

Klebing mellom asfaltlag

Feltforsøk med modifiserte klebemidler

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 739



Tittel

Klebing mellom asfaltlag

Undertittel

Feltforsøk med modifiserte klebemidler

Forfatter

Thomas Haukli Fiske

Avdeling

Teknologi

Seksjon**Prosjektnummer****Rapportnummer**

Nr. 739

Prosjektleder

Rabbira Garba Saba

Godkjent av

Rabbira Garba Saba

Emneord

modifiserte klebemidler, bindingsstyrke, testmetoder

Sammendrag

Feltforsøk med fire forsøksoppsett har blitt utført for å undersøke effekten av mengde og type klebemidler på bindingsstyrke. Polymermodifiserte emulsjoner ble brukt på tre av forsøksstrekningene og et nytt tilsetningsstoff som heter Nanotac ble utprøvd på den ene forsøksstrekningen. Effekten av klebemengder og tilsetningsstoff har blitt vurdert ved måling av bindingsstyrke med to ulike testmetoder: skjærttesting og strekktesting. Resultatene er gjennomgående gode, selv om det ved enkelte tilfeller er dårlig samsvar mellom de to metodene. Effekten av Nanotac er begrenset, men det har noen praktiske fordeler.

Title

Tack Coat Between Asphalt Layers

Subtitle

Field Test with Modified Tack Coat Emulsions

Author

Thomas Haukli Fiske

Department

Technology

Section**Project number****Report number**

No. 739

Project manager

Rabbira Garba Saba

Approved by

Rabbira Garba Saba

Key words

Modified emulsions, interlayer bond strength, test methods

Summary

Field test with four test sections was conducted to investigate the effects of tack coat type and application rate on interlayer bond strength. Polymer modified emulsions were used on three of the four test sections while a new additive known as Naotac was used on one of the test sections. The effects of tack coat type and application rate were evaluated based on two laboratory test methods that measure the interlayer bond strength: shear bond strength test and tensile bond strength test. The results showed that the tested materials had good bond strength and the two test methods can give different ranking of the materials. The effect of Nanotac was limited but it gives some practical advantages.



Forord

Klebing mellom asfaltlag er viktig for dekkelevetiden. Dårlig heft mellom asfaltlagene kan forårsake glidning, avflaking, tidlig krakelering og slag hull. I Varige veger prosjektet ble det utført et arbeid med formål om å forbedre kravene som skal sikre god heft mellom asfaltlagene. Konklusjonen fra dette arbeidet var at det er behov for mer kunnskap om både testmetoder for bestemmelse av bindingsstyrke og om effekten av ulike klebemidler. Derfor ble det satt i gang et lite prosjekt i 2018 for å undersøke effekten av ulike klebemidler ved bruk av to ulike testmetoder. Prosjektet har pågått i tidsperioden 2018-2020. Denne prosjektrapporten beskriver, forsøksoppsett og resultater av dette arbeidet. Deltagere i dette prosjektet har vært Rabbira Garba Saba (prosjektleder), Wenche Hovin, Berit Vinje Kramer og Thomas Haukli Fiske fra Statens vegvesen, samt entreprenører som har bidratt ved de ulike forsøksstrekningene. Prøvetaking av borkjerner har blitt utført av Milos Duric, Matias Vinje og Vegard Sund Reinfjord fra Statens vegvesen. Analyse av bindingsstyrke internt har blitt utført av Kjersti Solstad fra Statens vegvesen, og eksternt har det blitt utført av Stein Hoseth fra Veidekke.

Trondheim november 2021

Rabbira Garba Saba

Innhold

| | |
|---------------------------------------------------|----|
| Forord..... | 1 |
| 1. Innledning..... | 4 |
| 2. Forsøksoppsett..... | 8 |
| 2.1 Klebeforsøk E6 Oppdal..... | 8 |
| 2.2 Klebeforsøk E6 Øyjord..... | 9 |
| 2.3 Klebeforsøk Fv704 Torgård - Tanem..... | 10 |
| 2.4 Klebeforsøk Fv710 Krinsvatn..... | 13 |
| 3. Resultater..... | 15 |
| 3.1 Klebemengder og bindingsstyrke E6 Oppdal..... | 15 |
| 3.2 Bindingsstyrke E6 Øyjord..... | 17 |
| 3.3 Klebemengder og emulsjonstesting Fv704..... | 20 |
| 3.4 Bindingsstyrke og strekkstyrke Fv704..... | 21 |
| 3.5 Bindingsstyrke og strekkstyrke Fv710..... | 22 |
| 4. Diskusjon..... | 24 |
| 4.1 Diskusjon E6 Oppdal..... | 24 |
| 4.2 Diskusjon E6 Øyjord..... | 24 |
| 4.3 Diskusjon Fv704 Torgård-Tanem..... | 24 |
| 4.4 Diskusjon Fv710 Krinsvatnet..... | 25 |
| 4.5 Oppsummering..... | 26 |
| VEDLEGG A: RÅDATA INTERN..... | 27 |
| VEDLEGG B: RÅDATA EKSTERN..... | 43 |

1. Innledning

De siste årene har det foregått et forskningsprosjekt på klebing mellom asfaltlag, initiert av Vegdirektoratet. Det har blitt utført flere forsøksoppsett for å undersøke effekten av ulike typer klebemidler og klebemengder. Effekten har blitt vurdert ved å måle bindingsstyrken med to metoder; Shear Bond Test (utført internt) og strekktest (utført eksternt). I denne prosjektrapporten beskrives fire forsøksoppsett utført i 2018 - 2020; Testing av ulike mengde PmB-emulsjon på E6 Oppdal, testing av ulike mengde PmB-emulsjon på E6 Øyjord, testing av ulike mengde PmB-emulsjon på Fv 704 Torgård – Tanem, og testing av nytt klebemiddel på Fv 710 ved Krinsvatnet.

Klebing mellom asfaltlag er viktig for asfaltens levetid. Når det skal legges et nytt asfaltdekke, sprøytes det først ut et tynt lag med «lim» (klebemiddel) for å sikre at det nye asfaltlaget fester seg godt til underlaget. Hvis klebingen er dårlig kan det oppstå skader på det nye asfaltdekket, som f.eks. avflaking, glidning eller slag hull. Dette fører igjen til en forkortet levetid, og dermed økte kostnader for reasfaltering. Etersom klebing er viktig for asfaltens levetid, er det stilt krav til minimum klebemengde. Bindingsstyrke er en viktig parameter når klebing skal undersøkes. I asfaltretningslinjene fra 2019 ble det innført et krav om en bindingsstyrke på minimum 0,70 MPa, basert på erfaringer fra etatsprogrammet Varige Veger.

Klebmidler er i hovedsak emulgert bindemiddel, både i form av ordinært bitumen og polymermodifisert bitumen. En emulsjon er et tofasesystem bestående av to ikke-blandbare væsker, i dette tilfellet bitumen og vann. Dette systemet er stabilisert ved elektrostatiske ladninger tilført av en emulgator. De ladede emulsjonene deles inn i kationiske og anioniske emulsjoner, basert på hvilken ladning bitumendråpene i systemet har. Kationiske emulsjoner har positiv ladning, anioniske har negativ. Bitumenemulsjoner har fire viktige egenskaper som klebemidler:

- Stabilitet
- Viskositet
- Brytning
- Adhesjon

Stabiliteten er viktig, og er et mål på hvorvidt emulsjonen «holder sammen». Sedimentering og koalesens kan føre til at emulsjonen kollapser, og det er derfor viktig med et emulsjonssystem som holder seg stabilt til det skal benyttes som klebemiddel. Viskositet er også en viktig parameter, ettersom emulsjonen påføres vegen ved å sprayes gjennom dyser. Det er viktig at emulsjonen kan sprayes lett og ikke tetter dysene på limbilen.

At en emulsjon bryter vil si at vannet forsvinner fra emulsjonen og det gjenstår en bitumenfilm. Fargen på emulsjonen vil da gå fra brun til svart. Ved å endre på emulsjonskjemien kan det styres til om emulsjonen er raskt brytende eller saktebrytende. 6 ulike parametere kan justeres for å endre hvordan emulsjonen brytes:

- Bitumeninnhold
- Vannfasekjemi (pH, type emulgator osv.)
- Partikkelstørrelsesdistribusjon
- Miljøforhold (vær, fuktighet osv)
- Aggregater i emulsjonen
- Brytningskemikalier

Emulsjonens adhesjon er svært viktig for klebingen mellom asfaltlag. Det er nødvendig at emulsjonen «fukter» overflaten for å skape en størst mulig kontaktflate som neste asfaltlag kan feste seg til.

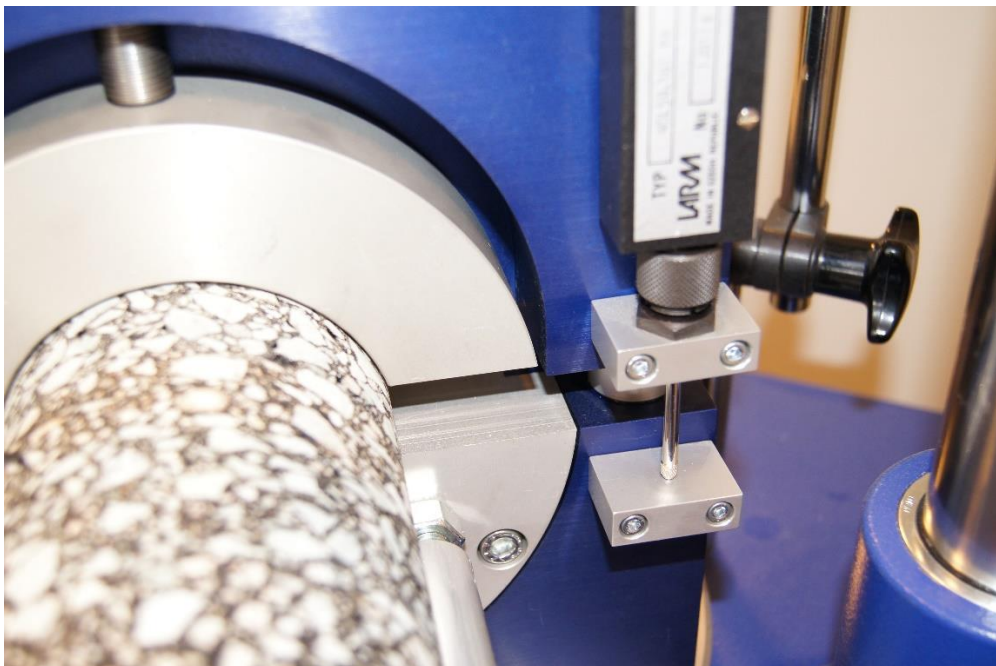
Adhesjonen avhenger både av bitumenegenskaper, emulsjonskjemien og overflaten emulsjonen sprayes på. Det er derfor viktig å rengjøre den underliggende overflaten godt før liming, slik at støv og andre urenheter ikke ødelegger emulsjonsegenskapene.

Modifiserte emulsjoner er det en økende interesse rundt. Modifisering av emulsjoner kan være i form av polymermodifiserte bitumenemulsjoner, eller i form av andre tilsetningsstoffer som har som formål å forbedre emulsjonens ytelse. Polymermodifisering kommer i to former. Polymeren kan blandes inn i bitumenet som så emulgeres («single phase»), eller polymeren kan tilsettes i emulsjonens vannfase som en lateks («dual phase»).

En type tilsetningsstoff som kan tilsettes emulsjoner gir såkalte «Trackless»-emulsjoner (emulsjonen skal ikke feste seg til sko eller dekk). Kjemikalet som ble testet i dette prosjektet er det kommersielle produktet «Nanotac», laget av produsenten «Zydex». Produktet benytter kjemien til siloxane-grupper (Si-O-Si) for å gjøre asfaltoverflaten hydrofobisk. Dette hevder produsenten skal øke vannresistansen til klebingen. Nanotac hevder også at det reduserer emulsjonens overflatespenning slik at bindingsstyrken (adhesjon) økes, i tillegg til at mindre dråpestørrelse skal redusere problemet med tette dyser.

Forarbeidet med utprøving av testmetode for bindingsstyrke (SBT-metoden) og måling av mengde klebemiddel, samt tilhørende litteraturstudie, er beskrevet grundig i SVV-rapport nr. 627: «Klebing mellom asfaltlag». På de neste sidene følger en kort beskrivelse av de to testmetodene som er benyttet i dette prosjektet.

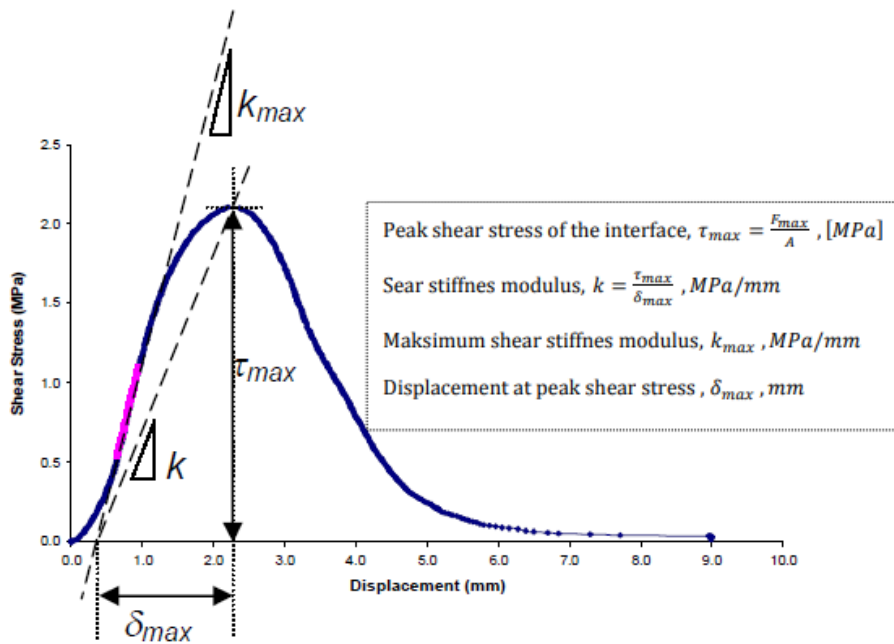
Shear Bond Test (forkortet SBT) er en testmetode for å undersøke bindingsstyrke. Metoden utføres ved at en borkjerne med diameter 100 mm og lagtykkelse ≥ 20 mm spennes fast i en prøveholder slik at øvre og nedre skjær-halvring kommer på hver sin side av lagskillet som skal testes. Den øvre skjær-halvringen presses ned med konstant hastighet til det oppnås brudd.



Figur 1.1: Shear Bond Test (SBT)

Testen utføres ved 20°C, og følger ellers prosedyre beskrevet i metode 368 i retningslinje R210 og metodestandarden prEN 12697-48:2015.

Maskinen logger forskyvning og belastning, som plottes som en kurve. Ut ifra kraften ved maksimal belastning (F_{max}), beregnes en verdi for bindingsstyrke (τ_{max}). Et eksempel på en slik kurve er visst i figur 1.2.



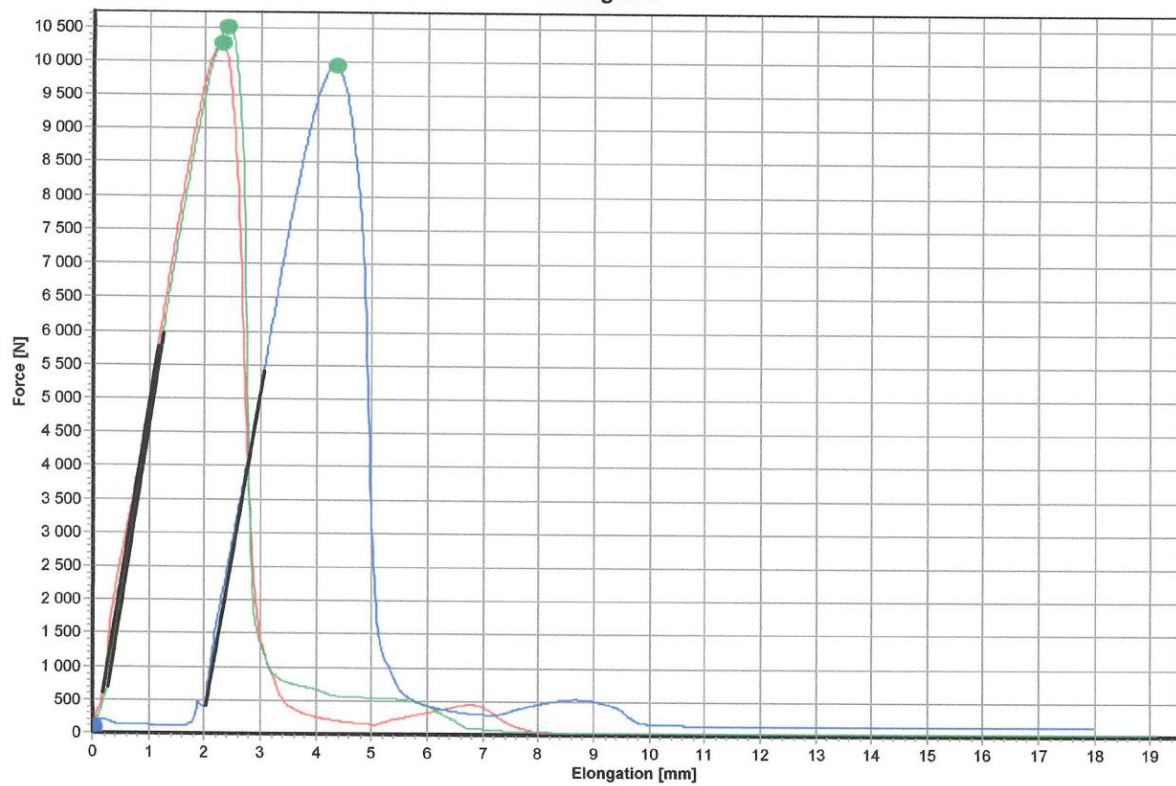
Figur 1.2: Eksempel på SBT-kurve

Strekktest er en annen metode som måler bindingsstyrke, og den er forskjellig fra SBT ved at det benyttes en universalpresse som «strekker» lagdelene fra hverandre (se bilde under):



Figur 1.3: Strekktest (bilde fra Veidekke)

Testen utføres ved 20°C og med en strekkhastighet på 200 N/s. Entreprenøren Veidekke har utført denne testen på oppdrag for Statens Vegvesen, og de har ingen relevante standarder for denne testen. Kraft og forskyvning måles, og den maksimale kraften som kreves for å oppnå brudd benyttes til å beregne bindingsstyrken. Et eksempel på en slik kurve vises under:



Figur 1.4: Eksempel på kurve fra strekktest

2. Forsøksoppsett

2.1 Klebeforsøk E6 Oppdal

Det ble i juni 2018 lagt en forsøksstrekning på E6 ved Oppdal (Ev 006 HP03 3586 – 3402 m). Dette forsøket skulle undersøke effekten av tre ulike mengder PmB-lateksemulsjon på bindingsstyrke målt ved de to metodene SBT og strekktest.

Det ble tatt ut en prøve av emulsjonen rett fra limbilen og på plastkanne, for inndamping og måling av penetrasjon og kraftduktilitet.

Fiberduker med størrelse 25cm x 35cm og nummerert 1-6, samt reserver, ble kontrollmålt og veid på forhånd og fraktet i aluminiumsbrett med lokk.

Prøvestrekningen ble delt inn i 3 soner, der det var meningen at det skulle sprøytes på emulsjonsmengder à 0,15 L/m², 0,3 L/m² og 0,45 L/m² på hhv. strekning 1, 2 og 3. Fiberdukene ble plassert slik at limbilen ikke skulle kjøre på dem, i stigende rekkefølge fra strekning 1, med én fiberduk på starten og slutten av hver strekning. Fiberdukene ble festet til underlaget ved bruk av ducttape, som ble fjernet etter at prøvene var tilbake på laben og før tørking. Etter at de var påført emulsjon, ble de fjernet fra veien og plassert i tilhørende aluminiumsbrett med lokk. De ble deretter fraktet tilbake til laben der de ble liggende under lokk frem til tørking i varmeskap. Så ble de tørket på 110°C i 45 min og avkjølt til romtemperatur før de ble veid.

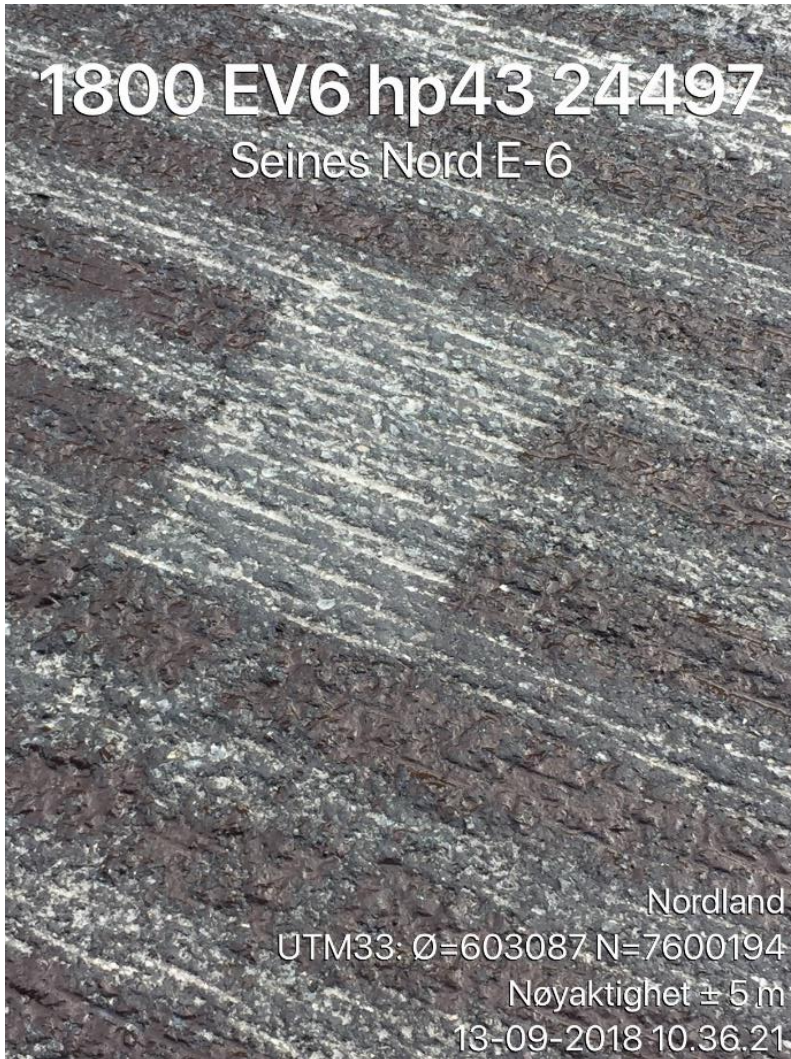
Det ble bemerket under forsøket at asfaltbilene dro med seg en del emulsjon når de kjørte over forsøksstrekningen (se bilde under). Borkjerner ble tatt ut fra de ulike prøvesonene.



Figur 2.1: Spor bak bildekk på asfaltbil

2.2 Klebeforsøk E6 Øyjord

I september 2018 ble det lagt en lignende forsøksstrekning som beskrevet i kapittel 2.1, men her ble det benyttet en SBS-emulgert emulsjon på frest underlag. Det var ønskelig å undersøke om det var forskjell på lateksemulgert og SBS-emulgert emulsjon, og om en mengdeeffekt kunne observeres også her. Det ble sprøytet ut tre ulike mengder emulsjon, men det ble besluttet å droppe den laveste mengden ettersom det visuelt var veldig lite emulsjon (se bilde under).



Figur 2.2: Lav mengde emulsjon

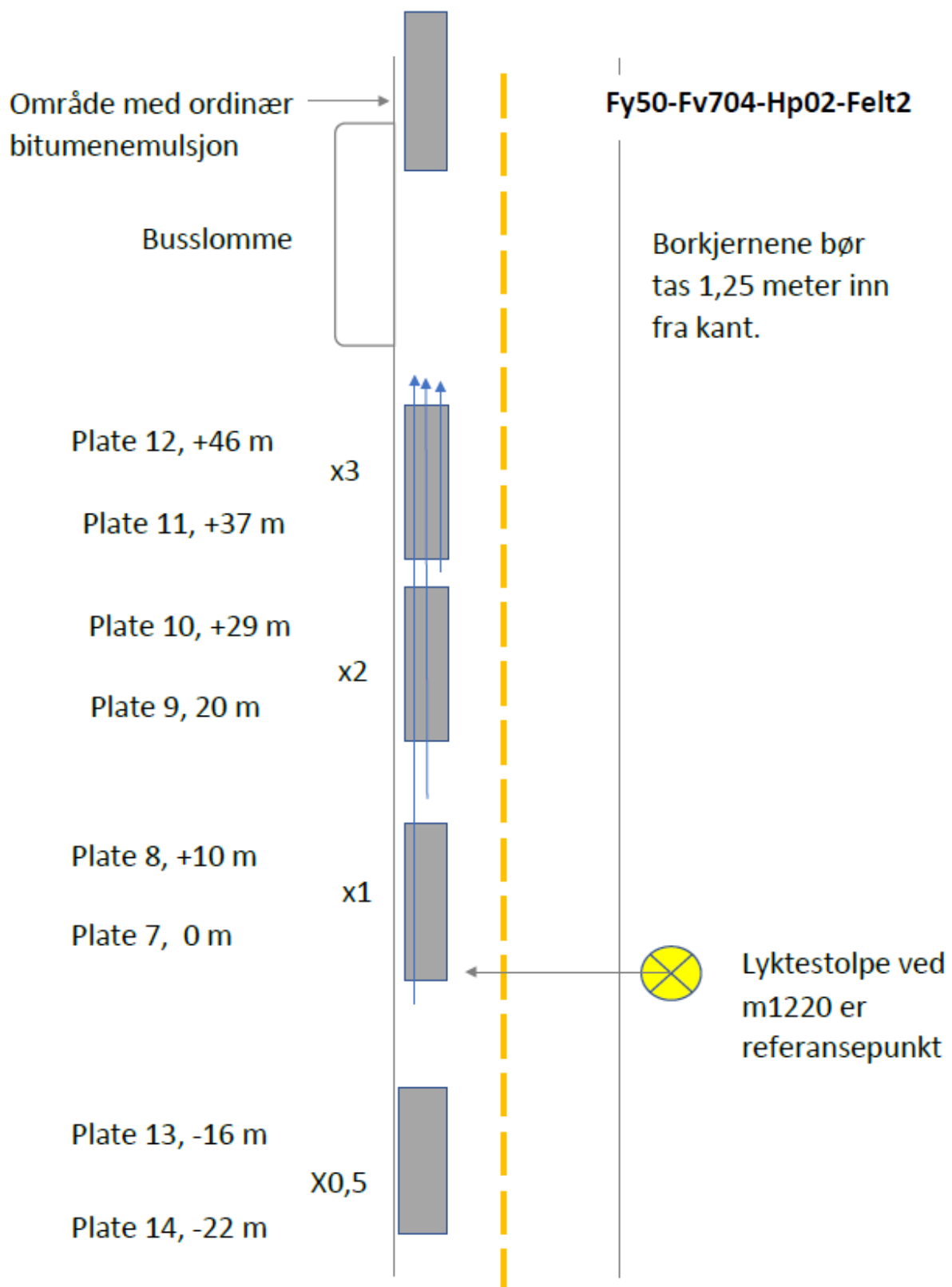
Det ble benyttet fiberduker for å måle emulsjonsmengder som beskrevet i kapittel 2.1. En flaskeprøve av selve emulsjonen ble tatt ut av kontrollingeniør i region nord og sendt til sentrallaboratoriet i Trondheim for emulsjonsanalyse. Det ble tatt ut borkjerner fra de to prøvesonene med medium og høy mengde emulsjon.

2.3 Klebeforsøk Fv704 Torgård - Tanem

I mai 2019 ble det lagt slitelag på strekningen Fv704 Torgård – Tanem. Det var opprinnelig ønskelig at denne strekningen skulle testes ut med Nanotac, men det lot seg ikke praktisk gjennomføre ettersom leveringstiden ble for lang. Dermed ble det besluttet å utføre et nytt forsøk med ulik mengde PmB-emulsjon som en oppfølging av forsøkene fra 2018. I 2018 ble forsøksoppsettet prøvd ut ved legging på frest underlag, og det var nå mulighet for å teste samme oppsett for et slitelag på et relativt nylagt bindlag. PEAB var entreprenør på denne strekningen, og de stilte behjelpelig opp med egen limbil for PmB-emulsjon til teststrekningen, i tillegg til den ordinære bitumenemulsjonen som ble benyttet på resten av parsellen. Limbilen utførte henholdsvis 1, 2 og 3 overfarer på ulike områder. Det ble observert at mengden så veldig mye ut, så det ble besluttet å skru ned mengden på et fjerde område (0,5x mengde). På neste side vises en oversikt over forsøksoppsettet, og hvor de ulike platene for måling av emulsjonsmengde er plassert. For resultater fra mengdemålingene, se kapittel 3.1.



Figur 2.3: Høy mengde PmB-emulsjon



Figur 2.4: Oversikt forsøksfelt

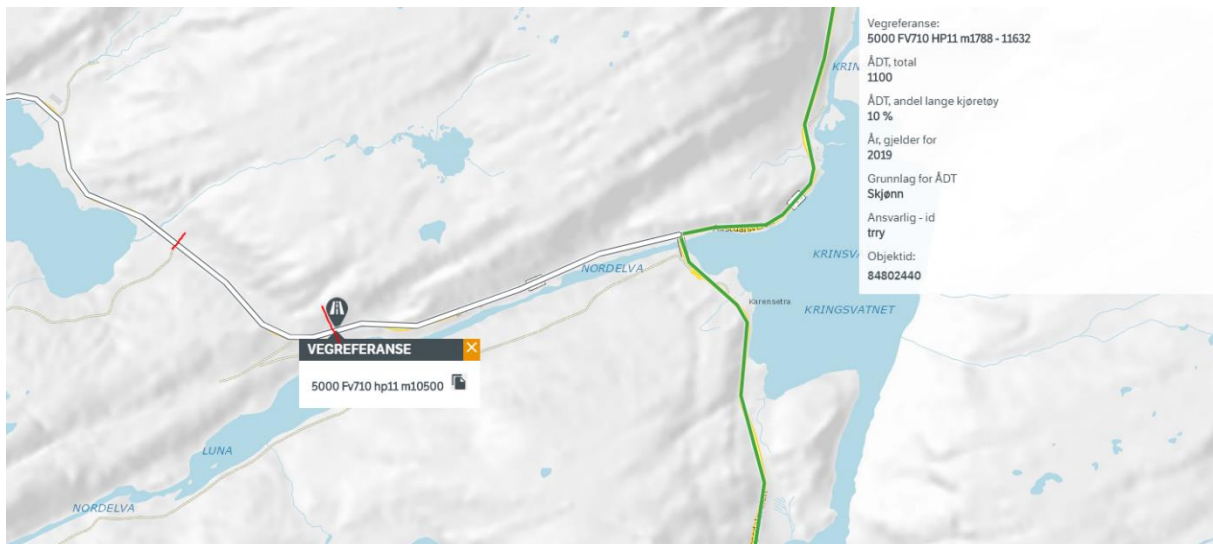
I oktober 2019 ble det tatt ut borkjerner fra strekningen. Det ble tatt ut totalt 18 kjerner; 6 kjerner med høy mengde PmB-emulsjon (to overfarer), 6 kjerner fra lav mengde PmB-emulsjon og 6 kjerner fra området med vanlig bitumenemulsjon som referanse. Dette skulle holde til tre paralleller for SBT-testing og tre paralleller til strekktesting. En oversikt over de uttatte borekjernene er vist i tabellen under.

Tabell 2.1: Oversikt borkjerner uttatt 23.10.2019

| BK-nr | Merking på prøve | Brudd ved utboring? |
|-------------|------------------|-----------------------------|
| BK 19-003 A | BE | Ja, to deler. Topp ca 8 cm |
| BK 19-003 B | BE | Nei |
| BK 19-003 C | BE | Ja, to deler. Topp ca 8 cm |
| BK 19-003 D | BE | Ja, to deler. Topp ca 8 cm |
| BK 19-003 E | BE | Ja, tre deler. Topp ca 8 cm |
| BK 19-003 F | BE | Ja, to deler. Topp ca 8 cm |
| BK 19-004 A | PmB x 2 | Nei |
| BK 19-004 B | PmB x 2 | Nei |
| BK 19-004 C | PmB x 2 | Nei |
| BK 19-004 D | PmB x 2 | Ja, to deler. Topp ca 8 cm |
| BK 19-004 E | PmB x 2 | Nei |
| BK 19-004 F | PmB x 2 | Nei |
| BK 19-005 A | PmB x 0,5 | Nei |
| BK 19-005 B | PmB x 0,5 | Nei |
| BK 19-005 C | PmB x 0,5 | Nei |
| BK 19-005 D | PmB x 0,5 | Nei |
| BK 19-005 E | PmB x 0,5 | Nei |
| BK 19-005 F | PmB x 0,5 | Nei |

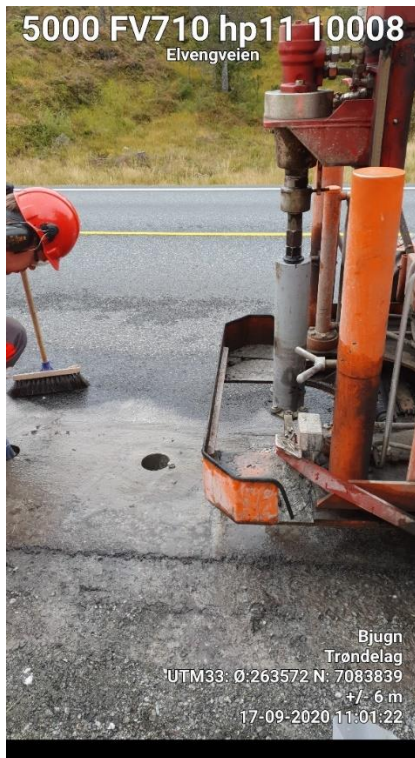
2.4 Klebeforsøk Fv710 Kringsvatn

I september 2019 ble det lagt slitelag på Fv710 ved Kringsvatn (se vegreferanse under). Dette ble valgt som en passende strekning for å teste det nye klebetilsetningsmiddelet NanoTac. I samarbeid med entreprenøren Peab ble det planlagt å utføre et enkelt forsøk. Statens Vegvesen stilte med ca 4 kg NanoTac som ble tilsatt til en limbil med ca 400 kg ordinær bitumenemulsjon. Dette i henhold til produsentens anbefaling om tilsats av 0,8 % - 1,0 % NanoTac av mengde bitumenemulsjon. Peab utførte selve forsøket ved at de benyttet emulsjon med innblandet NanoTac på strekningen FV 710, HP 11, 9870-10500 m, venstre vegbane. På høyre vegbane ble det benyttet ordinær bitumenemulsjon som skulle være referanse. Gjennomføringen av forsøket gikk helt etter planen. Tilbakemeldingen fra entreprenøren var at emulsjon med tilsatt NanoTac sprutet lettere gjennom dysene og at det festet seg mindre emulsjon under skoene til asfaltarbeiderne. Asfaltbilsjåførene merket ingen forskjell på mengde emulsjon som festet seg til dekkene.



Figur 2.5: Vegreferanse for forsøksfelt

Det ble opprinnelig planlagt å ta ut borkjerner fra denne strekningen på senhøsten 2019, men frosten kom tidlig og det ble dermed utsatt. Prøveuttak våren 2020 ble også utsatt grunnet koronasituasjonen, og det ble derfor ikke utført før september 2020. På neste side er det vist noen bilder fra prøvetakningen, samt en oversikt over prøveuttaket.



Figur 2.6: Uttak av borkjerner fra Fv710

Tabell 2.2: Oversikt borkjerner uttatt 17.09.20

| BK-nr | Merking på prøve | Brudd ved utboring? |
|-------------|------------------|---------------------|
| BK 20-001 A | BK 20-001 A | Nei |
| BK 20-001 B | BK 20-001 B | Nei |
| BK 20-001 C | BK 20-001 C | Nei |
| BK 20-001 D | BK 20-001 D | Nei |
| BK 20-001 E | BK 20-001 E | Nei |
| BK 20-001 F | BK 20-001 F | Nei |
| BK 20-002 A | BK 20-002 A | Nei |
| BK 20-002 B | BK 20-002 B | Nei |
| BK 20-002 C | BK 20-002 C | Nei |
| BK 20-002 D | BK 20-002 D | Nei |
| BK 20-002 E | BK 20-002 E | Nei |
| BK 20-002 F | BK 20-002 F | Nei |

3. Resultater

3.1 Klebemengder og bindingsstyrke E6 Oppdal

Mengde bindemiddelrest er beregnet etter formelen

$$\frac{(\text{vekt tarert brett} + \text{plate med inndampet bindemiddelrest}) - (\text{vekt av tarert brett} + \text{plate})}{\text{areal av tarert prøveplate}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$$

Vekt og areal av hver av fiberdukene er gitt i Tabell 3.1

Tabell 3.1 Areal av hver av fiberdukene

| | Areal av fiberduk | | |
|----------|-------------------|-------------|-------------------------|
| Fiberduk | Bredde [cm] | Lengde [cm] | Areal [m ²] |
| 1 | 25 | 35 | 0,0875 |
| 2 | 24,9 | 34,9 | 0,086901 |
| 3 | 25 | 35 | 0,0875 |
| 4 | 24,9 | 35 | 0,08715 |
| 5 | 24,9 | 35 | 0,08715 |
| 6 | 24,9 | 35 | 0,08715 |

Resultatene etter tørking er gitt i Tabell 3.2

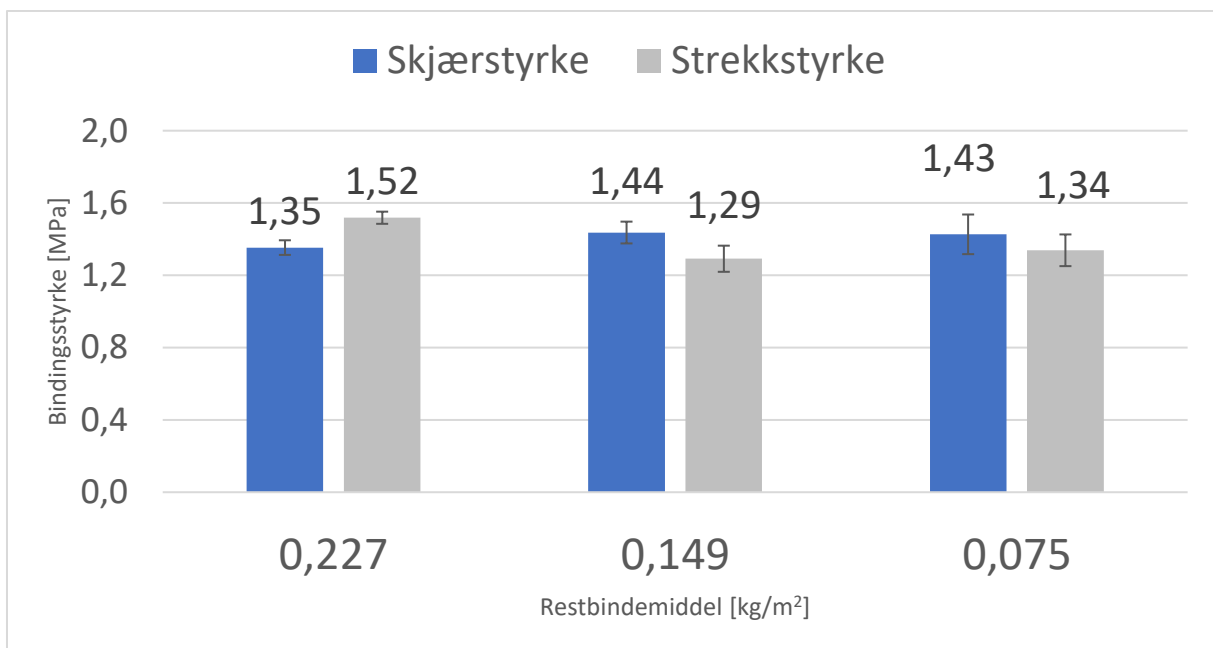
Tabell 3.2 Bindemiddelrest på fiberdukene

| | Veiing | | | | |
|----------|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| | Brett | Brett + fiberduk | | | |
| Fiberduk | Tara brett [g] | Tara brett + fiberduk [g] | Etter tørking [g] | Mengde bindemiddelrest [kg/m ²] | Påsprøytet emulsjon gitt 60% bindemiddel-innhold [kg/m ²]: |
| 1 | 100,3 | 119,3 | 125,5 | 0,071 | 0,118 |
| 2 | 100,1 | 118,4 | 125,2 | 0,078 | 0,130 |
| 3 | 100,1 | 117,6 | 130,2 | 0,144 | 0,240 |
| 4 | 100,2 | 118,8 | 132,2 | 0,154 | 0,256 |
| 5 | 100,4 | 118,2 | 138,3 | 0,231 | 0,384 |
| 6 | 100,7 | 119,7 | 139,2 | 0,224 | 0,373 |

Borekjernene ble analysert for bindingsstyrke v.h.a SBT-metoden (beskrevet i kapittel 1) ved sentrallaboratoriet i Trondheim. Parallelt ble kjerner testet for bindingsstyrke ved strekktesting utført hos Veidekke sitt laboratorium i Trondheim. Dette betegnes henholdsvis som skjærstyrke og strekkstyrke. Én av kjernene med lav mengde emulsjon fikk tydelig brudd i massen, og for alle prøvene med lav mengde ble det observert vann i bruddflaten (se bilde på neste side). Resultatene er vist i en graf med klebemengde på x-aksen og bindingsstyrke på y-aksen.



Figur 3.1: Observasjoner fra testing av bindingsstyrke



Figur 3.2: Bindingsstyrke målt ved to ulike metoder for E6 Oppdal

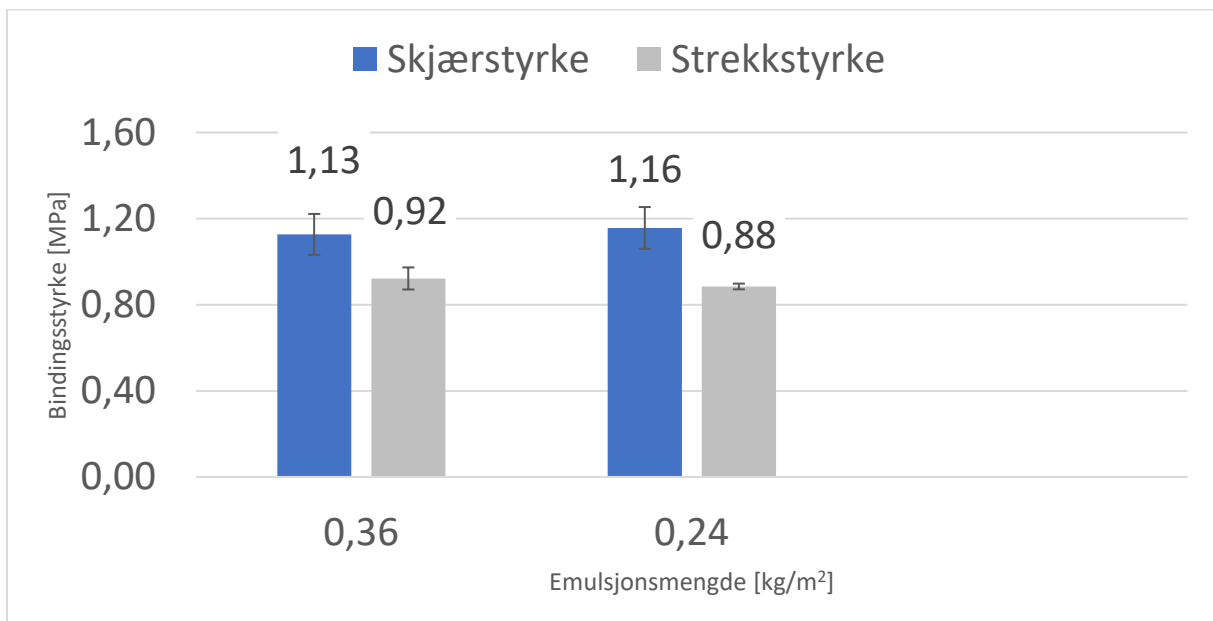
3.2 Bindingsstyrke E6 Øyjord

Borekjernene ble analysert for bindingsstyrke v.h.a SBT-metoden (beskrevet i kapittel 1) ved sentrallaboratoriet i Trondheim. Parallelt ble kjerner testet for bindingsstyrke ved strekktesting utført hos Veidekke sitt laboratorium i Trondheim. Et bilde av en av kjernene vist i figur 3.2.1 under.



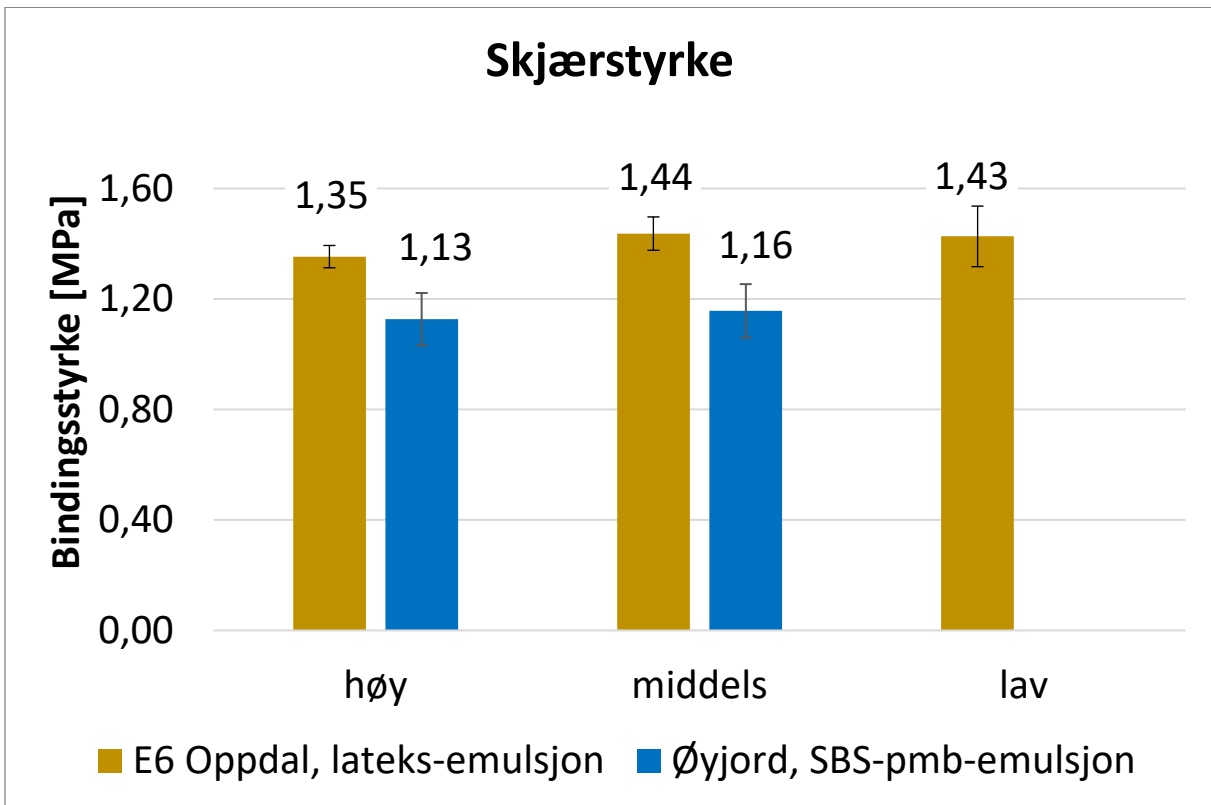
Figur 3.3: Delt kjerne fra E6 Øyjord (frest underlag)

Det ble målt skjærstyrke og strekkstyrke for kjernene med middels og høy emulsjonsmengde som vist i grafen nedenfor.

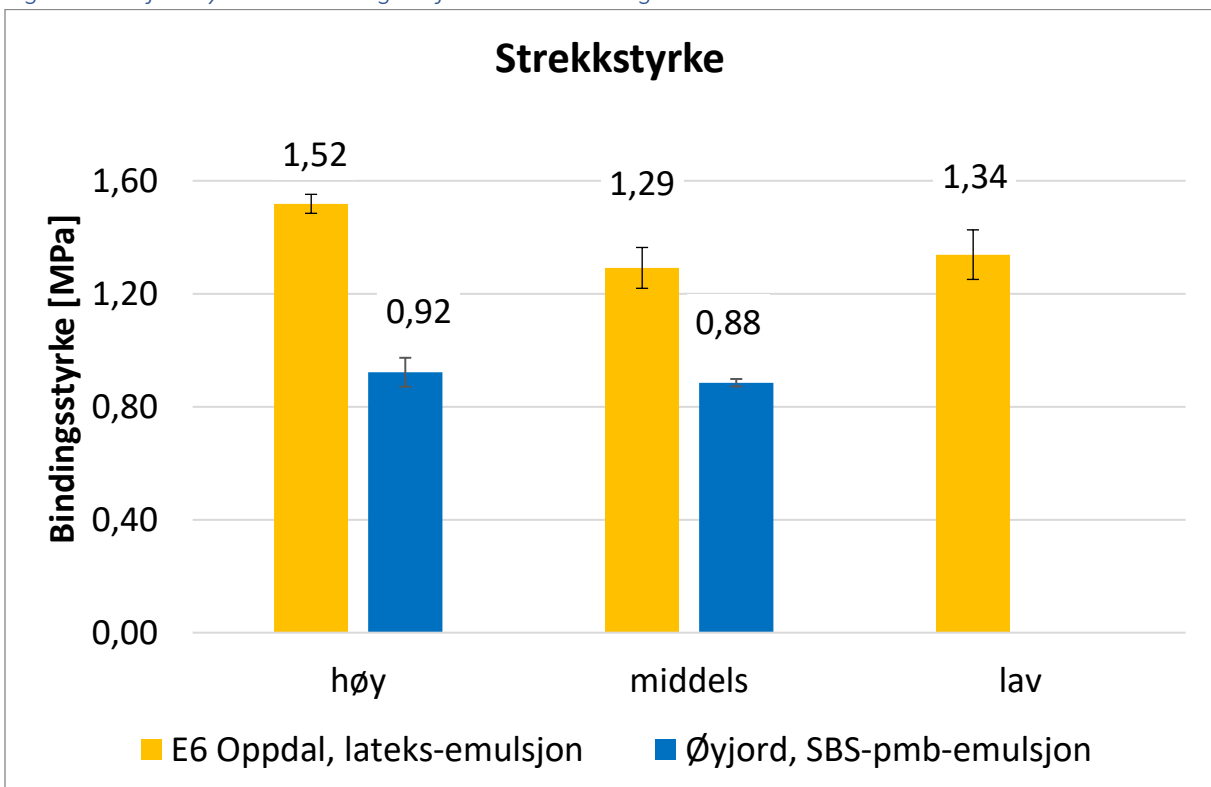


Figur 3.4: Bindingsstyrke (skjærstyrke og strekkstyrke for E6 Øyjord)

For å sammenligne resultatene fra Oppdal og Øyjord, så er verdiene for skjærstyrke og strekkstyrke plottet i samme grafer på neste side.



Figur 3.5: Skjærstyrke sammenlignet for de to strekningene

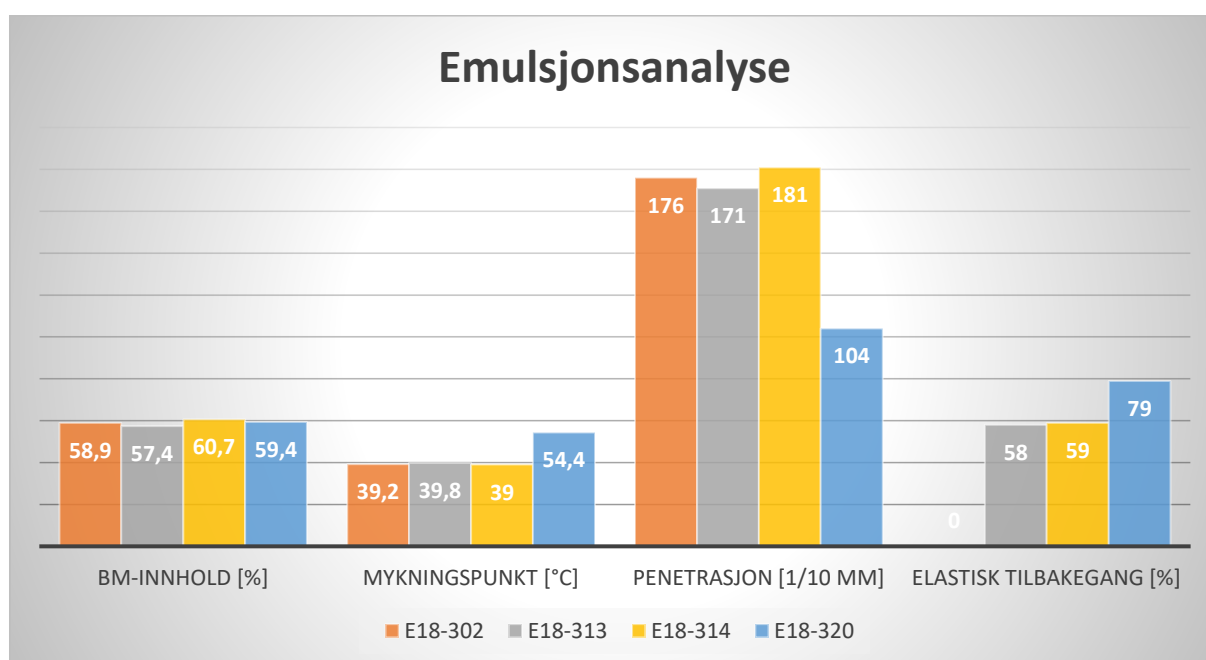


Figur 3.6: Strekkstyrke sammenlignet for de to strekningene

Det ble også utført emulsjonsanalyser av de to emulsjonene benyttet på E6 Oppdal og E6 Øyjord. Det ble tatt ut emulsjon fra limbil E6 Oppdal (E18-302), fra E6 Øyjord (E18-320), samt at det ble tilsendt (fra Veidekke) to tilsvarende emulsjoner som ble benyttet på E6 Oppdal (E18-313 + E18-314). Analysene er utført internt på sentrallaboratoriet i Trondheim. Bindemiddelinhold ble analysert ved kald inndampning av emulsjon som beskrevet i metode 336 i håndbok R210. Prøven ble forbehandlet som beskrevet i metode 331. Det gjenvunne bindemiddelet fra fordampingen ble testet for penetrasjon, mykningspunkt, elastisk tilbakegang og kohesjon som er henholdsvis beskrevet i metodene 311, 312, 3161 og 3181 i R210. Resultatene er oppsummert i tabellen og grafen nedenfor.

Tabell 3.3: Emulsjonsresultater E6 Oppdal + E6 Øyjord

| Emulsjon-id | BM-innhold [%] | Mykningspunkt [°C] | Penetrasjon [$\frac{1}{10}$ mm] | Elastisk tilbakegang [%] | Kohesjon [J/cm ²] |
|-------------|----------------|--------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| E18-302 | 58,9 | 39,2 | 176 | Ikke utført | 0,039 ± 0,003 |
| E18-313 | 57,4 | 39,8 | 171 | 58 | 0,040 ± 0,007 |
| E18-314 | 60,7 | 39,0 | 181 | 59 | 0,027 ± 0,006 |
| E18-320 | 59,4 | 54,4 | 104 | 79 | 0,747 ± 0,020 |



Tabell 3.7: Emulsjonsresultater E6 Oppdal + E6 Øyjord

3.3 Klebemengder og emulsjonstesting Fv704

Det ble i dette forsøksoppsettet målt mengde klebemiddel for å undersøke effekten på bindingsstyrke. Som forklart i forsøksoppsettet ble det sprøytet 0,5X, 1X, 2X og 3X på ulike områder, og de innsamlede klebelappene ble tørket og veid for å finne mengde klebemiddel. Resultatene er oppsummert i tabellen nedenfor:

Tabell 3.4: Klebemengder Fv704

| Antall overfarer | Snitt bindemiddelrest [kg/m ²] | Snitt påsprøytet emulsjon [kg/m ²] |
|------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 0,5 X | 0,21 | 0,36 |
| 1 X | 0,49 | 0,81 |
| 2 X | 0,76 | 1,26 |
| 3 X | 1,05 | 1,75 |



Figur 3.8: Klebelapp + limbil i aksjon

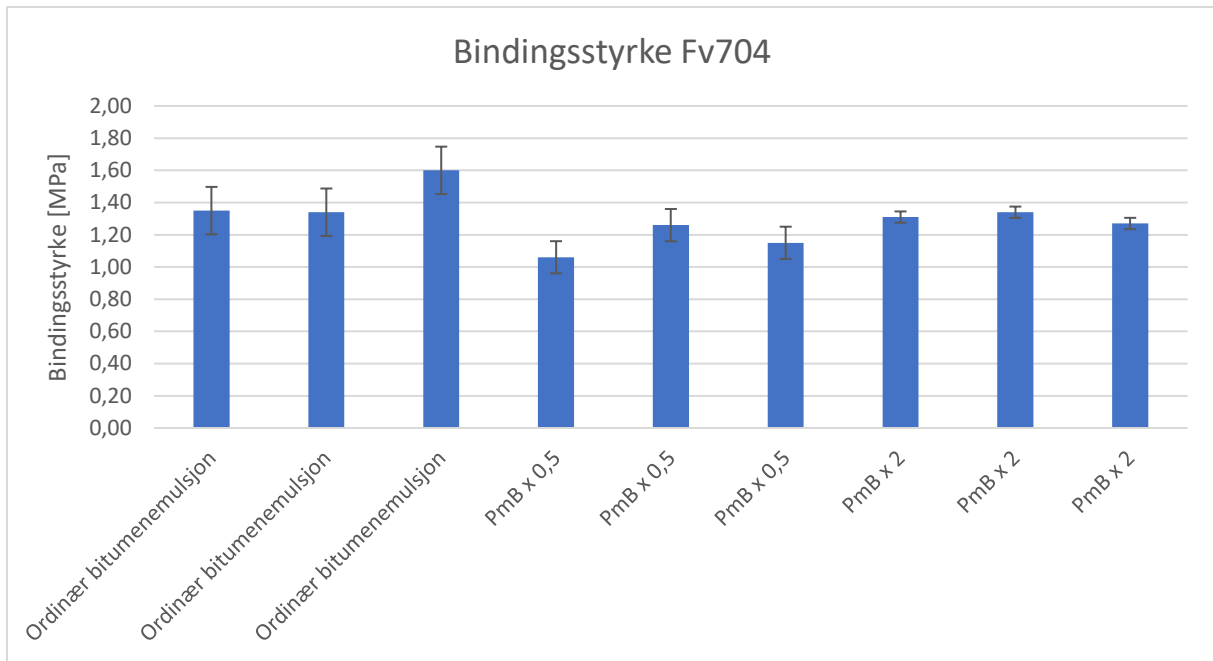
PmB-emulsjonen som ble benyttet i forsøksoppsettet på Fv704 ble analysert for ulike egenskaper som er viktig for ytelsen som klebemiddel. Bindemiddelinnhold ble analysert ved kald inndampning av emulsjon som beskrevet i metode 336 i håndbok R210. Prøven ble forbehandlet som beskrevet i metode 331. Det gjenvunne bindemiddelet fra fordampingen ble testet for penetrasjon, mykningspunkt og kohesjon som er henholdsvis beskrevet i metodene 311, 312 og 3181 i R210. Resultatene er oppsummert i tabellen nedenfor.

Tabell 3.5: Resultater PmB-emulsjon

| Bindemiddelinnhold | Mykningspunkt | Penetrasjon | Kohesjon |
|--------------------|---------------|----------------------|---------------------------------|
| 61,2 % | 68,0 °C | 83 $\frac{1}{10}$ mm | 1,802 ± 0,009 J/cm ² |

3.4 Bindingsstyrke og strekkstyrke Fv704

Ni av de 18 borkjernene fra tabell 2.1 (A-C fra hver serie) ble analysert for bindingsstyrke internt ved SBT-metoden, slik som beskrevet i kapittel 1. Resultatene er oppsummert i figuren nedenfor.

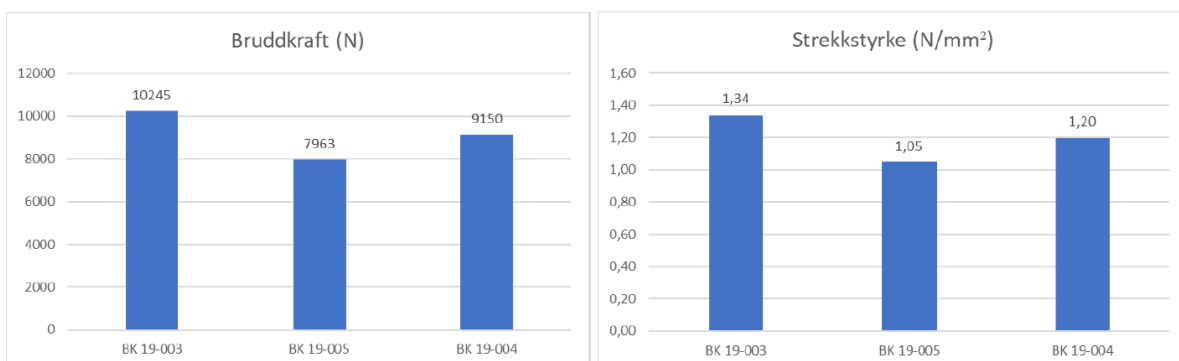


Figur 3.9: Bindingsstyrke Fv704

Veidekke utførte strekktesten på de ni resterende kjernene fra tabell 2.1 (D-F fra hver serie). Testen er beskrevet i kapittel 1, og resultatene er oppsummert i tabell 3.6 og i figur 3.10 nedenfor.

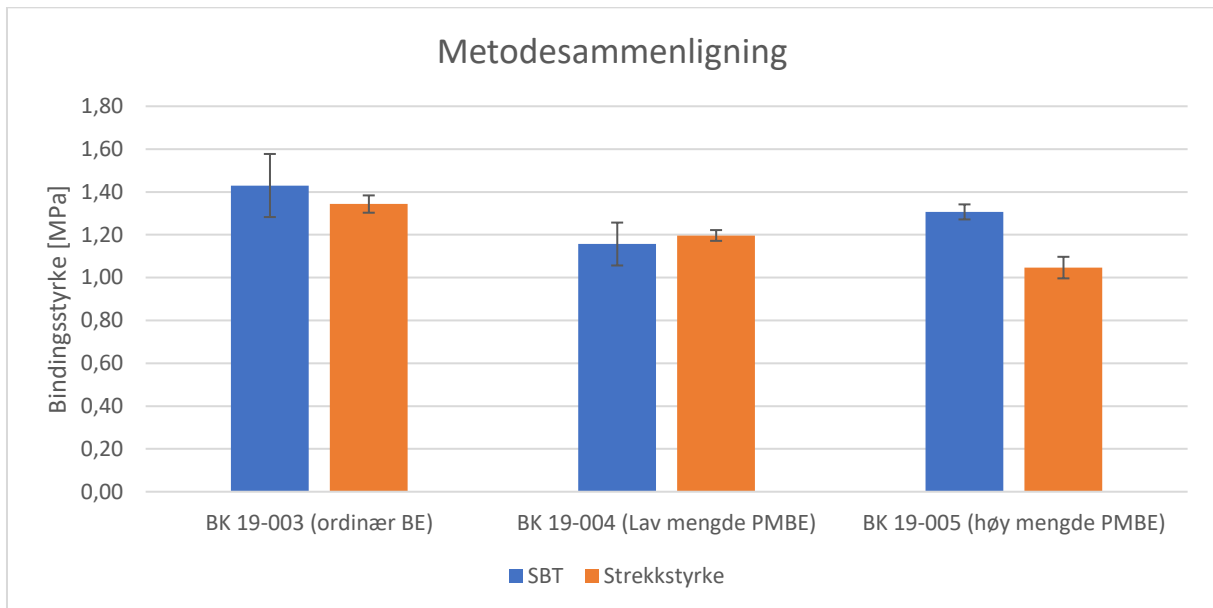
Tabell 3.6: Resultater PmB-emulsjon

| pr. nr. | Testet dato | kraft (N) | def (mm) | Diameter (mm) | Høyde (mm) | Strekstyrke (N/mm ²) |
|-----------|-------------|-----------|----------|---------------|------------|----------------------------------|
| BK 19-003 | 13.11.2019 | 10245 | 2,4 | 98,6 | 61 | 1,34 |
| BK 19-005 | 13.11.2019 | 7963 | 1,9 | 98,4 | 61 | 1,05 |
| BK 19-004 | 18.11.2019 | 9150 | 2,3 | 98,6 | 61,3 | 1,20 |



Figur 3.10: Strekkstyrke Fv704

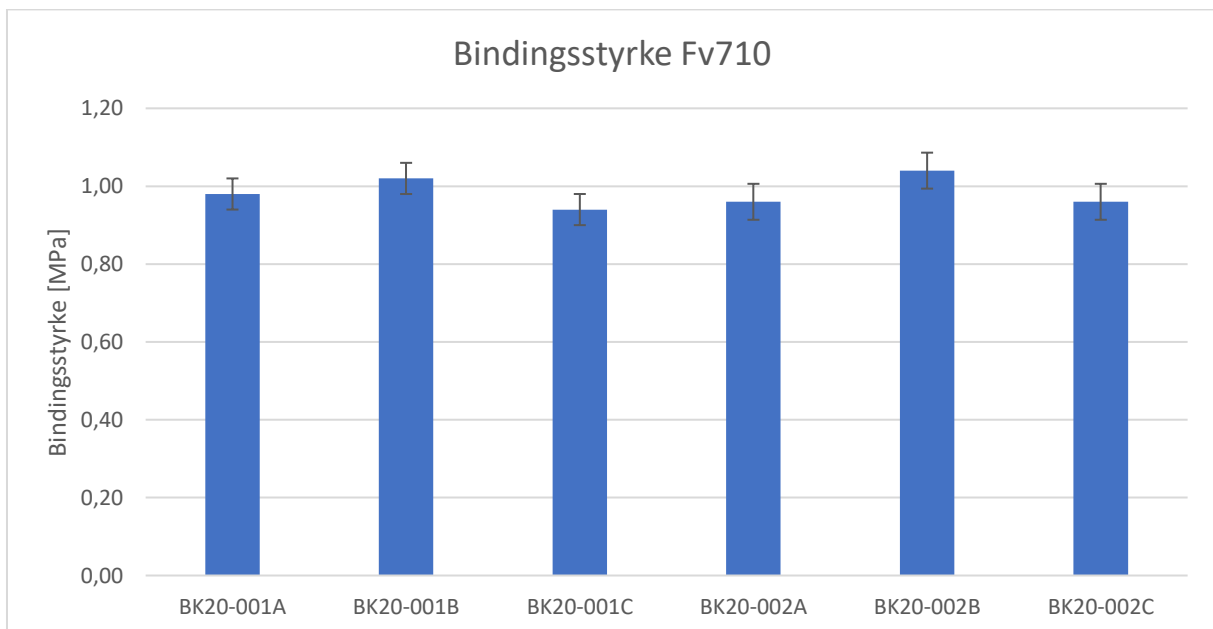
Resultatene fra de to ulike metodene for å analysere bindingsstyrke er vist i figur 3.11 nedenfor.



Figur 3.11: Metodesammenligning Fv704

3.5 Bindingsstyrke og strekkstyrke Fv710

Seks av de 12 borkjernene fra tabell 2.2 (A-C fra hver serie) ble analysert for bindingsstyrke internt ved SBT-metoden, slik som beskrevet i kapittel 1. Resultatene er oppsummert i figur 3.12 nedenfor.

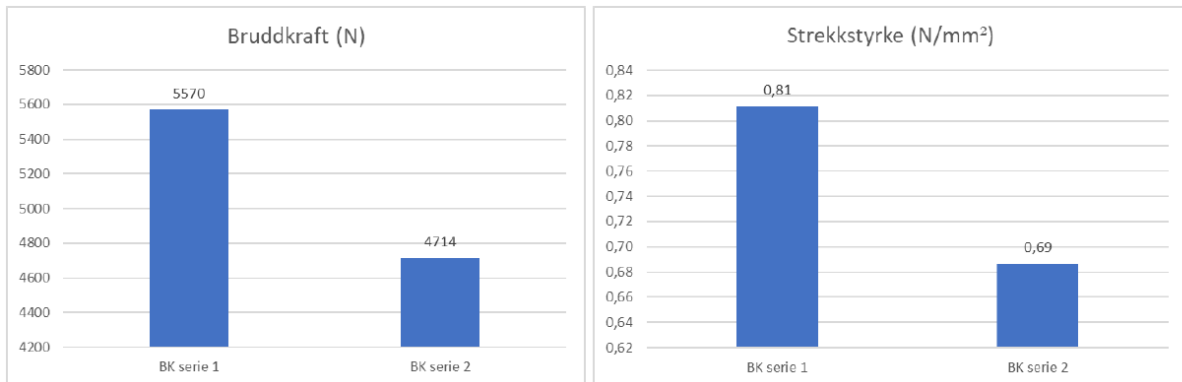


Figur 3.12: Bindingsstyrke Fv710

Veidekke utførte strekktesten på de seks resterende kjernene fra tabell 2.2 (D-F fra hver serie). Testen er beskrevet i kapittel 1, og resultatene er oppsummert i tabell 3.7 og i figur 3.13 nedenfor.

Tabell 3.7: Resultater fra strekktesting

| pr. nr. | Testet dato | kraft (N) | def (mm) | Diameter (mm) | Høyde (mm) | Strekstyrke (N/mm ²) |
|------------|-------------|-----------|----------|---------------|------------|----------------------------------|
| BK serie 1 | 05.10.2020 | 5570 | 1,0 | 93,5 | 61,0 | 0,81 |
| BK serie 2 | 05.10.2020 | 4714 | 1,0 | 93,5 | 61,0 | 0,69 |



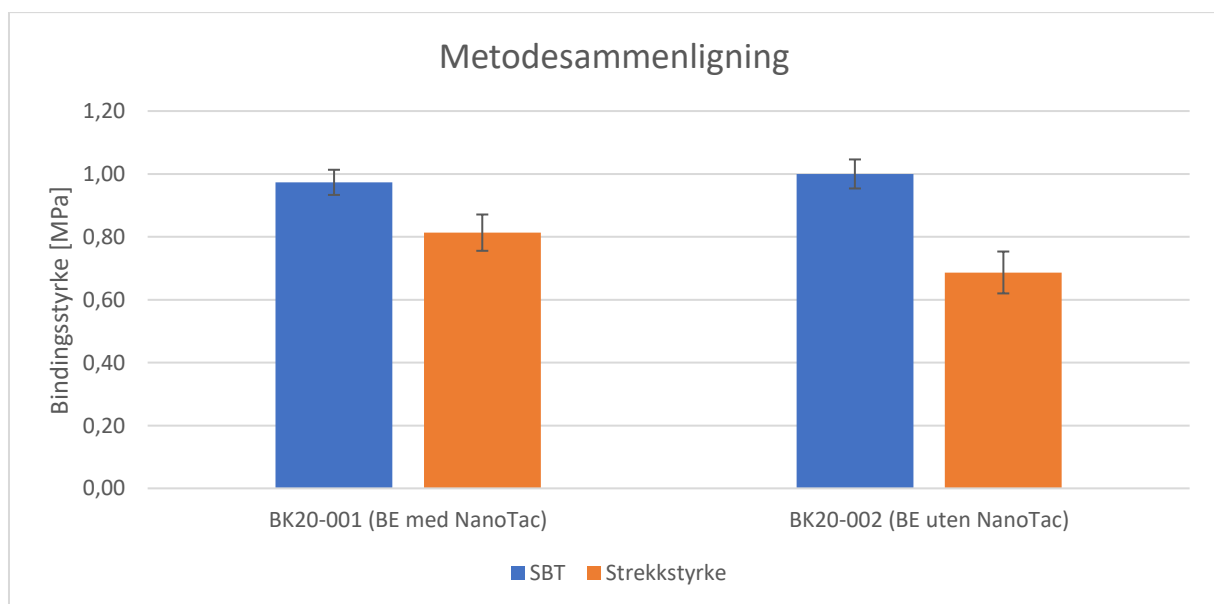
Merking av prøvene:

Serie 1: 17.09.20, Fv710 Hp11 m10007 F2

Serie 2: 17.09.20, Fv710 Hp11 m10004 F1

Figur 3.13: Strekkstyrke Fv710

Resultatene fra de to ulike metodene for å analysere bindingsstyrke er vist nedenfor.



Figur 3.14: Metodesammenligning

4. Diskusjon

4.1 Diskusjon E6 Oppdal

Klebemengdene som ble målt (Tabell 3.2) fra de innsamlede brettene stemmer bra overens med tilsiktet mengde ved den benyttede metoden hvor limbilen kjørte over prøvefeltene 1, 2 og 3 ganger.

Mengde restbindemiddel for medium mengde ligger innenfor veiledende anbefalt mengde fra asfaltretningslinjene fra 2019. Lav mengde ligger under, og høy mengde ligger over anbefalingen. Resultatene vil derfor være representativ for de mengdene som benyttes til vanlig av entreprenørene. Alle verdiene fra målingen av bindingsstyrke, både skjærstyrke og strekkstyrke, ligger godt over kravet fra asfaltretningslinjene på 0,70 MPa. Resultatene ligger også over gjennomsnittresultatet fra prosjektet Varige Veger (SVV-rapport 627) som lå på 0,96 MPa.

For begge testmetodene er det ingen klar korrelasjon mellom klebemengde og bindingsstyrke. Dette er i samsvar med det som ble observert under etatsprogrammet Varige Veger.

Det kan konkluderes med at lateksemulgert bitumenemulsjon gir gode resultater for bindingsstyrke, selv ved lave mengder klebemiddel.

4.2 Diskusjon E6 Øyjord

Ettersom den lave mengden fra Øyjord ble tatt ut, er det kun resultater for medium mengde (0,24 kg/m²) og høy mengde (0,36 kg/m²) restbindemiddel. Resultatene viser også her gode resultater for bindingsstyrke, både for skjærstyrke og strekkstyrke. Fra SBT-testen ligger det godt over kravet i asfaltretningslinjene, og noe over gjennomsnittresultatet fra Varige Veger.

Klebmengde ga ingen påvirkning på bindingsstyrke ved dette forsøksoppsettet. Det var heller ikke stor forskjell på klebemengdene ettersom den lave mengden ble tatt ut.

Sammenlignet med resultatene fra E6 Oppdal er resultatene for bindingsstyrke noe lavere, selv om klebemengdene er høyere. Dette skyldes sannsynligvis det faktum at underlaget er forskjellig på det to strekningene (frest underlag versus nylagt underlag). Denne forskjellen ble også observert i resultatene fra Varige Veger. Ideelt sett skulle to like typer underlag vært testet i dette forsøksoppsettet for å kunne vurdere forskjellen på lateksemulgert emulsjon og SBS-emulgert emulsjon.

Det kan konkluderes med at både lateksemulgert og SBS-emulgert bitumenemulsjon gir gode resultater for bindingsstyrke, målt både ved skjærstyrke og strekkstyrke, klebet på både nylagt og frest underlag. Hva som gir høyest bindingsstyrke av lateks og SBS er vanskelig å konkludere med uten å teste begge deler på sammenlignbart underlag.

4.3 Diskusjon Fv704 Torgård-Tanem

Klebmengdene fra Tabell 3.4 viser at det ble benyttet veldig mye emulsjon per overfart. Dette var også noe som ble observert visuelt under forsøket. Klebelappene ble etter hvert gjennomvåte av PmB-emulsjon, og det ble dermed også mye avrenning fra veien (se bilder under).



Figur 4.1: Eksempler på avrenning

Ettersom det ble observert så høye emulsjonsmengder og avrenning ble det besluttet å utelate området med tre overfarter, og heller benytte to overfarter som den høye mengden ($0,76 \text{ kg/m}^2$). Feltet hvor mengden ble skrudd ned («0,5 overfarter») ble benyttet som den lave mengden ($0,21 \text{ kg/m}^2$).

Resultatene ble sammenlignet med borkjerner fra et annet sted på strekningen med ordinær bitumenemulsjon. Alle resultatene er gode og har verdier for bindingsstyrke over 1 MPa. Det er dog noe overraskende at verdiene for bindingsstyrke er høyest for den ordinære bitumenemulsjonen, både for skjærstyrke og strekkstyrke. For SBT-metoden er standardavviket for de tre parallellene fra den ordinære bitumenemulsjonen noe høyt (ca 10 %), men alle verdiene er $\geq 1,35 \text{ MPa}$ (ligger langt over minstekravet på $0,70 \text{ MPa}$). Forklaringen på hvorfor resultatene er så gode er vanskelig å fastsette, men årsaken kan være høye mengder benyttet emulsjon også her (det ble ikke utført mengdemålinger på dette området).

4.4 Diskusjon Fv710 Krinsvatnet

I resultatene fra kapittel 3.5 kan det observeres at verdiene for bindingsstyrke ved SBT-metoden er tilnærmet identiske. Det er ingen forskjell mellom gjennomsnittsverdien med eller uten tilsatt Nanotac når det tas hensyn til standardavviket i målingene. Resultatene fra strekktesten viser en høyere verdi (ca 15 %) for bindingsstyrke for strekningen med tilsatt Nanotac, men med

standardavviket tatt i betraktning er forskjellen minimal. Det kan dermed ikke konkluderes med at tilsetning av ca 1% Nanotac til ordinær bitumenemulsjon signifikant forbedrer bindingsstyrken til klebingen. Verdiene for bindingsstyrke er ikke like gode på Fv710 som for de tre andre teststrekningene, men for SBT-metoden er alle resultatene trygt innenfor kravet i asfaltretningslinjene. Dette skyldes sannsynligvis at det på denne strekningen kun er benyttet ordinær bitumenemulsjon, og ikke PmB-emulsjon som for de tre andre. Strekktesten på kjernene fra strekningen uten Nanotac ga resultat (0,69 MPa) rett under kravet.

Produsenten av Nanotac fremhever også andre fordeler med bruk av tilsetningsstoffet. De hevder at bruk av Nanotac reduserer tetting av dysene på limbilen, at klebingen ikke fester seg på sko eller bildekk og gir god bindingsstyrke selv om emulsjonen vannes ut. Det ble ikke gjort forsøk med utvannet emulsjon, ettersom dette ville brutt med kravene i N200 om minimum bindemiddelinhold (Tabell 651.4 i N200). Nanotac ble derfor tilsatt direkte i limbil med omrøring. Entreprenøren bemerket under forsøket at emulsjonen med tilsatt Nanotac tettet dysene mindre og at emulsjonen festet seg mindre til skoene. Sjøførene av asfaltbilene merket ikke noen forskjell på mengde emulsjon som festet seg på bildekkene. Det kan dermed virke som det er noen praktiske fordeler med bruk av Nanotac, men dette må verifiseres i bruk ved flere typer emulsjoner (f.eks PmB-emulsjoner). Det må i tillegg gjøres en kost-nytte-vurdering hvor praktiske fordeler veies opp mot økt økonomisk kostnad.


4.5 Oppsummering

Oppsummert har disse fire forsøksoppsettene gitt verdifull innsikt i klebing, klebemengder og nye klebemidler. Måling av klebemengder har vist seg å være en praktisk måte å observere hvordan entreprenørene utfører klebingen i praksis, og hvordan disse mengdene påvirker bindingsstyrken. PmB-emulsjoner har gitt veldig gode resultater for bindingsstyrke på aktuelle teststrekninger, både på nylagte dekker og på freste underlag. Disse forsøksoppsettene har også vist at de to metodene for bindingsstyrke, Shear Bond Test og strekktest, gir litt forskjellig utslag og resultater i enkelte tilfeller. Ettersom strekktesten utført av Veidekke ikke er basert på relevante standarder, og det faktum at Statens Vegvesen i sine asfaltretningslinjer angir krav til bindingsstyrke basert på SBT-metoden, vil det i eventuelt fremtidig prosjekt være tilstrekkelig å benytte seg av skjærstyrken som mål for bindingsstyrken.

Tilsetningsstoffer av typen «trackless» har vist seg å fungere i praksis, selv om det ikke har gitt noen store positive utslag på bindingsstyrken. Videre utforskning av slike klebemidler, i godt samarbeid med interesserte entreprenører og produsenter, vil være av interesse fremover. Ny utvikling og teknologi kan forbedre klebingen mellom asfaltlag, og dermed asfaltdekkenes levetid, samt gi praktiske fordeler for entreprenørens utførelse. Et godt samspill mellom byggherre, entreprenører og produsenter i slike typer forskningsprosjekter vil kunne gi gevinster for alle involverte parter. Vinneren i andre enden er trafikanten som vil nyte godt av asfaltdekker med stadig bedre kvalitet.

VEDLEGG A: RÅDATA INTERN

R210-335 Bindemiddelinhold emulsjon

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Statens vegvesen | Lab og vegteknologiseksjonen Ressursavdelingen - Region midt Sentrallaboratoriet Trondheim |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Prøve ID: E18302 Id 736
 Type emulsjon: PMBE
 Dato og sigatur: 27/6-18 K20

| Glass nr | Tara (begerglass + glasstav) | Emulsjon (50,0 ± 0,1 g) | Tara + Inndampet bindemiddel | % Bindemiddel (163°C) |
|----------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|
| 1 | 191,4 | 50,0 | 221,0 | 59,2 |
| 2 | 202,8 | 50,0 | 232,2 | 58,8 |
| 3 | 200,9 | 50,1 | 230,2 | 58,5 |
| 4 | 204,8 | 49,9 | 234,3 | 59,1 |
| | | | | |
| | | | | |

Gjennomsnitt: 58,1

Største avvik: 0,7

Ble emulsjonen silt før testing?: Nei
 Start inndamping kl: 7:30 (ca 2 timer)
 Start sluttinndamping uten røring kl: 10:45 (1 time)
 Ferdig kl: 11:45

Notater:
 Temperaturen ble satt opp til 180°C etter 1 1/2t ved 163°C. Det var fremdeles vann i emulsjonen. Materialet var fremdeles ikke "glatt" etter 3t 15min etter start inndamping. Avsluttet røringen likevel, og lot det stå 1t ved 180°C uten røring.
 OBS! Det hadde spikret en god del fra glassen i starten av inndampingen.

Sist endret 28/9-17 Wenche Hovin

Inndampet (kald) emulsjon

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Statens vegvesen | Lab og vegteknologiseksjonen - Ressursavdelingen - Region midt - Sentrallaboratoriet Trondheim |
| | Arbeidsskjema Mykningspunkt NS-EN 1427:2007 |

| | | | |
|-----------------------------|---------------|--------|------------------------------|
| prøvenr: 10 736 E 18-302 | dato: 10/8-18 | sign.: | rapportert resultat: 39,2 °C |
|-----------------------------|---------------|--------|------------------------------|

| | | | |
|------------------|---------------|--------------|--------------|
| satt i varmeskap | ut til røring | reoppvarming | ferdig støpt |
|------------------|---------------|--------------|--------------|

| TID | Test I | | | Test II | | | Test III | | | | |
|-----------------------|--------|----------|--------------|---------|----------|------------------|----------|----------|------------------|--|--|
| | Temp | ΔT per m | diff fra 5 | Temp | ΔT per m | diff fra 5 | Temp | ΔT per m | diff fra 5 | | |
| 3 | 15,4 | | | | | | | | | | |
| 4 | 20,4 | 5,0 | 0,0 | | | | | | | | |
| 5 | 25,2 | 4,8 | -0,2 | | | | | | | | |
| 6 | 30,1 | 5,0 | -0,2 | | | | | | | | |
| 7 | 35,3 | 5,1 | -0,1 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | |
| Figur graf OK? | | | | | | | | | | | |
| Testens varighet: | | | | | | | | | | | |
| varighet × 5°C/min: | | | | | | | | | | | |
| MT a: 38,9 | | | Gradient: ok | | | a: | | | Gradient: | | |
| MT b: 39,2 | | | ΔT: 0,4 | | | b: | | | ΔT: | | |
| MT gjennomsnitt: 39,2 | | | | | | MT gjennomsnitt: | | | MT gjennomsnitt: | | |



Statens vegvesen

ID 736

Lab og vegteknologiseksjonen – Ressursavdelingen – Region midt –
Sentrallaboratoriet Trondheim

E 18-302. Analyse av kaldinndampet emulsjon.

Bestemmelse av penetrasjon, NS-EN 1426:

Over i vannbad: kl.

Testet: kl.

| Parallell: | Temperatur avlest: [°C] | Målt verdi: [1/10 mm] | Rapportert gjennomsnitt: [1/10 mm] |
|------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 25,0 | 178 (man. måling) | 176 // 10 mm |
| 2 | 25,0 | 174 (- n -) | |
| 3 | 25,0 | 175 (autom. måling) | |

Bestemmelse av elastisk tilbakegang, NS-EN 13398:

Over i vannbad: kl.

Utført: kl.

| Parallell: | Målt lengde: [mm] | Beregnet elastisk tilbakegang: | Rapportert gjennomsnitt, rundet oppover: |
|------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |

Bestemmelse av deformasjonsenergi, NS-EN 13703, vha kraftduktilitet, NS-EN 13589:

Over i vannbad: kl.

Utført: kl.

Testtemperatur: °C

| Parallell: | Maks kraft i første topp: [mN] | Deformasjonsenergi: [J/cm ²] | Rapportert gjennomsnitt: [J/cm ²] |
|------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1 | 2,18 | 0,0409 | 0,039 ± 0,003 |
| 2 | 2,22 | 0,0361 ^{x)} | |
| 3 | 2,20 | 0,0414 | |

Visuell beskrivelse av kraftkurven:

x) Proven var vanskelig å få ut av brettet.

Rapportert mykningspunkt (se eget arbeidsskjema):

Rapportert Fraass bruddpunkt (se eget arbeidsskjema):

Rapportert lagringsstabilitet: (se eget arbeidsskjema):



Statens vegvesen

 Lab og vegteknologiseksjonen
 Ressursavdelingen - Region midt
 Sentrallaboratoriet Trondheim
Prøve ID: 10736 emulsjon nr 2 E18-313Type emulsjon: C60BP3Dato og sigatur: 4/9-18 Berit Kames

| Glass nr | Tara (begerglass + glasstav) | Emulsjon (50,0 ± 0,1 g) | Tara + Inndampet bindemiddel | % Bindemiddel (163°C) |
|----------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|
| X | 191,3g | | | |
| 2 | 202,6g | 50,0 | 231,4g | 57,6 |
| 3 | 200,9g | 50,1 | 229,6g | 57,3 |
| 4 | 204,6g | 50,0 | 233,2g | 57,2 |
| 86 | 193,3g | 49,9 | 221,9g | 57,3 |

Gjennomsnitt: 57,4Største avvik: 0,4Ble emulsjonen silt før testing?: NeiStart inndamping kl: 12:06 (ca 2 timer)Start sluttinndamping uten røring kl: 14:37 (1 time)Ferdig kl: 15:38

Notater: (malingspauze)

3-liters bøtte. Brun emulsjon med noen klumper. Stilt temperaturen opp til 180°C etter 2 timer v/163°C. Et 30 min etter at inndampingen startet, var emulsjonen fremdeles ikke helt glatt. Avsluttet røringen likevel.



Statens vegvesen

Lab og vegteknologiseksjonen -
Ressursavdelingen - Region midt -
Sentrallaboratoriet Trondheim

Arbeidsskjema Mykningspunkt NS-EN 1427:2007

| | | | |
|---------------------|-----------------|--------------|---------------------------------|
| prøvenr: E18-313 | dato: 7/9-18 | sign.: BK | rapportert resultat: 39,8 |
|---------------------|-----------------|--------------|---------------------------------|

| | | | |
|------------------|---------------|--------------|--------------|
| satt i varmeskap | ut til røring | reoppvarming | ferdig støpt |
| 8:23 | 2 x 2 min | | 10:05 |

| TID | Test I | | | Test II | | | Test III | | |
|------------------------------------------------|--------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|----------|------------------|------------|
| | Temp | ΔT per m | diff fra 5 | Temp | ΔT per m | diff fra 5 | Temp | ΔT per m | diff fra 5 |
| 3 | 15,0 | | | | | | | | |
| 4 | 19,8 | 4,8 | -0,2 | | | | | | |
| 5 | 24,8 | 5,0 | -0,2 | | | | | | |
| 6 | 29,8 | 5,0 | -0,2 | | | | | | |
| 7 | 34,8 | 5,0 | -0,2 | | | | | | |
| 8 | 39,7 | 4,9 | -0,3 | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | |
| Figur graf OK? | | | | | | | | | |
| Testens varighet: 8:02 | | | | | | | | | |
| varighet $\times 5^\circ\text{C}/\text{min}$: | | | | | | | | | |
| MT a: 39,6 Gradient: | | | a: Gradient: | | | a: Gradient: | | | |
| MT b: 39,8 ΔT : 9,2 | | | b: ΔT : | | | b: ΔT : | | | |
| MT gjennomsnitt: 39,7 | | | MT gjennomsnitt: | | | MT gjennomsnitt: | | | |

V7 BM Arbeidsskjema mykningspunkt



Statens vegvesen

Lab og vegteknologiseksjonen – Ressursavdelingen – Region midt –
Sentrallaboratoriet Trondheim

Arbeidsskjema for prøvepreparering og testing av pmb

Opplysninger om prøven:

| | |
|---------------|---------------------------------------------------|
| Labprøvenr: | E18-313 oppsamlet materiale etter kaldinndampning |
| Materialtype: | C60 BP3 |
| Utført dato: | 7/9-18 |
| Signatur: | Beit Krane |

Sansbare egenskaper (ref. NS-EN 1425):

| | |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Innpakking (lufttett?): | 1-liters malingspenn, etter oppsamling etter kald inndampning. (Ikke lufttett) |
| Visuell vurdering av overflaten (blank/matt/farget/glatt/bulkete): | Ikke helt blank, en del bobler. |
| Forurensninger (vann/støv/rust): | Noe støv |
| Homogenitet/konsistens (vurderes under omrøring/støping av prøver): | En del små bobler. Noe seig å røre i, føles til samme tid mer vædlig enn PMB. |
| Lukt (svovel/parafin): | |

Prøvepreparering:

| | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Andel prøve tatt ut til analyse: | 228 g |
| Oppvarmingstemperatur: | 180°C |
| Inn i varmeskap: | 8:23-9:28, 9:30-10:00 |
| Røring (manuell jernstave): | Glasstav 9:28-30, 10:00-10:02 |
| Overføring til pen og tube: | 10:09 |
| Inn i varmeskap for reoppvarming: | 9:30-10:00, 10:02-10:07, 10:09-10:14 |
| Støping til duktilitet: | 10:07 |
| Støping til K&R: | 10:15 |
| Penetrasjonskopp ut av varmen: | 10:14 |
| Start lagring av tube: | — |
| Stopp lagring av tube: | — |



Statens vegvesen

 Lab og vegteknologiseksjonen
 Ressursavdelingen - Region midt
 Sentrallaboratoriet Trondheim

 Prøve ID: F18-314
 Type emulsjon: C60BP3
 Dato og sigatur: 19/9-18 koo

| Glass nr | Tara (begerglass + glasstav) | Emulsjon (50,0 ± 0,1 g) | Tara + Inndampet bindemiddel | % Bindemiddel (163°C) |
|----------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|
| 1 | 191,3 | 49 50,0 | 221,7 | 60,8 |
| 2 | 202,9 | 49,9 | 233,1 | 60,5 |
| 3 | 200,7 | 50,1 | 231,2 | 60,9 |
| 4 | 205,0 | 49,9 | 235,3 | 60,7 |
| | | | | |
| | | | | |

Gjennomsnitt: 60,7Største avvik: 0,4
 Ble emulsjonen silt før testing?: Nei
 Start inndamping kl: 9³⁰ (ca 2 timer)
 Start sluttinndamping uten røring kl: 12⁰⁰ (1 time)
 Ferdig kl: 13⁰⁰

Notater:

Prøven ble mottatt i 3-liters metallspann.
 19/9-18 ble prøven overført til plastflasker.
 Temperaturen i varmeskapet ble satt opp fra 163°C til 180°C etter 1½t inndamping.
 Etter totalt 2½t inndamping med røring, er det litt blærer i bindemidlet, men starter 1t sluttinndamping.



Statens vegvesen

Lab og vegteknologiseksjonen -
Ressursavdelingen - Region midt -
Sentrallaboratoriet Trondheim

Arbeidsskjema Mykningspunkt NS-EN 1427:2007

| | | | |
|---------------------|------------------|--------------|------------------------------|
| prevenr: E18-314 | dato: 27/9-18 | sign.: BK | rapportert resultat: 39,0 |
|---------------------|------------------|--------------|------------------------------|

| | | | |
|------------------|---------------|--------------|--------------|
| satt i varmeskap | ut til røring | reoppvarming | ferdig støpt |
| | | | 10:30 |

| TID | Test I | | | Test II | | | Test III | | |
|------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|---------------|------------------|------------------|---------------|------------------|------------|
| | Temp | ΔT per m | diff fra 5 | Temp | ΔT per m | diff fra 5 | Temp | ΔT per m | diff fra 5 |
| | Vann/glyserol | | | Vann/glycerol | | | Vann/glycerol | | |
| | T ved lagring | | | T ved lagring | | | T ved lagring | | |
| | Tid start: 11:30 | | | Tid start: | | | Tid start: | | |
| 3 | 15,4 | | | | | | | | |
| 4 | 20,4 | 5,0 | 0,0 | | | | | | |
| 5 | 25,4 | 5,0 | 0,0 | | | | | | |
| 6 | 30,3 | 4,9 | -0,1 | | | | | | |
| 7 | 35,2 | 4,9 | -0,2 | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | |
| Figur graf OK? | | | | | | | | | |
| Testens varighet: 07:46 | | | | | | | | | |
| varighet $\times 5^\circ\text{C}/\text{min}$: | | | | | | | | | |
| MT a: 38,7 | | Gradient: | | a: | | Gradient: | | a: | |
| MT b: 39,2 | | ΔT : 0,5 | | b: | | ΔT : | | b: | |
| MT gjennomsnitt: 39,0 | | | MT gjennomsnitt: | | | MT gjennomsnitt: | | | |



Statens vegvesen

Lab og vegteknologiseksjonen – Ressursavdelingen – Region midt –
Sentrallaboratoriet Trondheim

Arbeidsskjema for prøvepreparering og testing av pmb

Opplysninger om prøven:

| | |
|---------------|---------------------------------|
| Labprøvenr: | E18-314 (10736: 3. emulsjon) |
| Materialtype: | Oppsamlet etter kald inndamping |
| Utført dato: | 27/9-18 |
| Signatur: | Berit Kramer |

Sansbare egenskaper (ref. NS-EN 1425):

| | |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Innpakking (lufttett?): | Oppsamlet etter kald inndamping. 1-liters malingspauze med alufolie til lokk. |
| Visuell vurdering av overflaten (blank/matt/farget/glatt/bulkete): | Full av luftblærer |
| Forurensninger (vann/støv/rust): | En del støv etter kald inndamping |
| Homogenitet/konsistens (vurderes under omrøring/støping av prøver): | Lav viskositet o/180°C, svært enkel og "søt-fri" å støpe, |
| Lukt (svovel/parafin): | tilsynelatende ingen størkningskrymp. Mye damp hver gang lokket kom av for røring. |

Prøvepreparering:

| | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| Andel prøve tatt ut til analyse: | ~249g |
| Oppvarmingstemperatur: | 180°C |
| Inn i varmeskap: | 08:44 |
| Røring (manuell ja/nei): | Manuell: 9:50-52, 10:08-10:10 |
| Overføring til pen og tube: | 10:15 |
| Inn i varmeskap for reoppvarming: | 10:15-10:20 |
| Støping til duktilitet: | 10:24 |
| Støping til K&R: | 10:30 |
| Penetrasjonskopp ut av varmen: | 10:20 |
| Start lagring av tube: | Stopp lagring av tube |



Statens vegvesen

 Lab og vegteknologiseksjonen
 Ressursavdelingen – Region midt
 Sentrallaboratoriet Trondheim
Prøve ID: E18-320 / ID 736Type emulsjon: C60 BPBDato og sigatur: 14/12-18 keo

| Glass nr | Tara (begerglass + glasstay) | Emulsjon (50,0 ± 0,1 g) | Tara + Inndampet bindemiddel | % Bindemiddel (163°C) |
|----------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|
| 1 | 191,4 | | | |
| 2 | 202,4 | 49,9 | 232,1 | 59,5 |
| 3 | 200,7 | 50,1 | 230,4 | 59,3 |
| 4 | 205,0 | 49,9 | 234,7 | 59,5 |
| | | | | |
| | | | | |

Gjennomsnitt: 59,4Største avvik: 0,2Ble emulsjonen silt før testing?: NeiStart inndamping kl: 8:30 (ca 2 timer)Start sluttinndamping uten røring kl: 10:45 (1 time)Ferdig kl: 11:46

Notater:

Tid med røring ble forlenget med 15 min.
 Temp. ble satt opp til 180°C den siste timen (uten røring).



Statens vegvesen

Lab og vegteknologiseksjonen -
Ressursavdelingen - Region midt -
Sentrallaboratoriet Trondheim

Arbeidsskjema Mykningspunkt NS-EN 1427:2007

| | | | |
|------------------------------------------------|---------------------|-------------------|------------------------------------|
| prøvenr: <i>Kaldimondamp</i> <i>E18-320</i> | dato: <i>8/2-19</i> | sign.: <i>625</i> | rapportert resultat: <i>54,4°C</i> |
|------------------------------------------------|---------------------|-------------------|------------------------------------|

| | | | |
|------------------|---------------|--------------|--------------|
| satt i varmeskap | ut til røring | reoppvarming | ferdig støpt |
|------------------|---------------|--------------|--------------|

| TID | Test I | | | Test II | | | Test III | | |
|------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------|---------------|------------------|------------------|---------------|------------------|------------|
| | Temp | ΔT per m | diff fra 5 | Temp | ΔT per m | diff fra 5 | Temp | ΔT per m | diff fra 5 |
| | Vann/glycerol <i>Vann</i> | | | Vann/glycerol | | | Vann/glycerol | | |
| | T ved lagring | | | T ved lagring | | | T ved lagring | | |
| | Tid start: <i>9.55</i> | | | Tid start: | | | Tid start: | | |
| 3 | <i>15,2</i> | | | | | | | | |
| 4 | <i>20,1</i> | <i>4,9</i> | <i>-0,1</i> | | | | | | |
| 5 | <i>25,0</i> | <i>4,9</i> | <i>-0,2</i> | | | | | | |
| 6 | <i>30,0</i> | <i>5,0</i> | <i>-0,2</i> | | | | | | |
| 7 | <i>35,2</i> | <i>5,2</i> | <i>0,0</i> | | | | | | |
| 8 | <i>40,2</i> | <i>4,9</i> | <i>-0,1</i> | | | | | | |
| 9 | <i>45,5</i> | <i>5,3</i> | <i>+0,2</i> | | | | | | |
| 10 | <i>50,6</i> | <i>5,1</i> | <i>+0,3</i> | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | |
| Figur graf OK? | | | | | | | | | |
| Testens varighet: | | | | | | | | | |
| varighet $\times 5^\circ\text{C}/\text{min}$: | | | | | | | | | |
| MT a: <i>54,0</i> | | Gradient: <i>0,1</i> | | a: | | Gradient: | | a: | |
| MT b: <i>54,6</i> | | ΔT : <i>0,6</i> | | b: | | ΔT : | | b: | |
| MT gjennomsnitt: <i>54,4</i> | | | MT gjennomsnitt: | | | MT gjennomsnitt: | | | |

E18-320

Kaldinndampet emulsjon



Lab og vegteknologiseksjonen – Ressursavdelingen – Region midt – Sentrallaboratoriet Trondheim

Statens vegvesen

8/2-19/1620

Bestemmelse av penetrasjon, NS-EN 1426:

Over i vannbad: kl.

Testet: kl.

| Parallell: | Temperatur avlest: [°C] | Målt verdi: [1/10 mm] | Rapportert gjennomsnitt: [1/10 mm] |
|------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 25,1 | 104 | 104 |
| 2 | 25,1 | 104 | |
| 3 | 25,1 | 104 | |

Bestemmelse av elastisk tilbakegang, NS-EN 13398:

Over i vannbad: kl.

Utført: kl.

| Parallell: | Målt lengde: [mm] | Beregnet elastisk tilbakegang: | Rapportert gjennomsnitt, rundet oppover: |
|------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|
| 1 | 158 | 79 | 79 % |
| 2 | 158 | 79 | |

Bestemmelse av deformasjonsenergi, NS-EN 13703, vha kraftduktilitet, NS-EN 13589:

Over i vannbad: kl.

Utført: kl.

Testtemperatur: °C

| Parallell: | Maks kraft i første topp: [mN] | Deformasjonsenergi: [J/cm ²] | Rapportert gjennomsnitt: [J/cm ²] |
|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1 | 8,42 | 0,7572 | 0,747 ± 0,016 |
| 2 | 8,22 | 0,7290 | |
| 3 | 8,48 | 0,7543 | |
| Visuell beskrivelse av kraftkurven: | | | |

Rapportert mykningspunkt (se eget arbeidsskjema):

Rapportert Fraass bruddpunkt (se eget arbeidsskjema):

Rapportert lagringsstabilitet: (se eget arbeidsskjema):



Statens vegvesen

Lab og vegteknologiseksjonen
Ressursavdelingen – Region midt
Sentrallaboratoriet Trondheim

| Prøve ID: | Id 990 | | | |
|------------------|---------------------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Type emulsjon: | PmB – emulsjon | | | |
| Dato og sigatur: | 10/12-19 kso | | | |
| Glass nr | Tara (begerglass + glasstav) | Emulsjon (50,0 ± 0,1 g) | Tara + Inndampet bindemiddel | % Bindemiddel (163°C) |
| 1 | 209,27 | 65,48 | 249,34 | 61,2 |
| 2 | 221,25 | 69,16 | 263,58 | 61,2 |
| 3 | 222,53 | 69,36 | 264,99 | 61,2 |
| 4 | 219,73 | 65,61 | 259,87 | 61,2 |
| | 207,31 | 65,31 | 247,40 | 61,4 |
| | 215,15 | 65,84 | 255,46 | 61,2 |
| | | | Gjennomsnitt: | 61,2 |
| | | | Største avvik: | 0,2 |
| | Ble emulsjonen silt før testing?: | | | |
| | Start inndamping kl: | | | (ca 2 timer) |
| | Start sluttinndamping uten røring kl: | | | (1 time) |
| | Ferdig kl: | | | |

Notater: Kald inndamping ble utført for å analysere bindemiddelet etterpå. OBS! Kald inndamping er ikke standard metode for å finne bindemiddelinhold, men ble beregnet samtidig med at inndampingen ble gjort.

Start inndamping ved romtemperatur: 10/12-19 kl 9:00

Start inndamping ved 50°C : 11/12-19 kl 9:00

Id 990
Inndampet pmb-emulsjon



Statens vegvesen

Lab og vegteknologiseksjonen -
Ressursavdelingen - Region midt -
Sentrallaboratoriet Trondheim

Arbeidsskjema Mykningspunkt NS-EN 1427:2007

| | | | |
|----------|----------------|------------|-----------------------------|
| prøvenr: | dato: 13/12-19 | sign.: k20 | rapportert resultat: 68,0°C |
|----------|----------------|------------|-----------------------------|

| | | | |
|------------------|---------------|--------------|--------------|
| satt i varmeskap | ut til røring | reoppvarming | ferdig støpt |
| | | | |

| TID | Test I | | | Test II | | | Test III | | |
|-------------------|-----------------------------|-----------|------------|------------------|-----------|------------|------------------|----------|------------|
| | Temp | ΔT per m | diff fra 5 | Temp | ΔT per m | diff fra 5 | Temp | ΔT per m | diff fra 5 |
| | Vann/glycerol | | | Vann/glycerol | | | Vann/glycerol | | |
| | Vann | | | | | | | | |
| | T ved lagring | | | T ved lagring | | | T ved lagring | | |
| | Tid start: 10 ⁰⁵ | | | Tid start: | | | Tid start: | | |
| 3 | 14,6 | | | | | | | | |
| 4 | 19,4 | 4,8 | -0,2 | | | | | | |
| 5 | 24,2 | 4,8 | -0,4 | | | | | | |
| 6 | 28,9 | 4,8 | -0,6 | | | | | | |
| 7 | 33,9 | 5,0 | -0,6 | | | | | | |
| 8 | 38,8 | 4,8 | -0,8 | | | | | | |
| 9 | 43,7 | 4,9 | -0,9 | | | | | | |
| 10 | 48,7 | 5,0 | -0,9 | | | | | | |
| 11 | 53,8 | 5,1 | -0,8 | | | | | | |
| 12 | 59,0 | 5,1 | -0,7 | | | | | | |
| 13 | 63,8 | 4,9 | -0,8 | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | |
| Figur graf OK? | | | | | | | | | |
| Testens varighet: | | | | | | | | | |
| varighet×5°C/min: | | | | | | | | | |
| MT a: | 67,7 | Gradient: | 0,6 | a: | Gradient: | a: | Gradient: | a: | Gradient: |
| MT b: | 68,1 | ΔT: | 0,4 | b: | ΔT: | b: | ΔT: | b: | ΔT: |
| MT gjennomsnitt: | | | 68,0 | MT gjennomsnitt: | | | MT gjennomsnitt: | | |

V7 BM Arbeidsskjema mykningspunkt

ld 990 - Inndampet
pmb-emulsjon

Bestemmelse av penetrasjon, NS-EN 1426:

Over i vannbad: kl. Testet: kl.

| Parallell: | Temperatur avlest: [°C] | Målt verdi: [1/10 mm] | Rapportert gjennomsnitt: [1/10 mm] |
|------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 25,0 | 83 | 83 1/10mm |
| 2 | 25,0 | 81 | |
| 3 | 25,1 | 84 | |

13/12-1960

Bestemmelse av elastisk tilbakegang, NS-EN 13398:

Over i vannbad: kl. Utført: kl.

| Parallell: | Målt lengde: [mm] | Beregnet elastisk tilbakegang: | Rapportert gjennomsnitt, rundet oppover: |
|------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |

Bestemmelse av deformasjonsenergi, NS-EN 13703, vha kraftduktilitet, NS-EN 13589:

Over i vannbad: kl. Utført: kl. Testtemperatur: °C

| Parallell: | Maks kraft i første topp: [mN] | Deformasjonsenergi: [J/cm ²] | Rapportert gjennomsnitt: [J/cm ²] |
|------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1 | 7,62 | 1,8060 | 1,802 ± 0,009 |
| 2 | 7,60 | 1,7914 | |
| 3 | 7,62 | 1,8074 | |

Visuell beskrivelse av kraftkurven:

Rapportert mykningspunkt (se eget arbeidsskjema):

Rapportert Fraass bruddpunkt (se eget arbeidsskjema):

Rapportert lagringsstabilitet: (se eget arbeidsskjema):

| Merkning på brett | Areal av fiberduk | | | Veiging | | Etter tørking [g] | Mengde bindemiddelrest [kg/m²] | Påsprøytet emulsjon gitt 60% bindemiddelinnhold [kg/m²] | Snitt bindemiddelrest | Snitt påsprøytet emulsjon | |
|-------------------|-------------------|-------------|------------|---------|------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------|
| | Bredde [cm] | Lengde [cm] | Areal [m²] | Brett | Brett + fiberduk | | | | | | Før forsøk [g] |
| 7 | 25 | 35 | 0,0875 | | | 118,88 | 165,89 | 0,537257143 | 0,895428571 | 0,4872 | 0,812 |
| 8 | 25 | 35 | 0,0875 | | | 119,42 | 157,67 | 0,437142857 | 0,728571429 | | |
| 9 | 25 | 35 | 0,0875 | | | 119,01 | 183,3 | 0,734742857 | 1,224571429 | 0,757085714 | 1,261809524 |
| 10 | 25 | 35 | 0,0875 | | | 118,79 | 186,99 | 0,779428571 | 1,299047619 | | |
| 11 | 25 | 35 | 0,0875 | | | 120,23 | 210,48 | 1,031428571 | 1,719047619 | 1,048914286 | 1,748190476 |
| 12 | 25 | 35 | 0,0875 | | | 120,29 | 213,6 | 1,0664 | 1,777333333 | | |
| 13 | 25 | 35 | 0,0875 | | | 120,49 | 139,17 | 0,213485714 | 0,355809524 | 0,2132 | 0,355333333 |
| 14 | 25 | 35 | 0,0875 | | | 119,67 | 138,3 | 0,212914286 | 0,354857143 | | |

| Prosjektnr | Ansvarsnr | Parsellens navn | Fylke | Vegnr | Hp | Felt | Meter | Prøvenr | Dato testet | Testet av: | Diameter, gj.snitt [mm] | Tykkelse over limlag [mm] | Total høyde på kjernen [mm] | Max load F [kN] | Lengde til max shear stress, δ [mm] | Peak Shear Stress τ_{max} [Mpa] | Max Shear Stiffness Modulus k_{max} [Mpa/mm] | Shear Stiffness Modulus k [Mpa/mm] | Type brudd (lim=limlaget over=overmot laget under=undermot laget) | Kommentarer |
|------------|-----------|-----------------|-----------|-------|----|------|-------|-----------|-------------|-----------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| C13474 | CCA00 | Krinsvatnet | Trøndelag | Fv710 | 11 | 2 | 10007 | BK20-001A | 30.10.2020 | Kjersti Solstad | 99,5 | 33 | 155 | 7,6 | 3,1 | 0,98 | 0,46 | 0,32 | lim | Kjernen ble kappet ved en feil. Ble limt sammen igjen med epoxylim for |
| C13474 | CCA00 | Krinsvatnet | Trøndelag | Fv710 | 11 | 2 | 10007 | BK20-001B | 30.10.2020 | Kjersti Solstad | 98,9 | 34 | 115 | 7,8 | 2,8 | 1,02 | 0,53 | 0,37 | lim | Kjernen ble kappet ved en feil. Ble limt sammen igjen med epoxylim for |
| C13474 | CCA00 | Krinsvatnet | Trøndelag | Fv710 | 11 | 2 | 10007 | BK20-001C | 30.10.2020 | Kjersti Solstad | 93,5 | 31 | 150 | 6,5 | 3,1 | 0,94 | 0,44 | 0,30 | lim | Kjernen ble kappet ved en feil. Ble limt sammen igjen med epoxylim for |
| C13474 | CCA00 | Krinsvatnet | Trøndelag | Fv710 | 11 | 1 | 10004 | BK20-002A | 30.10.2020 | Kjersti Solstad | 93,8 | 31 | 150 | 6,6 | 3,8 | 0,96 | 0,42 | 0,26 | lim | Kjernen ble kappet ved en feil. Ble limt sammen igjen med epoxylim for |
| C13474 | CCA00 | Krinsvatnet | Trøndelag | Fv710 | 11 | 1 | 10004 | BK20-002B | 30.10.2020 | Kjersti Solstad | 93,8 | 31 | 145 | 7,2 | 3,6 | 1,04 | 0,56 | 0,29 | lim | Kjernen ble kappet ved en feil. Ble limt sammen igjen med epoxylim for |
| C13474 | CCA00 | Krinsvatnet | Trøndelag | Fv710 | 11 | 1 | 10004 | BK20-002C | 30.10.2020 | Kjersti Solstad | 93,9 | 30 | 150 | 6,6 | 3,5 | 0,96 | 0,49 | 0,27 | lim | Kjernen ble kappet ved en feil. Ble limt sammen igjen med epoxylim for |

| Fylke | Vegnr | Hp | Felt | Type lim | Prøvenr | Dato testet | Testet av: | Diameter, gj.snitt [mm] | Tykkelse over limlag [mm] | Total høyde på kjernen [mm] | Max load F [kN] | Lengde til max shear stress, δ [mm] | Peak Shear Stress τ_{max} [Mpa] | Max Shear Stiffness Modulus k_{max} [Mpa/mm] | Shear Stiffness Modulus k [Mpa/mm] | Type brudd (lim=limlaget over=overmot laget under=undermot laget) | Kommentarer |
|-------|--------|----|------|-------------------------|-------------|-------------|-----------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 50 | Fv 704 | 2 | 2 | Ordinær bitumenemulsjon | BK 19-003 A | 05.11.2019 | Kjersti Solstad | 98,9 | 30 | 83 | 10,4 | 3,6 | 1,35 | 0,61 | 0,38 | lim | Bruddet gikk der det var markert, men delene henger sammen. Brunsvart, ruglete overflate. Brudd i ngen stener. |
| 50 | Fv 704 | 2 | 2 | Ordinær bitumenemulsjon | BK 19-003 B | 05.11.2019 | Kjersti Solstad | 98,7 | 34 | 240 | 10,2 | 3,7 | 1,34 | 0,69 | 0,36 | lim | var markert, men delene henger sammen. Brunsvart, ruglete overflate. |
| 50 | Fv 704 | 2 | 2 | Ordinær bitumenemulsjon | BK 19-003 C | 05.11.2019 | Kjersti Solstad | 98,8 | 32 | 82 | 12,3 | 3,8 | 1,60 | 0,78 | 0,42 | lim | bruddet gikk der det var markert, men delene henger sammen. Brunsvart, sett) der det var markert, men delene henger sammen. |
| 50 | Fv 704 | 2 | 2 | PmB x 0,5 | BK 19-004 A | 05.11.2019 | Kjersti Solstad | 98,5 | 37 | 190 | 8,1 | 3,3 | 1,06 | 0,50 | 0,33 | lim | var markert, men delene henger sammen. Brunsvart, brukte girkutter |
| 50 | Fv 704 | 2 | 2 | PmB x 0,5 | BK 19-004 B | 05.11.2019 | Kjersti Solstad | 98,6 | 38 | 195 | 9,6 | 3,6 | 1,26 | 0,59 | 0,35 | lim | var markert, men delene henger sammen. Brunsvart, brukte girkutter |
| 50 | Fv 704 | 2 | 2 | PmB x 0,5 | BK 19-004 C | 05.11.2019 | Kjersti Solstad | 98,7 | 39 | 190 | 8,8 | 3,1 | 1,15 | 0,51 | 0,37 | lim | var markert, men delene henger sammen. Brunsvart |
| 50 | Fv 704 | 2 | 2 | PmB x 2 | BK 19-005 A | 05.11.2019 | Kjersti Solstad | 98,6 | 38 | 200 | 10,0 | 3,5 | 1,31 | 0,59 | 0,37 | lim | Bruddet gikk der det var markert, men delene henger |
| 50 | Fv 704 | 2 | 2 | PmB x 2 | BK 19-005 B | 05.11.2019 | Kjersti Solstad | 98,5 | 38 | 175 | 10,2 | 3,4 | 1,34 | 0,55 | 0,40 | lim | Bruddet gikk der det var markert, men delene henger |
| 50 | Fv 704 | 2 | 2 | PmB x 2 | BK 19-005 C | 05.11.2019 | Kjersti Solstad | 98,4 | 41 | 180 | 9,6 | 3,8 | 1,27 | 0,52 | 0,34 | lim | var markert, men delene henger sammen. Brunsvart, |

VEDLEGG B: RÅDATA EKSTERN



4

Bilag 1. BK 19-003

Testtemp: 20°C

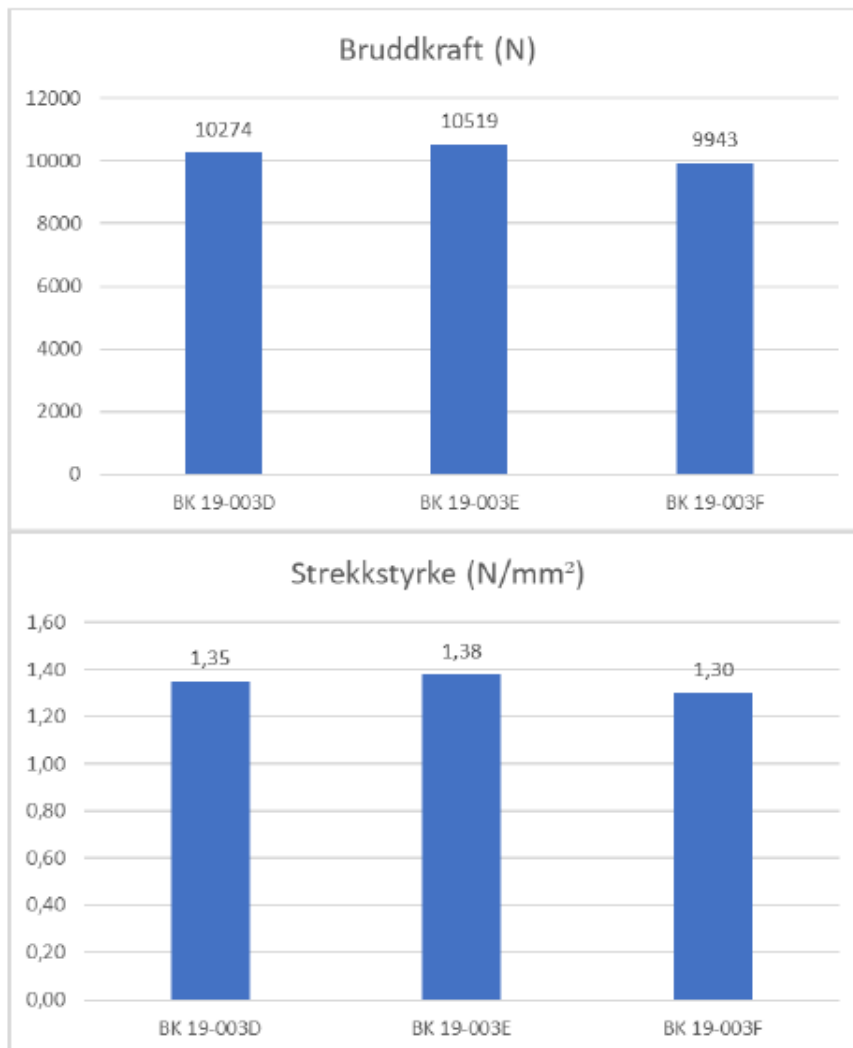
Strekkhastighet
200N/s

| pr. nr. | Testet | kraft | def | Diameter | Høyde | Strekkestyrke |
|------------------|---------------------|--------------|------------|-------------|-------------|----------------------|
| | dato | (N) | (mm) | (mm) | (mm) | (N/mm ²) |
| BK 19-003D | 13.11.2019 | 10274 | 2,3 | 98,5 | 61,0 | 1,35 |
| BK 19-003E | 13.11.2019 | 10519 | 2,4 | 98,6 | 61,0 | 1,38 |
| BK 19-003F | 13.11.2019 | 9943 | 2,4 | 98,7 | 61,0 | 1,30 |
| BK 19-003 | Gjennomsnitt | 10245 | 2,4 | 98,6 | 61,0 | 1,34 |

Ingen synlig fukt

Bruddet går i klebing.

1.



Bilag 5. Bilder bruddflater BK 19-003



BK 19-003D



BK 19-003E



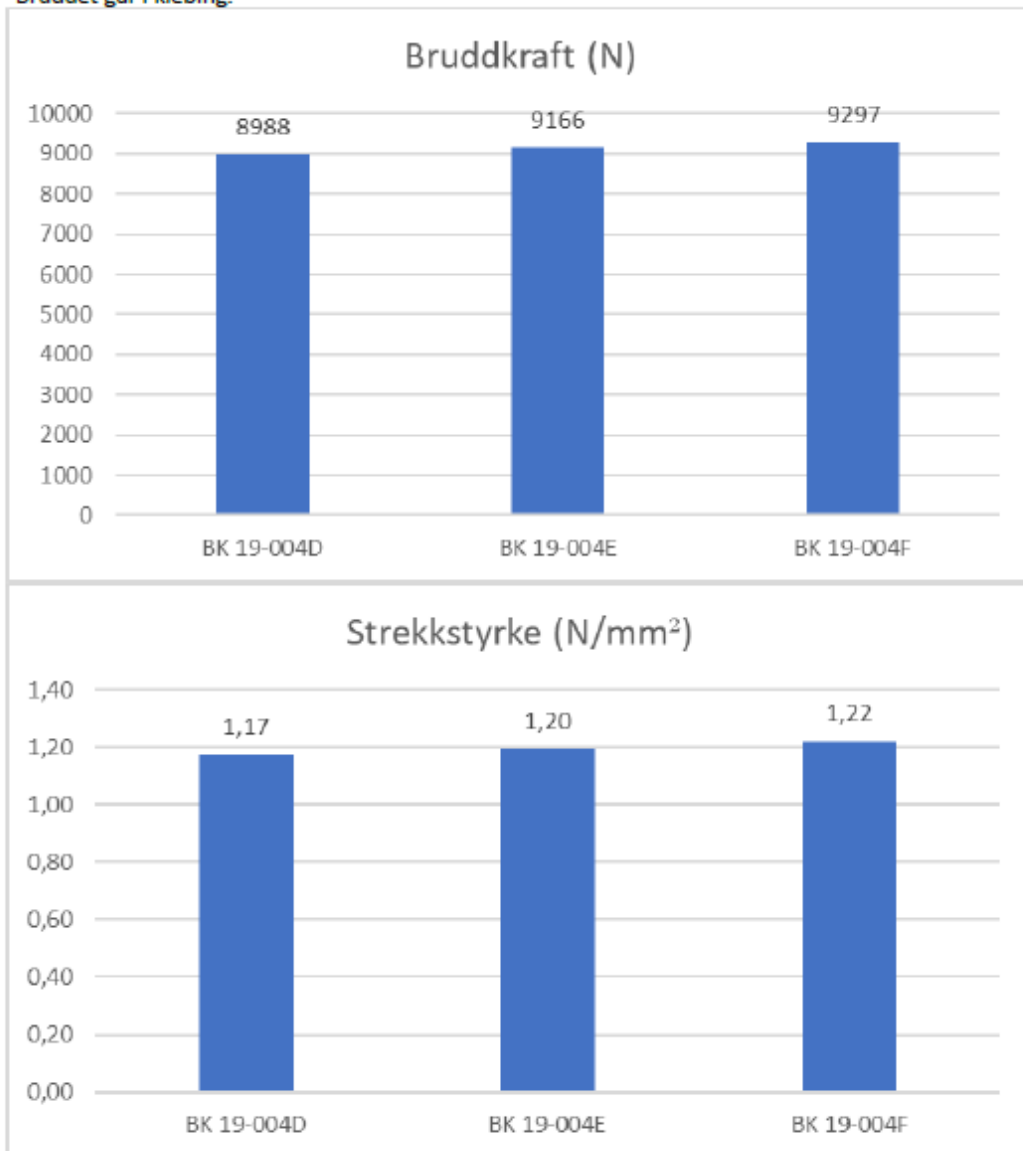
BK 19-003F

Bilag 3. BK 19-004

Testtemp: 20°C Strekkhastighet
200N/s

| pr. nr. | Testet dato | kraft (N) | def (mm) | Diameter (mm) | Høyde (mm) | Strekkstyrke (N/mm ²) |
|------------------|---------------------|-------------|------------|---------------|-------------|-----------------------------------|
| BK 19-004D | 18.11.2019 | 8988 | 2,2 | 98,7 | 61,0 | 1,17 |
| BK 19-004E | 18.11.2019 | 9166 | 2,3 | 98,7 | 61,4 | 1,20 |
| BK 19-004F | 18.11.2019 | 9297 | 2,3 | 98,4 | 61,4 | 1,22 |
| BK 19-004 | Gjennomsnitt | 9150 | 2,3 | 98,6 | 61,3 | 1,20 |

Ingen synlig fukt
Bruddet går i klebing.



Bilag 6. Bilder bruddflater BK 19-004



BK 19-004D



BK 19-004E



BK 19-004F

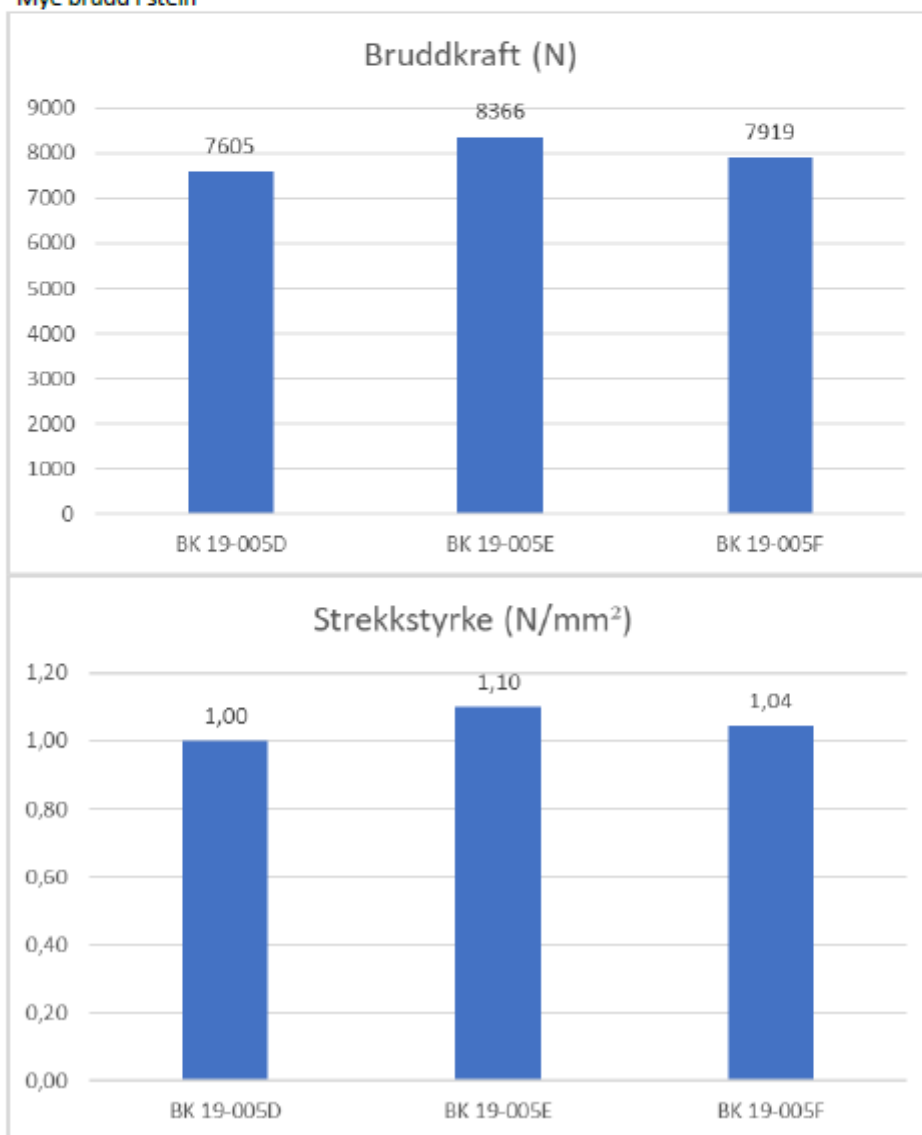
Bilag 2. BK 19-005

Testtemp: 20°C

Strekkhastighet
200N/s

| pr. nr. | Testet dato | kraft (N) | def (mm) | Diameter (mm) | Høyde (mm) | Strekkestyrke (N/mm ²) |
|------------------|---------------------|--------------|-------------|------------------|---------------|---------------------------------------|
| BK 19-005D | 13.11.2019 | 7605 | 1,7 | 98,5 | 61,0 | 1,00 |
| BK 19-005E | 13.11.2019 | 8366 | 1,9 | 98,4 | 61,0 | 1,10 |
| BK 19-005F | 13.11.2019 | 7919 | 2,0 | 98,3 | 61,0 | 1,04 |
| BK 19-005 | Gjennomsnitt | 7963 | 1,9 | 98,4 | 61,0 | 1,05 |

Ingen synlig fukt
Bruddet går i klebing.
Mye brudd i stein



Bilag 4. Bilder bruddflater BK 19-005



BK 19-005D



BK 19-005E



BK 19-005F

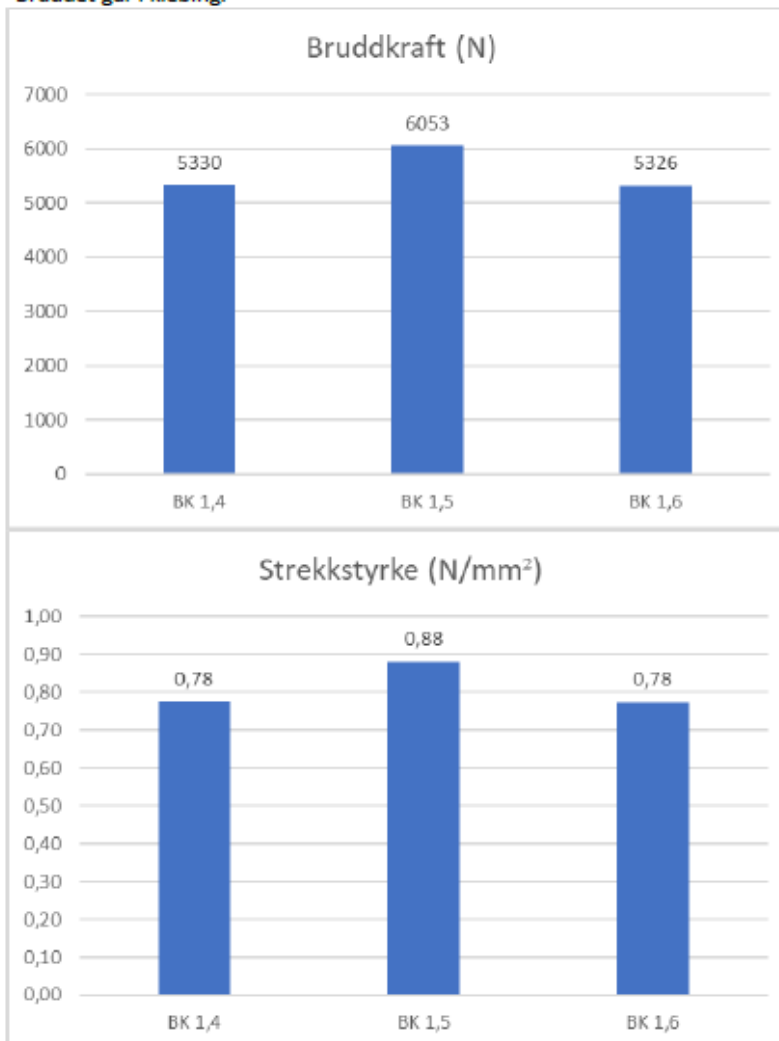
Bilag 1. BK serie 1

Testtemp: 21°C Strekkhastighet
200N/s

| pr. nr. | Testet dato | kraft (N) | def (mm) | Diameter (mm) | Høyde (mm) | Strekstyrke (N/mm ²) |
|-------------------|---------------------|-------------|------------|---------------|-------------|----------------------------------|
| BK 1,4 | 05.10.2020 | 5330 | 1,0 | 93,5 | 61,0 | 0,78 |
| BK 1,5 | 05.10.2020 | 6053 | 1,2 | 93,5 | 61,0 | 0,88 |
| BK 1,6 | 05.10.2020 | 5326 | 0,9 | 93,5 | 61,0 | 0,78 |
| BK serie 1 | Gjennomsnitt | 5570 | 1,0 | 93,5 | 61,0 | 0,81 |

Litt fukt

Bruddet går i klebing.



Bilag 3. Bilder bruddflater BK serie 1



BK 1,4



BK 1,5



BK 1,6

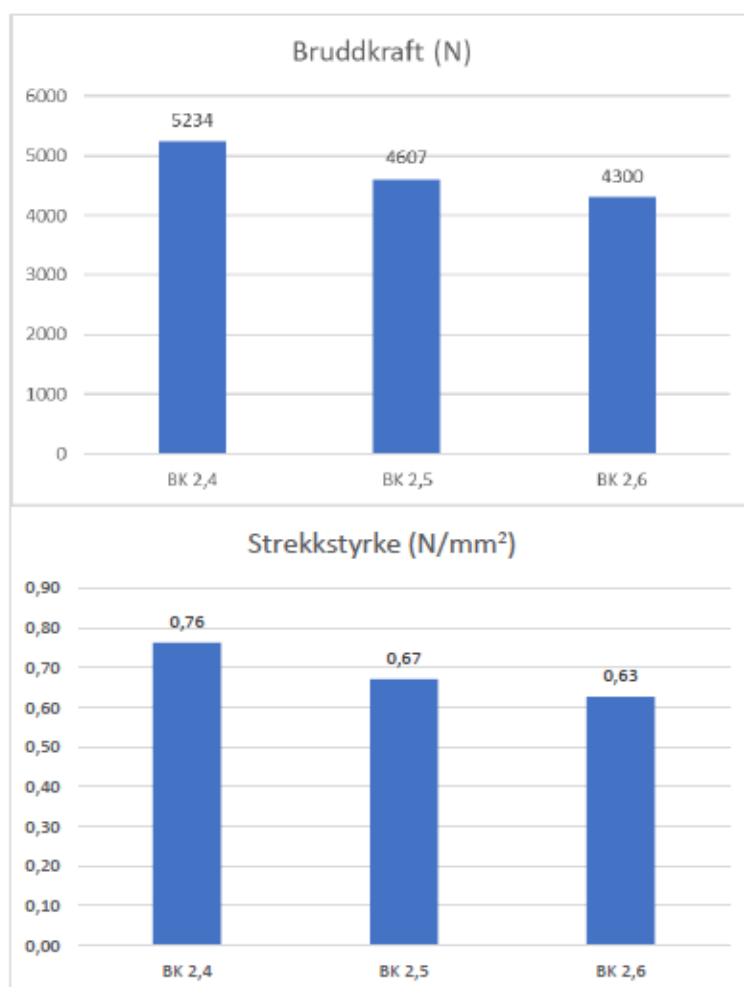
Bilag 2. BK serie 2

Testtemp: 21°C Strekkhastighet
200N/s

| pr. nr. | Testet dato | kraft (N) | def (mm) | Diameter (mm) | Høyde (mm) | Strekstyrke (N/mm ²) |
|-------------------|---------------------|--------------|-------------|------------------|---------------|-------------------------------------|
| BK 2,4 | 05.10.2020 | 5234 | 1,0 | 93,5 | 61,0 | 0,76 |
| BK 2,5 | 05.10.2020 | 4607 | 1,2 | 93,5 | 61,0 | 0,67 |
| BK 2,6 | 05.10.2020 | 4300 | 0,9 | 93,5 | 61,0 | 0,63 |
| BK serie 2 | Gjennomsnitt | 4714 | 1,0 | 93,5 | 61,0 | 0,69 |

Litt fukt

Bruddet går i klebing.



Bilag 4. Bilder bruddflater BK serie 2



BK 2,4



BK 2,5



BK 2,6



Statens vegvesen
Pb. 1010 Nordre Ål
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

firmapost@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag