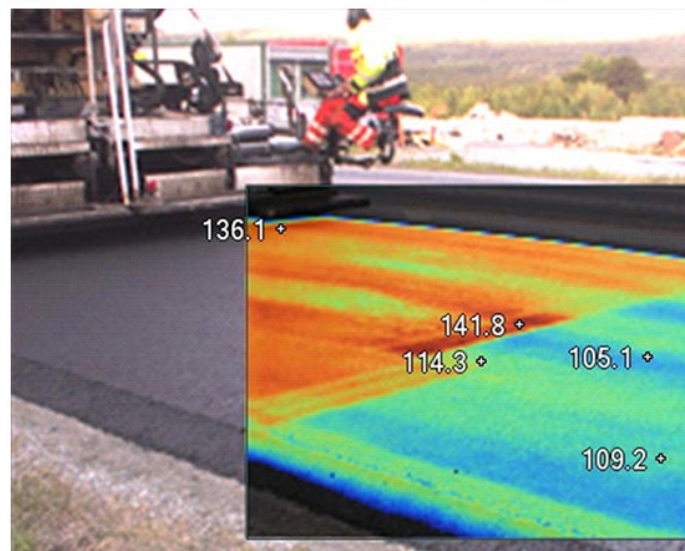
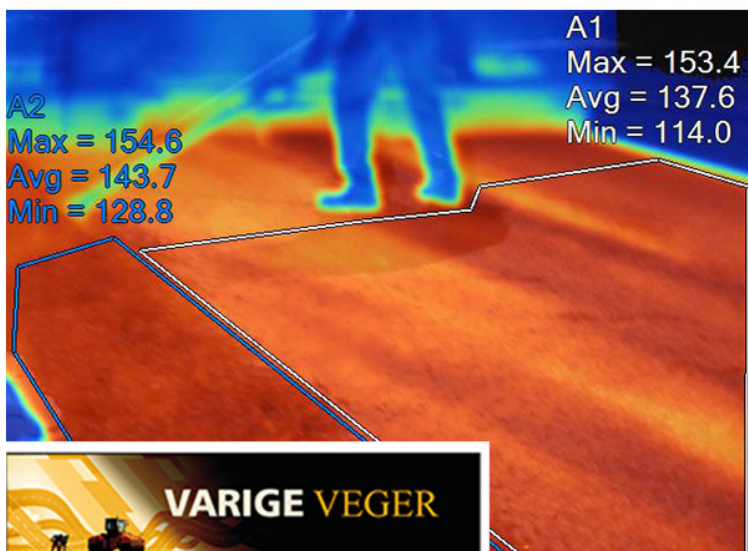
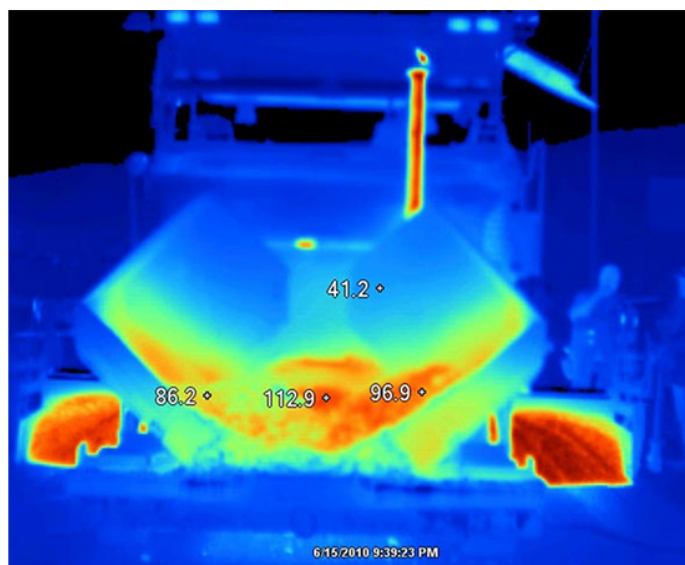


Effekt av IR-skanning og bruk av feeder

Varige veger 2011-2014

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 86



Tittel

Effekt av IR-skanning og bruk av feeder

Undertittel

Forfatter

Carl Christian Thodesen, Kine Nilssen, Haris Brcic

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Seksjon

Vegteknologi

Prosjektnummer

603102

Rapportnummer

Nr. 86

Prosjektleder

Leif Bakløkk

Godkjent av

Joralf Aurstad

Emneord

Asfalt, Temperatur, Varmekamera, IR-skanning, Feeder, Hulrom

Sammendrag

Effektmålet til etatsprogrammet Varige vegger er «Økt dekkelevetid og reduserte årskostnader for hele vegkonstruksjonen på det norske vegnettet».

Etatsprogrammet har fokus på følgende tre hovedtema som utgjør hver sin arbeidspakke:

1. Vegdekker
 2. Dimensjonering og forsterkning
 3. Kunnskapsformidling- implementering
- Programmets målsettinger skal nås gjennom tiltak på hele vegkonstruksjonen inkludert undergrunn/underbygning. I tillegg er det et siktemål å heve kompetansen både hos Statens vegvesen og andre byggherrer, entreprenører, konsulenter, undervisnings- og forskningsinstitusjoner.

Denne rapporten omhandler forsøk med IR-skanning og feeder på tre forskjellige asfalteringsjobber i Sør-Trøndelag i 2012. Gjennom feltregistreringer med varme-kamera og analyser av borprøver er det gjort sammenligning av dekker utført med og uten slikt utstyr.

Title

Effect of IR-scanning and use of feeder

Subtitle

Author

Carl Christian Thodesen, Kine Nilssen, Haris Brcic

Department

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Section

Vegteknologi

Project number

603102

Report number

No. 86

Project manager

Leif Bakløkk

Approved by

Joralf Aurstad

Key words

Asphalt, Temperature, IR-scanning, Feeder, Void content

Summary

Forord

De siste åra har det bygd seg opp et stadig sterkere behov for et faglig løft innenfor vegteknologiområdet i Norge. Vi ser at det både er et behov og et potensial for å bedre kvaliteten og øke levetiden på asfaltdekkene. I Nasjonal Transportplan, i Statens vegvesens Handlingsprogram og i mange fylker legges det også opp til sterkere satsing på å ta vare på eksisterende vegnett.

Effektmålet til etatsprogrammet Varige veger er «**Økt dekkelevetid og reduserte årskostnader for hele vegkonstruksjonen på det norske vegnettet**».

Etatsprogrammet har fokus på følgende tre hovedtema som utgjør hver sin arbeidspakke:

- 1. Vegdekker**
- 2. Dimensjonering og forsterkning**
- 3. Kunnskapsformidling og implementering**

Programmets målsettinger skal nås gjennom tiltak på hele vegkonstruksjonen inkludert undergrunn/underbygning. I tillegg er det viktig at det fokuseres på å heve kompetansen både hos Statens vegvesen og andre byggherrer, entreprenører, konsulenter, undervisnings- og forskningsinstitusjoner.

I arbeidspakke 1 ønsker man å utprøve nye, ikke-destruktive kontrollmetoder for asfalt. Denne rapporten omhandler forsøk med IR-skanning og feeder på tre forskjellige asfalteringsjobber i Sør-Trøndelag i 2012. Gjennom feltregistreringer med varmekamera og analyser av borprøver er det gjort sammenligning av dekker utført med og uten slikt utstyr.

SBF2012 F0352 - Fortrolig

Rapport

Effekt av IR-skanning og bruk av feeder på asfaltdekkets kvalitet

Rapport for Statens vegvesens etatsprogram *Varige vegger*

Forfattere

Carl Christian Thodesen

Kine Nilssen

Haris Brcic



SINTEF Byggforsk

Infrastruktur

2012-12-20

SINTEF ByggforskPostadresse:
Postboks 4760 Sluppen
7465 TrondheimSentralbord: 73593000
Telefaks: 73591478byggforsk@sintef.no
<http://www.sintef.no/Byggforsk/>
Foretaksregister:
NO 948007029 MVA

Rapport

Effekt av IR-skanning og bruk av feeder på asfaltdekkets kvalitet

Rapport for Statens vegvesens etatsprogram Varige vegger

EMNEORD:Feeder
IR-skanning
Hulrom
Temperatur**VERSJON**

1

DATO

2012-12-20

FORFATTERECarl Christian Thodesen
Kine Nilssen
Haris Brcic**OPDRAGSGIVER(E)**

Statens Vegvesen

OPDRAGSGIVERS REF.

Nils Uthus

PROSJEKTNR

3C0862

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

54 + vedlegg

SAMMENDRAG

Rapporten beskriver resultatet fra feltoppfølging og analyse av borprøver fra asfaltdekkene på tre lokaliteter i Sør-Trøndelag høsten 2012.

Målet var å sammenlikne kvaliteten på asfaltdekker som var utført med IR-skanner og feeder med asfaltdekker utført uten dette utstyret.

Prosjektet viste at feeder og IR-skanner bidro til varmere asfaltmasse rett etter utlegging og også til at massen ble avkjølt saktere. Dette betyr at tiden tilgjengelig for komprimering blir lenger. Men IR-skanneren påvirker ikke når valsing faktisk starter. Det viste seg at kun 30 - 40 % av valsingen foregikk innenfor kravene i Hb018. Dette førte til at hulrommet til dekket med IR-skanner hverken ble mindre eller større enn for dekker uten.

UTARBEIDET AVCarl Christian Thodesen
Kine Nilssen
Haris Brcic

For


KONTROLLERT AV

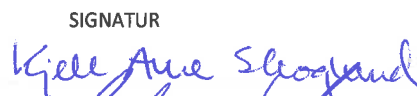

Kjell Arne Skoglund

GODKJENT AV

Arnstein Watn

RAPPORTNR
SBF2012 F0352**ISBN**
ISBN-nummer**GRADERING**
Åpen**GRADERING DENNE SIDE**
Fortrolig

SIGNATUR

Kine Nilssen
fejman dehdezi

SIGNATUR

Kjell Arne Skoglund
SIGNATUR


Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2012-12-16	Endelig versjon
1.1	2012-12-20	Endelig versjon, kvalitetssikret. Oversendt Statens vegvesen.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	9
1.1	Problemstilling	9
1.2	Påvirkning av temperatur på asfaltkvalitet.....	10
1.3	Målsetting	11
2	Metodikk.....	12
2.1	Prosedyre for feltdokumentasjon.....	12
2.1.1	Dokumentasjon av asfaltmassetemperatur	13
2.1.2	Dokumentasjon av valsemønster og valsehastighet	14
2.1.3	Dokumentasjon av utleggeraktiviteter	15
2.1.4	Dokumentering av limmengde	15
2.1.5	Varmekamera	16
2.1.6	Borprøveuttak.....	16
3	Feltoppfølging	18
3.1	Oppdal.....	19
3.1.1	Beskrivelse og lokasjon	19
3.1.2	Asfaltproduksjon og transport.....	20
3.1.3	Asfaltering.....	20
3.1.4	Valsing.....	22
3.2	Orkdal.....	23
3.2.1	Beskrivelse og lokasjon	23
3.2.2	Asfalttransport.....	23
3.2.3	Asfaltering.....	24
3.2.4	Valsing.....	24
3.3	Melhus	25
3.3.1	Beskrivelse og lokasjon	25
3.3.2	Asfalttransport.....	25
3.3.3	Asfaltering.....	25
3.3.4	Valsing.....	26
4	Resultater og diskusjon	27
4.1	Temperaturfall etter utlegging	27
4.1.1	Innledende temperaturløstap før valsing	28
4.1.2	Temperaturvariasjoner under valsing	29
4.1.3	Temperaturrendring under valsing.....	31
4.1.4	Temperaturløstap i asfaltmasse med og uten IR-skanner og feeder.....	33

4.1.5	Modellering av asfaltmasse temperaturtap under valsing	36
4.2	Asfaltmassenes egenskaper	38
4.2.1	Hulrom	38
4.2.2	Bitumenfylt hulrom	43
4.2.3	Bindemiddelinhold	47
4.2.4	Siktekurver	48
4.2.4.1	Oppdal (Ab11).....	48
4.2.4.2	Orkanger (Ska11)	49
4.2.4.3	Melhus (Agb11)	50
4.3	Limmengde	51
5	Konklusjoner	52
6	Referanser.....	54
Vedlegg A	Resepter	A-1
A.1	Oppdal Ab11	A-1
A.2	Orkanger Ska11.....	A-2
A.3	Melhus Agb 11	A-3
Vedlegg B	Håndbok 018 krav.....	B-1
B.1	Ab11	B-1
B.2	Ska 11	B-2
B.3	Agb11	B-3
Vedlegg C	Varmekamerabilder.....	C-2
C.1	Oppdal.....	C-2
C.2	Orkanger	C-12
C.2.1	Profil 1.....	C-12
C.2.2	Profil 2.....	C-22
C.2.3	Profil 3 (Kryss).....	C-32
C.3	Melhus	C-37
C.3.1	Profil 1.....	C-37
C.3.2	Profil 2.....	C-38
C.3.3	Profil 3.....	C-39

Figurer

Figur 1: Tilgjengelig kompakteringstid (Decker, 2006)	11
Figur 2: Forskningsplan	12
Figur 3: Bruk av varmekamera	13
Figur 4: Dokumentasjon av temperatur ved bruk av varmekamera	13
Figur 5: Måling av valsehastighet	14
Figur 6: Dokumentasjon av valsemønster	14
Figur 7: Registrering av utlegger sine aktiviteter	15
Figur 8: Måling av limmengde	15
Figur 9: Varmekamera (a) Mobilt varmekamera Fluke Ti55 og (b) IR-termometer Fluke 561	16
Figur 10: Borprøveuttak	16
Figur 11: Borprøver	17
Figur 12: Lokasjoner for feltoppfølging	18
Figur 13: Lokasjon av Oppdal asfaltverk og anleggsplass	19
Figur 14: Asfaltproduksjon på Oppdal (a) Flyttbart asfaltverk og (b) Lasting av asfaltmasse i lastebil	20
Figur 15: Organisering av asfaltering med feeder foran utlegger	20
Figur 16: Bruk av feeder på Oppdal-prosjektet	21
Figur 17: Bruk av IR-skanning under asfaltering på Oppdal	21
Figur 18: (a) Statisk vals og (b) Vibrovals	22
Figur 19: Lokasjon av Orkdal anleggsplass	23
Figur 20: Lastebiler i kø foran utlegger på Orkanger	24
Figur 21: Valser på Orkanger. (a) Statisk og (b) statisk vals etterfulgt av vibrovals	24
Figur 22: Asfaltering i Melhus	25
Figur 23: Lastebiler i under asfaltering på Melhus	26
Figur 24: Vibrovals i Melhus	26
Figur 25: Utlegging med IR-skanning sett med (a) vanlig kamera og (b) varmekamera (med T_{\max} , T_{avg} , og T_{\min})	27
Figur 26: Innledende temperaturløp rett før valsing	28
Figur 27: T_{avg} vs. tid fra valsestart	29
Figur 28: T_{\min} vs. tid fra valsestart	29
Figur 29: T_{\max} vs. tid fra valsestart	30
Figur 30: Endring i temperatur, alle lokasjoner	30
Figur 31: Gjennomsnittlig temperatur mot tid fra valsestart. Orkanger, Ska11, krav 130 °C	32
Figur 32: Gjennomsnittlig temperatur mot tid fra valsestart. Oppdal, Ab11, krav 130 °C	32
Figur 33: Gjennomsnittlig temperatur mot tid fra valsestart. Melhus, Agb11, krav 120 °C	32
Figur 34: T_{avg} med og uten IR-skanner og feeder	33
Figur 35: T_{\min} med og uten IR-skanner og feeder	34
Figur 36: T_{\max} med og uten IR-skanner og feeder	34
Figur 37: Temperaturredifferanse med og uten IR-skanning og feeder	35
Figur 38: Asfaltmassens temperaturløp per minutt	36
Figur 39: Modellert avkjøling av asfaltmassen	37
Figur 40: Modellert temperaturløp under valsing	37
Figur 41: Beskrivelse av tverrprofil	38
Figur 42: Hulrom fra borprøver (middelverdier)	40

Figur 43: Oppdal AB11masse hulrom med krav fra masseressept (Middelverdier).....	41
Figur 44: Melhus. Agb11, hulrom med krav fra masseressept (Middelverdier)	41
Figur 45: Orkanger. Ska11, hulrom med krav fra masseressept (Middelverdier).....	42
Figur 46: Bitumenfylt hulrom alle borprøver (middelverdier)	44
Figur 47: Oppdal. Ab11, bitumenfylt hulrom (middelverdier).....	45
Figur 48: Melhus Agb11 masse bitumenfylt hulrom (middelverdier).....	45
Figur 49: Orkanger Ska11 masse bitumenfylt hulrom (71-89) (middelverdier).....	46

Tabeller

Tabell 1: Kartlagte asfalteringsprosjekter	18
Tabell 2: Krav til produksjons- og utleggingstemperaturer fra Håndbok 018 (Vegdirektoratet, 2010).....	31
Tabell 3: Koeffisienter og R^2 verdier fra asfaltmasse temperatur modell	36
Tabell 4: Hulrom fra borprøver	39
Tabell 5: Bedømmelse av hulroms krav (ihht. asfaltmasse resept)	42
Tabell 6: Bitumenfylt hulrom fra borprøver.....	43
Tabell 7: Bedømmelse av bitumenfylt hulrom krav	46
Tabell 8: Bedømmelse av bindemiddelinhold	47
Tabell 9: Bedømmelse av massesammensetning (a) Oppdal, prøve 7 og (b) Oppdal, prøve 12.....	48
Tabell 10: Bedømmelse av massesammensetning (a) Orkanger prøve 7 og (b) Orkanger prøve 1	49
Tabell 11: Bedømmelse av kornfordeling (a) Melhus prøve 6 og (b) Melhus prøve 3	50
Tabell 12: Temperatur - nøkkeltall.....	52
Tabell 13: Asfaltmasse - nøkkeltall.....	53
Tabell 14: Variasjoner i hulrom og bitumenfylthulrom langs tverprofilet.....	53

1 Innledning

1.1 Problemstilling

Årlig brukes det om lag 2 milliarder kroner på dekkelegging på riks- og fylkesvegnettet i Norge (Snilsberg, 2012). Forbedret kvalitet på dekkeleggingen kan forlenge levetiden og redusere kostandene. Etatsprogrammet *Varige veger* er et forsknings- og utviklingsprogram startet opp av Statens vegvesen i 2011, der målet er bedre metoder, verktøy og dokumentasjon, nye krav og kompetanseheving i hele bransjen, for å heve dekkeleggingskvaliteten (Snilsberg, 2012). Denne rapporten er en del av dette etatsprogrammet og fokuserer på hvordan bruk av varmekamera (IR-skanning) og feeder ved utlegging påvirker dekkekvaliteten.

Håndbok 246 utfyller asfaltstoffet i Håndbok 018 og beskriver hvordan kontroll og vedlikehold av asfaltdekker skal utføres for å sikre tilstrekkelig kvalitet. I håndboka står det at "*forskjell i ruhet for forskjellige områder av dekket ikke bør være større enn 20 %. For å oppnå god homogenitet ved utførelsen av asfaltdekker kan bruk av varmekamera/linjeskanner være til god hjelp for å avsløre problemområder. Homogenitetsmålinger retter søkelyset mot å sikre slitelagsmassene en homogen og ensartet struktur. Dette kan gjøres ved å sette krav til temperatur ved legging av slitelaget. Kvalitetsavvik måles som % - andelen av det nylagte dekket som ligger under en definert temperaturgrense. Målingene foretas med infrarødt termografisk måleutstyr, og de utføres i et område 1 til 2 meter bak asfaltutleggeren. På grunnlag av de gjennomførte varmemålinger og beregnede data for risikoarealer, er det laget et bonussystem der produsenten motiveres til å unngå risikoarealer (kald masse) ved at byggherren betaler ut en bonus. Ved store risikoarealer vil garantitiden bli forlenget utover normal garantitid. Kravene beskrives i et tillegg til anbudsdokumentene. For øvrig følges det ordinære kontroll- og oppfølgingssystemet til Statens vegvesen. Slike homogenitets- eller varmemålinger vil være et godt utgangspunkt for etterkontroll av kornkurve, hulrom og eventuelt bindemiddelinhold"* (Vegdirektoratet, 2005)

I flere av årets asfaltkontrakter skal det benyttes et slikt varmekamera i asfaltkontrollen (såkalt IR-skanning). Varmekamera er utviklet til å bli et nyttig verktøy for å bedre produksjonskontrollen og oppnå god homogenitet ved asfaltlegging (Bakløkk, 2012). Det er ønskelig at SINTEF følger opp prosjekter som legges med varmekamera og sammenlikner dette med prosjekter uten varmekamera. Et feltteam hos SINTEF ble derfor opprettet, teamet skulle blant annet bistå med organisering av målinger og oppfølging av utvalgte parseller med visuell kartlegging. Teamet bestod av tre personer, som fikk ansvaret med å følge asfalteringsoppdrag under utlegging ved å gjennomføre visuell kartlegging, merking av områder med avvik og måling av hulrom.

En viktig aktivitet i etatsprogrammet *Varige veger* er utprøving og oppfølging av ikke-destruktive målemetoder for bruk i kvalitetskontroll. I dette arbeidet ønsker en blant annet å følge opp bruk av IR-skanning som metode for dokumentasjon av utførelse, og observere om bruk av IR-skanner ved utlegging bedrer dekkets kvalitet. Ved å sammenlikne asfalteringsoppdrag utført med IR-skanner og feeder, og asfalteringsoppdrag som er utført uten, kan man lære noe om effekten ved bruk av IR-skannere. Denne aktiviteten beskrives i denne rapporten.

1.2 Påvirkning av temperatur på asfaltkvalitet

Det er viktig å oppnå riktige verdier for hulrom og bitumenfylt hulrom i et asfaltdekke dersom det skal oppnås god bestandighet, høy deformasjonsmotstand, og evne til å motstå fukt og vann. Studier fra USA har vist at 1 % økning i hulrom kan bidra til 10 % mindre levetid i vegen (Linden et al., 1989). Det samme tidsskriftet beskriver at kompaktering av den utlagte asfalten er avgjørende for å klare å oppnå riktig hulrom, og igjen at temperatur av asfaltmassen er avgjørende for å klare å kompaktere. Når asfalten holder høy temperatur klarer man å kompaktere den, men når massen blir kald stivner den, og da vil ikke kompakteringen ha noen effekt. Kompakteringen må altså skje mens asfaltmassen fremdeles er varm, med andre ord må kompaktering skje innen en viss tid etter at asfaltmassen har blitt lagt ut. Dette betyr at jo kaldere det er i lufta og på vegbanen desto mindre blir tidsluka der kompaktering er effektivt.

Ifølge amerikanske National Asphalt Pavement Association (NAPA) kan følgende faktorer påvirke asfaltkvalitet i kalde klima, der kalde klima er definert som at dekketemperaturen eller lufttemperaturen er under 10 °C (Linden et al., 1989):

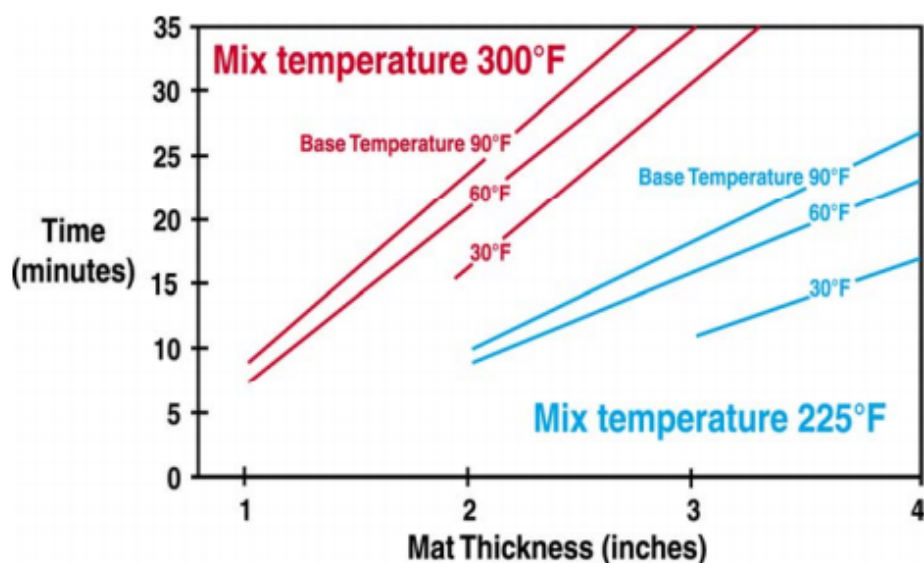
- Tøking og oppvarming av tilslag
- Temperatur på asfaltmassen under blanding og kompaktering
- Temperaturtap under transport
- Påvirkning fra asfaltdekket
- Forberedelse gjort på underlaget
- Kvalitet på håndarbeidet
- Skjøter

For å motvirke at asfalten blir for kald, er det naturlig å ville øke temperaturen på asfaltmassen før den legges ut. Temperaturøkning vil gi bedre verdier for hulrom, men for høye temperaturer kan også skade bindemiddelet i asfalten.

De vanligste metodene for å kompaktere et asfaltdekke på, er i Norge å bruke en statisk valse eller en vibrovals (vibrerende vals). Som nevnt over er det viktig at valsen brukes mens det utlagte asfaltdekket fremdeles holder en viss temperatur. NAPA beskriver seks faktorer som påvirker temperaturtapet:

- Dekketykkelse
- Temperatur på underlag
- Utleggingstemperatur
- Lufttemperatur
- Vindhastighet
- Solinnstråling

Overflaten til dekket vil avkjøles raskere jo tynnere dekket er. Vindstyrke og solinnstråling vil også ha effekt på hvor raskt overflatetemperaturen synker. Hvis massen legges på et kaldt underlag, vil temperaturen på undersiden og overflaten av dekket være kaldere enn midten av dekket. Dette gir innflytelse på kompakteringen. Å balansere tidspunkt for produksjon på asfaltfabrikken med utlegger og vals er avgjørende for å oppnå god kompaktering. Konseptet for hvor mye tid som er tilgjengelig for kompaktering, er avgjørende for god kvalitet (Decker, 2006). NAPA har utviklet en figur som viser sammenhengen mellom temperaturen til underlaget ("base temperature"), tykkelse på dekket ("mat thickness") som legges, og hvor mange minutter valsen har tilgjengelig for å kompaktere ("time"), jf. Figur 1.



Figur 1: Tilgjengelig kompakteringstid (Decker, 2006)

Figuren viser at hvis asfaltmassen har en temperatur på 149 °C (300 °F) når den blir lagt ut, samtidig som underlaget har en temperatur på 32 °C (90 °F) og lagtykkelsen er 5 cm (2 inches) har valse 23 minutter tilgjengelig til kompaktering før asfaltmassen blir for kald. Har underlaget i stedet en temperatur på -1 °C (30 °F) vil valse ha 15 minutter på å utføre kompaktering. Med utleggningstemperatur på 107 °C (225 °F) og underlaget holder 32 °C, har valse omtrent 10 minutter for kompaktering. Selv med underlagstemperatur på 15 °C (60 °F) har valse 8 minutter. **Temperatur er altså av særdeles høy viktighet når det gjelder å oppnå god kvalitet på asfaltdekket.**

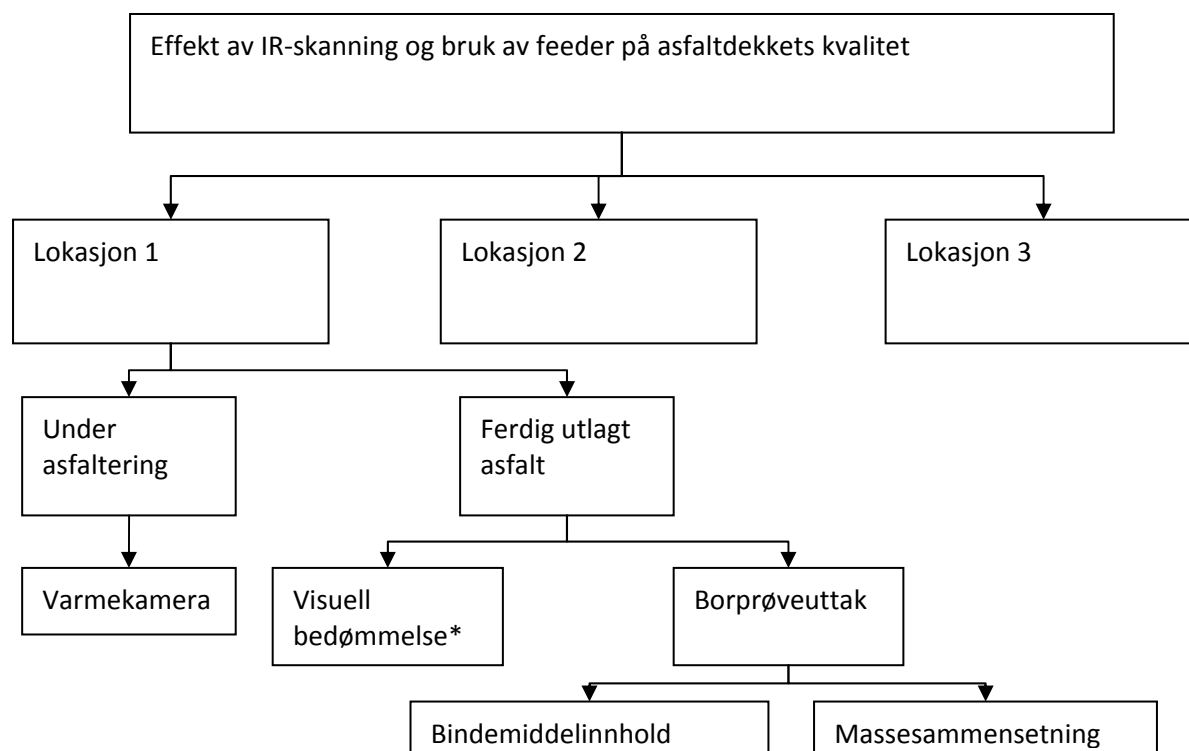
1.3 Målsetting

Målsettingen til prosjektet er å kunne svare på følgende fire forskningsspørsmål:

- Hvor mye av komprimeringen pågår innenfor kravene beskrevet i Håndbok 018 og asfaltmasseressepten?
- Påvirker feeder og IR-skanner tilgjengelig kompakteringstid, der komprimering gjennomføres i henhold til krav fra Håndbok 018?
- Gir feeder og IR-skanning høyere kvalitet på asfaltdekket enn asfaltdekker produsert uten?
- Varierer kvaliteten på asfaltdekket på tvers av tverrprofilet?

2 Metodikk

Figur 2 viser arbeidsmetodikken i prosjektet. Det ble valgt 3 lokasjoner der asfalteringsoppdrag skulle følges opp. SINTEF opprettet et felteam. Felteamet var til stede under asfaltering for å dokumentere varmen på utlagt asfalt samt asfalteringsmetodikk. Etter noen uker returnerte teamet for å utføre en visuell bedømming av dekkekvaliteten. Det ble også tatt ut borprøver på hver strekning for å analysere hulrommet i asfalten.



* Analyse av visuell bedømmelse resultater er ikke inkludert i denne rapporten

Figur 2: Forskningsplan

2.1 Prosedyre for feltdokumentasjon

Felteamet bestod av minst to personer på hvert oppdrag. Det ble valgt ut en til tre profiler på hvert oppdrag. I hvert profil ble det registrert temperatur av asfalt idet den ble lagt ut, valsehastighet og antall passeringer med vals forbi profilet. Når asfaltering og valsing var ferdig i et profil, ble det valgt et nytt profil lenger frem på strekningen der man registrerte det samme.

Felteamet bestod av:

- Haris Brcic, SINTEF
- Carlos Encinas, NTNU
- Kine Nilssen, SINTEF
- Jan Erik Molde, NTNU

Arbeidsoppgaver på feltoppfølging bestod av:

- Dokumentasjon av asfaltmassestemperatur
- Dokumentasjon av valsemønster og valsehastighet
- Dokumentasjon av utleggeraktiviteter

2.1.1 Dokumentasjon av asfaltmassestemperatur

Ved bruk av et mobilt varmekamera, Fluke Ti55, ble det tatt bilder rett etter asfaltutlegging og kontinuerlig til asfalttemperaturen var nede i omtrent 60 °C i hvert profil. Figur 3 viser hvordan person med varmekamera var plassert i et profil. Figur 4 viser eksempel på hvordan et bilde tatt med varmekameraet ser ut.



Figur 3: Bruk av varmekamera



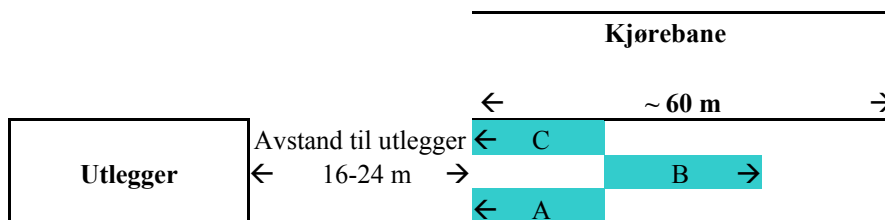
Figur 4: Dokumentasjon av temperatur ved bruk av varmekamera

2.1.2 Dokumentasjon av valsemønstre og valsehastighet

Ved hjelp av en stoppeklokke ble valsens tid over en oppmålt strekning registrert, altså valsehastigheten (Figur 5). Valsemønsteret ble registrert ved å angi posisjon A, B eller C i kjørefeltet per passering av profilet (Figur 6).



Figur 5: Måling av valsehastighet



Figur 6: Dokumentasjon av valsemønstre

2.1.3 Dokumentasjon av utleggeraktiviteter

En person fulgte etter utlegger for å registrere hastigheten til utleggeren, temperaturen til asfalten rett bak utlegger, antall stopp og bruk av sideplater. Figur 7 viser en fra feltteamet som står bak på utleggeren under asfaltering.



Figur 7: Registrering av utlegger sine aktiviteter

2.1.4 Dokumentering av limmengde

Det brukes klebing (lim) mellom gammel og ny asfalt. Limet spres utover av en limbil. Det må være tilstrekkelig mengde lim for at den nye asfalten skal feste seg til den gamle og hindre oppsprekking. Dokumentering av limmengde er litt på siden av denne rapporten sitt mål, men ble tatt med da det ellers finnes lite dokumentasjon på utlagt limmengde (Figur 8).



Figur 8: Måling av limmengde

2.1.5 Varmekamera

SINTEF brukte SVV sitt varmekamera for å måle temperaturen på asfalten ved utlegging og valsing, se Figur 9 a). Varmekameraet tar et termisk bilde som viser temperaturen til objektene man tar bilde av, over et område på omtrent 3,4 x 3,5 meter. De termiske bildene flyttes fra kameraet til en PC og analyseres med et program som heter SmartView. Programmet viser maksimum, minimum og gjennomsnittlige temperatur på asfaltdekket. I programmet velger man en fargeskala for å identifisere og illustrere forskjellige temperatursoner. Det ble også brukt et IR-termometer (Fluke 561), se Figur 9b). IR-termometere gir temperaturen på det man peker på momentant.



(a)



(b)

Figur 9: Varmekamera (a) Mobilt varmekamera Fluke Ti55 og (b) IR-termometer Fluke 561.

2.1.6 Borprøveuttak

Noen uker etter asfaltering ble det tatt ut borprøver av det nylagte dekket på hver lokasjon (Figur 10 og Figur 11). Det ble tatt mellom 9 og 12 prøver på hver lokasjon. Det ble tatt minst tre prøver per profil, men det ble ikke tatt prøver i alle profilene. Det ble brukt SINTEF sitt borutstyr.



Figur 10: Borprøveuttak



Figur 11: Borprøver

3 Feltoppfølgning

Tre lokasjoner ble kartlagt under asfaltering. Disse var på E 6 i Oppdal kommune, på Fv 710 i Orkdal kommune og på Fv 708 i Melhus kommune, alle i Sør-Trøndelag fylke, Figur 12. Dette kapittelet beskriver observasjoner som ble gjort ved oppfølging av disse tre asfalteringsjobbene. Tabell 1 gir en oversikt over massestype, bindemiddel, om det ble brukt feeder og IR-skanner og hva slags valsemetode som ble benyttet på de tre forskjellige lokasjonene.



Figur 12: Lokasjoner for feltoppfølgning

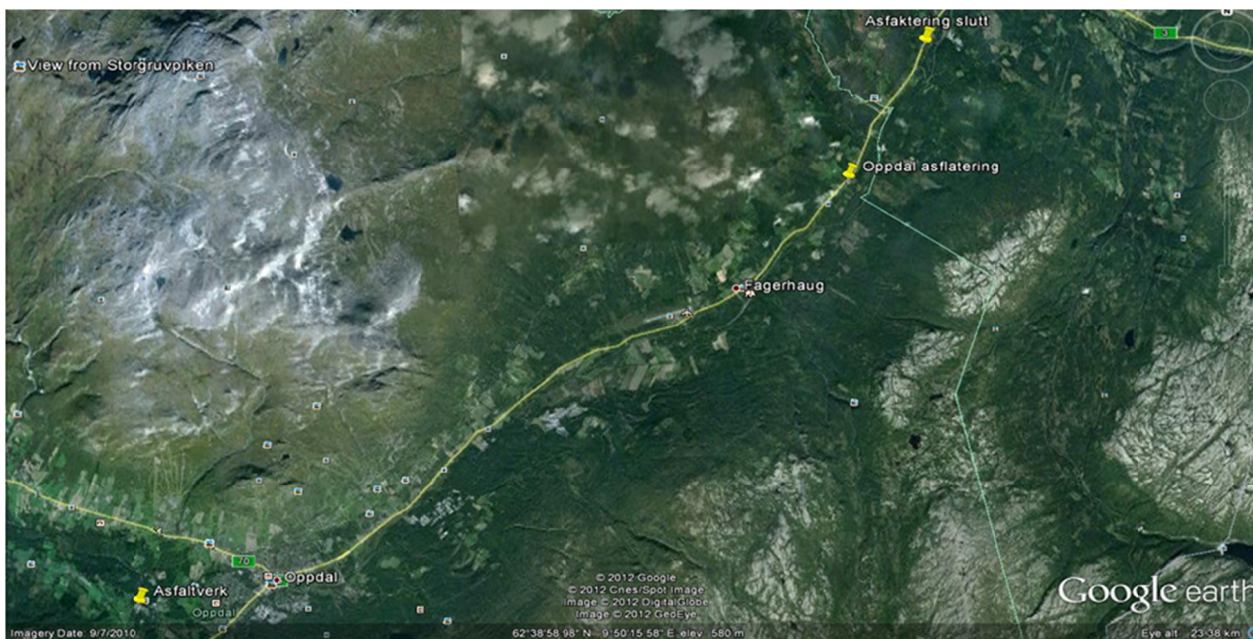
Tabell 1: Kartlagte asfalteringsprosjekter

Lokasjon	Masse	Bindemiddel	Feeder	IR skanner	Statisk vals	Vibrovals
Oppdal	Ab11	70/100	Ja	Ja	Ja	Ja
Orkanger	Skal1	70/100	Nei	Nei	Ja	Ja
Melhus	Agb11	160/220	Nei	Nei	Nei	Ja

3.1 Oppdal

3.1.1 Beskrivelse og lokasjon

I Oppdal foregikk feltoppfølgingen på en del av strekningen på E 6 mellom Stuen og Farligheta, fra hp 3 m13 020 til hp 3 m19 250, den 27. og 28. juni 2012 (Figur 13). PEAB var entreprenør på oppdraget. Det ble lagt et slitelag med Ab11. 1/3 av asfaltlaget ble lagt den 27., mens de resterende 2/3 ble lagt den 28. juni. Det var oppholds og rundt 10 °C begge dagene. Asfaltresepter ligger i Vedlegg A.1.



Figur 13: Lokasjon av Oppdal asfaltverk og anleggsplass

3.1.2 Asfaltproduksjon og transport

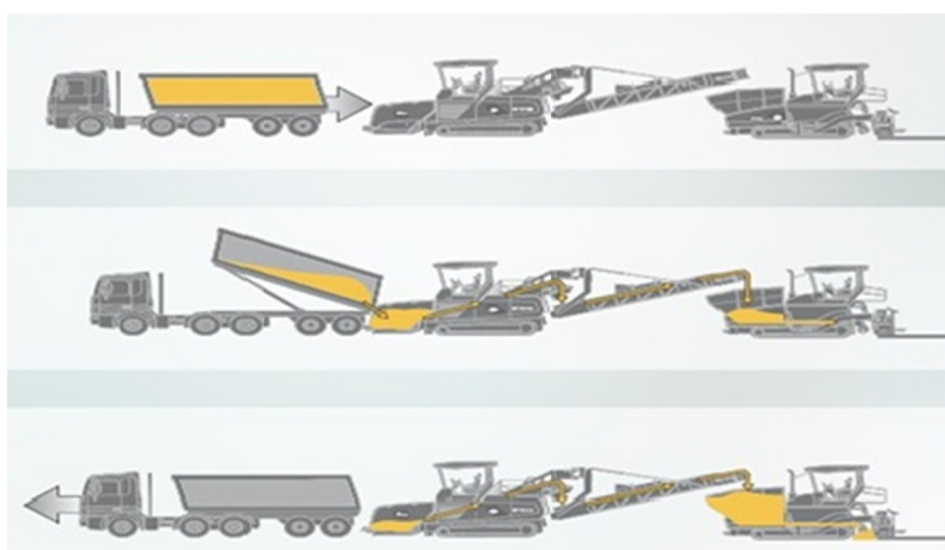
Asfalten ble hentet fra et mobilt asfaltverk (Figur 14), som lå omtrent 25 km fra anleggsplassen. Temperaturen på massen som ble lasset opp i lastebilene, produksjonstemperaturen, ble målt på asfaltverket den 28.09, og var 175°C.



Figur 14: Asfaltproduksjon på Oppdal (a) Flyttbart asfaltverk og (b) Lasting av asfaltmasse i lastebil

3.1.3 Asfaltering

I dette asfalteringsoppdraget benyttet entreprenøren en feeder (Figur 15 og Figur 16). Lastebilene forsyner feederen med asfalt, og feederen forsyner igjen utleggeren. Dette fører til at utleggeren ikke trenger å stanse når det er bytte av lastebil. Feederen mater utleggeren konstant med jevn hastighet (6 meter pr. minutt). Færre stans skal bidra til høyere komprimeringstemperatur, og dermed høyere kvalitet på dekket.



Figur 15: Organisering av asfaltering med feeder foran utlegger



Figur 16: Bruk av feeder på Oppdal-prosjektet

Temperaturen til massen ut av lastebilene varierte mellom 150°C og 160°C (målt med Fluke561). Det ble ikke brukt vinger på utleggeren, dette fordi silotroen ble montert på vingens ordinære plass. Sideplater ble brukt ved behov, som i svinger, ved avkjørsler og når vegens bredde forandret seg. Derfor varierte avstanden mellom sideplatene og skruen fra 40 cm til 85 cm. Skruen ble kontrollert av to sensorer som sitter på to sideplater på utleggeren. Temperaturen bak screeden var omtrent 150 °C ± 5 °C, målt med Fluke561. Det var ingen stopp under utleggingen. Det var montert IR-skanner på utleggeren på dette asfaltoppdraget. IR-skanneren brukes for å dokumentere asfaltmassetemperaturen (Figur 17).



Figur 17: Bruk av IR-skanning under asfaltering på Oppdal

3.1.4 Valsing

Komprimering ble gjort med to valser (Figur 18), én statisk og én vibrovals. Valsehastigheten varierte mellom 4 og 6 km/time. Vanligvis var det den statiske valsen som tok første komprimering etter utlegger. Vanligvis startet den ved skjøten og kjørte til ytterkanten av vegen, se illustrasjon av valsemønsteret i Figur 18. Vibrovalsen kjørte etter den statiske, men vibrovalsen tok all komprimering når den statiske valsen dro for påfylling av vann.



(a)



(b)

Figur 18: (a) Statisk vals og (b) Vibrovals

Det var perioder på en halv time begge dagene da det kun var én vals som komprimerte, da den statiske valsen måtte fylle på vann. Det var også en kort periode (kl. 11.15- kl. 11.30) uten komprimering dag 2 (28.06). Den statiske valsen dekket en strekning som var 60 m lang til punktet hvor den møtte vibrovalsen. Vibrovalsen komprimerte uten valsemønster, men med valsen i en posisjon som dekket nesten hele feltet. På det nærmeste var valsene 15 m fra utleggeren, men ofte var avstanden 20 m eller mer.

3.2 Orkdal

3.2.1 Beskrivelse og lokasjon

I Orkdal var teamet med på asfaltering av en del av strekningen på Fv 710 mellom Orkanger sentrum og Gjølme fra hp1 0975 til hp1 2646, den 18. september 2012 (Figur 19). PEAB var entreprenør på oppdraget. Det ble lagt et slitelag med Ska11. Oppdraget ble utført på kveld/natt. Det var oppholdsvær og temperaturen var rundt 11 °C ved start asfaltering og 8 °C ved slutt. Asfaltresept ligger i Vedlegg A.2.



Figur 19: Lokasjon av Orkdal anleggs plass

3.2.2 Asfalttransport

Asfalten ble hentet fra PEAB sitt asfaltverk på Tiller i Trondheim, ca. 35 km fra anleggs plassen. Kjøretiden var omtrent 30 minutter.

3.2.3 Asfaltering

Utleggeren som ble brukt, var relativt ny og av typen Vögele Super 1803-2. Temperaturen til massen ut av lastebilene varierte mellom 144°C og 154°C (gjennomsnittsverdier målt med IR-termometer Fluke561). Det var konstant minst tre lastebiler med asfaltmasse i kø for å fylle på utleggeren (Figur 20), verken IR-skanning eller feeder ble brukt under asfaltering.



Figur 20: Lastebiler i kø foran utlegger på Orkanger

3.2.4 Valsing

Det ble brukt to valser på asfalteringsoppdraget: Én statisk vals og én vibrovals (Figur 21). Den statiske valsen kjørte først, deretter den vibrerende. Komprimeringen startet i et profil så snart utlegger hadde kjørt videre. De første 100 meterne var det kun statisk vals som ble brukt.



(a)



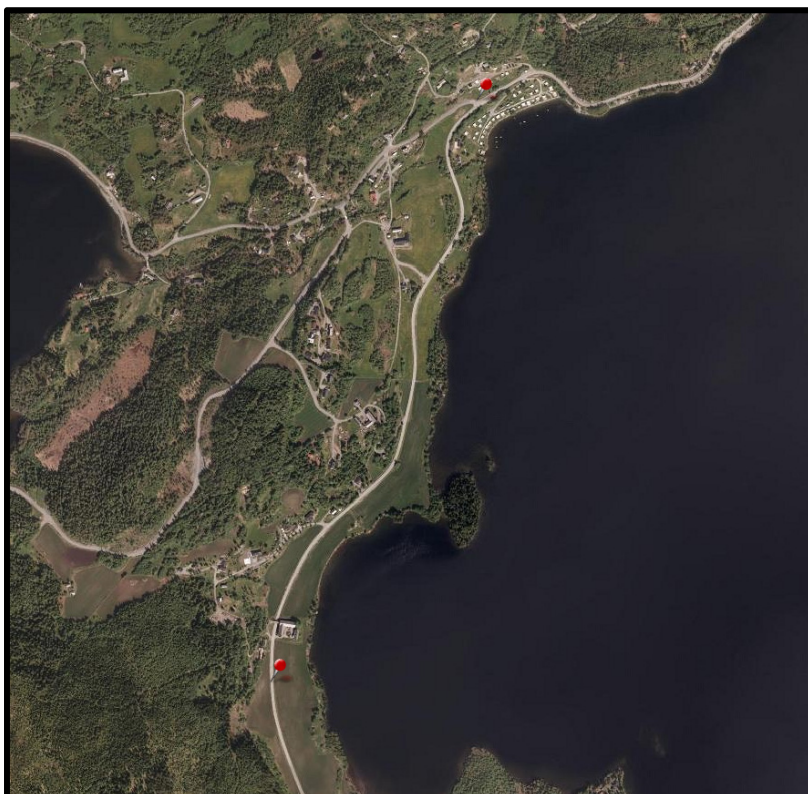
(b)

Figur 21: Valser på Orkanger. (a) Statisk og (b) statisk vals etterfulgt av vibrovals.

3.3 Melhus

3.3.1 Beskrivelse og lokasjon

I Melhus foregikk oppfølgingen på en del av strekningen på Fv 708 ved Ånøya, fra hp1 11433 til hp1 14743, den 18. september 2012. Se Figur 22. PEAB var entreprenør på oppdraget. Det ble lagt et slitelag med Agb11. Asfaltering ble utført på dagtid. Det var oppholdsvær og sol, med temperaturer på 9,5 °C ved start av asfaltering og 14 °C ved slutt. Asfaltresept ligger i Vedlegg A.3.



Figur 22: Asfaltering i Melhus

3.3.2 Asfalttransport

Asfalten ble hentet fra PEAB sitt asfaltverk på Tiller i Trondheim, cirka 25 km fra anleggsplassen og med en kjøretid på 30 minutter.

3.3.3 Asfaltering

Det ble ikke brukt feeder eller IR-kamera under asfalteringen. Lastebilen forsyner utleggeren med asfalt direkte. Dette betyr at utlegger må stoppe når det er skifte av lastebil. Der utlegger stanser blir det en skjøt, og skjøter kan forringe kvaliteten på dekket. Det ble brukt vinger på utleggeren. Sideplater ble også brukt ved behov, som i svinger, ved avkjørsler og når vegens bredde forandrer seg. Temperaturen bak utleggeren varierte fra 120 °C til 155 °C, målt med varmekameraet til SINTEF. Venstre felt (retning sørøver) ble asfaltert først. Hastighet til utleggeren var 6 m/min. Det var to til tre biler i kø konstant under hele asfalteringen (Figur 23). Derfor ble det kun korte stopp før neste bil lastebil var klar til å mate utleggeren med asfalt. Hver lastebil var lesset med omtrent 30 tonn asfalt. Se Figur 23.



Figur 23: Lastebiler i under asfaltering på Melhus

3.3.4 Valsing

Komprimeringen ble utført med kun én vals, dvs. vibrovals (Figur 24). Vibrovalsen så ut til å komprimere uten spesielt valsemønster. Sjøføren prøvde å dekke hele vegbredden, selv om mønsteret ikke kom klart frem. Ofte ble valsen kjørt i retur uten at vibro var slått på, slik at vibro kun stod på omtrent halvparten av tiden. Valsefarten varierte fra 4 km/t til 7 km/t avhengig av avstanden fra utleggeren. På det nærmeste var valseene 2 m fra utleggeren, men ofte var avstanden 50 m eller mer.



Figur 24: Vibrovals i Melhus

4 Resultater og diskusjon

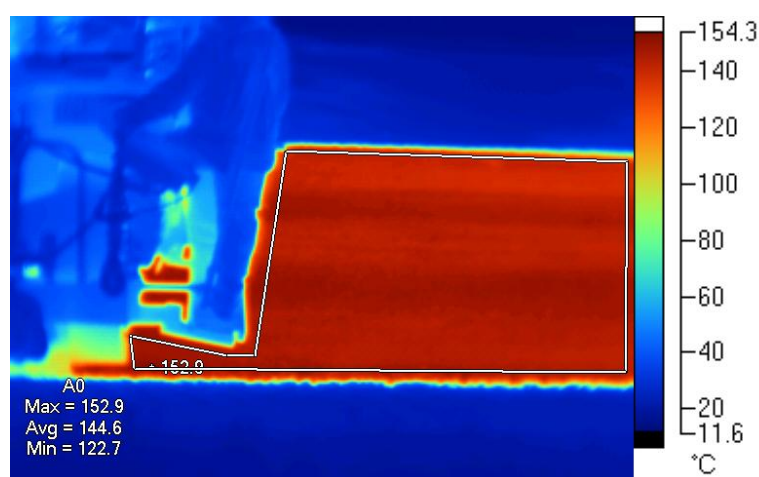
Det er i dette kapittelet undersøkt hvordan bruken av IR-skanner og feeder påvirker innledende temperatur før valsing starter, hvordan temperaturtap varierer under valsing og hvordan bruk av IR-skanner og feeder påvirker temperaturtap under valsing.

4.1 Temperaturfall etter utlegging

Ved hjelp av varmekameraet Fluke Ti55 får man informasjon om temperaturen til asfaltmassen som har blitt lagt ut. Slik kan man dokumentere hvordan temperaturen er rett etter utlegging og ved start valsing, og hvordan temperaturen endrer seg under valsingen. Maksimum temperatur (T_{maks}), minimum temperatur (T_{min}) og snittemperatur (T_{avg}) er vist i eksempler fra et varmekamerabilde, se Figur 3 og Figur 25. Bildene er brukt til å analysere temperaturutvikling under valsing.



(a)



(b)

Figur 25: Utlegging med IR-skanning sett med (a) vanlig kamera og (b) varmekamera (med T_{maks} , T_{avg} , og T_{min})

Det ble samlet inn informasjon fra flere profiler på hver av lokasjonene. Analyse er utført på fem av disse profilene, som hadde tilstrekkelig med innhentet informasjon. De fem profilene som ble brukt i analysen var:

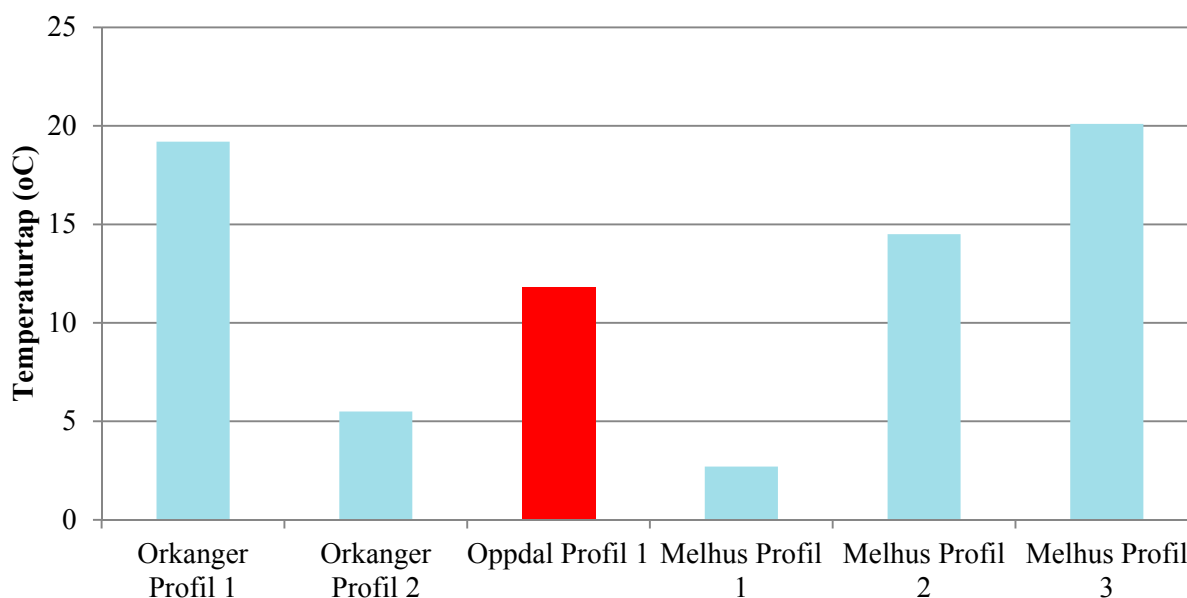
- Orkanger Profil 1
- Orkanger Profil 2
- Oppdal Profil 1
- Melhus Profil 1
- Melhus Profil 2
- Melhus Profil 3

Varmekamerabilder fra hvert profil er vist i 0.

4.1.1 Innledende temperaturtap før valsing

Figur 26 viser hvor mange grader Celsius asfaltmassen har tapt fra den ble lagt ut og til første valsing. Figuren viser at dette varierer fra 2,5 °C på det profilet som har mistet minst varme (Melhus1), til 20 °C i det profilet som har mistet mest varme (Melhus 3). Profilet med feeder og IR-skanning (Oppdal) har verdier midt mellom disse, så det ser ikke ut til IR-skanner og feeder har betydning for mange grader temperaturen synker etter utlegging og før valsestart. Dette er som forventet da feeder og IR-skanning ikke innvirker på nedkjøling. Innledende temperaturtap sier ikke noe om utgangstemperaturen til asfaltmassen. Innledende temperatur tap ble beregnet ved bruk på følgende måte:

$$\text{Innledende temperaturtap} = (\text{Temperatur fra utlegger}) - (\text{Temperatur under første vals})$$

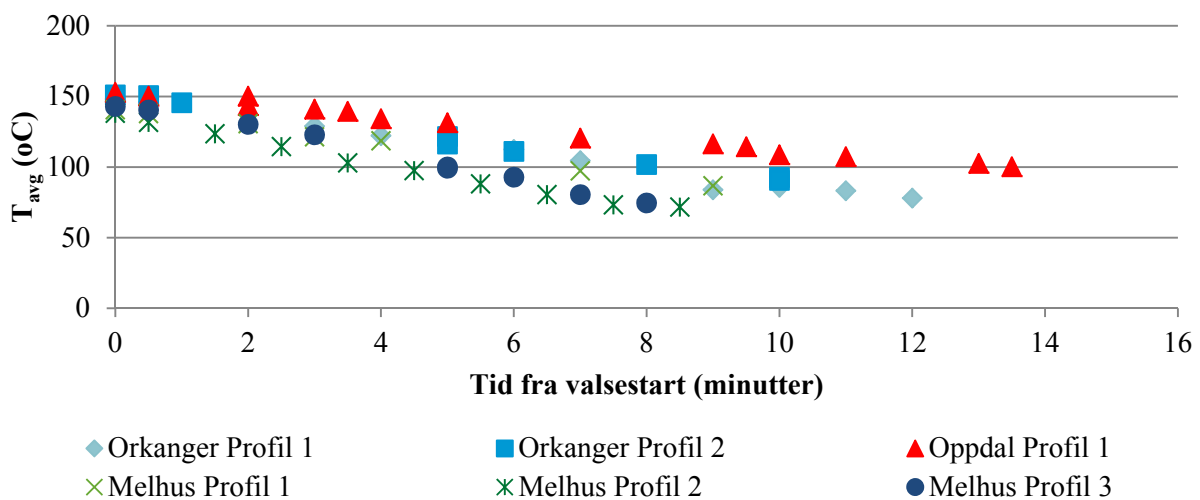


Figur 26: Innledende temperaturtap rett før valsing

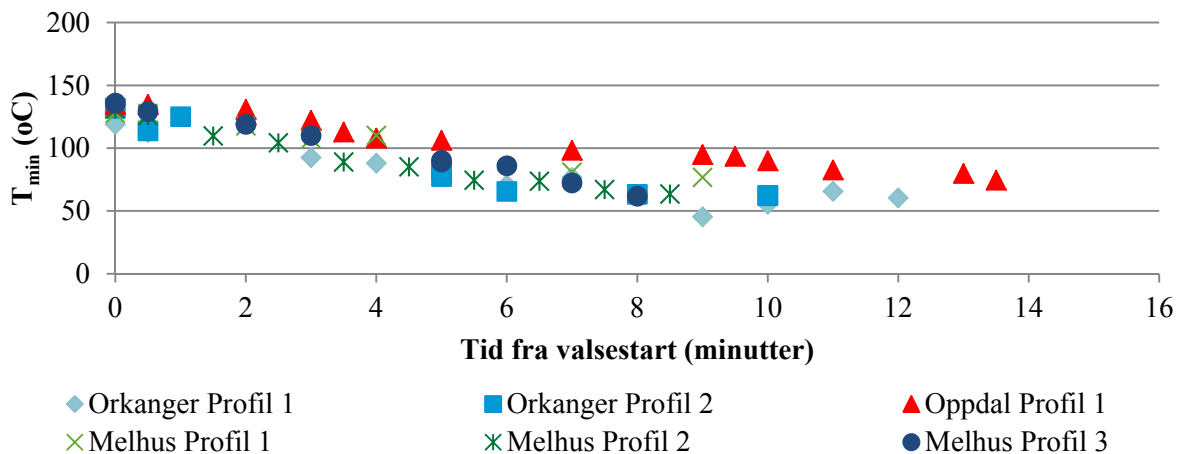
4.1.2 Temperaturvariasjoner under valsing

Figur 27, Figur 28, og Figur 29 viser temperaturutviklingen til asfaltmassen som ble lagt ut i de fem ulike profilene. Fra disse figurene er det mulig å se at asfaltmassen fra alle profilene følger like avkjølingsmønstre, men at det er en del spredning blant de ulike prosjektene. Snittverdien på asfaltmassestemperatur rett før komprimering var 145,6 °C. Alle prosjektene produserte asfaltmassene ved 175 °C. Altså er det tap på mellom 20 °C og 30 °C fra produksjon til utlegging.

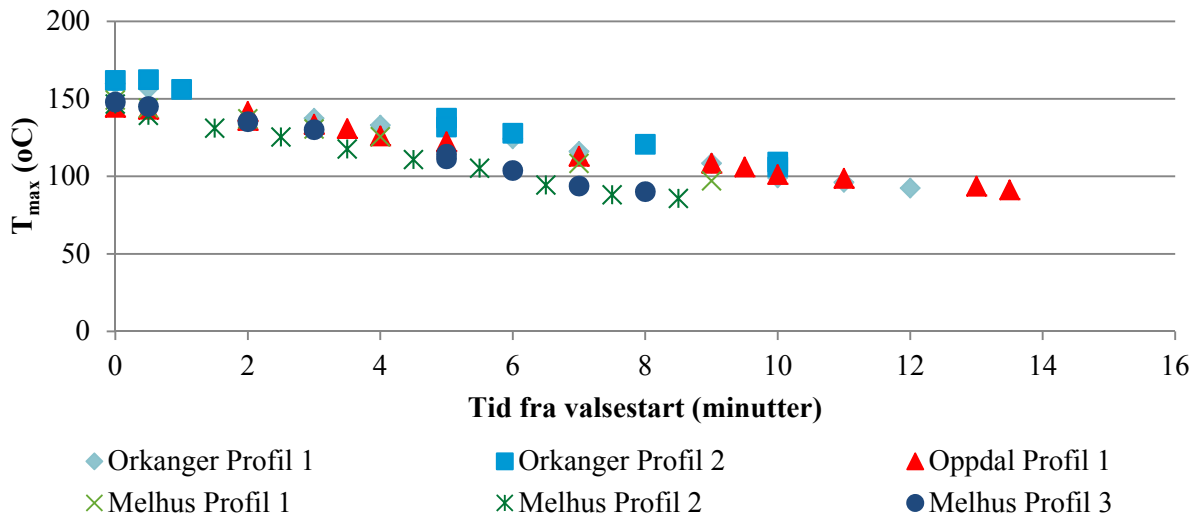
Figurene viser at asfaltmassen på Oppdal hadde noe høyere gjennomsnittstemperatur, minimumstemperatur og maksimumstemperatur enn Orkanger og Melhus. Dette er overraskende siden Oppdal hadde den kaldeste lufttemperaturen av de tre lokasjonene. Oppdal hadde også litt høyere minimums temperatur, men lå ganske likt med de to andre lokasjonene når det kom til maksimumstemperatur.



Figur 27: T_{avg} vs. tid fra valsestart

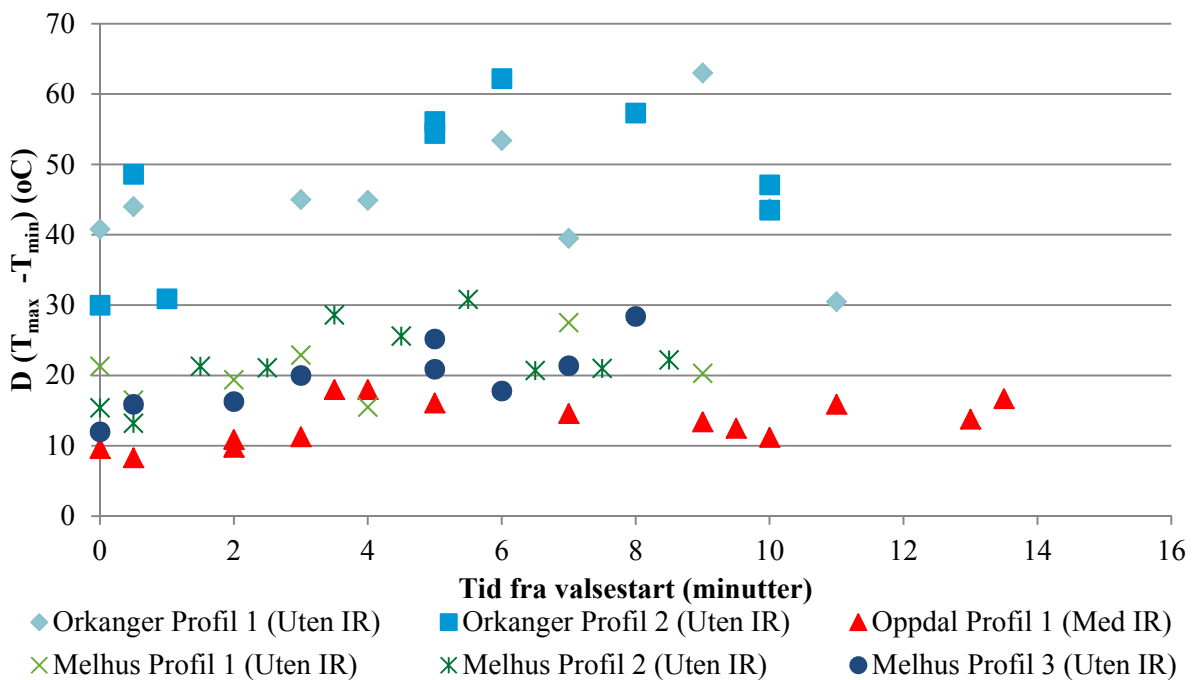


Figur 28: T_{min} vs. tid fra valsestart



Figur 29: T_{max} vs. tid fra valsestart

Figur 30 viser at temperaturen endrer seg mindre per minutt på Oppdal enn på Orkanger og Melhus. Med endring menes her $T_{max} - T_{min}$.



Figur 30: Endring i temperatur, alle lokasjoner.

4.1.3 Temperaturendring under valsing

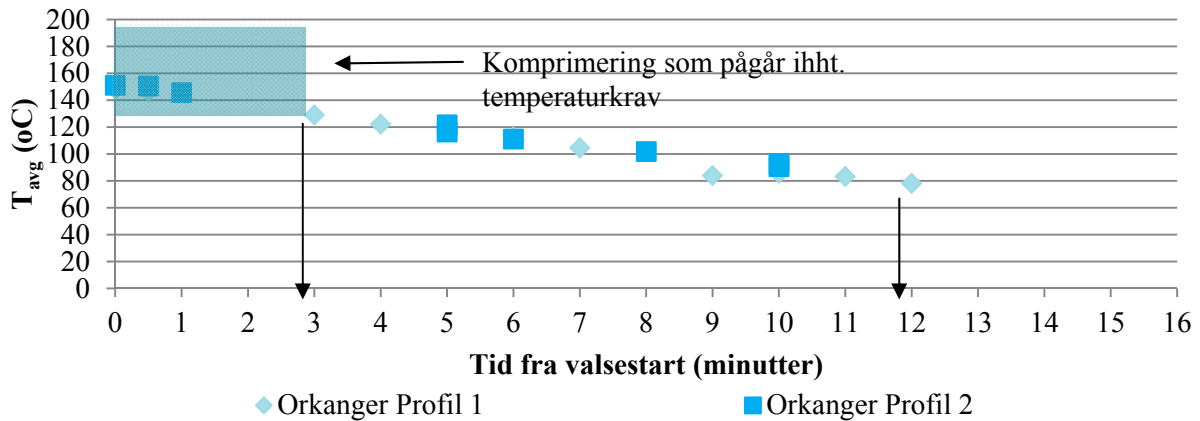
I håndbok 018 (Hb018) er det beskrevet krav for hvilke temperaturområder asfaltmassen i det nylagte dekket skal holde mens det vales, se Vedlegg B. Disse kravene er forskjellige etter hvilken dekketype som er lagt. Tabell 2 er hentet fra Hb018 og viser temperaturrensene.

Tabell 2: Krav til produksjons- og utleggingstemperaturer fra Håndbok 018 (Vegdirektoratet, 2010)

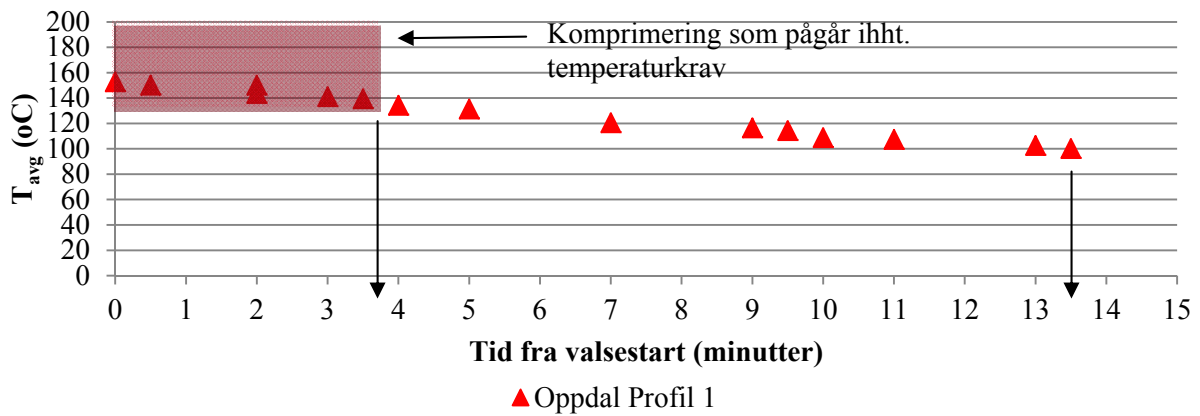
		Bindemiddelgrad													
		35/50		50/70		70/100		100/150		160/220		250/330		330/430	
Støpeasfalt, Sta	Produksjon og legging	200 - 240 ¹⁾		190 - 230 ¹⁾											
Topeka, Top	Produksjon, maks.	205		190		175									
	Produksjon, anbefalt	190		180		170									
	Utlegging, min.	165		155		145									
Temperaturrensere		Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Skjelettasfalt, Ska	Produksjon	160	200	150	190	140	180	130	170	130	170				
	Utlegging	150		140		130		125		120					
Asfaltbetong, Ab	Produksjon			140	180	140	180	130	170	130	170				
	Utlegging			140		130		125		120					
Tynndekker, T	Produksjon	160	200	150	180	140	180								
	Utlegging	150		140		130									
Drensasfalt, Da	Produksjon					140	170			130	160				
	Utlegging					105				100					
Asfaltgrusbetong, Agb	Produksjon									130	170	120	160	120	160
	Utlegging									120		115		110	
Asfaltert grus, Ag	Produksjon			140	180	140	180	130	170	130	170	120	160	120	160
	Utlegging			140		130		125		120		115		110	
Asfaltert pukk, Ap	Produksjon					125	140			120	135			105	120
	Utlegging					120				110				90	
		Bindemiddelgrad													
Dekketype		V1500		V3000		V6000		V12000							
Mykasfalt, Ma	Produksjon	85 - 105		90 - 110		100 - 120		110 - 130							
	Utlegging, min.	75		80		90		100							

1) Ved temperaturer over 200°C må man være oppmerksom på mulige negative innvirkninger på arbeidsmiljøet. Iff. miljøkommentarene til pkt. 632.5.

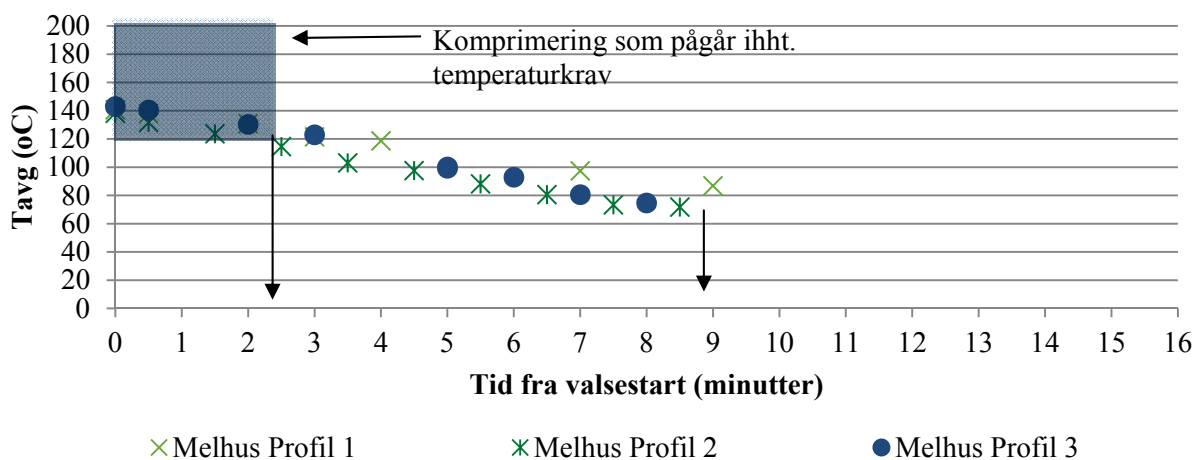
Figur 31, Figur 32, og Figur 33 viser temperaturen til asfaltdekkene på henholdsvis Orkanger, Oppdal og Melhus etter utlegging og under valsing. I hver av figurene er det markert en farget firkant. Denne representerer valsing som foregikk innenfor de angitte temperaturkravene. Figurene viser at store deler av valsingen foregikk utenfor minimumstemperaturene som er beskrevet i kravene i håndboken. For alle tre lokasjonene Oppdal, Melhus og Orkanger er godt over halvparten av valsingen gjort etter at asfaltdekket har blitt for kaldt. Massen på Orkanger skulle ha minimumstemperatur 130 °C ved kompaktering. Allerede etter 2,8 minutter var asfalten kaldere enn dette. Da var omtrent 3 av 8 passeringer utført. Komprimeringen fortsatte i ytterlige 10 minutter. Massen på Oppdal skulle ha minimumstemperatur 130 °C ved kompaktering. Etter 3,7 minutter var asfalten kaldere enn dette. Da var omtrent 6 av 15 passeringer utført. Komprimeringen fortsatte i ytterlige 10 minutter. Massen på Melhus skulle ha minimumstemperatur 120 °C ved kompaktering. Allerede etter 2,3 minutter var asfalten kaldere enn dette. Da var omtrent 3 av 10 passeringer utført. Komprimeringen fortsatte i ytterlige 6 minutter. Valsing når asfaltmassen har blitt kald er lite effektivt, og kan bidra til høyere hulromsverdier enn kravet.



Figur 31: Gjennomsnittlig temperatur mot tid fra valsestart. Orkanger, Ska11, krav 130 °C



Figur 32: Gjennomsnittlig temperatur mot tid fra valsestart. Oppdal, Ab11, krav 130 °C

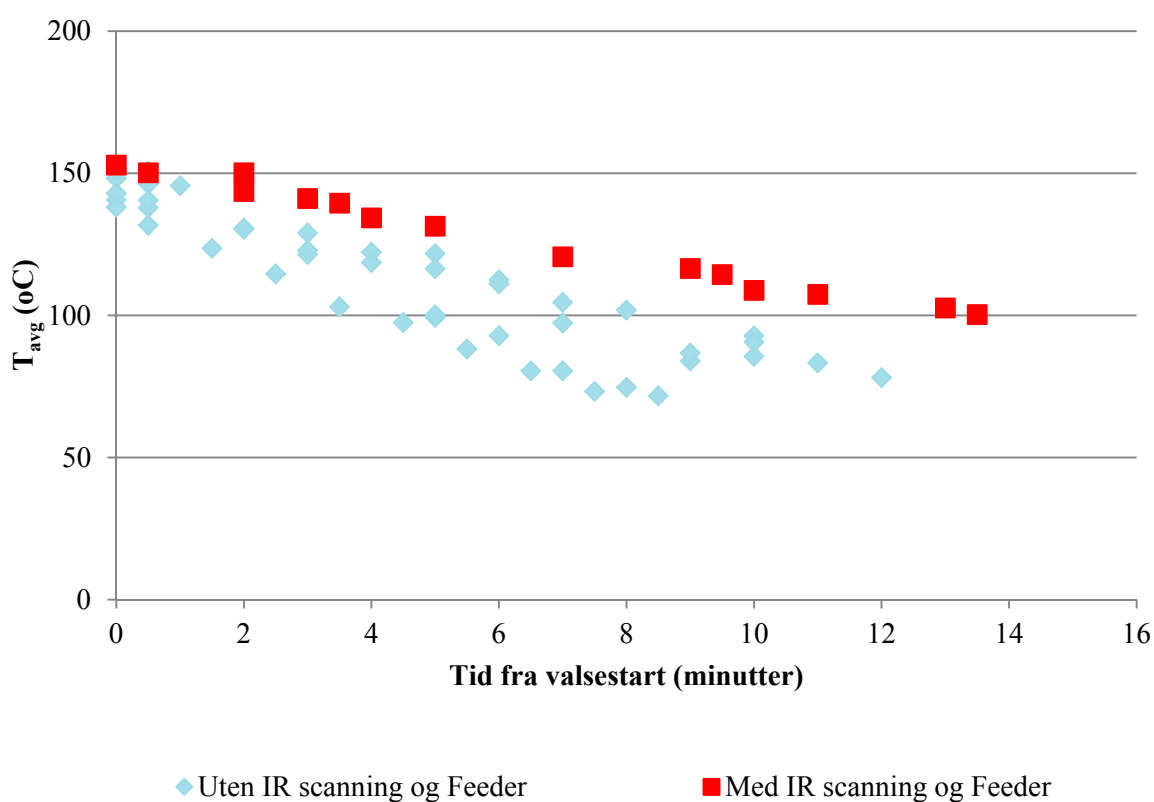


Figur 33: Gjennomsnittlig temperatur mot tid fra valsestart. Melhus, Agb11, krav 120 °C

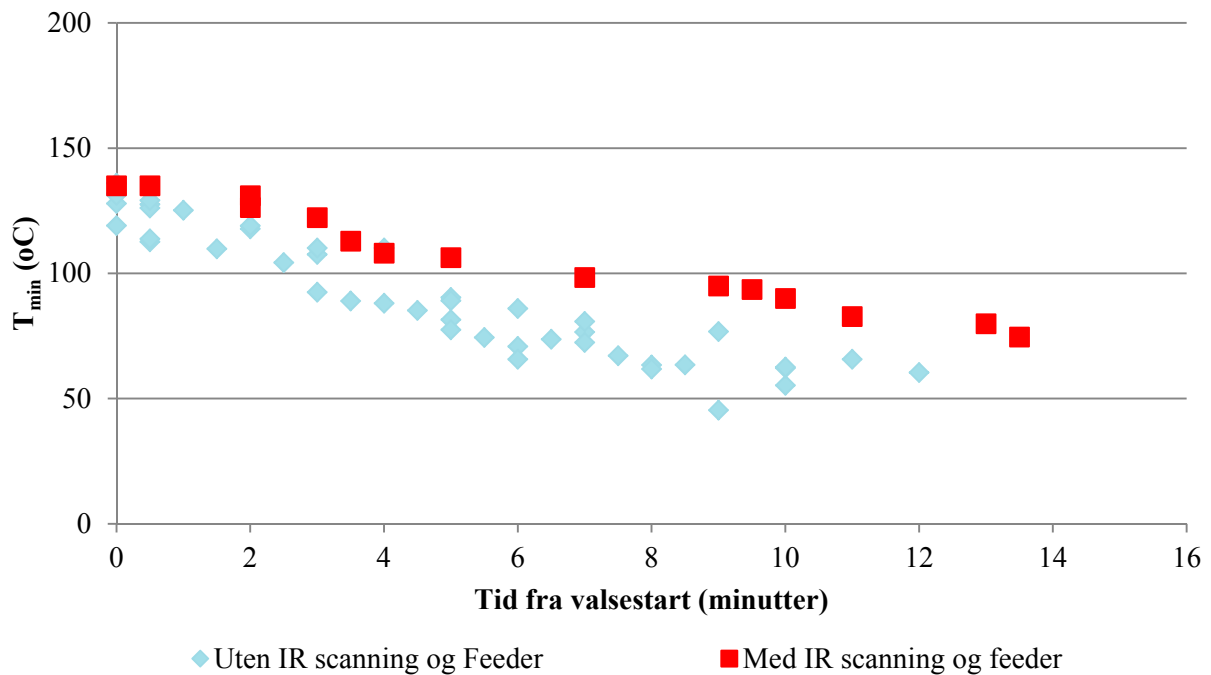
4.1.4 Temperaturtap i asfaltmasse med og uten IR-skanner og feeder

Temperaturtapet i asfaltmassen etter utlegging og under valsing er vist i Figur 34, Figur 35, og Figur 36. De røde markørene representerer prosjekt med IR-skanner, og de blå prosjekter uten. Ved å sammenlikne dem kan man se følgende trender:

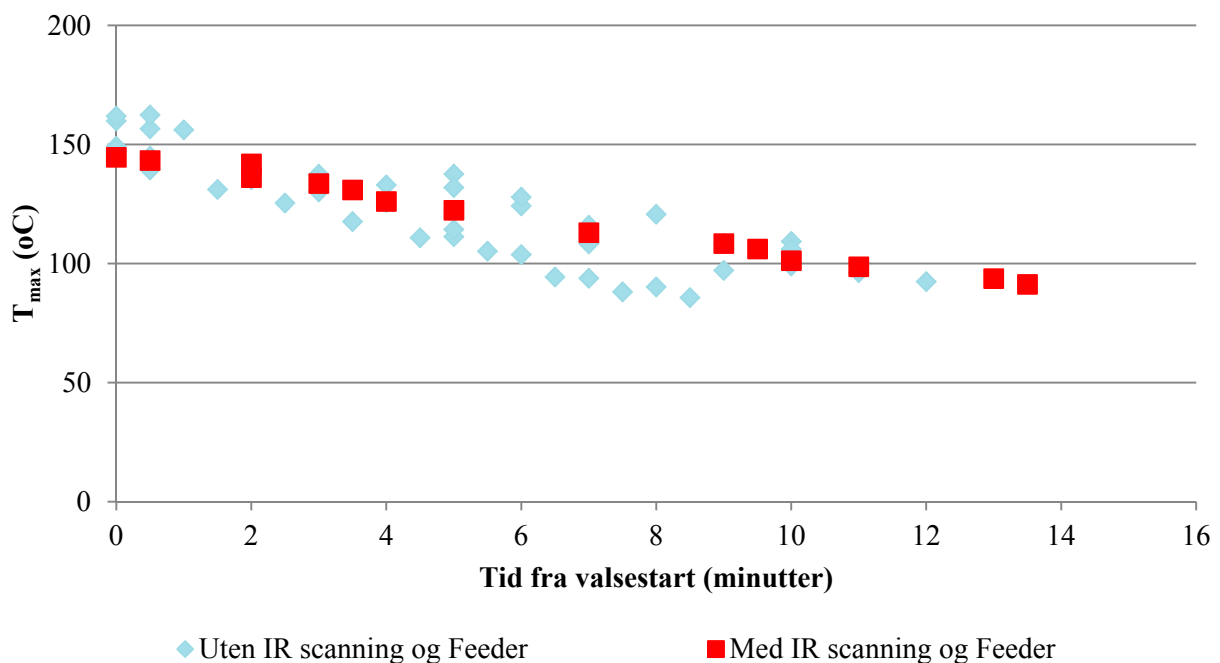
- Prosjektet med IR-skanning og feeder hadde jevnt over høyere asfaltmassestemperatur under valsingen.
- De kaldeste partiklene i asfaltmassen (T_{\min}) vare betydelig varmere med IR-skanning og feeder enn prosjektene uten.
- De varmeste partiklene i asfaltmassen (T_{\max}) var omtrent like varme i prosjektet med feeder og IR-skanning som dem uten.



Figur 34: T_{avg} med og uten IR-skanner og feeder



Figur 35: T_{min} med og uten IR-skanner og feeder



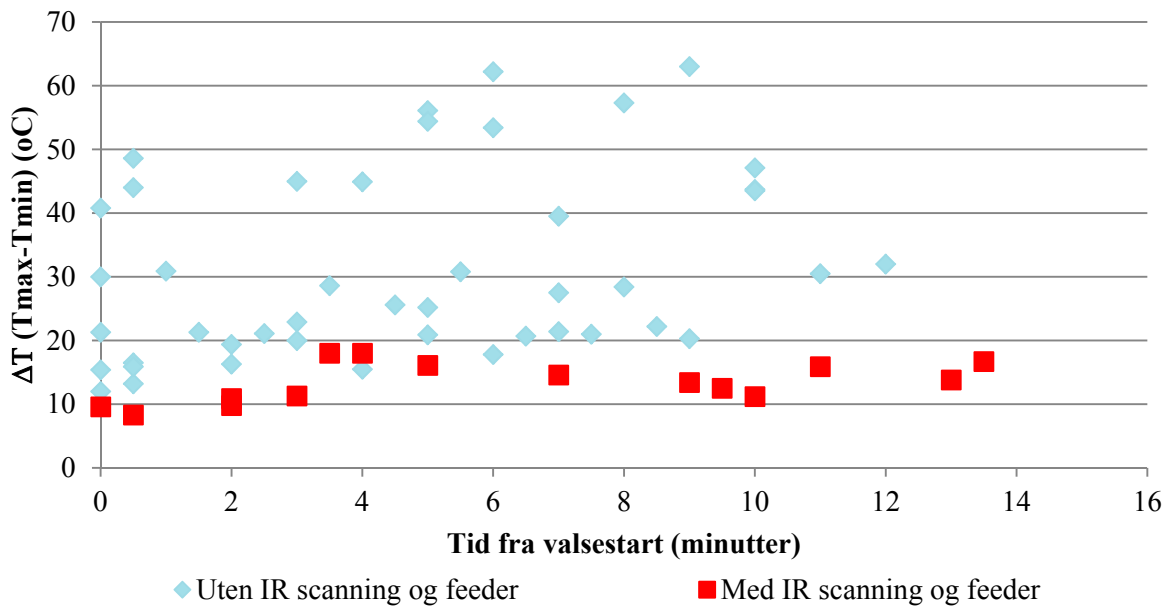
Figur 36: T_{max} med og uten IR-skanner og feeder.

Ved å beregne maksimal temperaturdifferanse (ΔT) i asfaltmassen, er det også mulig å kommentere temperaturavvik. ΔT er beregnet med ligning 1:

$$\Delta T = T_{max} - T_{min}$$

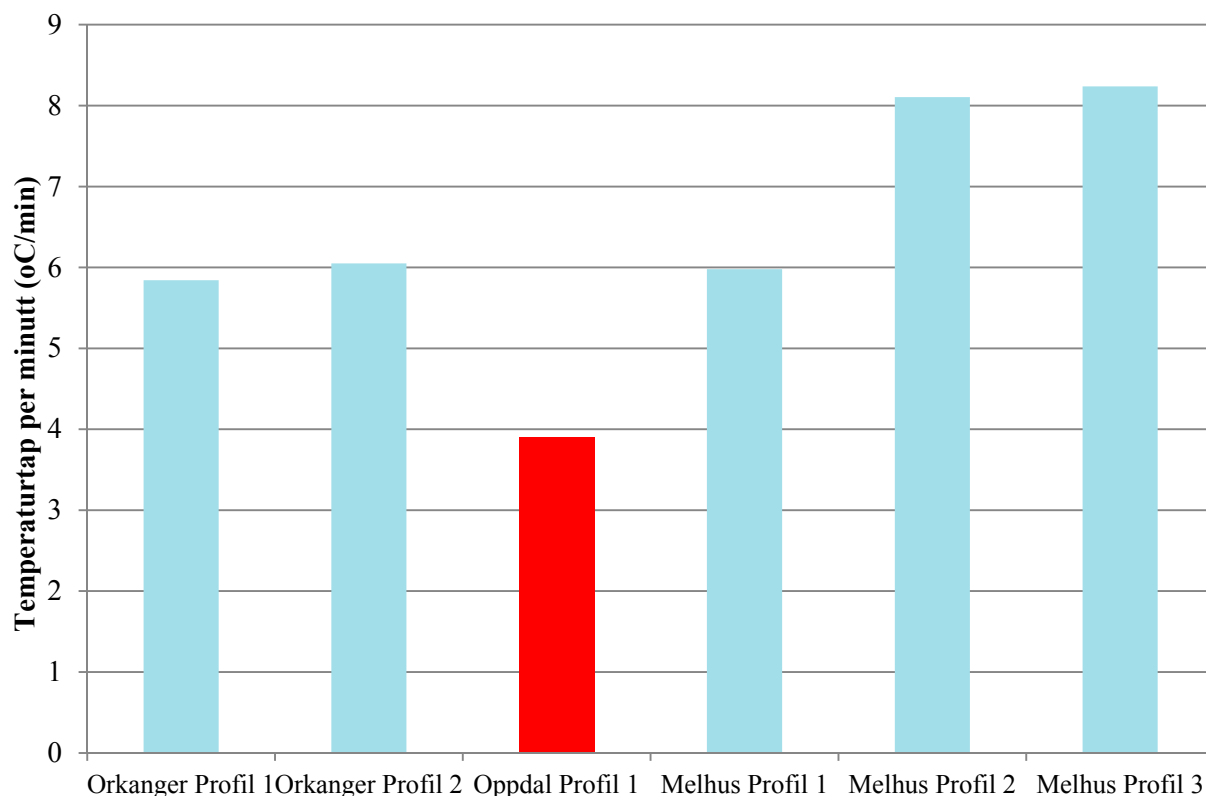
Lign. 1

Maksimal temperaturdifferanse fra alle profilene som ble målt er vist i Figur 37. Figuren viser at prosjektet med IR-skanner og feeder hadde de laveste ΔT -verdiene. Dette betyr i praksis at temperaturen var jevnere, forskjellen mellom de varmeste og de kaldeste prøvene i asfaltmassen, var minst da IR-skanning og feeder ble brukt.



Figur 37: Temperaturdifferanse med og uten IR-skanning og feeder.

Figur 38 viser avkjølingsraten fra de ulike asfaltmassene i de ulike lokasjonene, fra figuren er det tydelig at valsingen i Oppdal skiller seg ut på grunn av betydelig lavere (saktere) avkjølingsrater enn de andre prosjektene. Dette kan være en indikasjon på at bruk av feeder bidrar til at asfaltmassen holder seg varmere lenger.



Figur 38: Asfaltmassens temperaturtap per minutt.

4.1.5 Modellering av asfaltmasse temperaturtap under valsing

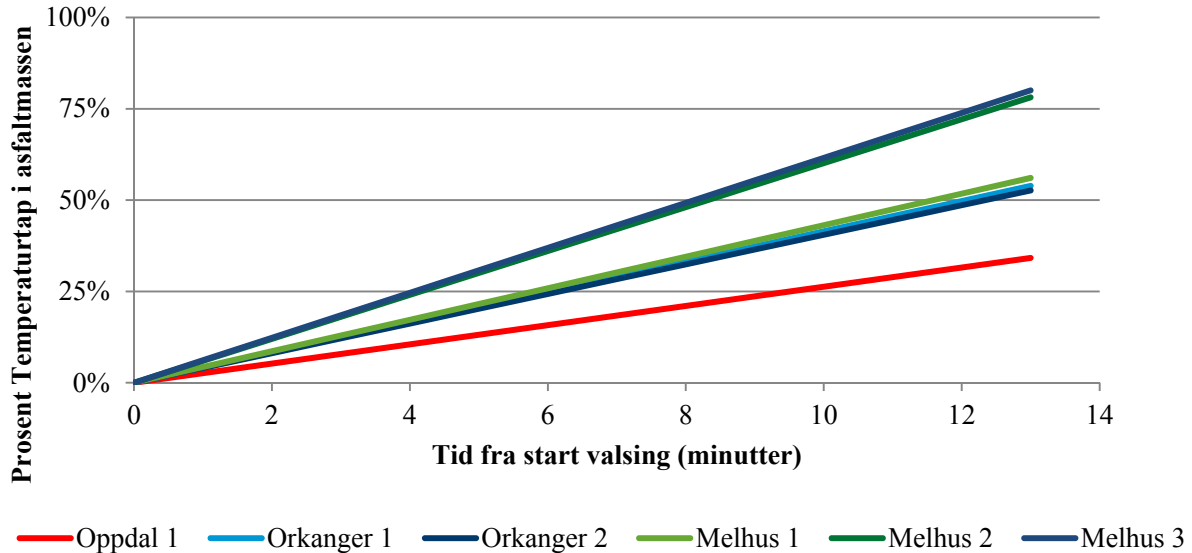
Temperaturtappet i asfaltmassen under valsing er en lineær prosess, se Figur 39. Figuren viser at korrelasjonen mellom valsetiden og asfaltmassestemperaturen er lineær, men at raten varierte mellom de tre prosjektene. Tabell 3 viser modell koeffisientene og R²-verdiene fra korrelasjonene, der modellen som brukes er vist i ligning 2:

$$\text{Asfaltmassestemperatur} = m \times \text{valsetid} + b \quad \text{Lign. 2}$$

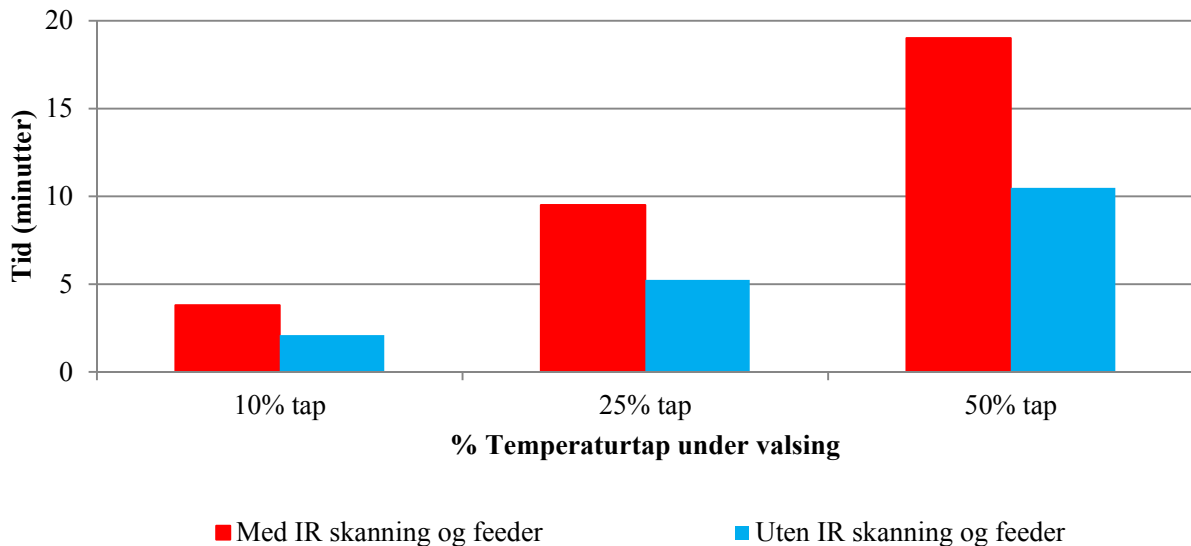
Tabell 3: Koeffisienter og R² verdier fra asfaltmasse temperatur modell

	Oppdal 1	Orkanger 1	Orkanger 2	Melhus 1	Melhus 2	Melhus 3
m	-4,01515	-6,1224	-6,1239	-6,0934	-8,122	-8,974
b	152,71	147,64	151,17	141,24	135,11	145,76
R ²	0,9837	0,9834	0,9901	0,9958	0,9875	0,9921

Figur 39 viser beregnet temperatur i asfaltmassene med valsetid; som vist er temperaturtapet i asfaltmassen svært ulikt fra prosjekt til prosjekt. Figur 40 viser hvor mange prosent av asfaltmassestemperaturen som forsvinner med og uten IR-skanning og feeder. I denne figuren kan man se at avkjølingsraten i prosjekter der det ikke ble brukt feeder var cirka 1,8 ganger raten med feeder. I praksis betyr dette at valser uten feeder må jobbe 1,8 ganger så fort som de med for å benytte seg av samme temperatur.



Figur 39: Modellert avkjøling av asfaltmassen.



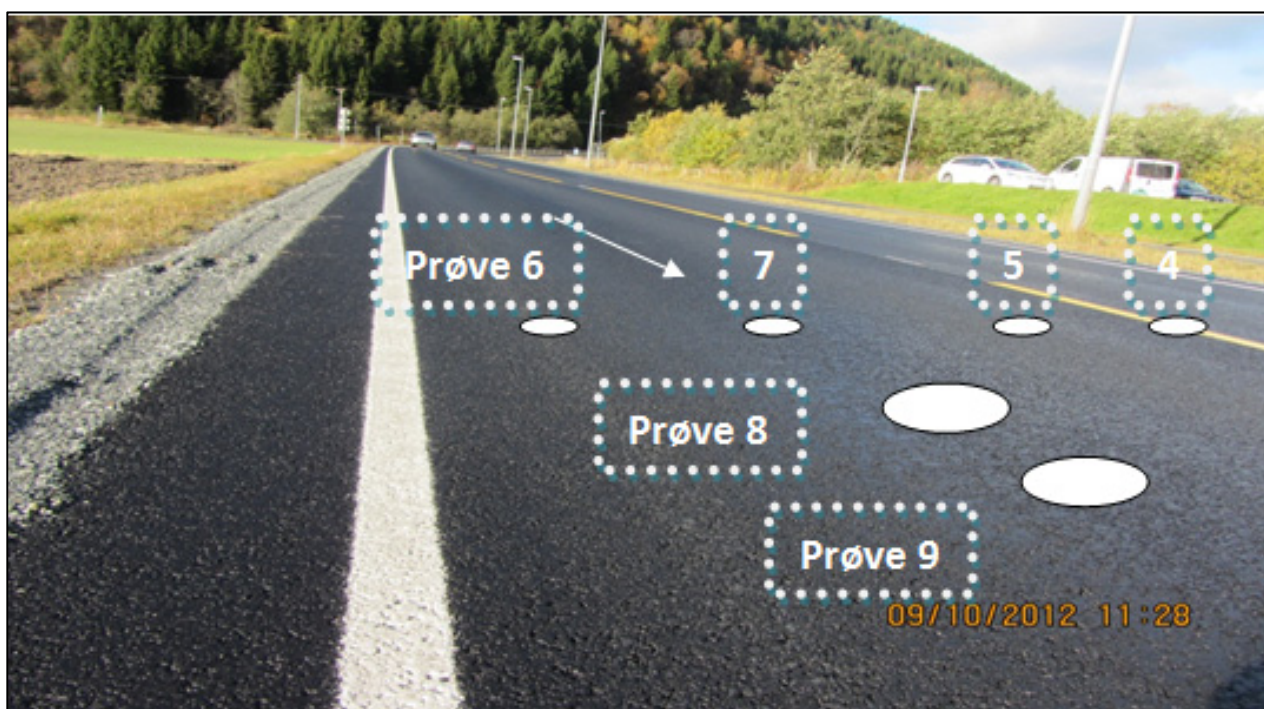
Figur 40: Modellert temperaturtap under valsing

4.2 Asfaltmassenes egenskaper

4.2.1 Hulrom

Det ble tatt ut borprøver i etterkant av asfaltering på de ulike lokasjonene. Hulrom og bitumenfylt hulrom på de ulike borprøvene ble målt i laboratorium. I denne analysen ble asfaltkvaliteten tolket som evnen til å tilfredsstille krav i Håndbok 018. Borprøvene ble tatt ut langs tverrprofilet til kjørefeltet, på alle tre lokasjonene. Figur 41 viser prøver tatt ut i et tverrprofil, og med følgende forklaring:

- Skjøt (Prøve 4 i Figur 41)
- Hjulspor nær skjøt (Prøve 5 i Figur 41)
- Midtfelt (Prøve 7 i Figur 41)
- Hjulspor nær kanten (Prøve 6 i Figur 41)



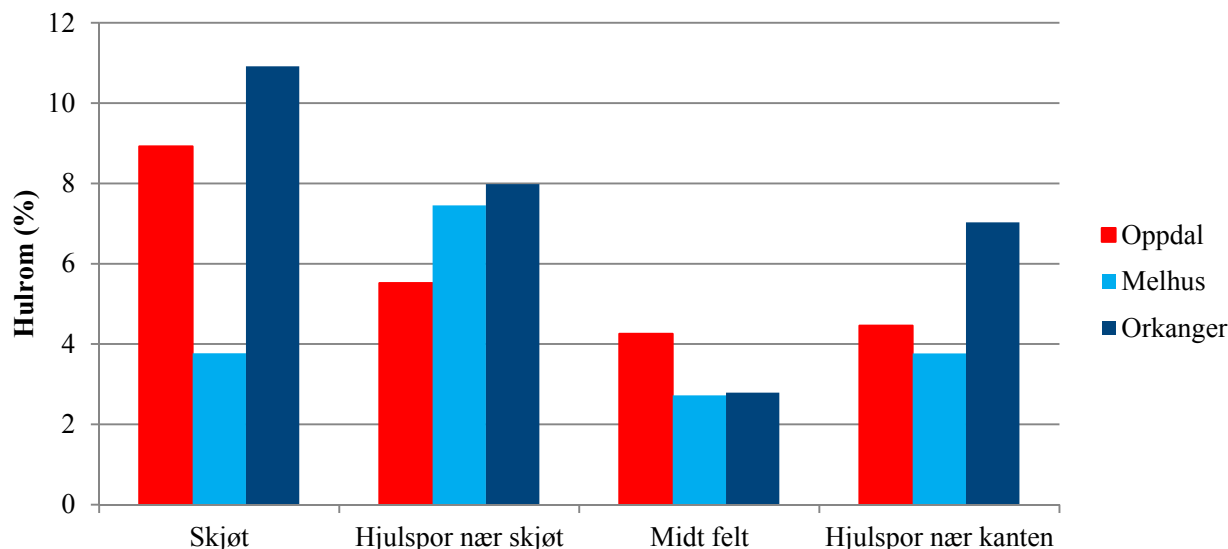
Figur 41: Beskrivelse av tverrprofil

Tabell 4 gir verdier for hulrom for de ulike borprøvene. Som vist i tabellen varierte hulromsverdiene en del avhengig av både lokasjon og hvor de befant seg i tverrprofilet. Resultatet bærer preg av at datasettet er begrenset, noe som medfører at videre arbeid må gjennomføres før konklusjoner fra denne undersøkelsen kan bli gitt.

Tabell 4: Hulrom fra borprøver

Prosjekt	Prøve nr.	Hulrom (%)*				Profil	
		Skjød	Hjulspor nær skjød	Midt felt	Hjulspor nær kanten		
Oppdal	1	10,6				EV6 hp3 18.976 - tverprofil over hele vegen (2.felt)	
	2	11,2					
	3		5,7				
	4				3,7		
	5		5,9				
	6			6,4			
	7				5,2		
	8	7,2					Ev hp3 17.260
	9		5,0				
	10	6,7					
	11		5,4				
	Melhus	12			2,1		Melhus Profil 3
3				2,5			
4					2,7		
5			9,0			Melhus Profil 2	
6				2,9			
7					4,9		
8		3,8					
9		5,9			Orkanger Profil 2		
Orkanger	1					5,6	
	2			2,2			
	3		10,8				
	4	10,9					Orkanger Profil 1
	5		5,1				
	6					8,4	
	7			3,4			

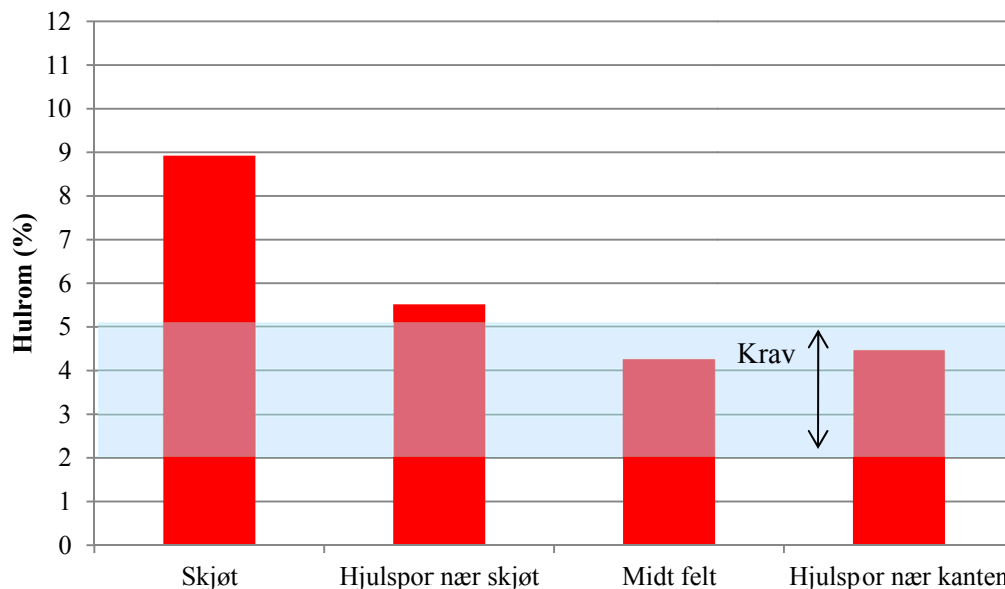
*Hulromsverdier beregnet med Rice-verdier fra resept



Figur 42: Hulrom fra borprøver (middelverdier).

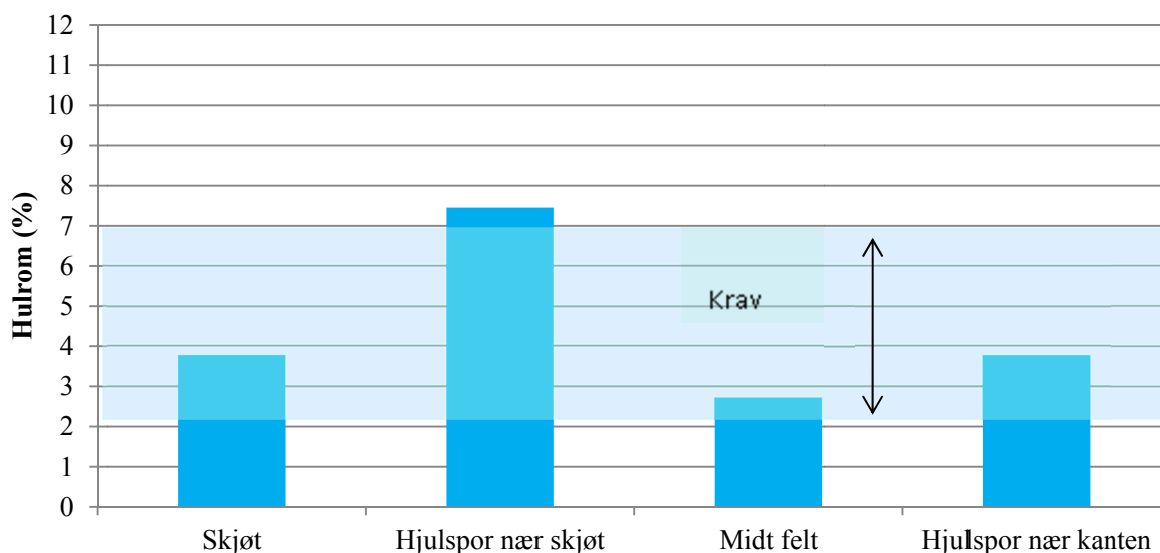
Figur 42 illustrerer verdiene i Tabell 4, og viser hulrommet i tverrprofilen på de forskjellige lokasjonene. Det ser ut til at Orkanger har noe høyere verdier for hulrom enn de to andre lokasjonene. Det er en klar trend at hulrommet blir høyere jo lenger fra feltmidt man tar ut prøven. Det vil si at komprimeringen ser ut til å være best midt i feltet og dermed blir dårligere ut fra midten i tverrprofilen. Prøvene viser at komprimeringen har vært bedre på den ene siden av tverrprofilen enn den andre, den har vært bedre i hjulspor nær kant enn i skjøten. Grunnen til dette kan være valsemønsteret. Temperaturen synker raskt, slik at de første minuttene er avgjørende i kompakteringsarbeidet. Under feltoppfølgingen ble det observert at valsemønsteret startet ofte helt ut mot skulder (posisjon A) og så jobbet valsen seg innover til midten (posisjon B) og til slutt i mot skjøten (posisjon C), se Figur 6. På grunn av bredden til valsen ble midten av kjørebanelen dekket under flere passeringer enn sidene på kjørebanelen. Og siden valsen ofte startet ut mot skulder, ble området her komprimert i høyere temperatur enn området mot skjøten. Valsingen på Melhus skilte seg ut, da det under feltoppfølging ble observert at valsen her ikke kjørte i noe bestemt mønster.

Figur 43 viser hulrommet til prøvene tatt ut på Oppdal i forhold til kravet i Hb018. Prøvene som er tatt i skjøt og i hjulspor nær skjøt har for mye hulrom, og tilfredsstill ikke kravene fra asfaltmasse resepten.



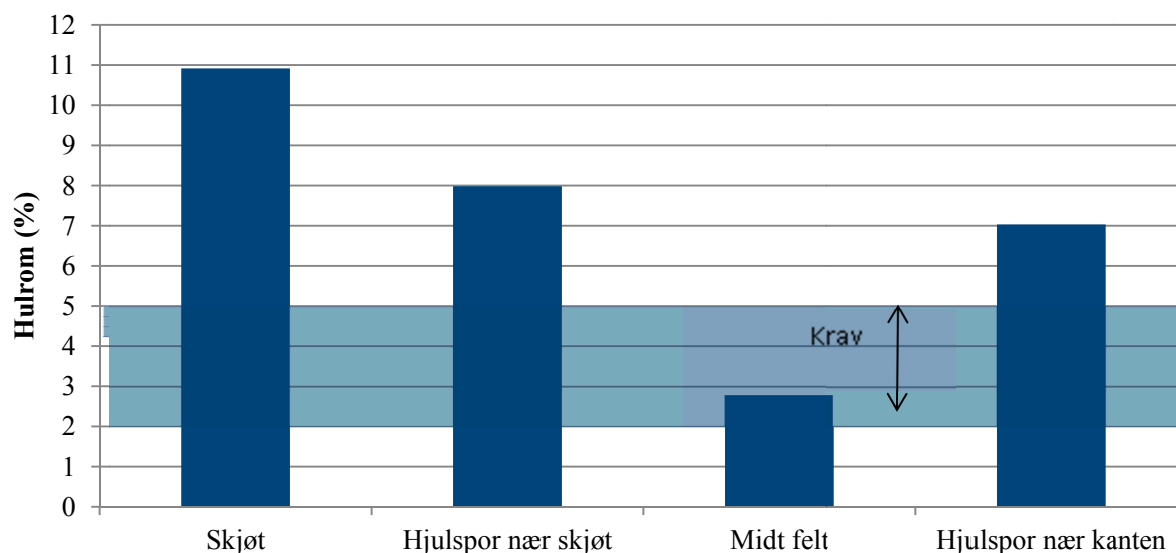
Figur 43: Oppdal AB11masse hulrom med krav fra masseresept (Middelverdier)

Figur 44 viser resultatet av prøvene fra Melhus. Her er det kun prøvene fra hjulspor nær skjøt som har for høyt hulrom og ikke tilfredsstiller kravene.



Figur 44: Melhus. Agb11, hulrom med krav fra masseresept (Middelverdier)

Figur 45 viser resultatet av prøvene fra Orkanger. Prøvene fra skjøt, hjulspor nær skjøt og hjulspor nær kant hadde for høye hulromsverdier. Det er altså kun prøvene fra midt felt som tilfredsstillter kravene til hulrom.



Figur 45: Orkanger. Ska11, hulrom med krav fra masseresept (Middelverdier)

Tabell 5 viser en oversikt stor andel av alle prøvene som ble tatt som tilfredsstillter kravene i fra asfaltreseptene med tanke på hulrom. Tabellen tar med alle uttatte prøver, og ved analyse må det tas hensyn til at det ikke er tatt like mange prøver fra samme plassering i tverrprofilet på alle lokasjonene. I følge tabellen har Melhus flest prøver innenfor kravene og Oppdal færrest prøver innenfor kravene.

Tabell 5: Bedømmelse av hulroms krav (ihht. asfaltmasse resept)

Består resept krav?	Oppdal Ab11		Melhus Agb11		Orkanger Ska11		Alle Ja
	Ja	Nei	Ja	Nei	Ja	Nei	
Skjøt	0	4	1	0	0	1	17 %
Nær skjøt	1	3	1	1	0	2	25 %
Midtfelt	1	1	2	0	2	0	83 %
Nær kanten	1	1	2	0	0	2	50 %
Alle prøver Ja	25 %		86 %		29 %		42 %
Uten skjøt Ja	38 %		83 %		33 %		50 %

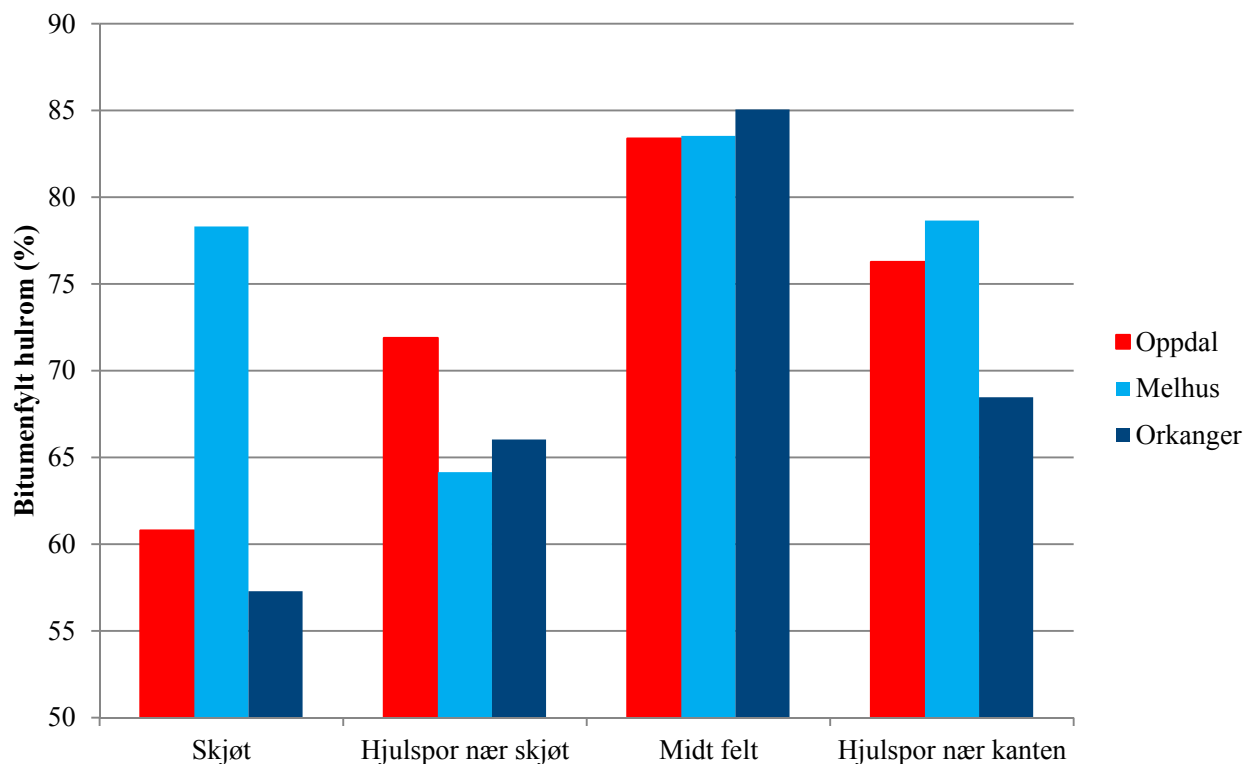
4.2.2 Bitumenfylt hulrom

Det ble også beregnet bitumenfylt hulrom på alle borprøvene som ble tatt ut fra de ulike feltlokasjonene Som vist i Tabell 6 varierte verdiene en del mellom de ulike lokasjonene og posisjon i tverrprofilen.

Tabell 6: Bitumenfylt hulrom fra borprøver

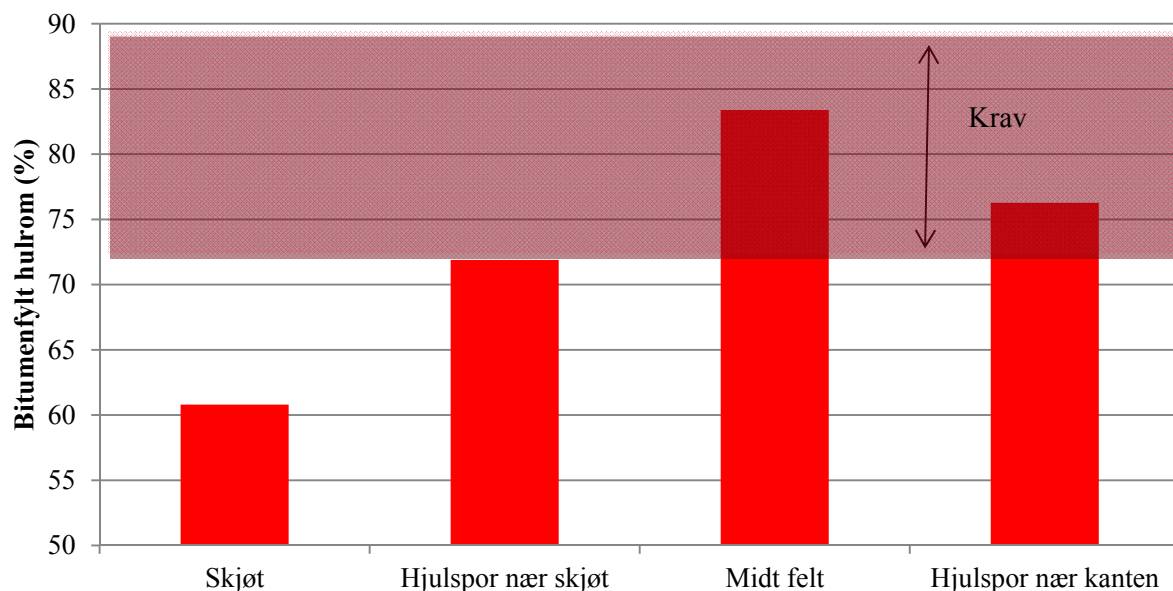
Prosjekt	Prøve nr.	Bitumenfylt Hulrom (%)*				Profil
		Skjøt	Hjulspor nær skjøt	Midt i felt	Hjulspor nær kanten	
Oppdal	1	55,7				EV6 hp3 18.976 - tverprofil over hele vegen (2.felt)
	2	54,3				
	3		71,1			
	4				79,5	
	5		70,3			
	6			68,5		
	7				73,1	
	8	65,8				Ev hp3 17.260
	9		74,0			
	10	67,4				
	11		72,2			
	12			98,3		
Melhus	3			84,7		Melhus Profil 3
	4				83,8	
	5		58,9			
	6			82,3		Melhus Profil 2
	7				73,5	
	8	78,3				
	9		69,4			
Orkanger	1				72,9	Orkanger Profil 2
	2			87,7		
	3		56,9			
	4	57,3				Orkanger Profil 1
	5		75,2			
	6				64,1	
	7			82,4		

Figur 46 viser prosentvis bitumenfylt hulrom fra de ulike borprøvene som ble tatt ut i Oppdal, i Melhus og på Orkanger.



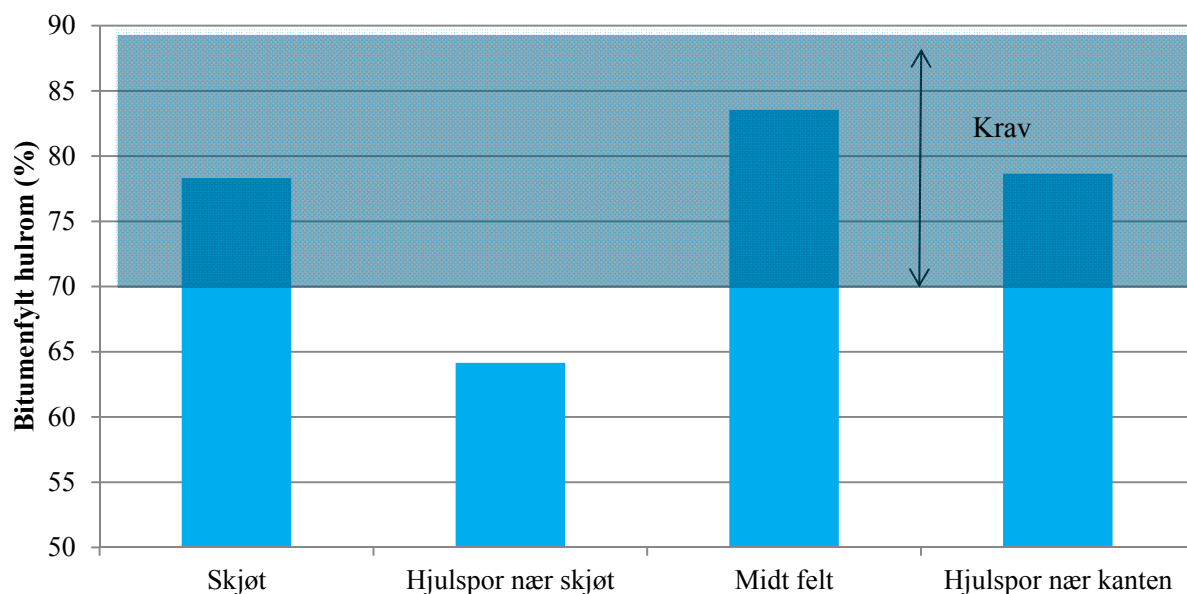
Figur 46: Bitumenfylt hulrom alle borprøver (middelerdier)

Figur 47 viser hulrommet til prøvene tatt ut i Oppdal i forhold til kravet i Hb018. Prøvene tatt i skjøt og hjulspor nær skjøt har for mye hulrom, og tilfredsstillende ikke kravene.



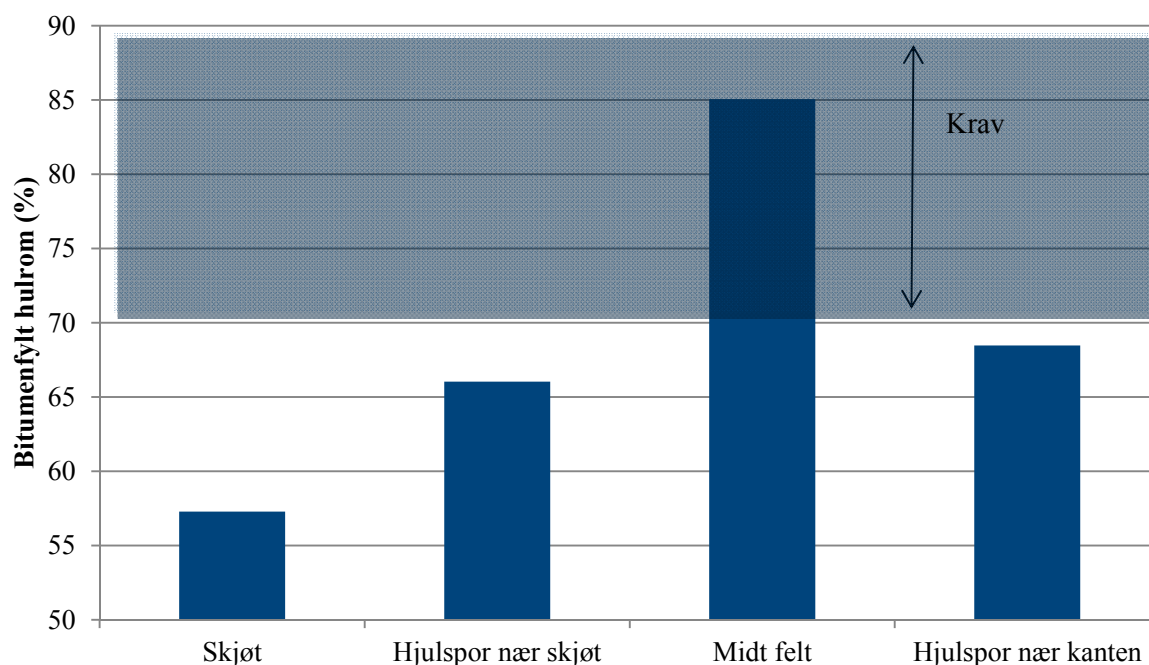
Figur 47: Oppdal. Ab11, bitumenfylt hulrom (middelverdier)

Figur 48 viser hulrom til prøvene tatt ut i Melhus i forhold til kravet i Hb018. Prøvene tatt i hjulspor nær skjøt har for mye hulrom, og tilfredsstillende ikke kravene.



Figur 48: Melhus Agb11 masse bitumenfylt hulrom (middelverdier)

Figur 49 viser hulrommet til prøvene tatt ut på Orkanger i forhold til kravet i Hb018. Prøvene tatt i skjøt, hjulspor nær skjøt og hjulspor nær kanten har for mye hulrom, og tilfredsstillende ikke kravene.



Figur 49: Orkanger Ska11 masse bitumenfylt hulrom (71-89) (middelverdier)

Tabell 7 viser en oversikt over hvor stor andel av alle prøvene som ble tatt som tilfredsstillende kravene i Hb018 med tanke på hulrom. Tabellen tar med alle uttatte prøver, og ved analyse må det tas hensyn til at det ikke er tatt like mange prøver fra samme plassering i tverrprofilen på alle lokasjonene.

Tabell 7: Bedømmelse av bitumenfylt hulrom krav

Består 018 Krav?	Oppdal Ab11		Melhus Agb11		Orkanger Ska11		Alle Ja
	Ja	Nei	Ja	Nei	Ja	Nei	
Skjøt	0	4	1	0	0	1	17 %
Nær skjøt	2	2	0	2	1	1	38 %
Midtfelt	1	1	2	0	1	1	67 %
Nær kanten	2	0	2	0	1	1	83 %
Alle Ja	42 %		71 %		43 %		52 %

4.2.3 Bindemiddelinnhold

Det ble gjort tester på mengden bindemiddel i prøvene. Tabell 8 viser at Orkanger- og Melhus-prøvene tilfredsstiller kravene fra håndbok 018. Oppdals-prøvene hadde ikke nok bindemiddelinnhold. Lavt bindemiddelinnhold kan bidra til høyt hulrom.

Tabell 8: Bedømmelse av bindemiddelinnhold

Lokasjon	Prøve nr.	Masse type	Bindemiddelinnhold	Krav	Tilfredsstiller masse resept krav?
Melhus	6	Agb 11	5,70	5,0 - 5,8	Ja
Melhus	3	Agb 11	5,64	5,0 - 5,8	
Oppdal	7	Ab 11	5,39	5,5 - 6,3	Nei
Oppdal	12	Ab 11	5,39	5,5 - 6,3	
Orkanger	7	Ska 11	6,32	5,9 - 6,7	Ja
Orkanger	1	Ska 11	6,34	5,9 - 6,7	

4.2.4 Siktekurver

4.2.4.1 Oppdal (Ab11)

Tabell 9 viser at Oppdalsmassen tilfredsstilte alle kravene for en Ab11-masse unntatt for 0,063-siktet på én av to prøver.

Tabell 9: Bedømmelse av massesammensetning (a) Oppdal, prøve 7 og (b) Oppdal, prøve 12

ISO-sikt (mm)	Krav (min)	Krav (maks)	Oppdal, prøve 7	
				Tilfredsstiller krav fra Figur 632.3
16	100	100	100,0	Ja
11,2	90	100	92,8	Ja
8	59	81	74,6	Ja
4	37	59	54,6	Ja
2	25	47	38,3	Ja
1	20	35	26,3	Ja
0,25	12	19	15,9	Ja
0,063	8	12	11,0	Ja

(a)

ISO-sikt (mm)	Krav (min)	Krav (maks)	Oppdal, prøve 12	
				Tilfredsstiller krav fra Figur 632.3
16	100	100	100,0	Ja
11,2	90	100	94,1	Ja
8	59	81	77,4	Ja
4	37	59	56,1	Ja
2	25	47	37,7	Ja
1	20	35	25,1	Ja
0,25	12	19	14,9	Ja
0,063	8	12	4,1	Nei

(b)

4.2.4.2 Orkanger (Ska11)

Tabell 10 viser at Orkanger Ska11 ikke tilfredsstilte sammensetningskravene mellom 0,25 mm og 8 mm; såpass store svikt i massesammensetning kan bidra til feil i masseegenskaper.

Tabell 10: Bedømmelse av massesammensetning (a) Orkanger prøve 7 og (b) Orkanger prøve 1

ISO-sikt (mm)	Krav (min)	Krav (maks)	Orkanger, Prøve 7	Tilfredsstiller krav fra Figur 632.3
16	100	100	100,0	Ja
11,2	90	100	92,0	Ja
8	47	64	67,2	Nei
4	30	45	42,6	Ja
2	20	32	28,6	Ja
0,25	12	20	5,7	Nei
0,063	9	13	10,5	Ja

(a)

ISO-sikt (mm)	Krav (min)	Krav (maks)	Orkanger, Prøve 1	Tilfredsstiller krav fra Figur 632.3
16	100	100	100,0	Ja
11,2	90	100	96,8	Ja
8	47	64	72,7	Nei
4	30	45	47,8	Nei
2	20	32	34,0	Nei
0,25	12	20	13,5	Ja
0,063	9	13	8,6	Ja

(b)

4.2.4.3 Melhus (Agb11)

Tabell 11 viser at Melhus Agb11-massen tilfredsstilte alle kornfordelingskravene fra håndbok 018.

Tabell 11: Bedømmelse av kornfordeling (a) Melhus prøve 6 og (b) Melhus prøve 3

ISO-sikt (mm)	Krav (min)	Krav (maks)	Melhus Prøve 6	Tilfredsstiller krav fra Figur 632.3 (Hb018)
16	100	100	100,0	Ja
11,2	90	100	97,0	Ja
8	66	88	88,4	Ja
4	46	66	60,3	Ja
2	34	49	42,0	Ja
1	25	38	28,7	Ja
0,25	10	20	14,8	Ja
0,063	5	10	8,5	Ja

(a)

ISO-sikt (mm)	Krav (min)	Krav (maks)	Melhus Prøve 3	Tilfredsstiller krav fra Figur 632.3 (Hb018)
16	100	100	100,0	Ja
11,2	90	100	98,2	Ja
8	66	88	84,2	Ja
4	46	66	56,7	Ja
2	34	49	40,1	Ja
1	25	38	28,4	Ja
0,25	10	20	15,5	Ja
0,063	5	10	9,3	Ja

(b)

4.3 Limmengde

Under feltoppfølging ble det registrert hvor mye lim limbilen la ut på veggen.

På Orkanger ble det lagt et A4 ark i kjørebanelen mens limbilen kjørte over for å sprøyte ut lim. Limet ble sprøytet ut omtrent 30 minutter før asfaltering. I gjennomsnitt var det 7,35g. per 0,062m² (A4 ark), altså 117g. per m²

På Melhus ble tre ark plassert langs tverrprofilet i vegbanen. Det ble plassert ett ark midt i kjørefeltet, ett på siden ut mot skulder og ett på skjøten. Testen ble utført på ei rettstrekning og i et kryss. Gjennomsnittlig limmengde brukt på Melhus var 117 g/m² midt i kjørefelt, 113 g/m² på siden og 109 g/m² i skjøten. Det ble observert at det blir lagt lim omtrent 20 cm over senterlinjen på veggen, altså i det andre kjørefeltet.

Altså ganske jevnt med lim i tverrprofilet, og omtrent lik mengde på Melhus og Orkanger, omtrent 115 g/m². Det var samme bil og sjåfør som kjørte både i Orkanger og Melhus.

5 Konklusjoner

Hvor mye av komprimeringen pågår innenfor kravene beskrevet i Håndbok 018?

Mye av valsingen foregikk etter at asfaltmassen hadde blitt for kald i følge Hb018. Massen på Orkanger skulle hatt minimumstemperatur 130 °C ved kompaktering. Allerede etter 2,8 minutter, se Tabell 12, var asfalten kaldere enn dette. Da var omtrent 3 av 8 passeringer utført. Komprimeringen fortsatte i ytterlige 10 minutter. Massen på Oppdal skulle hatt minimumstemperatur 130 °C ved kompaktering. Etter 3,7 minutter var asfalten kaldere enn dette. Da var omtrent 6 av 15 passeringer utført. Komprimeringen fortsatte i ytterlige 10 minutter. Massen på Melhus skulle hatt minimumstemperatur 120 °C ved kompaktering. Allerede etter 2,3 minutter var asfalten kaldere enn dette. Da var omtrent 3 av 10 passeringer utført. Komprimeringen fortsatte i ytterlige 6 minutter.

Oppsummering: 30 % - 40 % av komprimeringen pågikk innenfor kravene til temperatur i Hb018.

Tabell 12: Temperatur - nøkkeltall

Lokasjon	Komprimeringstid innenfor krav (minutter)	Snitt utlegger-temperatur (°C)	Snittemperatur første 4 minutter (°C)	Snittemperatur første 10 minutter (°C)	Temperaturtap under valsing (°C/minutt)
Oppdal (Ab11)	3,8	153	145	128	4,0
Orkanger (Ska11)	2,7	150	138	116	6,1
Melhus (Agb11)	2,2	141	125	107	7,7

Påvirker feeder og IR-skanner tilgjengelig kompakteringstid, der komprimering gjennomføres i henhold til krav fra Håndbok 018?

Asfaltmassen på Oppdal, der det ble brukt IR-skanner og feeder, hadde noe høyere gjennomsnittstemperatur og maksimumstemperatur enn Orkanger og Melhus. Det betyr at massen holder seg varm lenger. Mye av komprimeringen i dag utføres etter at massen har blitt for kald for optimal komprimering. Med optimal komprimering menes her komprimering innenfor temperaturkravene gitt i Hb018. Asfaltmassen var for kald for optimal komprimering etter 2,8 minutter på Orkanger, 3,7 minutter i Oppdal og 2,3 minutter i Melhus. Altså var tiden for tilgjengelig kompaktering omtrent 1 minutt lenger, omtrent 30 % lenger, på Oppdal der det ble brukt feeder og IR-skanning enn på prosjektene disse hjelpemidlene ikke ble brukt. Men selv om tiden ble forlenget med ett minutt, betyr ikke dette at tiden da ble lang nok for optimal komprimering. Borprøvene viste nemlig at hulrommet var for høyt på mange av prøvene, også fra Oppdal.

Temperaturen under valsing var høyere i prosjektene med IR-skanning og feeder enn dem uten. Massen ble også avkjølt saktere. Avkjølingsraten i prosjekter der det ikke ble brukt feeder, var cirka 1,8 ganger raskere. I praksis betyr dette at valsen på oppdrag uten feeder må jobbe 1,8 ganger så fort som de med, for å benytte seg av samme temperatur.

Det er feederen og ikke IR-skanneren som påvirker selve temperaturen til asfaltmassen. Det er derfor ikke mulig ut fra dette prosjektet å konkludere med at IR-skanner har direkte påvirkning på tilgjengelig kompakteringstid. Det ser ut til at bruk av feeder gir varmere asfaltmasse og lengere tilgjengelige tid for kompaktering.

Det er viktig å presisere at tallene stammer fra kun 5 profiler, der ett var utført med feeder og IR-skanner. Forsøket burde vært utført på flere prosjekter for at resultatene skulle vært statistisk signifikante.

Oppsummering: Ja, feeder og IR-skanner fører til lenger tilgjengelig tid for kompaktering, men ikke nødvendigvis tilstrekkelig lenger tid.

Gir feeder og IR-skanning asfaltdekker som tilfredsstiller kravene i Hb018 oftere enn asfaltdekker produsert uten?

86 % av prøvene på Melhus var innenfor kravene i Hb018, mens kun 42 % av prøvene fra Oppdal og 43 % av prøvene fra Orkanger var innenfor kravene, se tabell 13. Fra dette datasettet er det ikke mulig å konkludere med at feeder og IR-kamera gir asfaltdekker som tilfredsstiller Hb018 i høyere grad enn asfaltdekker som er lagt uten. Selv om temperaturen på asfalten var høyere under valsingen på Oppdal, ser det ut til at valsing ved skjøten skjedde for sent til å oppnå gode hulromsverdier her.

Oppsummering: Det er ikke nok med høy temperatur under utlegging, hvis ikke valse komprimerer tidsnok.

Tabell 13: Asfaltmasse - nøkkeltall

Lokasjon	Borprøver med hulrom innenfor krav (%)	Borprøver med bitumenfylt hulrom innenfor krav (%)	Bindemiddelinnhold tilfredsstillende krav?	Andel prøver med kornfordeling som tilfredsstillende krav i Håndbok 018 (%)
Oppdal (Ab11)	42	42	Nei	93,75
Orkanger (Ska11)	43	43	Ja	68,75
Melhus (Agb11)	86	71	Ja	100

Varierer kvaliteten på asfaltdekket på tvers av tverrprofilen?

Ja. Det er store forskjeller på hulrommet på tvers av tverrprofilen, se tabell 14. Det er en klar trend at hulrommet blir høyere jo lenger fra midtfeltet man tar ut prøven. Det vil si at komprimeringen ser ut til å være best midt i feltet og dermed blir dårligere ut fra midten i tverrprofilen. Prøvene viser også at komprimeringen har vært bedre på den ene siden av tverrprofilen enn den andre, den har vært bedre i hjulspor nær kant enn i skjøten. Grunnen til dette kan være valsemønsteret. Det komprimeres ofte først ut mot kanten og jobbes deretter inn mot skjøten. På grunn av bredden til valse ble midten av kjørebanelen dekket med flere passeringer enn sidene på kjørebanelen.

Oppsummering: Ja, i stor grad.

Tabell 14: Variasjoner i hulrom og bitumenfylthulrom langs tverrprofilen

	Lokasjon i tverrprofil			
	Skjøt	Hjulspor nær skjøt	Midt felt	Hjulspor nær kanten
Hulrom (%)	8,4	6,6	3,3	5,1
Bitumenfylt hulrom (%)	63,1	68,5	84,0	74,5

6 Referanser

- BAKLØKK, L. 2012. Varige vegger. utfordringer og framtidige muligheter/løsninger. In: VEGVESEN, S. (ed.).
- DECKER, D. 2006. State of the practice for cold weather compacting of hot mix asphalt. *Transportation Research Circular E-C105*.
- LINDEN, R. N., MAHONEY, J. P. & JACKSON, N. C. 1989. Effect of Compaction on Asphalt Concrete Performance. *Transportation Research Record 1217, TRB, National Research Council*, 20-28.
- SNILSBERG, B. 2012. *Varige vegger* [Online]. Trondheim: Statens Vegvesen. Available: <http://www.vegvesen.no/Fag/Fokusomrader/Forskning+og+utvikling/Varige+veger/Om+etatsprogrammet> [Accessed].
- VEGDIREKTORATET 2005. *Håndbok 246*.
- VEGDIREKTORATET 2010. *Håndbok 018. Vegbygging*.

Vedlegg A Resepter

A.1 Oppdal Ab11

Stuen

	Arbeidsresept for bituminøse vegdekker og bærelag	Region Midt
Reseptnr. 2012104	Produksjonssted Hoel Asfaltfabrikk PEAB	
Dekketype Ab 11	Reseptdato 21.05.2012	
Asfaltleverandør PEAB Asfalt Norge AS		

	Tilsiktet	Toleranse	Kompaktering
Bindemiddel (%)	5.9	0.4	Densitet (g/cm ³) 2.607
Hulrom (%)	3.5	1.5	Hulrom (%)
Forbruk (kg/m ²)			Stabilitet (N)
Massetemp. prod. (°C)	150.0	20.0	Flyt (mm)
Dekkets densitet Pd (g/cm ³)	2.518		Stab:Flyt (N/mm)
Maks. teoretisk densitet Ps (g/cm ³)	2.607		Ind. strekkst. (kPa)
Maks. vanninnhold (%)			
Bindemiddeltipe	70/100		

	µm		mm				
	60	200	1	2	4	8	11.2
Tilf.	11.0	15.0	25.0	37.0	55.0	75.0	98.0
Tol.	2.0	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0	6.0

Tilslag	Forveinstil	Dens.	FI	LA	Nelle	Sort	Andel
Pukk	Moran	2.79				0/1 KF	60.0
Pukk	Oppl	3.05	15.0	15	7.0	8/11 KF	40.0


Tilsetningsstoff		Mengde (% av bindem.)	
Vedforingsmiddel	AD-here LCF 65-00	Mengde (% av bindem.)	0.5

Arbeidsresepten godkjent:	Entreprenør
	Sted: _____, Den: _____
Date: _____ Underskrift: _____	Underskrift: _____

Lagge SVA-1.1.1 - 20.05.2012 10:36 Side 1 av 1

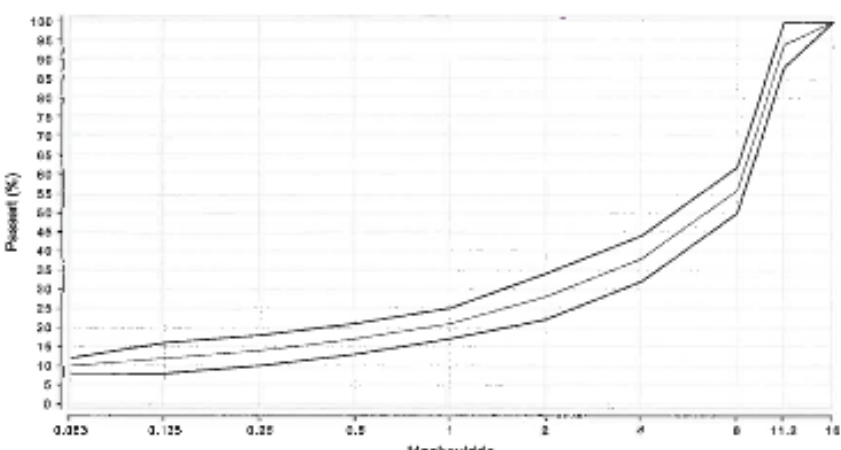
A.2 Orkanger Ska11

Hauka bru

	Statens vegvesen	Region Midt
Arbeidsresept for bituminøse vegdekker og bærelag		
Reseptnr. 2011205	Produksjonssted Tiller asfaltfabrikk PEAB	
Dekketype Ska 11	Reseptdato 04.04.2011	
Asfaltleverandør PEAB Asfalt Norge AS		

	Tilsiktet	Toleranse	Kompaktering	Marshall 2*50 slag
Bindemiddel (%)	6.3	0.4	Densitet (g/cm ³)	2.435
Hulrom (%)	3.5	1.5	Hulrom (%)	3.1
Forbruk (kg/m ³)			Stabilitet (N)	0
Massetemp. prod. (°C)	160.0	20.0	Flyt (mm)	0.0
Dekkets densitet Pd (g/cm ³)	2.417		Stab:Flyt (N/mm)	0
Maks.teoretisk densitet Ps (g/cm ³)	2.505		Ind. strekksl. (kPa)	0
Maks. vanninnhold (%)	0.0			
Bindemiddeltipe	70/100			

	µm				mm					
	63	125	250	500	1	2	4	8	11.2	16
Tilf.	10.0	12.0	14.0	17.0	21.0	26.0	38.0	59.0	94.0	100.0
Tol.	2.0	4.0	4.0	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0	6.0	0.0



— Reseptkurve — Toleranse min — Toleranse max


Tilslag	Forsøksst.	Dens.	FI	LA	Måle	Sort	Andel
Pukk	Slatt	3.0	0.0	0	0.0	S-4KF	10.0
Pukk	Tre	2.75	15.0	10	6.2	Ø11KF	87.0
Filter	Buff	2.7	0.0	0	0.0		3.0

Tilsetningsstoff	Viskop Premium	Mengde (% av bindem.)	5.0
Vecheftningsmiddel	AD-herc LOF 66-00	Mengde (% av bindem.)	0.5

Arbeidsresepten godkjent: Dato: _____ Underskrift: _____	Entreprenør Sted: _____, Den: _____ Underskrift: _____
---	--

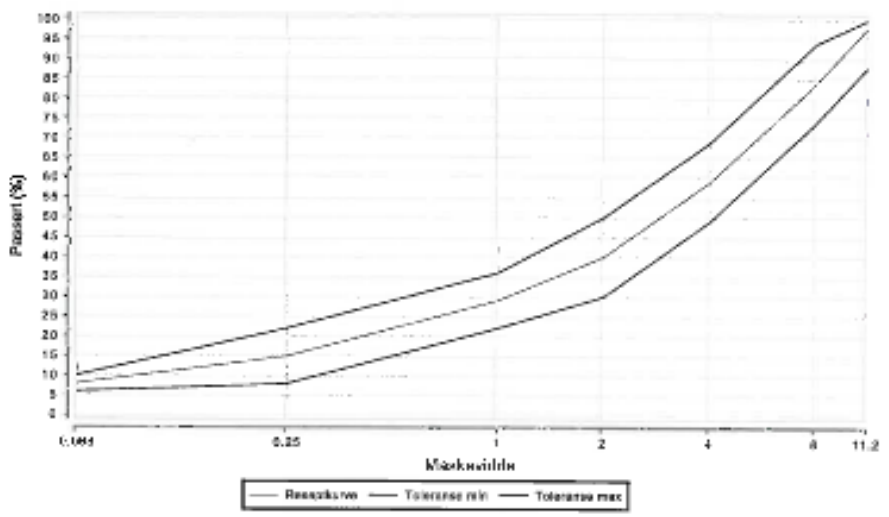
Løype RVP/RS.1.1 - 20.08.2012 13:58 Side 1 av 1

A.3 Melhus Agb 11

	Arbeidsresept for bituminøse vegdekker og bærelag	Region Midt
Reseptnr. 2011202	Produksjonssted Tiller asfaltfabrikk PEAB	
Dekketype Agb 11	Reseptdato 04.04.2011	
Asfalleverandør PEAB Asfalt Norge AS		

	Tilsiktet	Toleranse	Kompaktering	Marshall 2*50 slag
Bindemiddel (%)	5.4	0.4	Densitet (g/cm ³)	2.604
Hulrom (%)	4.5	2.5	Hulrom (%)	4.0
Forbruk (kg/m ²)			Stabilitet (N)	0
Masetemp prod. (°C)	150.0	20.0	Flyt (mm)	0.0
Dekkets densitet Pd (g/cm ³)	2.59		Stab:Flyt (N/mm)	0
Maks. teoretisk densitet Ps (g/cm ³)	2.712		Ind. strekkst. (kPa)	0
Maks. vanninnhold (%)	0.0			
Bindemiddeltype	160/220			

	µm		mm				
	63	250	1	2	4	8	11.2
Tilf	5.0	15.0	28.0	40.0	59.0	84.0	98.0
Tol	2.0	7.0	7.0	10.0	10.0	10.0	10.0



— Respektiv — Toleranse min — Toleranse max

Tillegg	Forkornst	Dens.	FI	LA	Melle	Sort	Antel
Grus	Støt	3.0	0.0	15	18.0	0-11KF	100.0

Tilsetningsstoff		Mengde (% av bindem.)	0.0
Vedhætningsmiddel	AD-hero LOF 65-05	Mengde (% av bindem.)	0.5

Arbeidsresepten godkjent:	Entreprenør
Dato: _____	Sted: _____, Den: _____
Underskrift: _____	Underskrift: _____

Labtype 304-P-1.1.1 - 31.10.2012 15.13 860 1 av 1

Vedlegg B Håndbok 018, krav

B.1 Ab11

Materialkrav					
Materialer	ÅDT	≤ 3000	3001-5000	5001-15000	> 15000
Stein					
Flisighetsindeks		≤ 30	≤ 30	≤ 25	≤ 25
Los Angeles-verdi		≤ 30 ³⁾	≤ 30	≤ 25	≤ 15
Mølleverdi		≤ 14 ³⁾	≤ 10	≤ 10	≤ 7
Knusningsgrad		C _{50/30}	C _{50/30}	C _{50/30}	C _{50/20}
Bindemiddel		70/100-160/220	70/100-160/220	50/70-70/100	35/50-70/100-PMB
Grensekurver (tilsiktet utgående sammensetning)					
Gjennomgang i masseprosent					
ISO-sikt	Ab 4	Ab 8	Ab 11	Ab 16	Ab 22
31,5 mm					100
22,4 mm				100	90-100
16 mm			100	90-100	70-95
11,2 mm		100	90-100	56-80	54-75
8 mm		90-100	59-81	45-66	
5,6 mm	100				
4 mm	90-100	53-75	37-59		
2 mm	55-68	38-55	25-47	23-43	21-40
1 mm	37-49	29-45	20-35	18-33	17-32
0,25 mm	19-27	17-22	12-19	10-19	10-19
0,063 mm	11-16	9-13	8-12	7-12	7-11
Minimum bindemiddelinhold tilsiktet utgående sammensetning ²⁾					
Slitelag ¹⁾	6,4%	6,2%	5,8%	5,6%	5,2%
Bindlag ¹⁾	6,0%	5,8%	5,6%	5,4%	5,2%

¹⁾ Minimum bindemiddeltilsetning i % av totalvekt asfaltmasse korrigeres med hensyn på steinmaterialets densitet ved å multiplisere med faktoren

$$\alpha = \frac{2,650}{\rho_a}$$

hvor ρ_a er steinmaterialets densitet i megagram pr kubikkmeter (Mg/m³),

bestemt i henhold til NS-EN 1097-6.

Bindemiddelinholdet inkluderer bitumen i gjenbruk og naturasfalt når det benyttes.

²⁾ For massetyper med D<16mm vil bindemiddelinholdet normalt måtte ligge ca. 0,2 % over minimum bindemiddeltilsetning. Bindemiddelinhold kan økes ytterligere ved å tilsette fiber e.l.

³⁾ For ÅDT < 300 settes kravet til LA ≤ 40. For ÅDT ≤ 1500 er kravet til mølleverdi ≤ 19.

Krav til hulrom ved proporsjonering ¹⁾	ÅDT	
	≤ 5000	> 5000
Slitelag		
- minste hulrominnhold, %	2,0	2,5
- største hulrominnhold, %	5,5	5,5
- minste bitumenfylt hulrom, %	72	72
- største bitumenfylt hulrom, %	89	86
Bindlag		
- minste hulrominnhold, %	2,5	2,5
- største hulrominnhold, %	7,0	7,0
- minste bitumenfylt hulrom, %	65	65
- største bitumenfylt hulrom, %	86	86

¹⁾ Prøvens densitet skal bestemmes vha hydrostatisk overflatetørr metode.

B.2 Ska 11

Materialkrav				
Materialer	ÅDT	≤ 5000	5001-15000	> 15000
Stein				
Flisighetsindeks		≤ 30	≤ 25	≤ 25
Los Angeles-verdi		≤ 25	≤ 25	≤ 15
Mølleverdi		≤ 10	≤ 10	≤ 7
Knusningsgrad		C _{50/20}	C _{100/10}	C _{100/10}
Bindemiddel		70/100-160/220	50/70-70/100 PMB	35/50-70/100 PMB
Fibertilsetning¹⁾		4-6 (Masseprosent av bindemiddel)		
Grensekurver (tilsiktet utgående sammensetning)				
Gjennomgang i masseprosent				
ISO-sikt		Ska 8	Ska 11	Ska 16
22,4 mm				100
16 mm			100	90-100
11,2 mm		100	90-100	46-66
8 mm		90-100	47-64	30-44
4 mm		38-53	30-45	
2 mm		24-36	20-32	15-30
0,25 mm		14-22	12-20	10-17
0,063 mm		10-14	9-13	8-12
Minimum bindemiddelinhold tilsiktet utgående sammensetning ³⁾				
Min. bindemiddelinhold ²⁾		6,6	6,2	6,0

¹⁾ Angitt mengde tilsetning av fiber er basert på cellulosefiber, andre fibertyper vil kreve andre tilsetningsmengder

²⁾ Minimum bindemiddeltilsetning i % av totalvekt asfaltmasse korrigeres med hensyn på steinmaterialets densitet ved å multiplisere med faktoren

$$\alpha = \frac{2,650}{\rho_a}$$

hvor ρ_a er steinmaterialets densitet i megagram pr kubikkmeter (Mg/m³),

bestemt i henhold til NS-EN 1097-6.

Bindemiddelinholdet inkluderer bitumen i gjenbruk og naturasfalt når det benyttes.

³⁾ For massetyper med D<16mm vil bindemiddelinholdet normalt måtte ligge ca. 0,2 % over minimum bindemiddeltilsetning.

Krav til hulrom ved proporsjonering ¹⁾	ÅDT	
	≤ 15000	> 15000
- minste hulrominnhold, %	2,0	2,5
- største hulrominnhold, %	6,0	6,0
- minste bitumenfylt hulrom, %	71	71
- største bitumenfylt hulrom, %	89	86

¹⁾ Prøvens densitet skal bestemmes vha hydrostatisk overflatetørr metode.

B.3 Agb11

Materialkrav					
Materialer	ÅDT	≤ 300	301-1500	1501-3000	> 3000
Stein					
Flisighetsindeks		≤ 30	≤ 30	≤ 30	
Los Angeles-verdi		≤ 40	≤ 30	≤ 30	
Mølleverdi		≤ 19	≤ 19	≤ 14	
Knusningsgrad		C _{20/70}	C _{20/70}	C _{20/70}	
Bindemiddel		160/220 - 330/430			
Grensekurver (tilsiktet utgående sammensetning)					
Gjennomgang i masseprosent					
ISO-sikt		Agb 8	Agb 11	Agb 16	Agb 22
31,5 mm					100
22,4 mm				100	90-100
16 mm			100	90-100	66-90
11,2 mm		100	90-100	62-90	53-78
8 mm		90-100	66-88	52-78	
4 mm		56-78	46-66		
2 mm		40-58	34-49	27-44	19-40
1 mm		28-44	25-38	17-32	14-30
0,25 mm		14-24	10-20	8-17	7-16
0,063 mm		7-13	5-10	3-8	3-8
Minimum bindemiddelinhold, tilsiktet utgående sammensetning ²⁾					
Min. bindemiddelinhold ¹⁾		6,0%	5,8%	5,6%	5,4%

¹⁾ Minimum bindemiddeltisetning i % av totalvekt asfaltmasse korrigeres med hensyn på steinmaterialets densitet ved å multiplisere med faktoren

$$\alpha = \frac{2,650}{\rho_a}$$

hvor ρ_a er steinmaterialets densitet i megagram pr kubikkmeter (Mg/m³),

bestemt i henhold til NS-EN 1097-6.

Bindemiddelinholdet inkluderer bitumen i gjenbruk og naturasfalt når det benyttes.

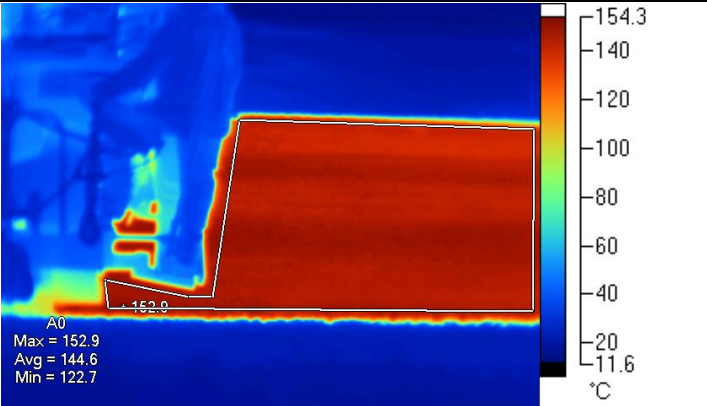

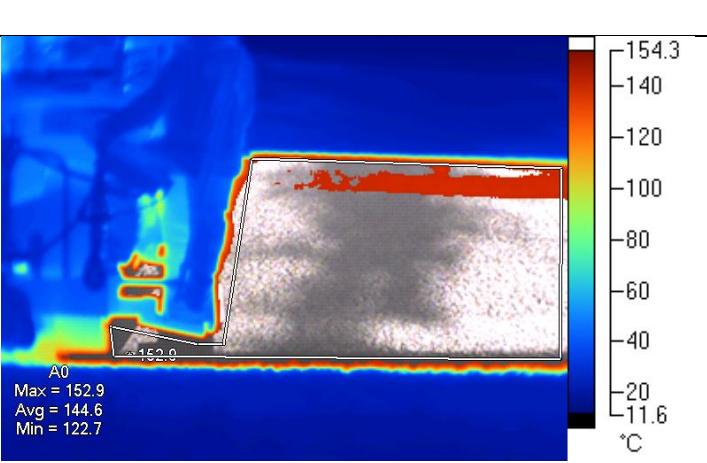
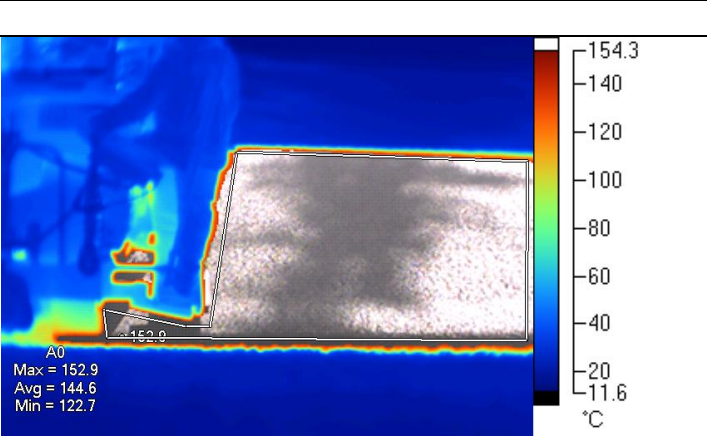
²⁾ For massetyper med D<16mm vil bindemiddelinholdet normalt måtte ligge ca. 0,2 % over minimum bindemiddeltisetning. Bindemiddelinhold kan økes ytterligere ved å tilsette fiber e.l.

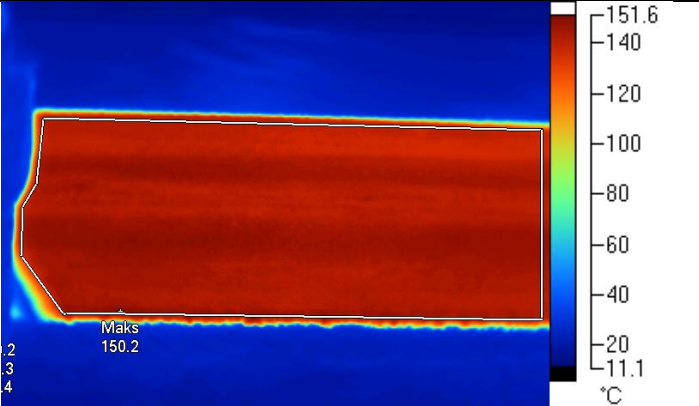

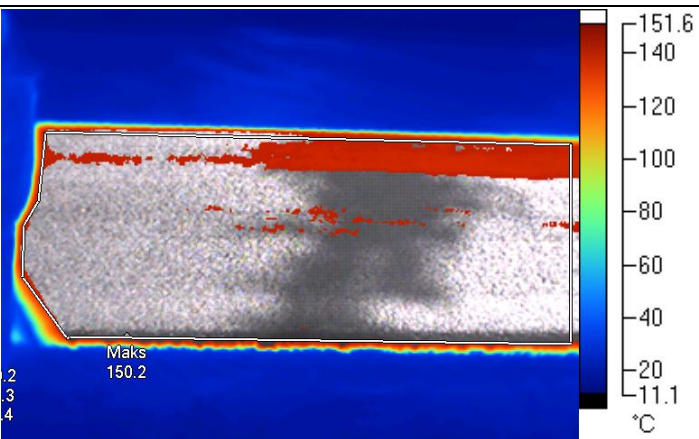
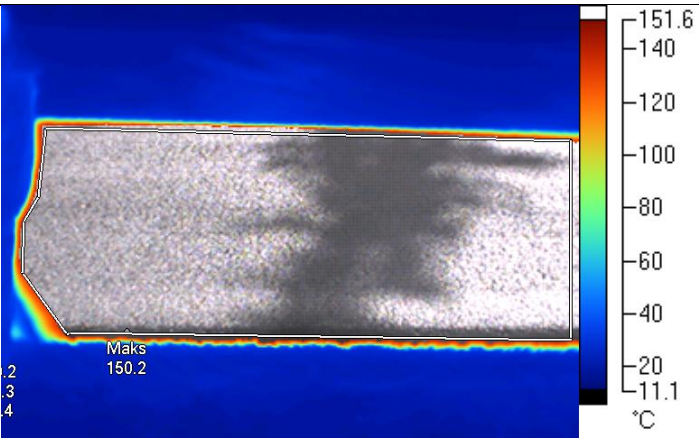
Krav til hulrom ved proporsjonering ¹⁾	ÅDT ≤3 000
Slitelag	
- Minste hulrominnhold, %	2,0
- Største hulrominnhold, %	6,0
- Bitumenfylt hulrom, min., %	≥ 70
Bindlag	
- Minste hulrominnhold, %	2,5
- Største hulrominnhold, %	7,0
- Bitumenfylt hulrom, min., %	≥ 60

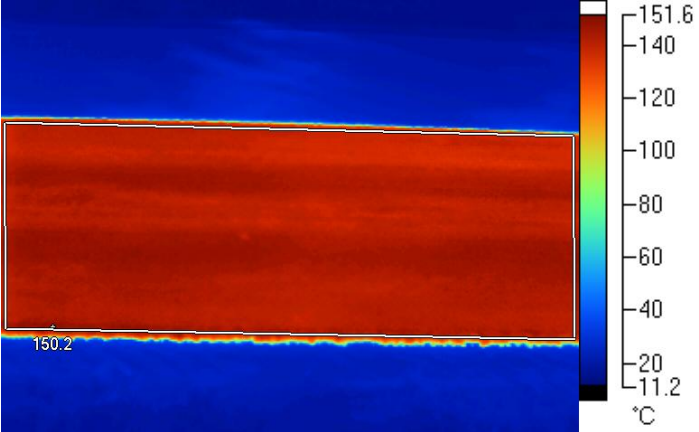

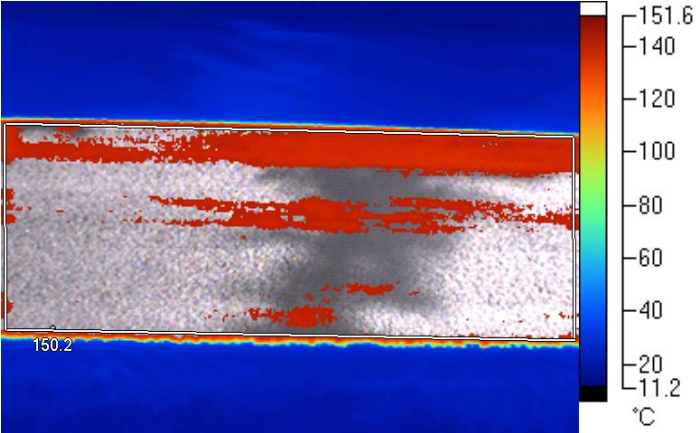
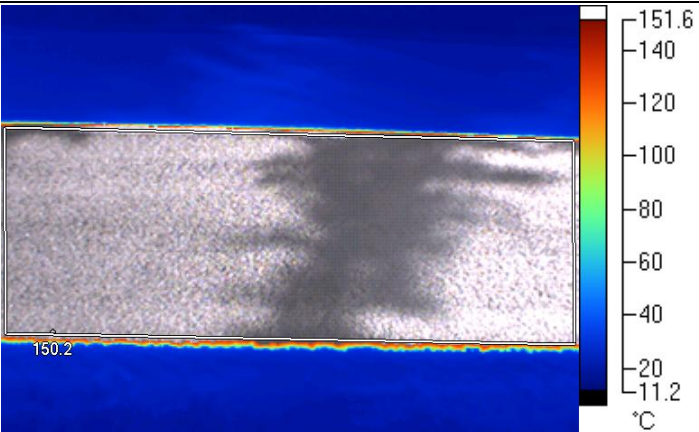
¹⁾ Prøvens densitet skal bestemmes vha hydrostatisk overflatetørr metode.

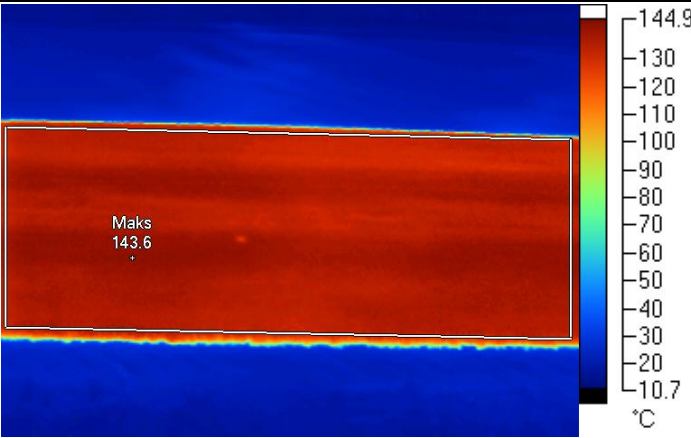

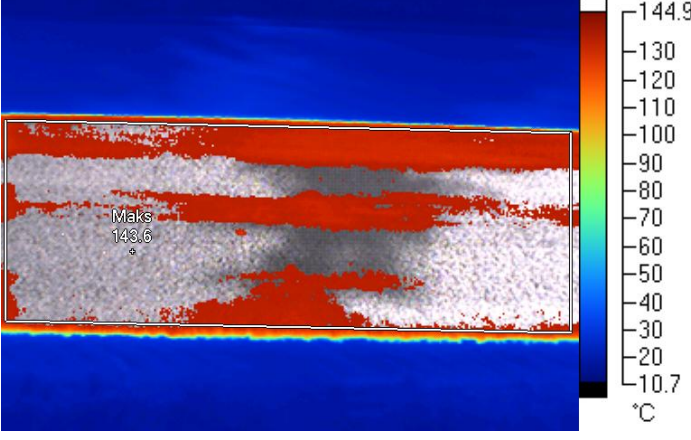
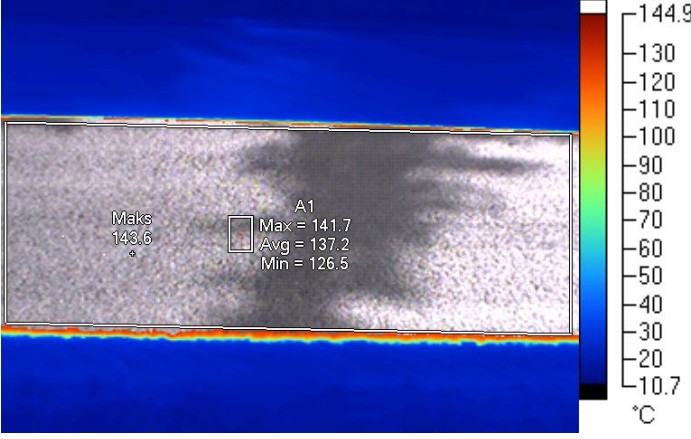
Vedlegg C Varmekamerabilder

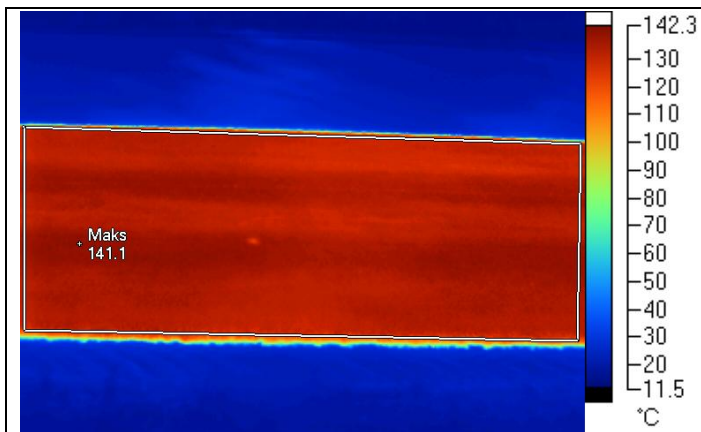
C.1 Oppdal

 <p>IR20060126_0051.is2 10:01:46 AM- Tmax= 152,9 °C Tavg= 144,6 °C</p>	
 <p>IR20060126_0051_3_140.is2 10:01:46 AM</p>	<p>Områder med temperatur under 140 °C er vist i farger.</p>
 <p>IR20060126_0051_4_135.is2 10:01:46 AM</p>	<p>Områder med temperatur under 135 °C er vist i farger.</p>

 <p>IR20060126_0052.is2 10:01:59 AM Tmax= 150,2 °C Tavg= 143,3 °C</p>	
 <p>IR20060126_0052_3_140.is2 10:01:59 AM</p>	<p>Områder med temperatur under 140 °C er vist i farger.</p>
 <p>IR20060126_0052_4_135.is2 10:01:59 AM</p>	<p>Områder med temperatur under 135 °C er vist i farger.</p>

 <p>IR20060126_0053.is2 10:02:24 AM Tmax= 150,2 °C Tavg= 141,9 °C</p>	
 <p>IR20060126_0053_3_140.is2 10:02:24 AM</p>	<p>Områder med temperatur under 140 °C er vist i farger.</p>
 <p>IR20060126_0053_5_131.is2 10:02:24 AM</p>	<p>Områder med temperatur under 135 °C er vist i farger.</p>

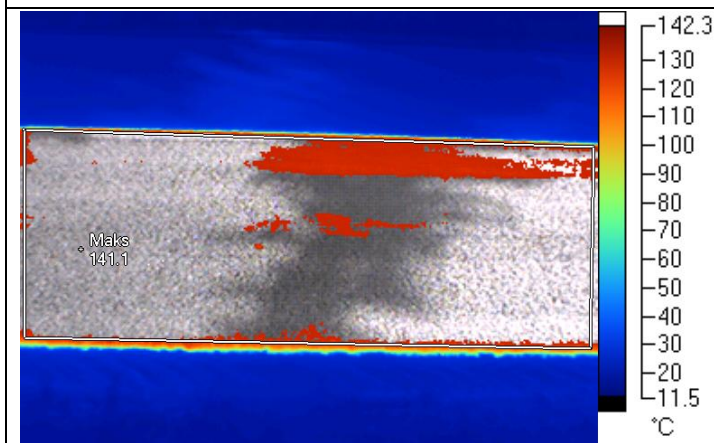
 <p>IR20060126_0054.is2 10:03:42 AM Tmax= 143,3 °C Tavg= 136,1 °C</p>	
 <p>IR20060126_0054_3_135.is2 10:03:42 AM</p>	<p>Områder med temperatur under 135 °C er vist i farger.</p>
 <p>IR20060126_0054_5_127.is2 10:03:42 AM</p>	<p>Områder med temperatur under 127 °C er vist i farger. Cold spots (under 126 °C) er vist</p>



IR20060126_0055.is2
10:04:20 AM Tmax= 141,1 °C Tavg= 133,6 °C

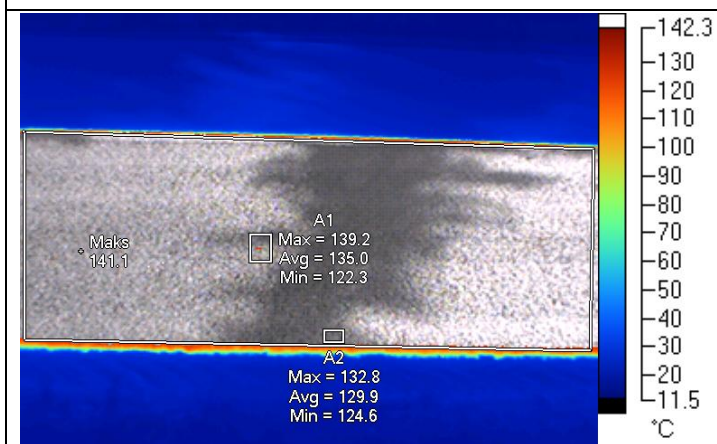


Kompaktering: 1. passering,
Statisk vals
Posisjon C.



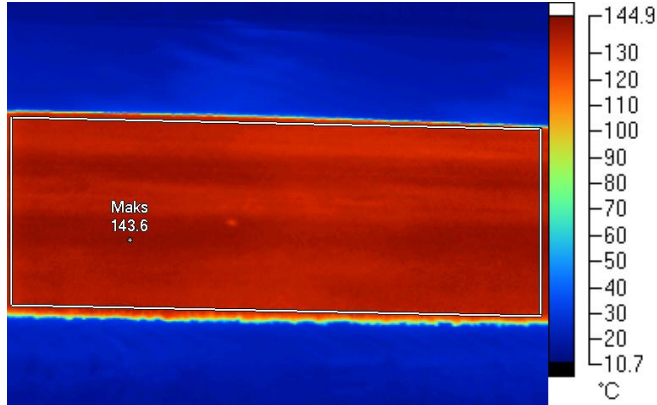

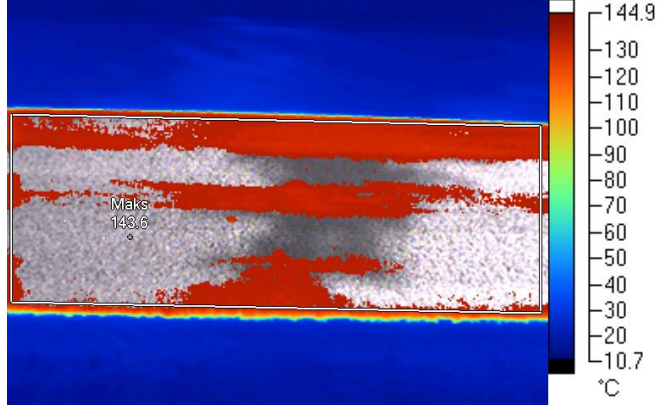
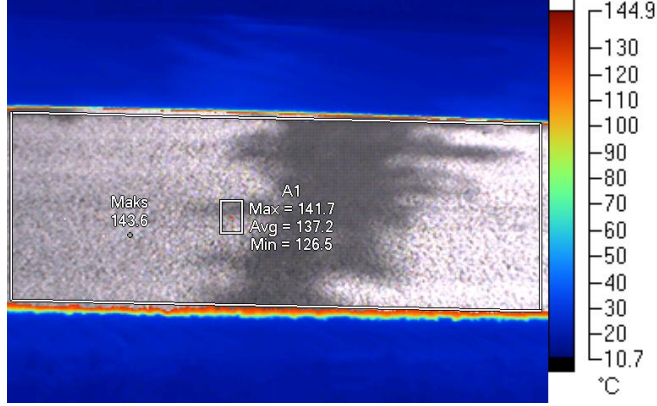
IR20060126_0055_3_130.is2
10:04:20 AM

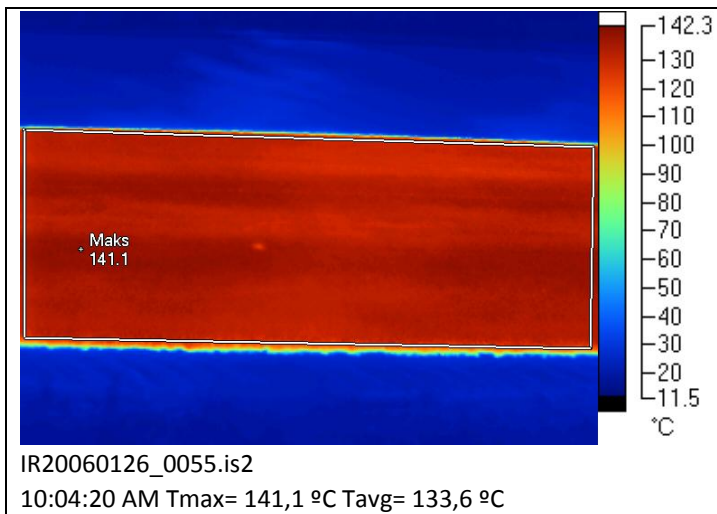
Områder med temperatur under 130 °C er vist i farger.



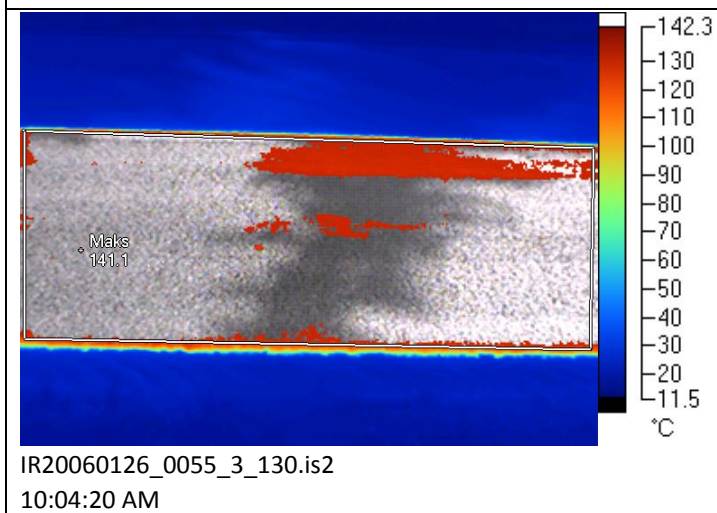
IR20060126_0055_4_125.is2
10:04:20 AM

Områder med temperatur under 125 °C er vist i farger.
Cold spots (122,3 og 124,6 °C) er vist.

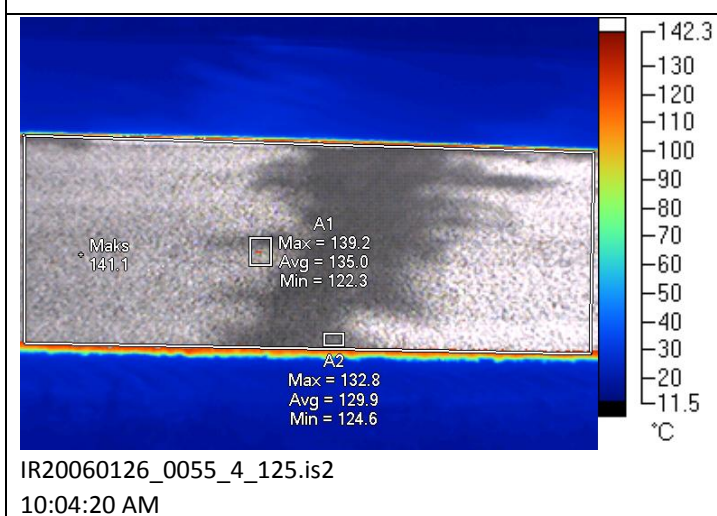
 <p>IR20060126_0054.is2 10:03:42 AM Tmax= 143,3 °C Tavg= 136,1 °C</p>	
 <p>IR20060126_0054_3_135.is2 10:03:42 AM</p>	<p>Områder med temperatur under 135 °C er vist i farger.</p>
 <p>IR20060126_0054_5_127.is2 10:03:42 AM</p>	<p>Områder med temperatur under 127 °C er vist i farger. Cold spots (under 126 °C) er vist</p>



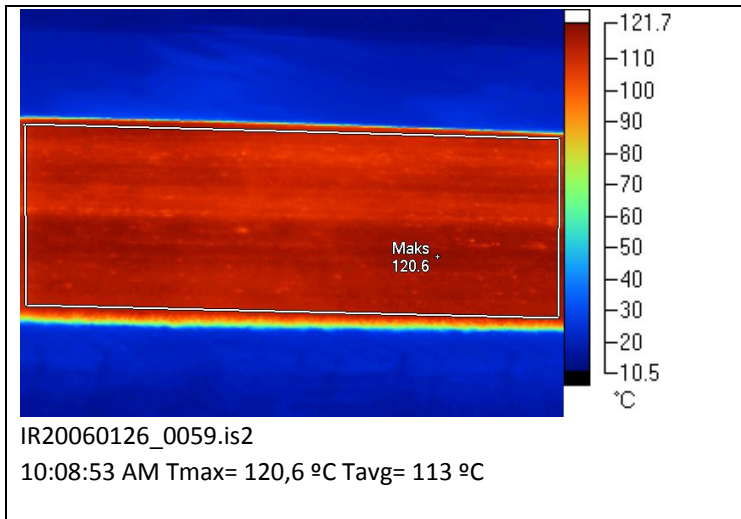
Kompaktering: 1. passering,
Statisk vals
Posisjon C.



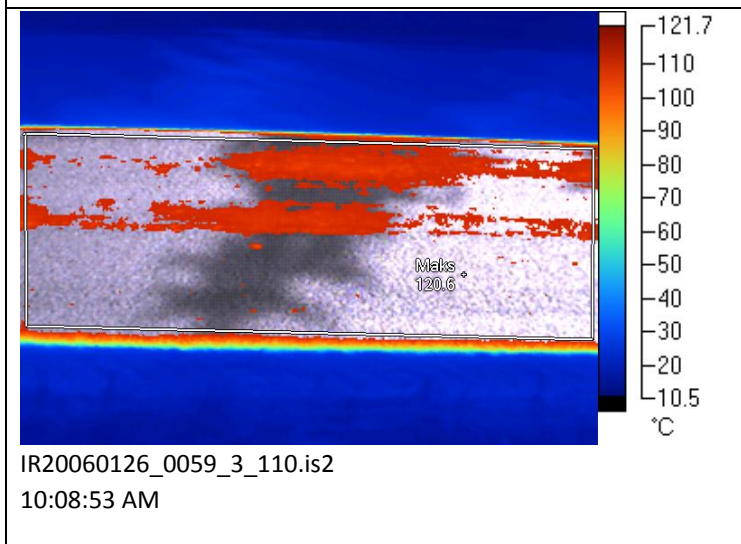
Områder med temperatur under 130 °C er vist
i farger.



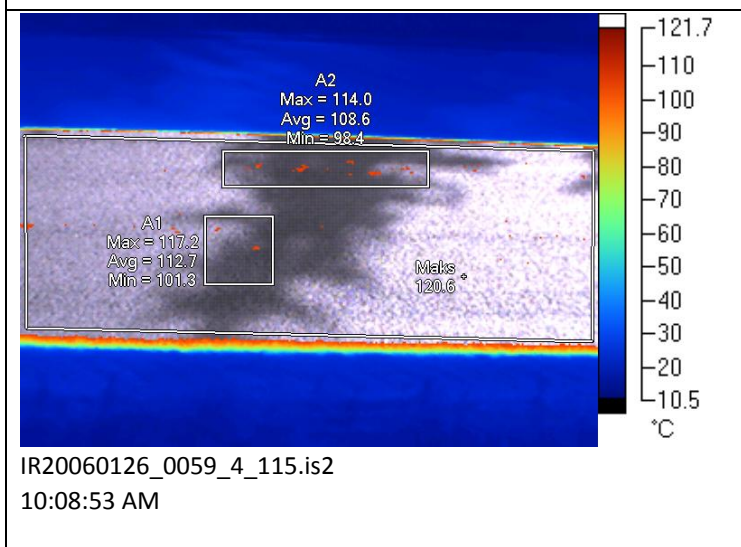
Områder med temperatur under 125 °C er vist
i farger.
Cold spots (122,3 og 124,6 °C) er vist.



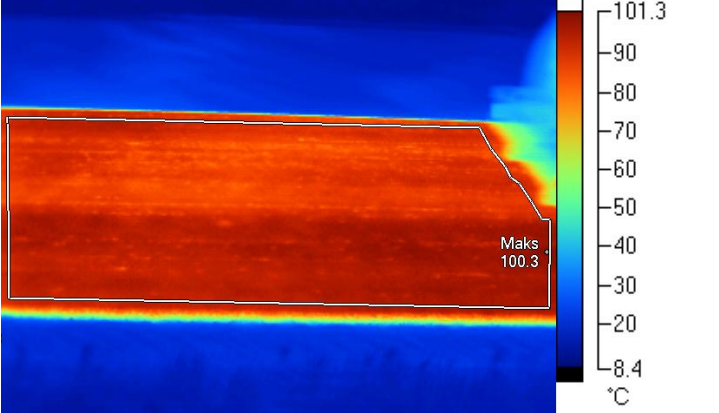

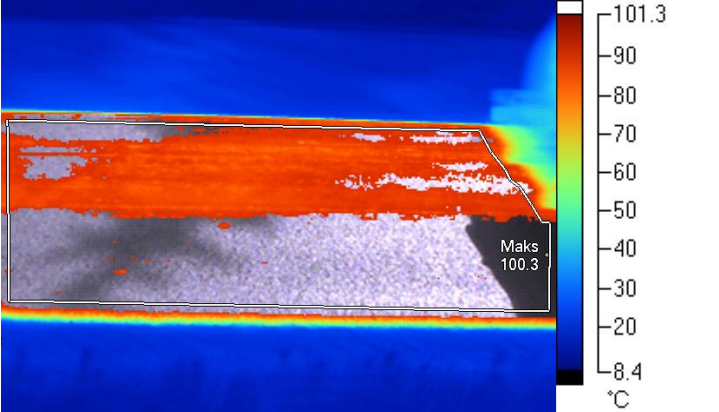
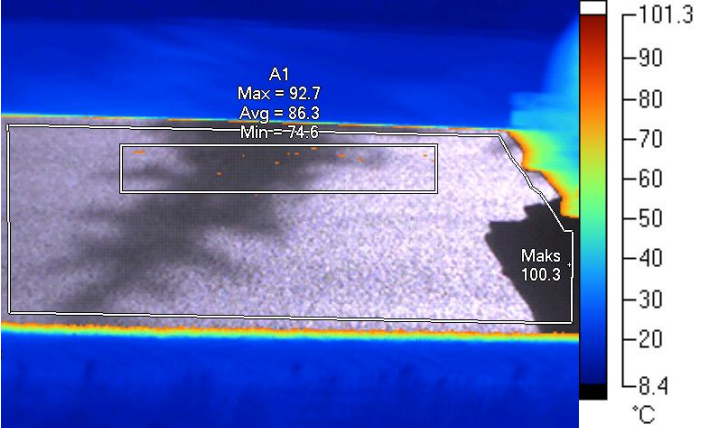
Kompaktering: 5. passering
Statisk vals
Posisjon C



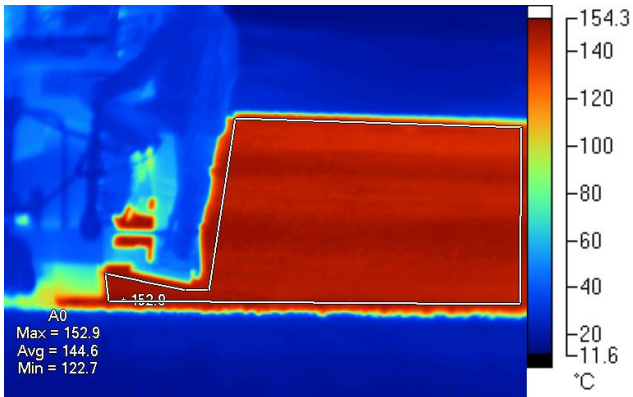
Områder med temperatur under 110 °C er vist i farger.



Områder med temperatur under 115 °C er vist i farger.
Cold spots (101,3 og 98,4 °C) er vist.

 <p>IR20060126_0065.is2 10:14:41 AM Tmax= 100,3 °C Tavg= 91,3 °C</p>	 <p>Kompaktering nr. 11 (den siste) Statisk vals Posisjon A</p>
 <p>IR20060126_0065_3_90.is2 10:14:41 AM</p>	<p>Områder med temperatur under 90 °C er vist i farger.</p>
 <p>IR20060126_0065_5_80.is2 10:14:41 AM</p>	<p>Områder med temperatur under 80 °C er vist i farger. Cold spots (74,6 °C) er vist.</p>

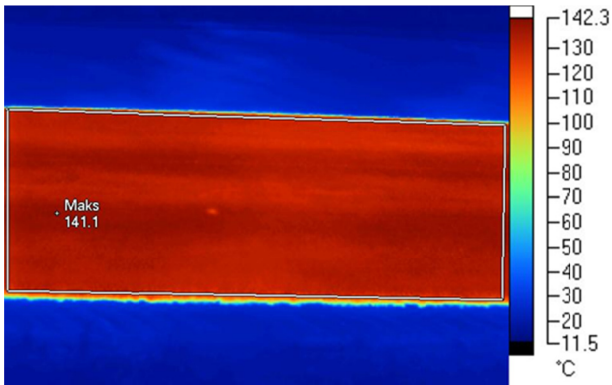
SAMMENDRAG FRA OPPDAL PROFIL 1:



IR20060126_0051.is2
10:01:46 AM- Tmax= 152,9 °C Tavg= 144,6 °C



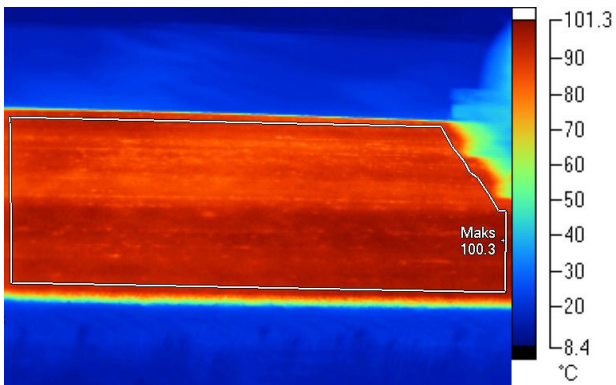
Områder med temperatur under 140 °C er vist i farger.



IR20060126_0055.is2
10:04:20 AM Tmax= 141,1 °C Tavg= 133,6 °C



Statisk vals. Kompaktering: 1. passering.
Posisjon C.



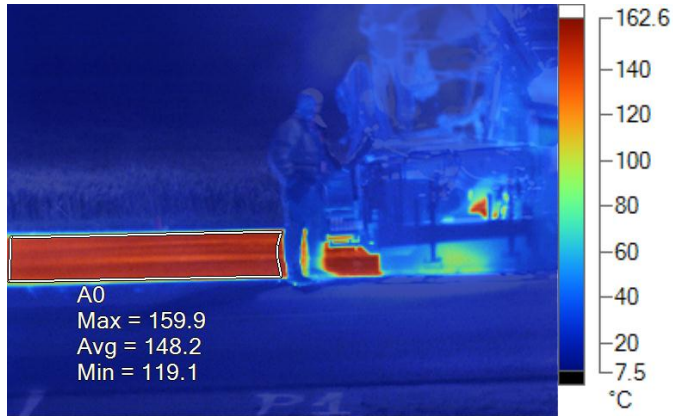



IR20060126_0065.is2
10:14:41 AM Tmax= 100,3 °C Tavg= 91,3 °C

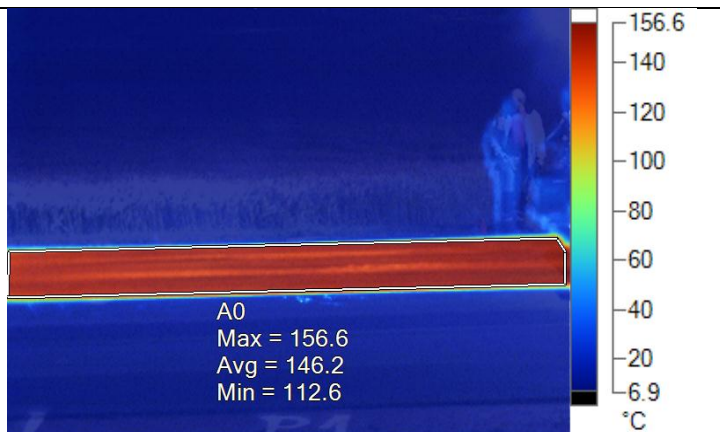





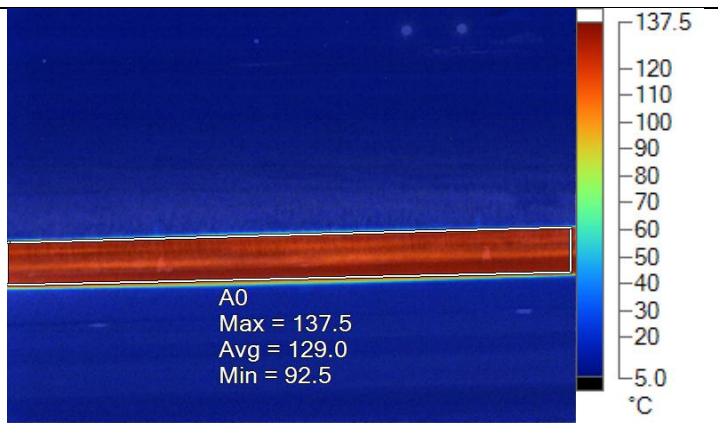

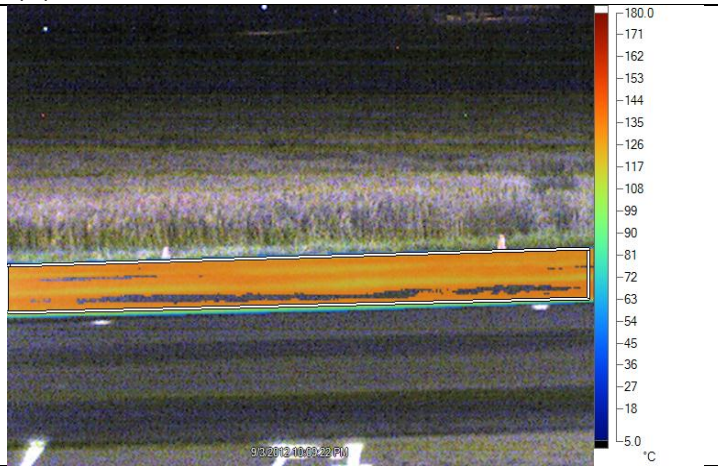
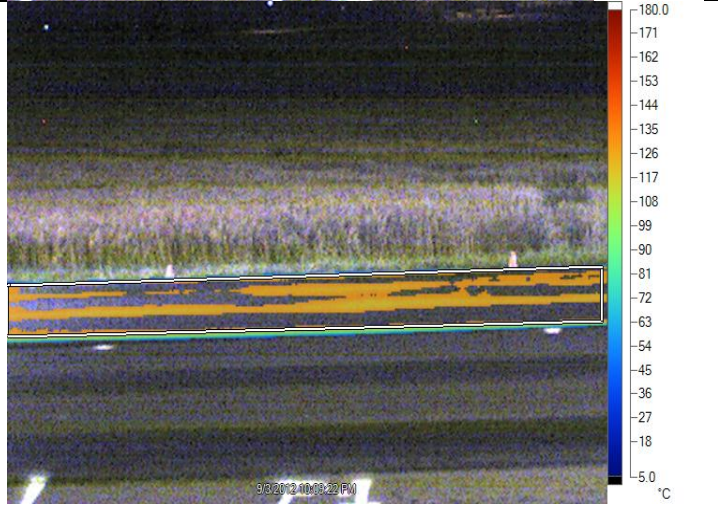
Statisk vals. Kompaktering nr. 11 (den siste)
Posisjon A

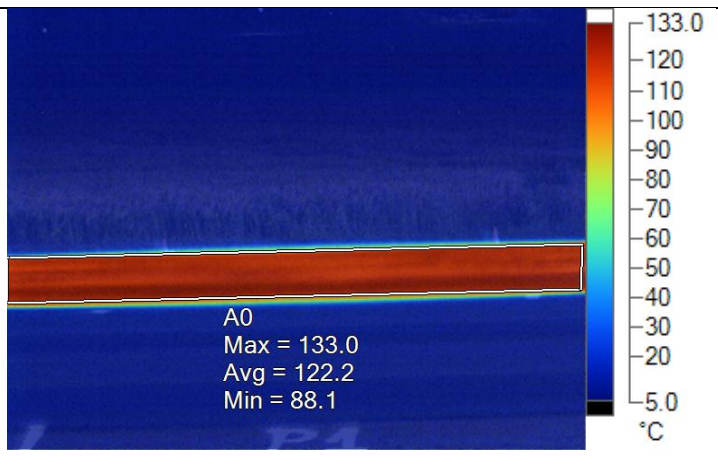

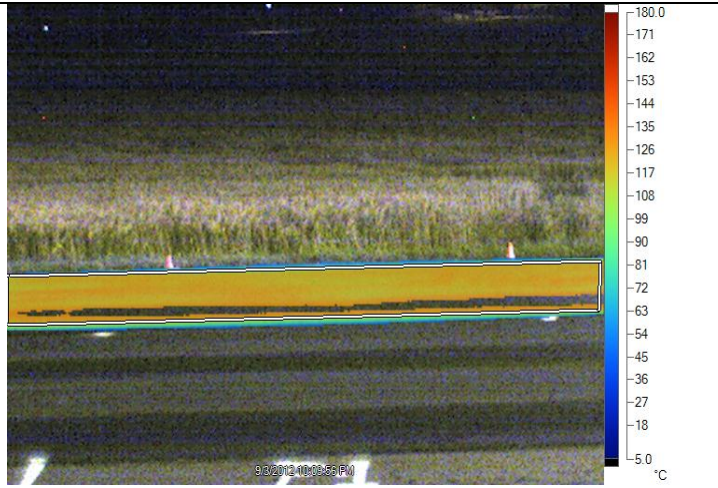
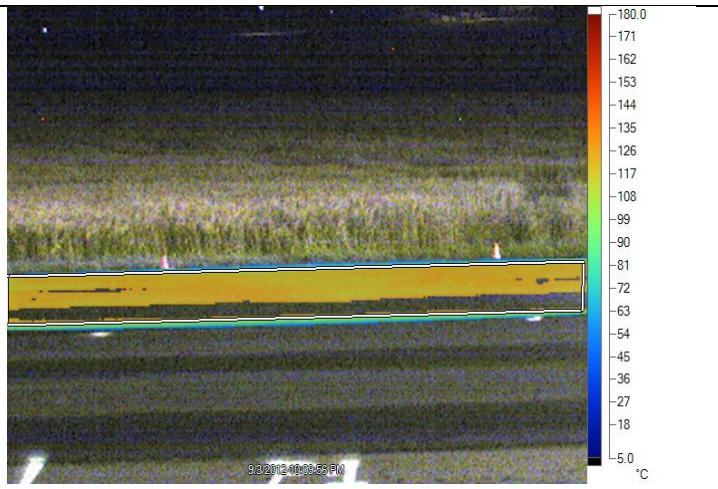
C.2 Orkanger

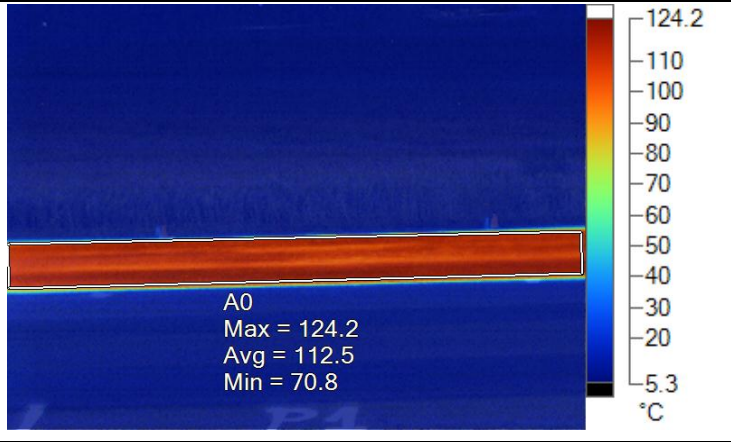

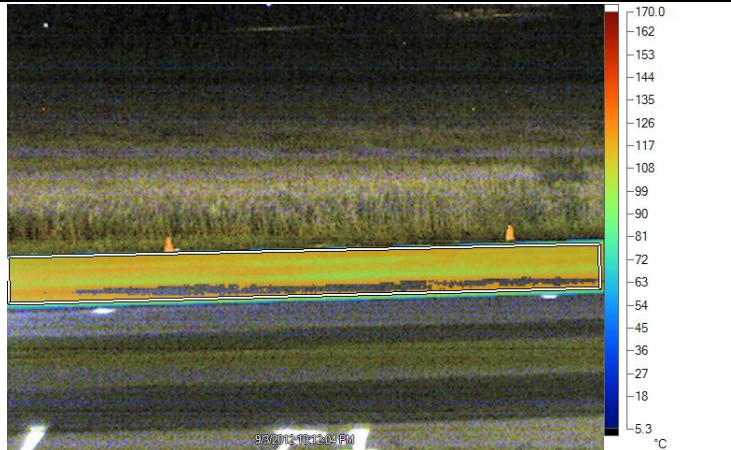

c.2.1 Profil 1

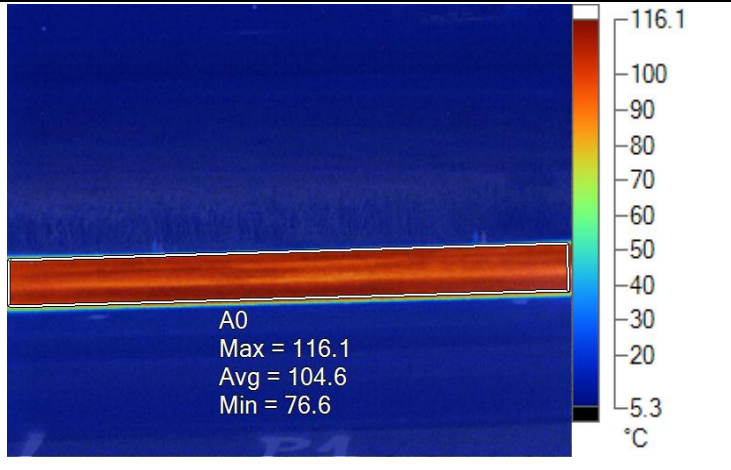

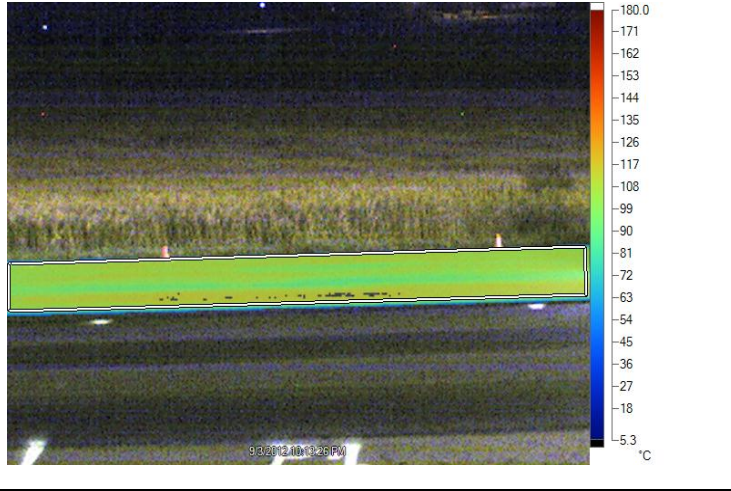
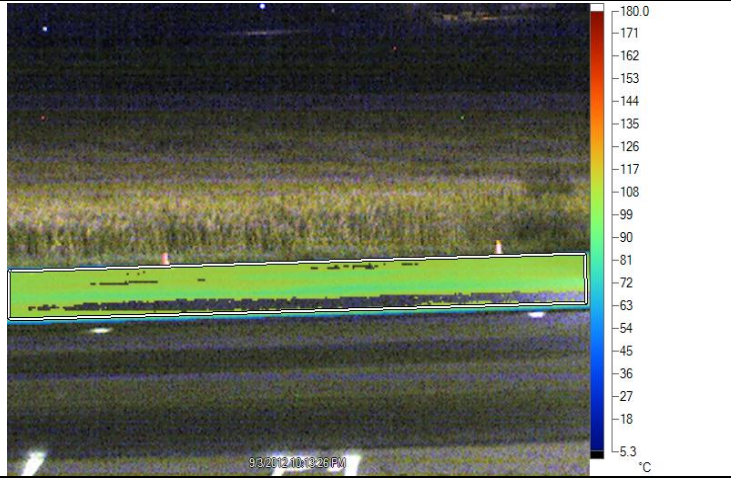
 <p>A0 Max = 159.9 Avg = 148.2 Min = 119.1</p>	
<p>IR20120903_0261.is2 9/3/2012 10:06:23 PM</p>	<p>IR20120903_0261.is2 9/3/2012 10:06:23 PM</p>
	<p>Områder med temperatur under 155 °C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0261.is2 9/3/2012 10:06:23 PM</p>
	<p>Områder med temperatur under 150 °C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0261.is2 9/3/2012 10:06:23 PM</p>

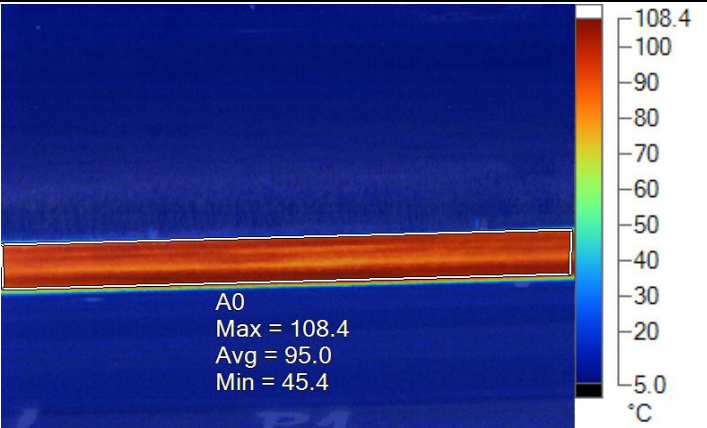

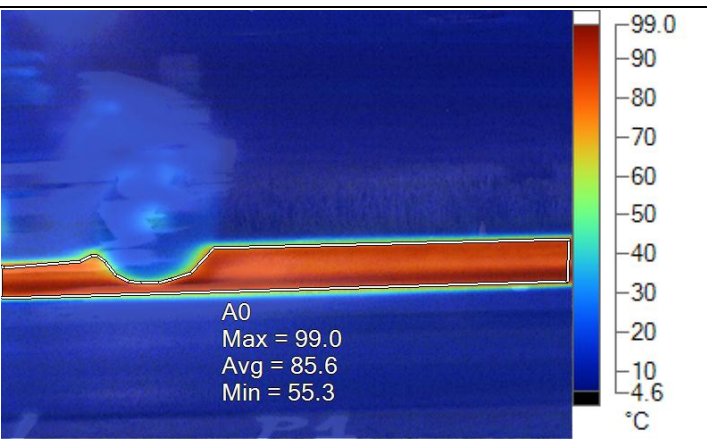
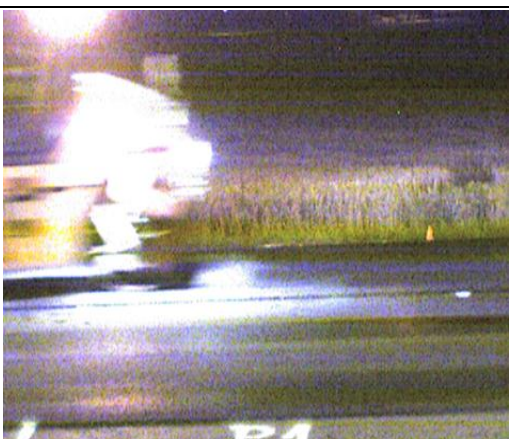
 <p>A0 Max = 156.6 Avg = 146.2 Min = 112.6</p>	
<p>IR20120903_0262.is2 9/3/2012 10:06:42 PM</p>	<p>IR20120903_0262.is2 9/3/2012 10:06:42 PM</p>
	<p>Områder med temperatur under 155 °C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0262.is2 9/3/2012 10:06:42 PM</p>
	<p>Områder med temperatur under 150 °C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0262.is2 9/3/2012 10:06:42 PM</p>

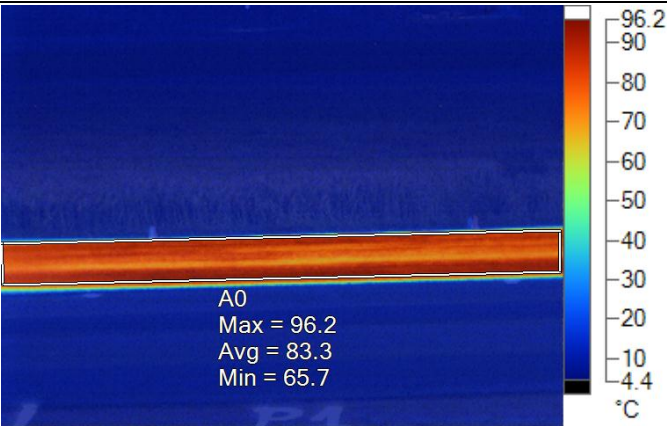


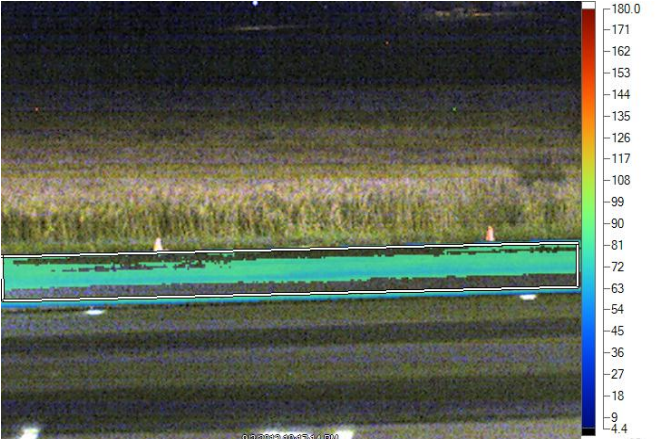
 <p>A0 Max = 137.5 Avg = 129.0 Min = 92.5</p>	
<p>IR20120903_0263.is2 9/3/2012 10:09:22 PM</p>	<p>IR20120903_0263.is2 9/3/2012 10:09:22 PM</p>
	<p>Områder med temperatur under 135 °C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0263.is2 9/3/2012 10:09:22 PM</p>
	<p>Områder med temperatur under 130 °C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0263.is2 9/3/2012 10:09:22 PM</p>

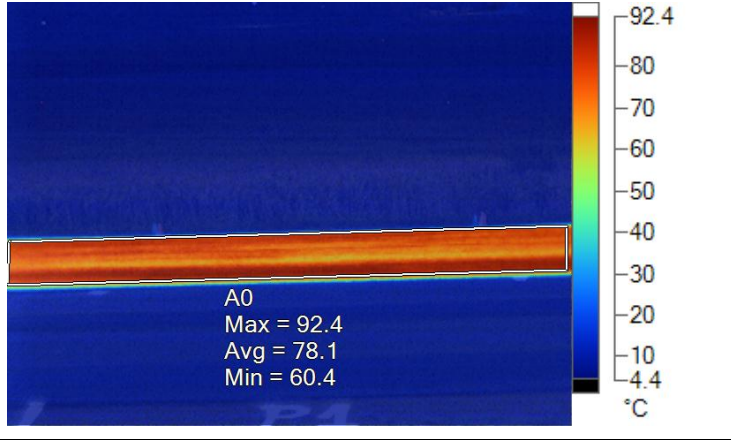

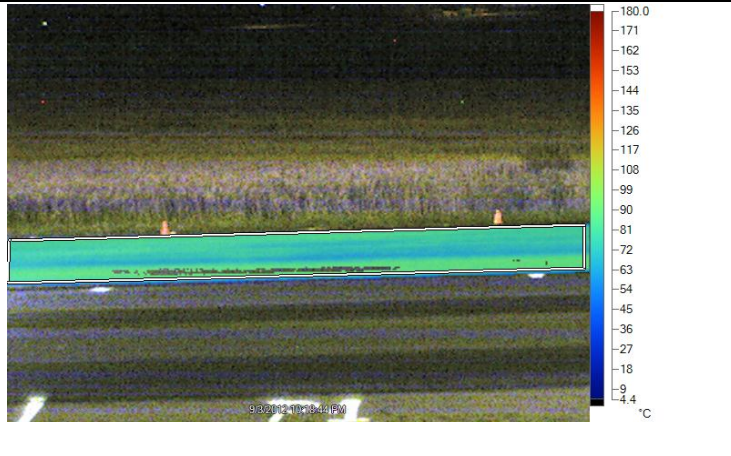
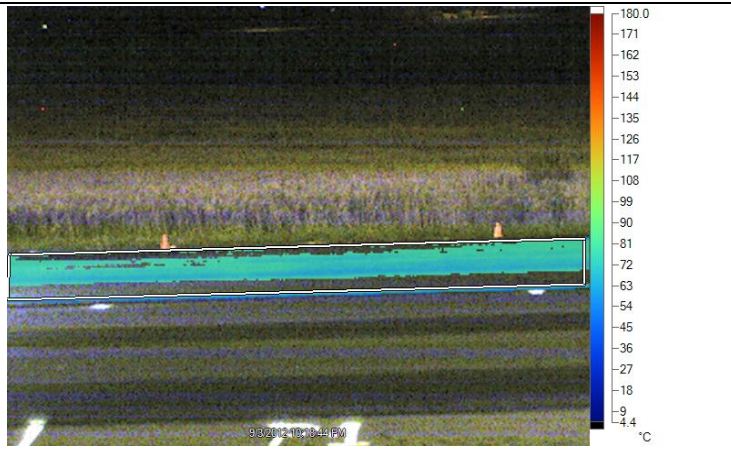
 <p>A0 Max = 133.0 Avg = 122.2 Min = 88.1</p>	
<p>IR20120903_0264.is2 9/3/2012 10:09:56 PM</p>	<p>IR20120903_0264.is2 9/3/2012 10:09:56 PM</p>
 <p>9/3/2012 10:09:56 PM</p>	<p>Områder med temperatur under 130 °C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0264.is2 9/3/2012 10:09:56 PM</p>
 <p>9/3/2012 10:09:56 PM</p>	<p>Områder med temperatur under 125°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0264.is2 9/3/2012 10:09:56 PM</p>

 <p>A0 Max = 124.2 Avg = 112.5 Min = 70.8</p>	
<p>IR20120903_0265.is2 9/3/2012 10:12:04 PM</p>	<p>IR20120903_0265.is2 9/3/2012 10:12:04 PM</p>
	<p>Områder med temperatur under 120°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0265.is2 9/3/2012 10:12:04 PM</p>
	<p>Områder med temperatur under 115°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0265.is2 9/3/2012 10:12:04 PM</p>

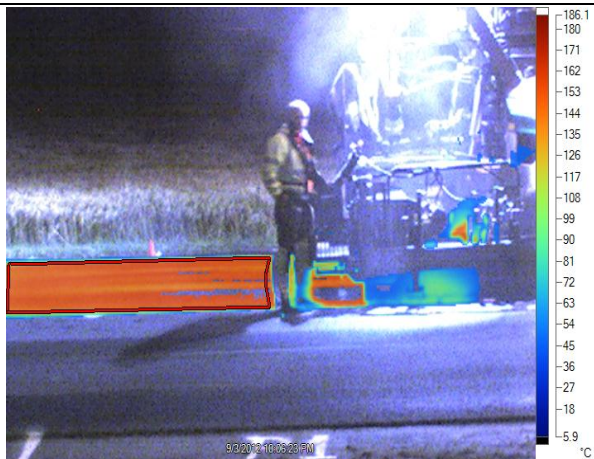

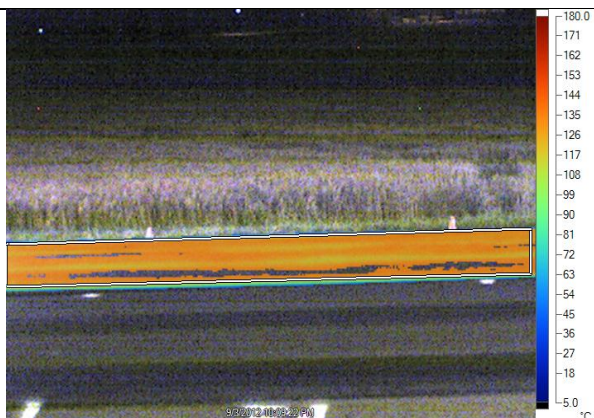

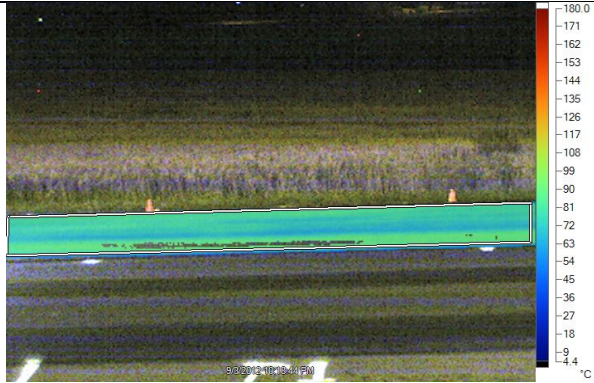

 <p>A0 Max = 116.1 Avg = 104.6 Min = 76.6</p>	
<p>IR20120903_0266.is2 9/3/2012 10:13:26 PM</p>	<p>IR20120903_0266.is2 9/3/2012 10:13:26 PM</p>
 <p>9/3/2012 10:13:26 PM</p>	<p>Områder med temperatur under 115°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0266.is2 9/3/2012 10:13:26 PM</p>
 <p>9/3/2012 10:13:26 PM</p>	<p>Områder med temperatur under 110°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0266.is2 9/3/2012 10:13:26 PM</p>

 <p>A0 Max = 108.4 Avg = 95.0 Min = 45.4</p>	
<p>IR20120903_0267.is2 9/3/2012 10:15:09 PM</p>	<p>IR20120903_0267.is2 9/3/2012 10:15:09 PM</p>
 <p>A0 Max = 99.0 Avg = 85.6 Min = 55.3</p>	
<p>IR20120903_0268.is2 9/3/2012 10:16:39 PM</p>	<p>IR20120903_0268.is2 9/3/2012 10:16:39 PM</p>

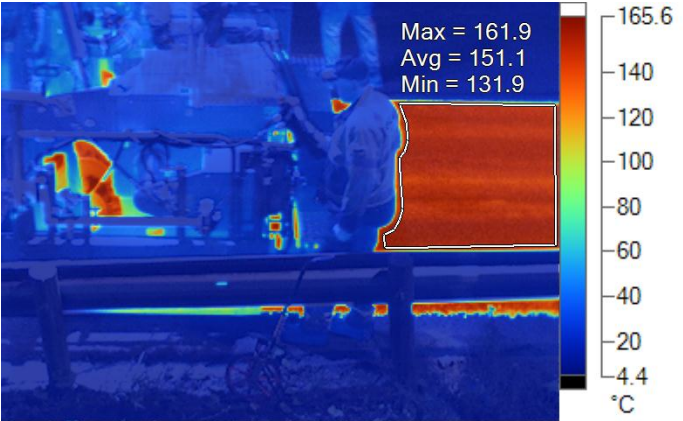



 <p>A0 Max = 96.2 Avg = 83.3 Min = 65.7</p>	
<p>IR20120903_0269.is2 9/3/2012 10:17:14 PM</p>	
	<p>Områder med temperatur under 95°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0269.is2 9/3/2012 10:17:14 PM</p>
	<p>Områder med temperatur under 85°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0269.is2 9/3/2012 10:17:14 PM</p>

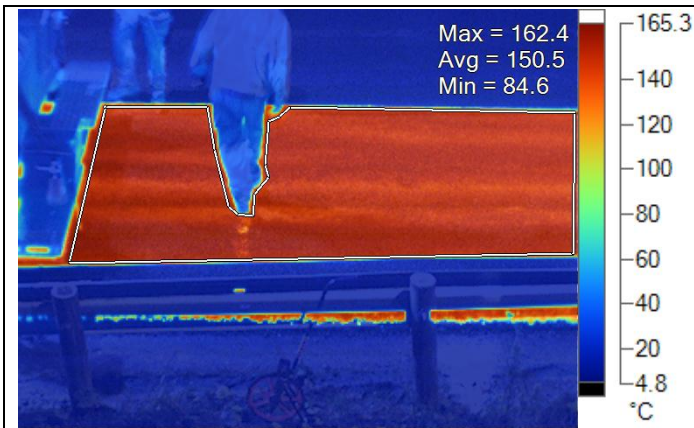
 <p>A0 Max = 92.4 Avg = 78.1 Min = 60.4</p>	
<p>IR20120903_0270.is2 9/3/2012 10:18:44 PM</p>	
	<p>Områder med temperatur under 90°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0270.is2 9/3/2012 10:18:44 PM</p>
	<p>Områder med temperatur under 80°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0270.is2 9/3/2012 10:18:44 PM</p>

SAMMENDRAG ORKANGER PROFIL 1

 <p>IR20120903_0261.is2 9/3/2012 10:06:23 PM Tmax= 156,6 °C Tavg= 146,2 °C</p>	 <p>Områder med temperatur under 155 °C er vist i farger.</p>
 <p>IR20120903_0263.is2 9/3/2012 10:09:22 PM Tmax= 133 °C Tavg= 122,2 °C</p>	 <p>Områder med temperatur under 135 °C er vist i farger.</p>
 <p>IR20120903_0270.is2 9/3/2012 10:18:44 PM Tmax= 92,4 °C Tavg= 78,1 °C</p>	 <p>Områder med temperatur under 90°C er vist i farger.</p>

C.2.2 Profil 2

	
<p>IR20120903_0279.is2 9/3/2012 10:43:28 PM</p>	
	<p>Områder med temperatur under 155°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0279.is2 9/3/2012 10:43:28 PM</p>
	<p>Områder med temperatur under 150°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0279.is2 9/3/2012 10:43:28 PM</p>

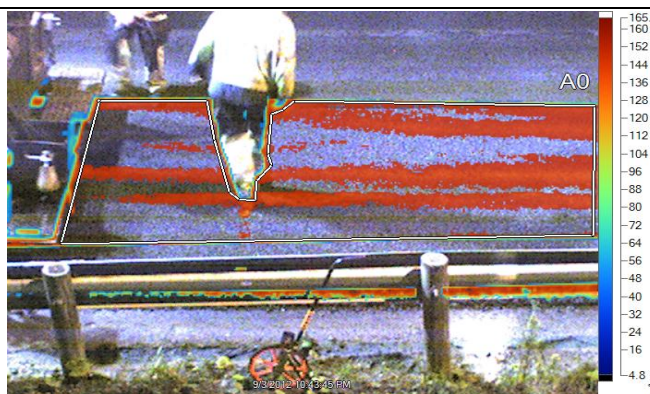


IR20120903_0280.is2
9/3/2012 10:43:45 PM



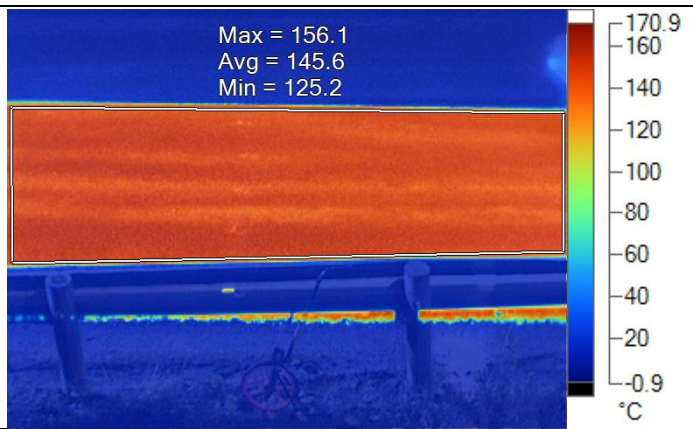

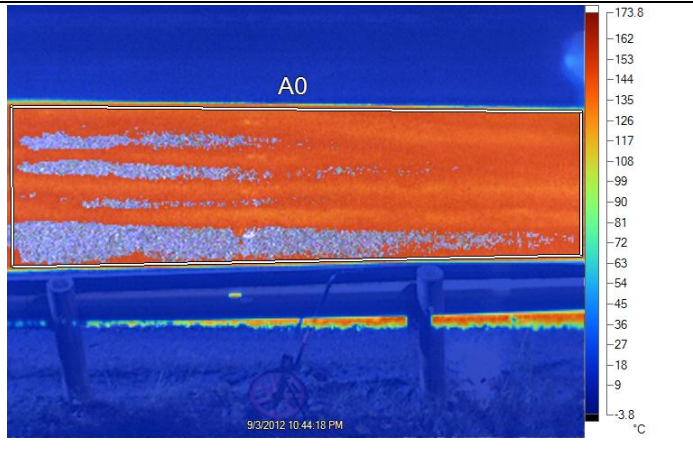
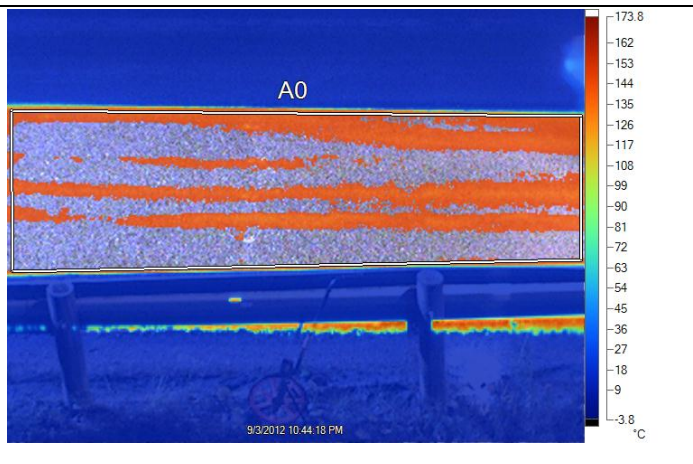
Områder med temperatur under 155°C er vist i farger.

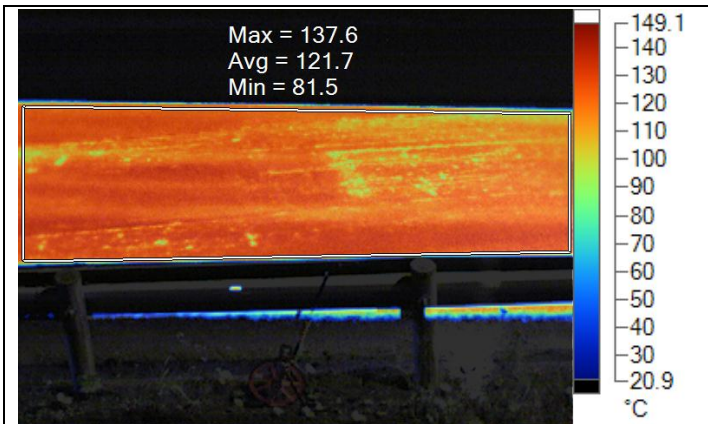
IR20120903_0280.is2
9/3/2012 10:43:45 PM



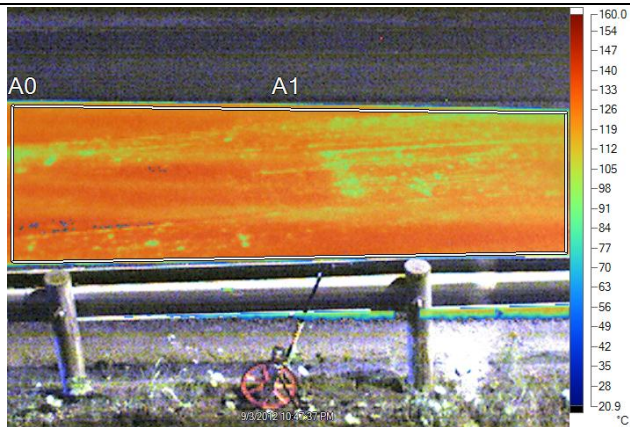
Områder med temperatur under 150°C er vist i farger.

IR20120903_0280.is2
9/3/2012 10:43:45 PM

 <p>Max = 156.1 Avg = 145.6 Min = 125.2</p>	
<p>IR20120903_0281.is2 9/3/2012 10:44:18 PM</p>	
 <p>A0</p>	<p>Områder med temperatur under 150°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0281.is2 9/3/2012 10:44:18 PM</p>
 <p>A0</p>	<p>Områder med temperatur under 145°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0281.is2 9/3/2012 10:44:18 PM</p>

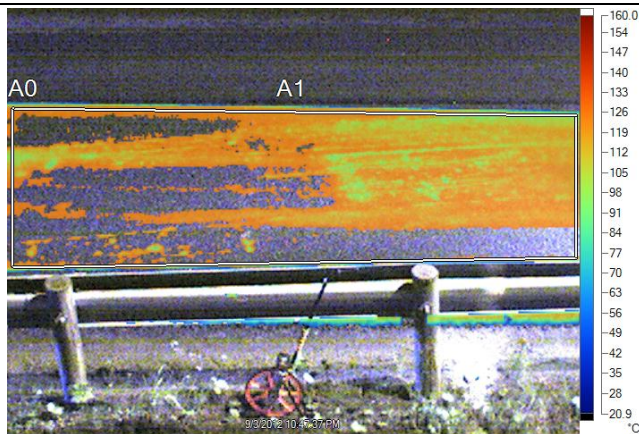


IR20120903_0282.is2
9/3/2012 10:47:37 PM



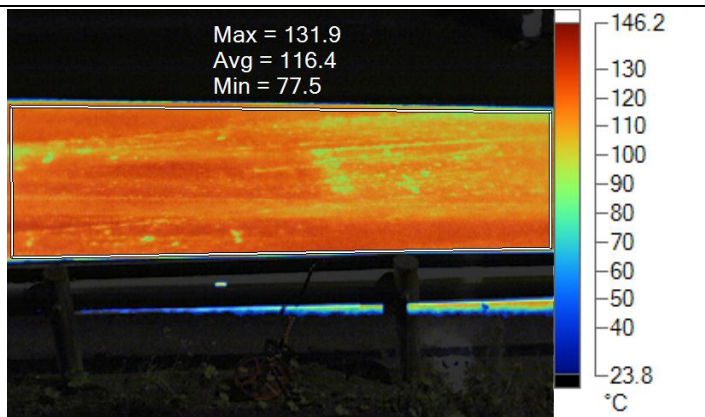

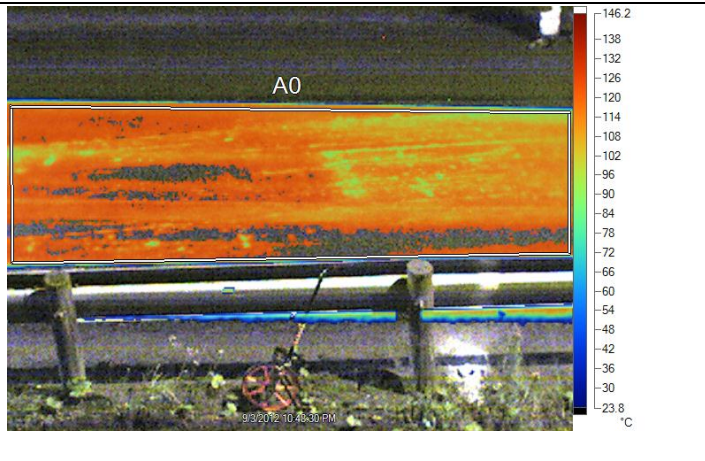
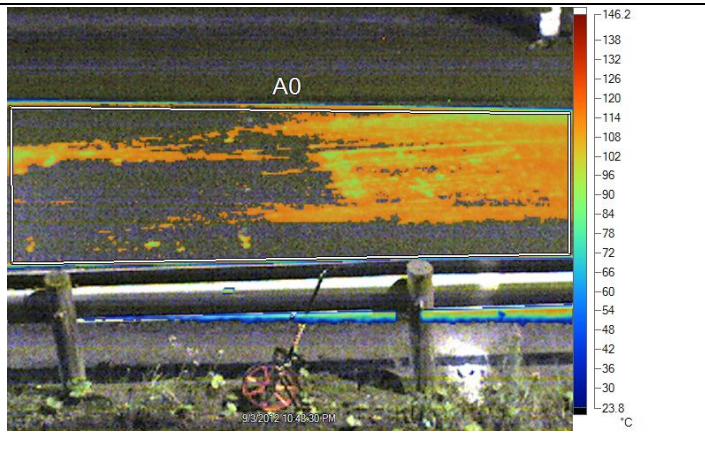
Områder med temperatur under 135°C er vist i farger.

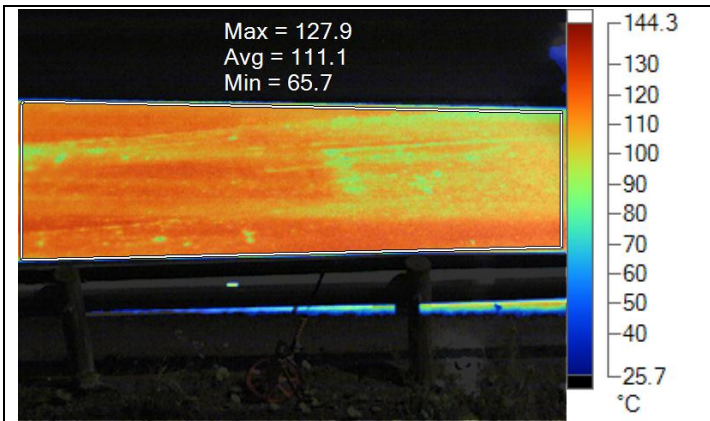
IR20120903_0282.is2
9/3/2012 10:47:37 PM



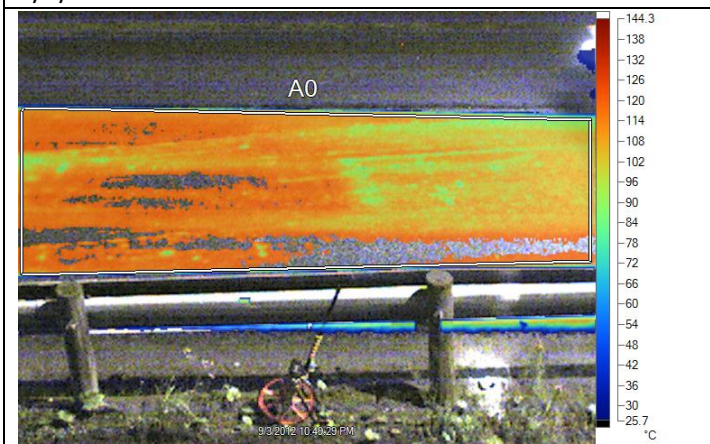
Områder med temperatur under 125°C er vist i farger.

IR20120903_0282.is2
9/3/2012 10:47:37 PM

	
<p>IR20120903_0283.is2 9/3/2012 10:48:30 PM</p>	
	<p>Områder med temperatur under 125°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0283.is2 9/3/2012 10:48:30 PM</p>
	<p>Områder med temperatur under 115°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0283.is2 9/3/2012 10:48:30 PM</p>



IR20120903_0284.is2
9/3/2012 10:49:29 PM



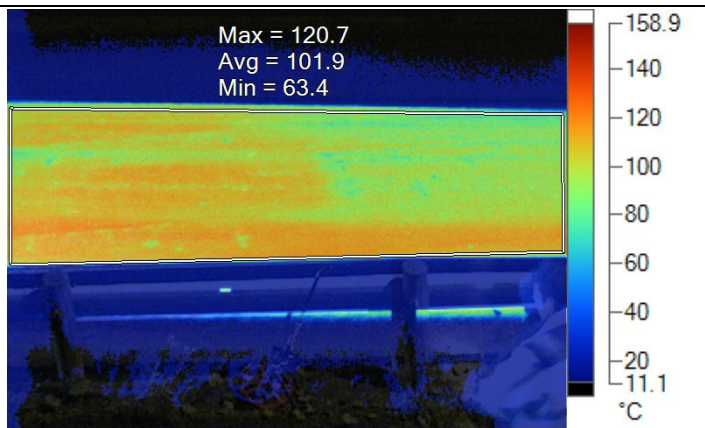

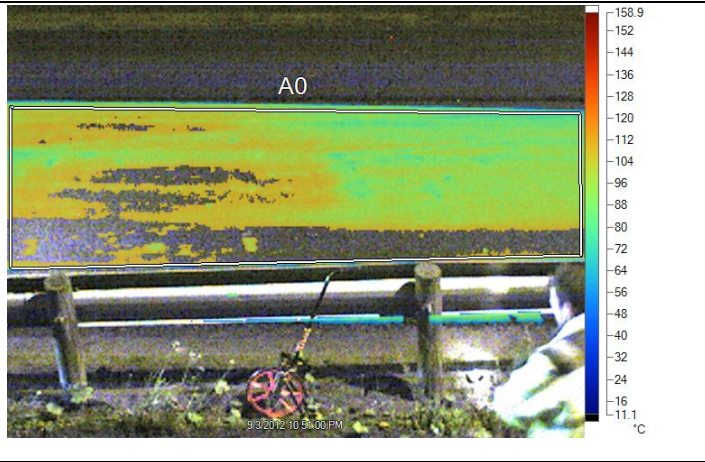
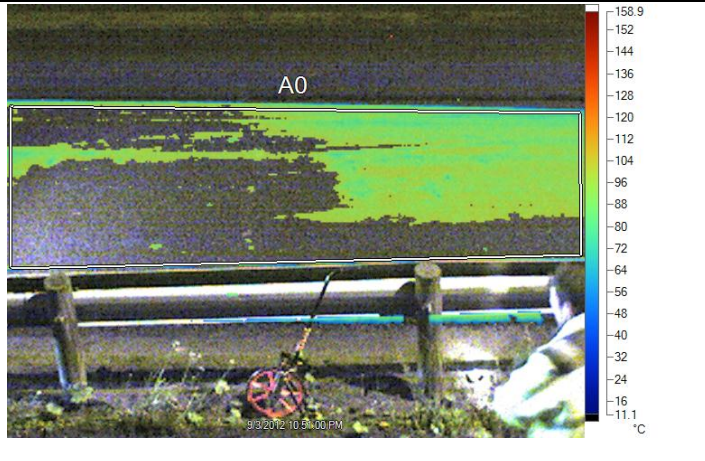
Områder med temperatur under 120°C er vist i farger.

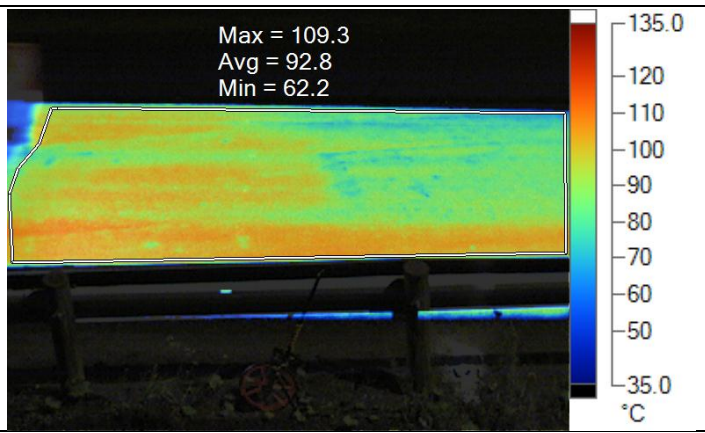

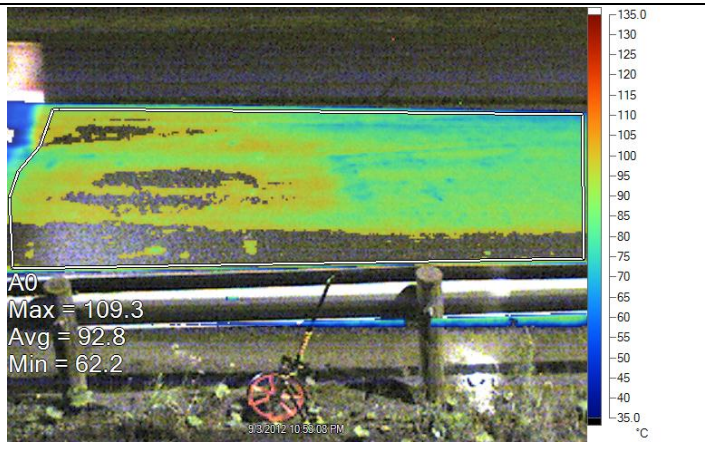
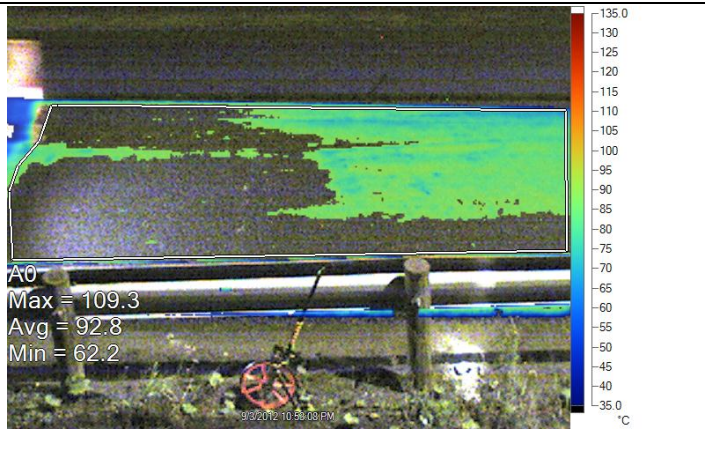
IR20120903_0284.is2
9/3/2012 10:49:29 PM

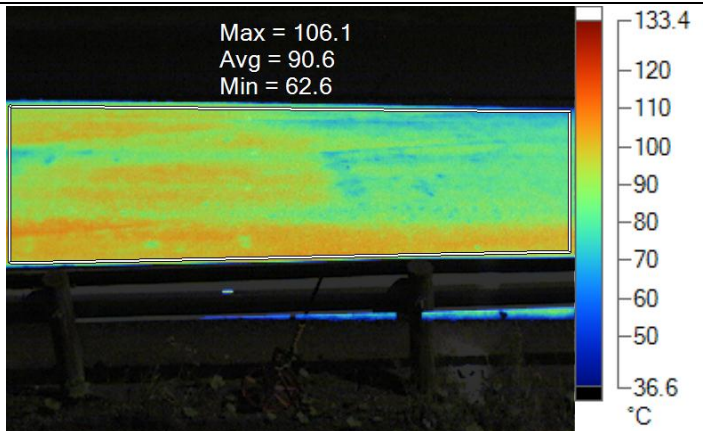

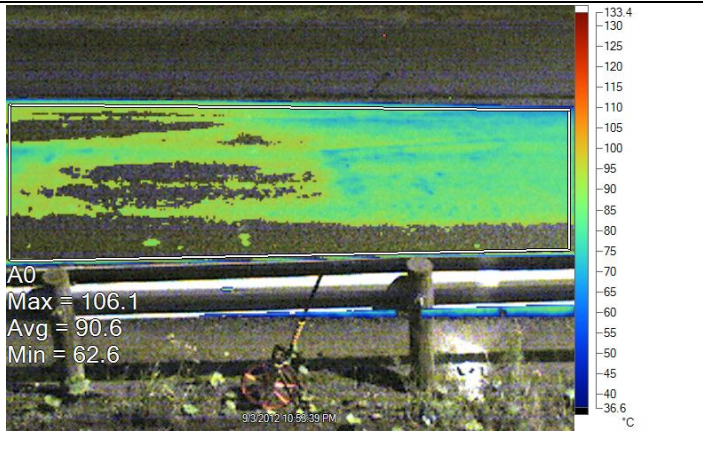



Områder med temperatur under 110°C er vist i farger.

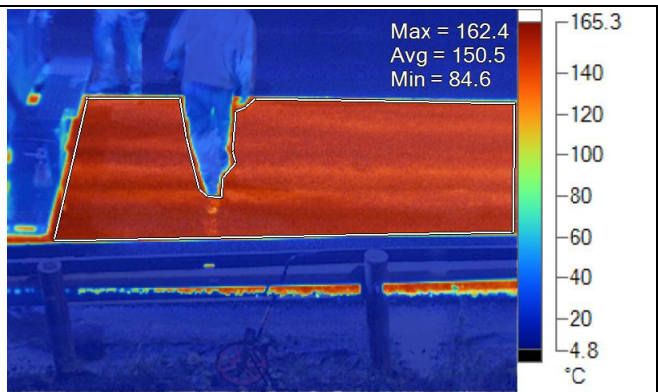

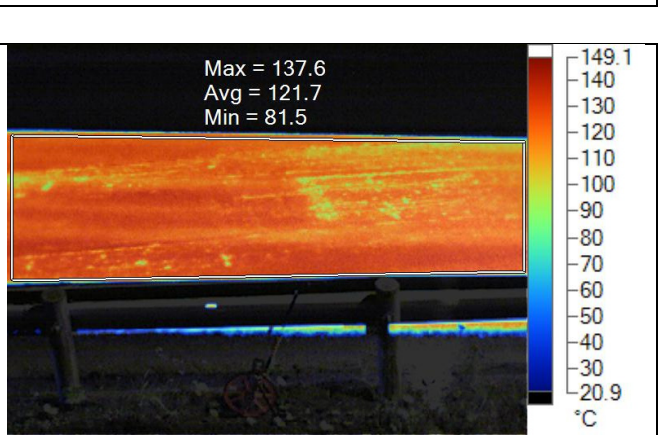

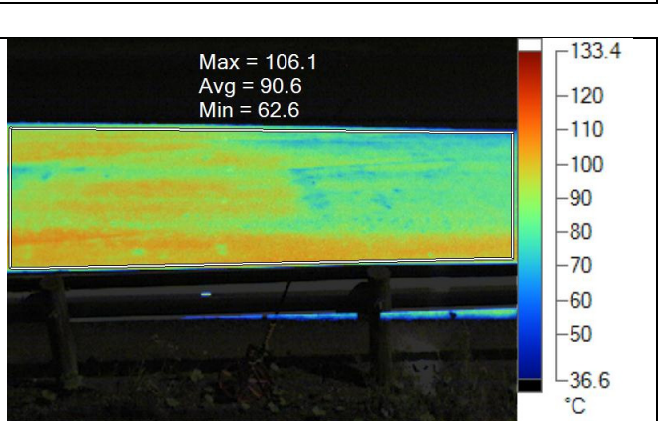

IR20120903_0284.is2
9/3/2012 10:49:29 PM

	
<p>IR20120903_0285.is2 9/3/2012 10:51:00 PM</p>	
	<p>Områder med temperatur under 110°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0285.is2 9/3/2012 10:51:00 PM</p>
	<p>Områder med temperatur under 100°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0285.is2 9/3/2012 10:51:00 PM</p>

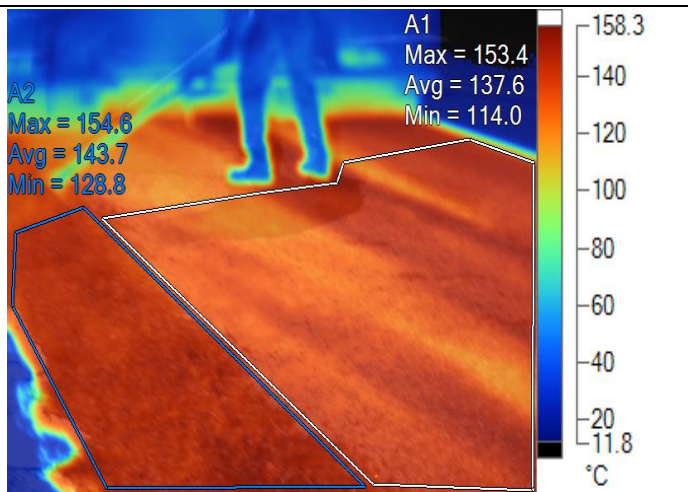
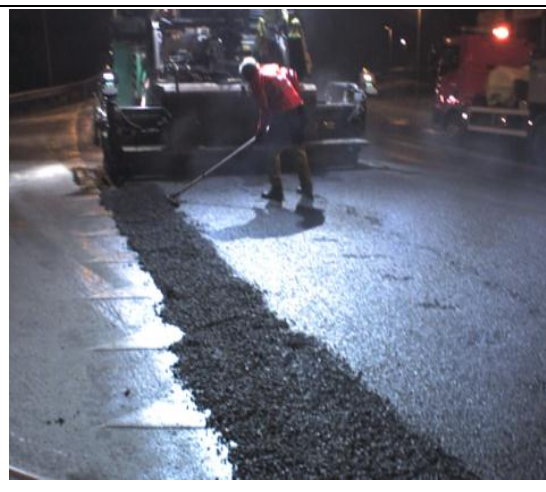
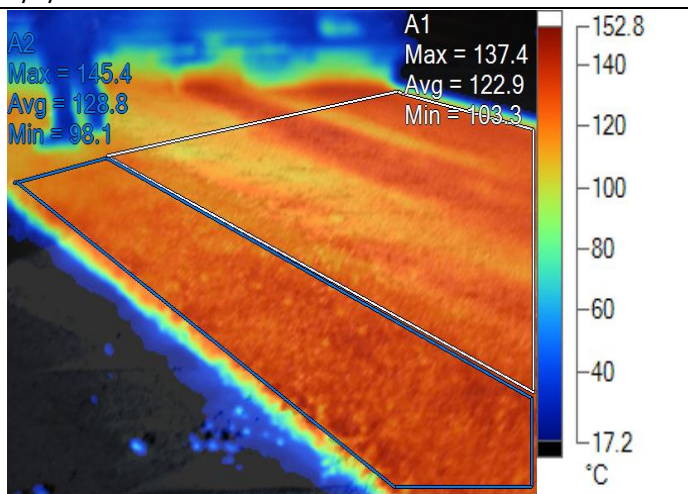

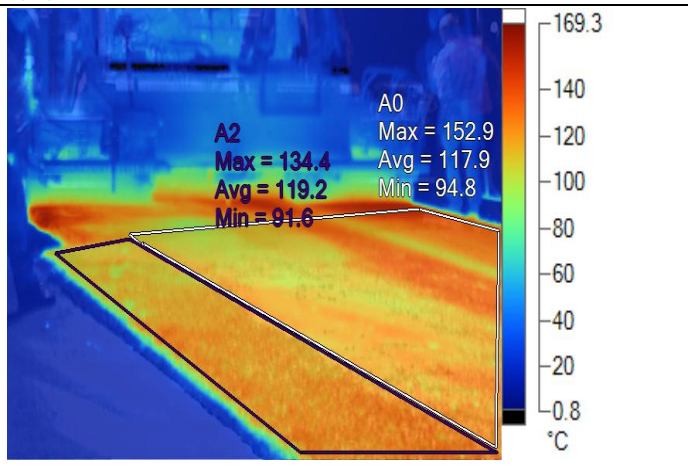

	
<p>IR20120903_0286.is2 9/3/2012 10:53:08 PM</p>	
	<p>Områder med temperatur under 100°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0286.is2 9/3/2012 10:53:08 PM</p>
	<p>Områder med temperatur under 90°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0286.is2 9/3/2012 10:53:08 PM</p>

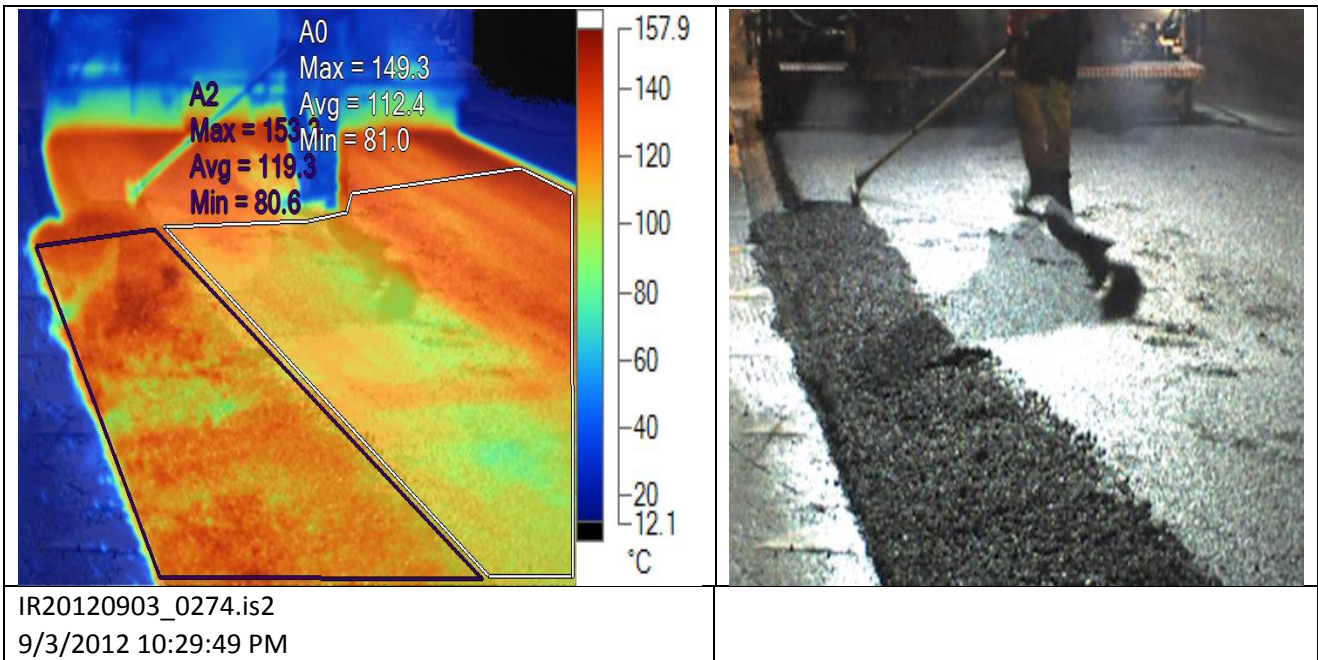
 <p>Max = 106.1 Avg = 90.6 Min = 62.6</p>	
<p>IR20120903_0287.is2 9/3/2012 10:53:39 PM</p>	
 <p>A0 Max = 106.1 Avg = 90.6 Min = 62.6</p> <p>9/3/2012 10:53:39 PM</p>	<p>Områder med temperatur under 95°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0287.is2 9/3/2012 10:53:39 PM</p>
 <p>A0 Max = 106.1 Avg = 90.6 Min = 62.6</p> <p>9/3/2012 10:53:39 PM</p>	<p>Områder med temperatur under 85°C er vist i farger.</p> <p>IR20120903_0287.is2 9/3/2012 10:53:39 PM</p>

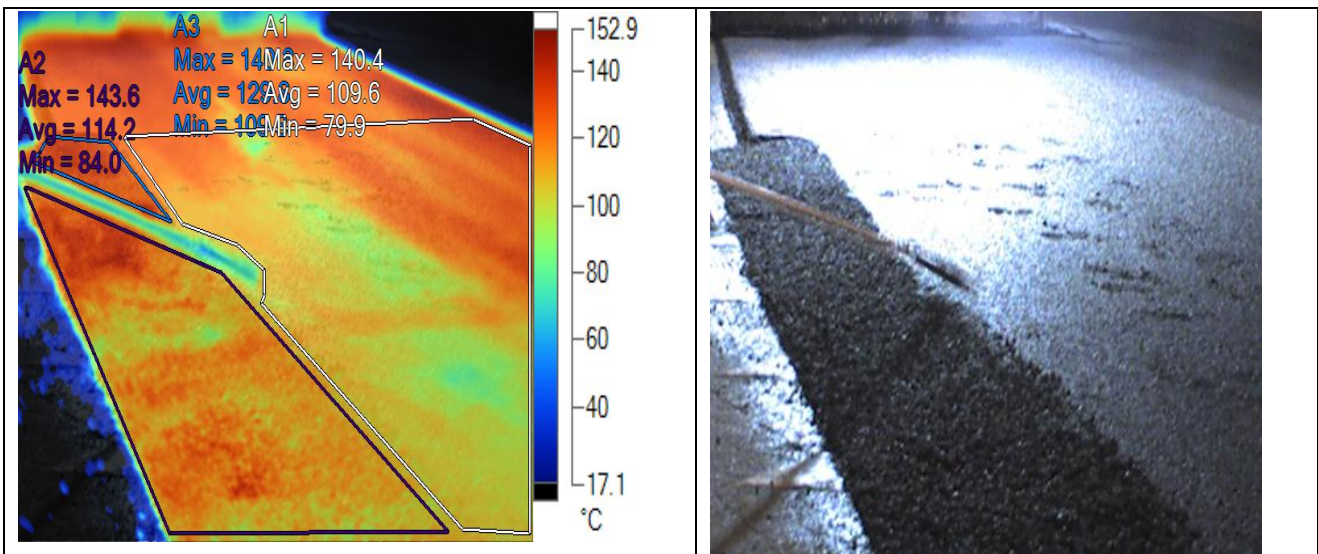
SAMMENDRAG ORKANGER PROFIL 2

 <p>IR20120903_0280.is2 9/3/2012 10:43:45 PM</p>	 <p>Områder med temperatur under 155 °C er vist i farger.</p>
 <p>IR20120903_0282.is2 9/3/2012 10:47:37 PM</p>	 <p>Områder med temperatur under 135 °C er vist i farger.</p>
 <p>IR20120903_0287.is2 9/3/2012 10:53:39 PM</p>	 <p>Områder med temperatur under 95°C er vist i farger.</p>

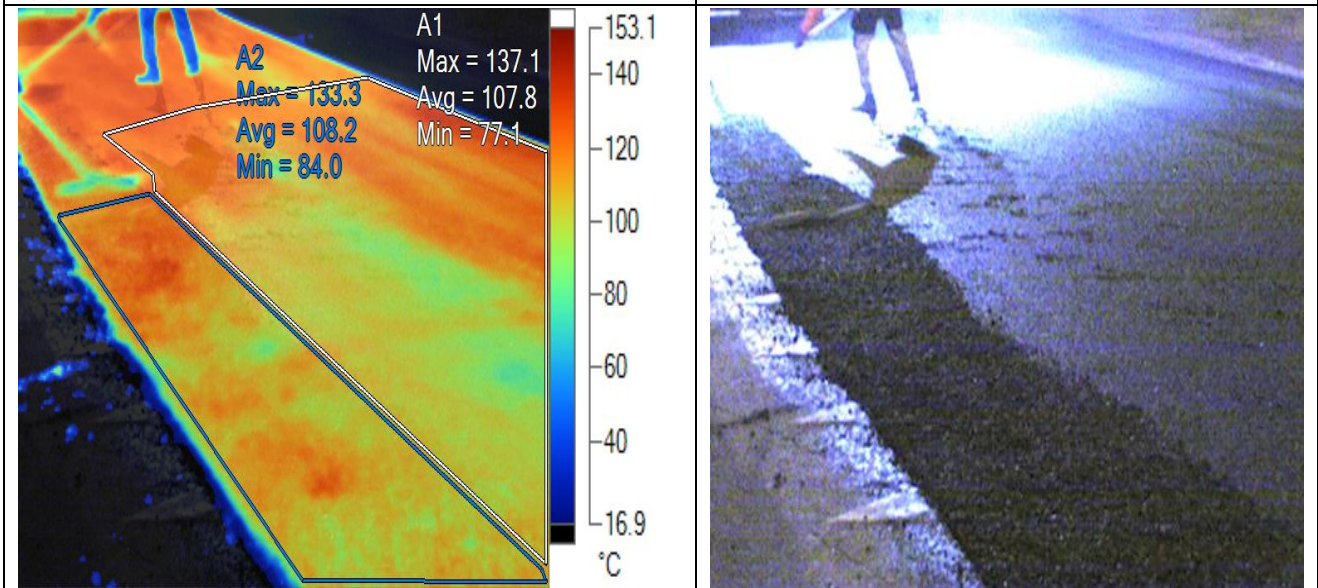
C.2.3 Profil 3 (Kryss)

	
<p>IR20120903_0271.is2 9/3/2012 10:26:19 PM</p>	
	
<p>IR20120903_0272.is2 9/3/2012 10:28:17 PM</p>	
	
<p>IR20120903_0273.is2 9/3/2012 10:28:56 PM</p>	

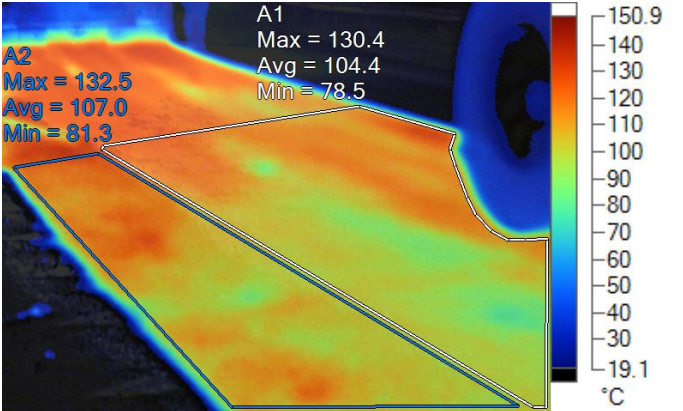

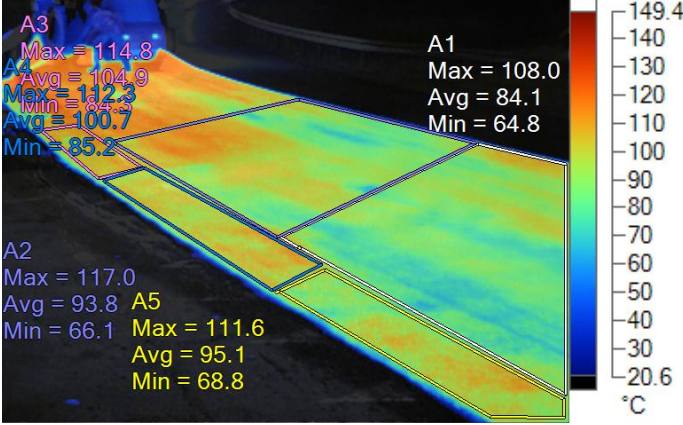





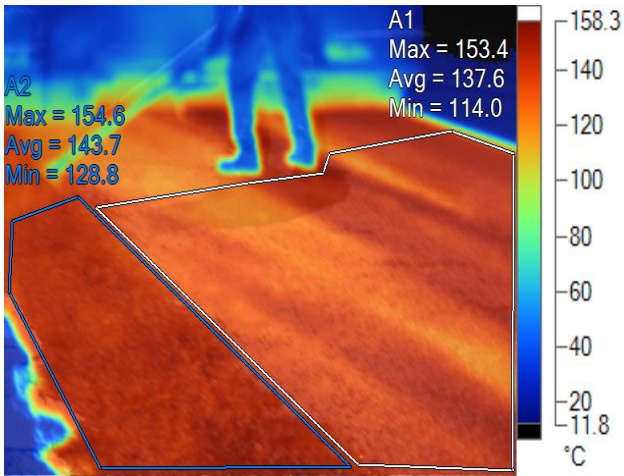
IR20120903_0275.is2
9/3/2012 10:30:18 PM



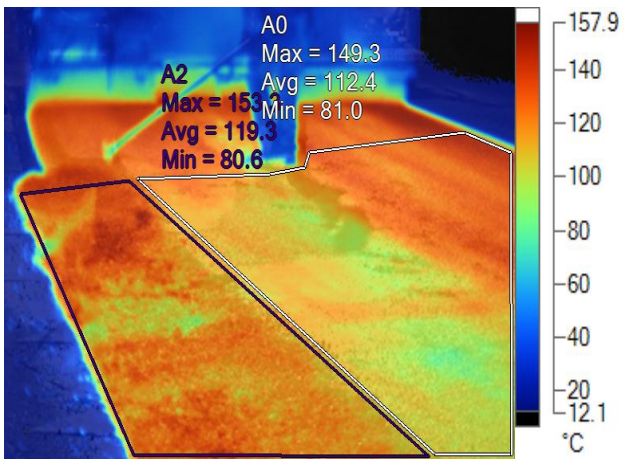
IR20120903_0276.is2
9/3/2012 10:31:22 PM

 <p>A1 Max = 130.4 Avg = 104.4 Min = 78.5</p> <p>A2 Max = 132.5 Avg = 107.0 Min = 81.3</p> <p>150.9 140 130 120 110 100 90 80 70 60 50 40 30 19.1 °C</p>	
<p>IR20120903_0277.is2 9/3/2012 10:31:53 PM</p>	
 <p>A3 Max = 114.8 Avg = 104.9 Min = 84.3</p> <p>A4 Max = 112.3 Avg = 100.7 Min = 85.2</p> <p>A1 Max = 108.0 Avg = 84.1 Min = 64.8</p> <p>A2 Max = 117.0 Avg = 93.8 Min = 66.1</p> <p>A5 Max = 111.6 Avg = 95.1 Min = 68.8</p> <p>149.4 140 130 120 110 100 90 80 70 60 50 40 30 20.6 °C</p>	
<p>IR20120903_0278.is2 9/3/2012 10:34:28 PM</p>	

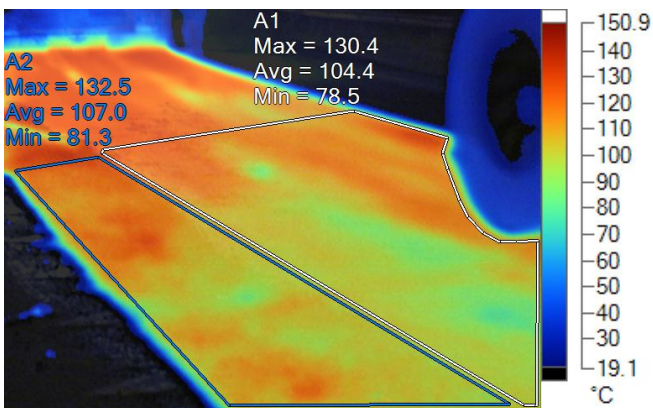
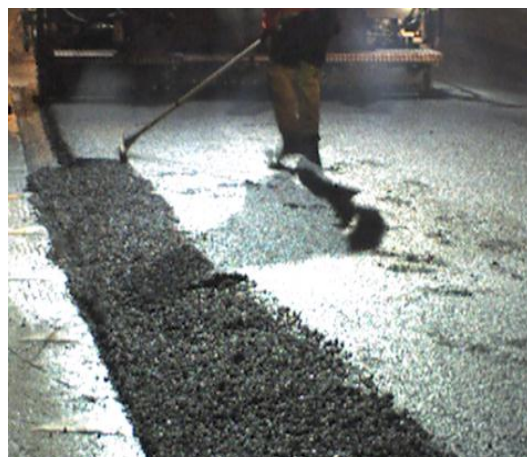
SAMMENDRAG ORGANGER PROFIL 3 (Kryss)



IR20120903_0271.is2
9/3/2012 10:26:19 PM



IR20120903_0274.is2
9/3/2012 10:29:49 PM

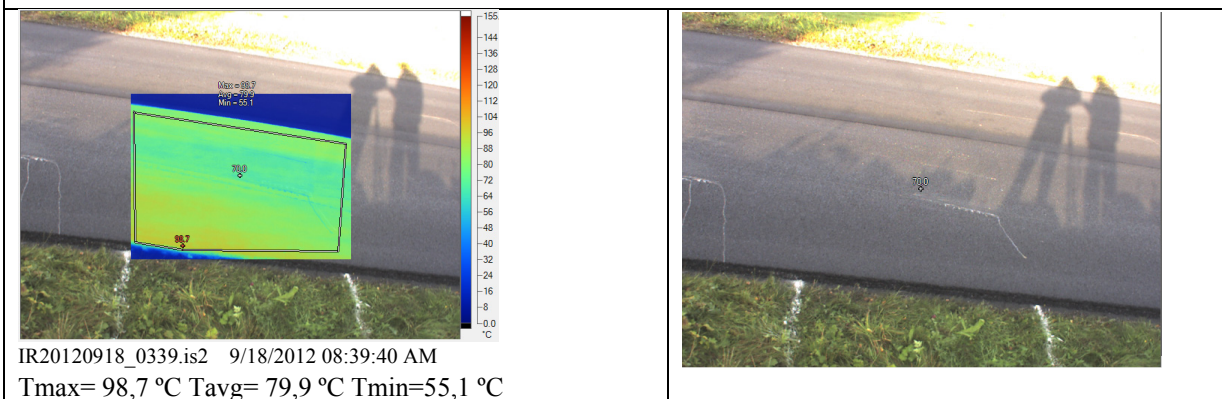
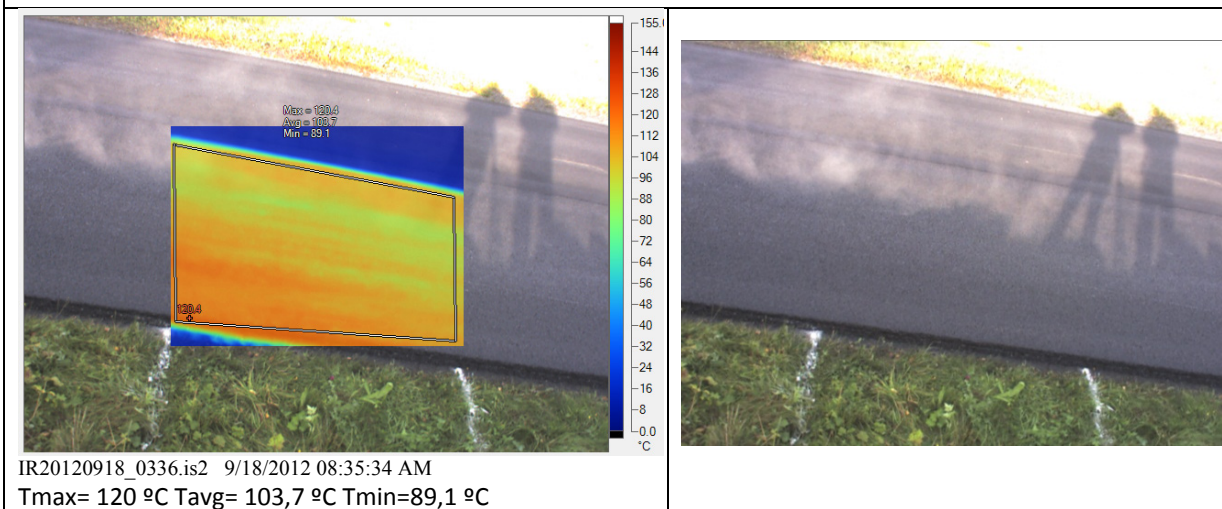
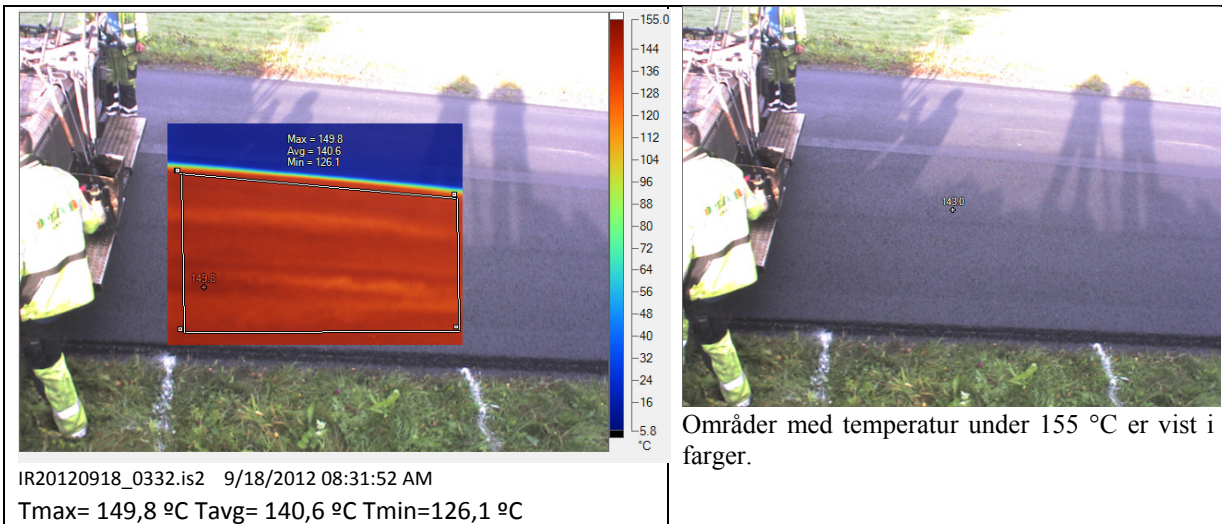


IR20120903_0278.is2
9/3/2012 10:34:28 PM

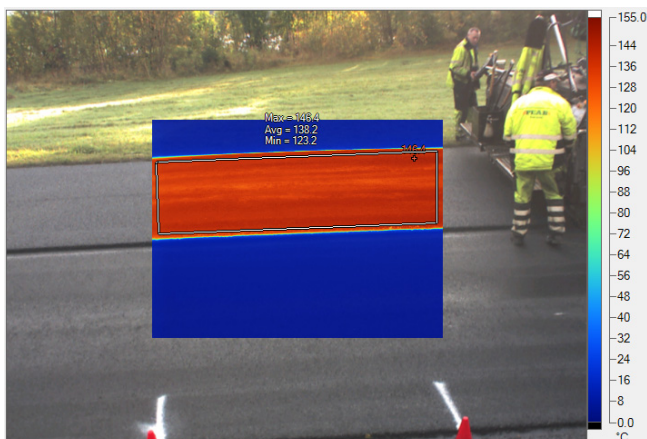


C.3 Melhus

C.3.1 Profil 1



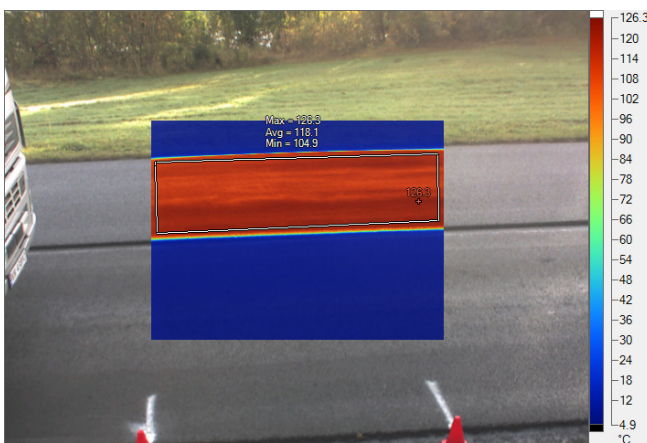
C.3.2 Profil 2



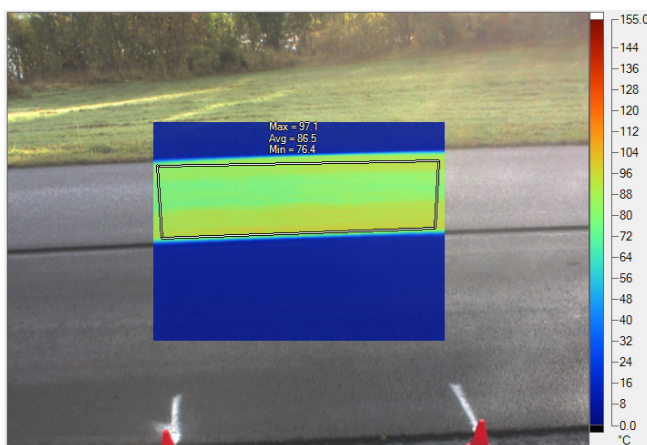
IR20120918_0341.is2 9/18/2012 08:49:54 AM
 Tmax= 146,4°C Tavg= 138,2°C Tmin=123,2°C



Områder med temperatur under 155 °C er vist i farger.



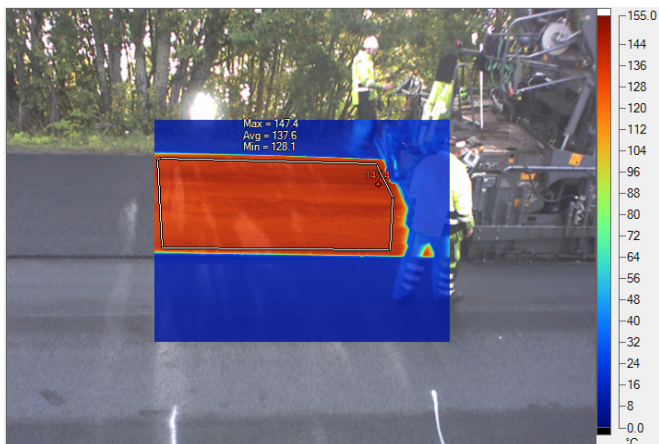
IR20120918_0344.is2 9/18/2012 08:53:07 AM
 Tmax=126,3°C Tavg=118,1C Tmin=104,9°C



IR20120918_0346.is2 9/18/2012 08:58:03 AM
 Tmax= 97,1°C Tavg= 86,5°C Tmin=76,4°C



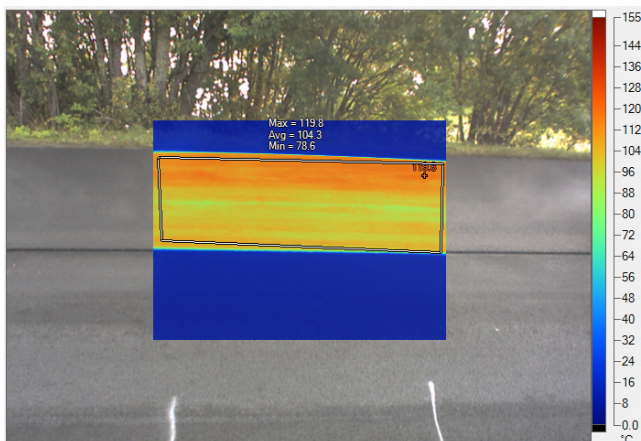
C.3.3 Profil 3



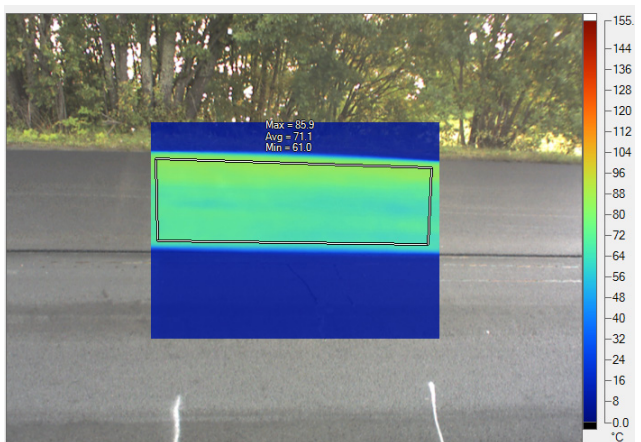
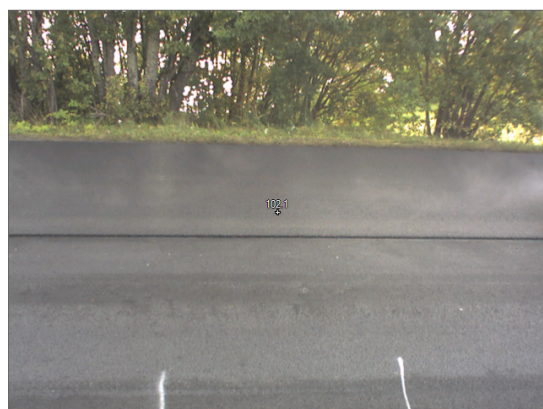
IR20120918_0347.is2 9/18/2012 09:04:04 AM
Tmax= 147,4°C Tavg= 137,6°C Tmin=128,1°C



Områder med temperatur under 155 °C er vist i farger.



IR20120918_0351.is2 9/18/2012 09:07:39 AM
Tmax=119,8°C Tavg=104,3°C Tmin=76,6°C



IR20120918_0356.is2 9/18/2012 09:13:33 AM
Tmax= 85,9°C Tavg= 71,1°C Tmin=61,0°C





Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no



Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO
Tlf: (+47 915) 02030
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen