat og nytt bitumen brukt i forsøket i 2017 skulle benyttes i laboratorieforsøk med korttidsaldring (RTFOT) og langtidsaldring (PAV) med analyser av hvert trinn i prosessen. Fire runder med 50 % innblanding fra forrige runde. Dette forsøket ble ikke gjennomført som planlagt grunnet manglende prioritering ved laboratoriet som skulle utføre forsøket.

Det er mulig dette forsøket vil bli gjennomført ved et annet laboratorium i 2026.