



Kartlegging av kjemisk arbeidsmiljø og mekanisk belastning ved utlegging av varmasfalt og lavtemperaturasfalt – Oppfølgingsforsøk 2013

Forfattere: Raymond Olsen, Hanne Line Daae, Kristin Halgard, Grete A. Friisk, Rune A. Madsen, Stein Knardahl og Dag G. Ellingsen

Prosjektleder: Raymond Olsen

Dato: 27.11.2013

Nr. 9 Årgang 14

ISSN nr. 1502-0932



SAMMENDRAG

Det ble gjennomført en undersøkelse av kjemisk arbeidsmiljø og mekanisk belastning ved utlegging av varmasfalt og lavtemperaturasfalt i løpet av asfaltseongen 2011. Hensikten med studien var å sammenligne kjemisk eksponering ved utlegging av varmasfalt og lavtemperaturasfalt, samt å sammenligne mekanisk belastning ved håndlegging av varmasfalt og lavtemperaturasfalt. I 2013 er det gjennomført et oppfølgingsforsøk på vei ved utlegging av polymermodifisert bitumen varmasfalt og polymermodifisert bitumen lavtemperaturasfalt, hvor det kjemiske arbeidsmiljøet er undersøkt, samt to oppfølgingsforsøk, hvor den mekaniske belastningen ved håndlegging av varmasfalt og lavtemperaturasfalt i forbindelse med båttransport og silolagring er undersøkt.

Kartleggingen av det kjemiske arbeidsmiljøet omfattet stasjonære målinger av asfaltrøyk/-damp, organisk og elementært karbon, aminer og polyaminer og respirabelt, torakalt og inhalerbart støv (aerosol), samt personlige målinger av asfaltrøyk/-damp og organisk og elementært karbon ved utlegging av polymermodifisert bitumen varmasfalt og polymermodifisert bitumen lavtemperaturasfalt. Resultatene viste en gjennomsnittlig (aritmetisk middelvei) statistisk signifikant reduksjon i asfaltrøyk på 72-75 %, avhengig av målemetode, ved en reduksjon i asfalttemperaturen på 40 °C. Oppfølgingsforsøket viser at eksponeringen for asfaltrøyk er lavere ved utlegging av polymermodifisert bitumen lavtemperaturasfalt sammenlignet med polymermodifisert bitumen varmasfalt, mens det ikke ble funnet en forskjell i eksponeringen for asfaltdamp.

Kartleggingen av de mekaniske belastningene omfattet målinger av hjerterefrekvens (puls) og kraftbruk målt med en kraftsensor i asfaltrake ved to forsøk med håndlegging av varmasfalt og lavtemperaturasfalt i forbindelse med båttransport og silolagring. Resultatene viste ingen statistisk eller fysiologisk signifikant forskjell i hjerterefrekvens eller mekanisk belastning ved håndlegging av varmasfalt og lavtemperaturasfalt. Oppfølgingsforsøkene viser ingen forskjell i mekanisk belastning ved håndlegging av varmasfalt og lavtemperaturasfalt i forbindelse med båttransport og silolagring, men antall forsøk som ble utført var noe begrenset.

Stikkord:

Asfalt
Eksponeringsmålinger
Ergonomi
Mekanisk belastning
Aerosoler

Key terms:

Asphalt
Exposure measurements
Ergonomics
Aerosols

SUMMARY

The National Institute of Occupational Health (NIOH) performed a study of the chemical working environment and the mechanical exposures during road paving and hand laying of hot mix asphalt (HMA) and warm mix asphalt (WMA) during 2011. The purpose of this study was to compare the chemical exposures during road paving with HMA and WMA, and to compare the mechanical exposures by hand laying of HMA and WMA. In 2013, a follow-up study were performed with polymer modified HMA and polymer modified WMA. In addition, mechanical exposures were compared during hand laying of HMA and WMA after overnight storage in silos and after boat transport.

The assessment of the chemical working environment comprised stationary sampling of asphalt fumes/vapor, organic and elemental carbon, amines and polyamines and respirable, thoracic and inhalable dust (aerosol), and personal sampling of asphalt fumes/vapor and thoracic dust (aerosol) at one trial site with road paving with both polymer modified HMA and polymer modified WMA at the same day.

The results from the follow-up study showed a 72-75 % statistically significant average (arithmetic mean) reduction in asphalt fumes depending on the sampling method, at an average reduction in asphalt temperature of 40 °C. For asphalt vapor, amines and polyamines no statistically significant change in levels were found between polymer modified HMA and polymer modified WMA. The follow-up study shows that exposure to asphalt fumes is lower by road paving using polymer modified WMA compared with polymer modified HMA.

The assessment of the mechanical exposures included measurements of heart rate and push-and-pull forces through the asphalt rake during hand laying of both HMA and WMA after overnight storage in silos and after boat transport were performed at to trial sites. The heart rates were measured with a heart rate monitor, while the forces were measured with a force transducer located in the shank of the asphalt rake. The results from the follow-up study showed no statistically or physiologically significant differences in heart rate or push-and-pull forces by hand laying of HMA and WMA after overnight storage in silos and after boat transport. The follow-up study shows no difference in the mechanical exposures by hand laying of HMA and WMA after overnight storage in silos and after boat transport. However, the number of trials performed was limited.

INNHOLDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG	3
SUMMARY	4
FORKORTELSER	6
FORORD	7
1. INTRODUKSJON/BAKGRUNN	8
2. MÅLSETNING/HYPOTESER	11
3. METODER, RESULTATER OG DISKUSJON	12
3.1. <i>DEL 1: KJEMISK ARBEIDSMILJØ</i>	<i>12</i>
3.1.1 METODER/MÅLEOPPLEGG	12
3.1.2 PRØVETAKINGS- OG ANALYSEMETODER.....	12
3.1.3 VÆRSTASJON- OG ASFALTTEMPERATURMÅLINGER	13
3.1.4 STASJONÆRE MÅLINGER	13
3.1.5 PERSONLIGE MÅLINGER	20
3.2. <i>DEL 2: MEKANISK BELASTNING</i>	<i>22</i>
3.2.1 METODER.....	22
3.2.2 ASFALTTEMPERATURER.....	25
3.2.3 HJERTEFREKVENSMÅLINGER	25
3.2.4 KRAFTMÅLINGER	26
4. KONKLUSJON	29
REFERANSER	30

Forkortelser

AD	analog-til-digital
EBA	Entreprenørforeningen bygg og anlegg
IARC	International Agency for Research on Cancer
LTA	Lavtemperaturasfalt
mg	milligram (10^{-3} gram)
ml	milliliter (10^{-3} liter)
m ³	kubikkmeter
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner
PIMEX	picture mix exposure
ppm	parts-per-million
PmA	Polymermodifisert asfalt
PmB	Polymermodifisert bitumen
PTFE	polytetrafluoreten, handelsnavn: Teflon
STAMI	Statens arbeidsmiljøinstitutt
µm	mikrometer (10^{-6} m)

FORORD

Denne rapporten oppsummerer resultatene fra oppfølgingsforsøkene til prosjektet ”Kartlegging av kjemisk arbeidsmiljø og mekanisk belastning ved utlegging av varmasfalt og lavtemperaturasfalt” som ble gjennomført i 2011. Oppfølgingsforsøkene ble gjennomført i løpet av asfaltsesongen 2013.

Oppfølgingsforsøkene er gjennomført som en del av bransjeprosjektet LTA 2013, som er et samarbeid mellom Entreprenørforeningen – Bygg og Anlegg (EBA), EBA-bedriftene Veidekke Industri, Lemminkäinen Norge og NCC Roads, berørte fagforeninger, Statens vegvesen, Veiteknisk Institutt og Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI).

I denne rapporten har vi valgt å presentere målinger av det kjemiske arbeidsmiljøet og den mekaniske belastningen hver for seg. En oversikt over relevante definisjoner finnes i appendiks i STAMI-rapport nr. 3 2012.

STAMI ønsker å takke deltagende bedrifter og personer og NHOs arbeidsmiljøfond som har bidratt økonomisk til prosjektet.

Oslo, 27.11.2013

1. INTRODUKSJON/BAKGRUNN

Asfalt eller asfaltbetong som benyttes som veidekke består av en blanding av bitumen, som er et brunsvart, klebrig materiale bestående av høymolekylære hydrokarboner, sand og steinmateriale. Bitumenandelen i ferdig asfalt som legges på vei ligger vanligvis på 5-6 vekt % av totalmassen, noe som tilsvarer 15-18 volum % av totalvolumet. Filler og/eller fibre kan også bli tilsatt asfalten for å modifisere egenskapene til asfalten, mens alifatiske aminer blir benyttet for å øke vedheftet mellom bitumen og steinmaterialet. Temperaturen på asfalten som legges ut på vei varierer avhengig av type asfalt fra 140 – 180 °C. Asfalten transporteres til utleggingsstedet med lastebiler og tømmes i fronten av asfaltutleggeren. Asfalten passerer under maskinen og blir spredd til den ønskede tykkelse og bredde av en ”screed” (glatteplate). To asfaltører jobber vanligvis rundt ”screeden” og kontrollerer asfaltutstrømningen fra ”screeden” sammen med føreren av utleggeren, samt justerer ”screeden” til ønsket asfalttykkelse og asfaltbredde. I tillegg ordner og avrunder asfaltørene kantene på asfalten manuelt ved hjelp av asfaltraker og spader ved for eksempel avkjøringer, kumlokk, rundkjøringer etc. Asfalten blir tilslutt komprimert ytterligere ved hjelp av en vals. Asfaltsesongen i Norge er kort og varer fra april til oktober.

Asfaltører blir potensielt eksponert for asfaltrøyk og damp bestående av langkjedede hydrokarboner, samt mindre konsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). I tillegg blir asfaltører eksponert for eksos fra motorer og passerende trafikk (Burstyn *et al.* 2000). Fra tidligere studier vet man at flere determinanter i forbindelse med asfaltrelatert eksponering er viktige med tanke på eksponeringsnivå (Burstyn *et al.* 2000). Disse inkluderer:

- Type jobb
- Type asfalt
- Utleggingsmetode
- Utleggingstemperatur
- Flyktigheten til asfalten
- Meteorologiske forhold
- Arbeidsoppgaver
- Grad av innelukking (f.eks. tunell eller parkeringshus)

I Norge er det ca 2000 sesongarbeidere i asfaltbransjen som potensielt blir utsatt for denne risikoen (Arbeidstilsynet 2010). En studie av asfaltører i Norge har funnet økt risiko for redusert lungefunksjon hos asfaltører (Randem *et al.* 2004, Ulvestad *et al.* 2007, Ehlin *et al.* 2008). I tillegg

har bitumen som blir benyttet til asfaltutlegging på vei nylig blitt klassifisert som type 2B (possibly carcinogenic to humans) karsinogen av International Agency for Research on Cancer (IARC). Et tiltak som lenge har vært lansert i asfaltbransjen for å redusere eksponeringen til asfaltører, er å senke temperaturen på asfalten ved produksjon og utlegging. Lavtemperaturasfalt er en betegnelse på asfalt som utlegges på vei ved temperaturer 20-30 °C lavere enn ordinær varmasfalt og er bl.a. et resultat av ønsket om eksponeringsreduksjon. Lavtemperaturasfalt inneholder i hovedsak de samme komponentene som varmasfalt, men mengde og type additiver som tilsettes vil kunne være forskjellig fra varmasfalt. Lavtemperaturasfalt kan deles inn i to hovedteknikker; skumming og tilsetting (additiver).

Skummingsteknikker

I skummingsteknikker sprøytes vann vanligvis inn i varm bitumen før bitumen blandes med sand og steinmaterialer, slik at det dannes mikroporer av damp i bitumen. Dette fører til en volumøkning og en lavere viskositet på den ferdige asfalten. Tidspunktet for innsprøyting av vann i bitumen kan variere fra produsent til produsent. Ved å skumme bitumen kan en redusere temperaturen på asfalten med 20-40 °C (se rapporten "FAVs prosjekt LTA 2011 – Delprosjekt asfaltkvalitet" for en nærmere beskrivelse av skummingsteknikkene).

Tilsettingsteknikker

Det mest vanlige additivet som tilsettes bitumen er parafiner (vokser). Ved å tilsette parafiner, som består av langkjedede hydrokarboner, endres viskositetsegenskapene til bitumen. Dette er noen ganger en ønsket effekt ut over det å legge ut asfalten ved en lavere temperatur. Parafinene krystalliserer mellom 80 og 120 °C og endrer egenskapene til ren bitumen i dette temperaturintervallet. Ved temperaturer lavere enn 80 °C blir bitumen tilsatt parafiner og er derfor mer viskøs enn ren bitumen, mens det motsatte er tilfelle ved temperaturer over 80 °C. Bitumen kan også tilsettes kjemiske additiver kalt "wetting agents" som belegger og smører aggregat partiklene på en slik måte at det er mulig å håndtere asfalten ved en lavere temperatur. Ved å tilsette additiver til bitumen kan man redusere temperaturen på asfalten ved utlegging med 20 – 40 °C (se rapporten "FAVs prosjekt LTA 2011 – Delprosjekt asfaltkvalitet" for en nærmere beskrivelse av tilsettingsteknikkene).

Polymermodifisert bindemiddel

Polymermodifisert bindemiddel er bitumen tilsatt små mengder polymerer som polypropylen eller styren-butadien-styren for å gjøre asfalten mindre temperaturfølsom, slik at asfaltmassen blir mer

stabil på varme dager. I tillegg blir bitumen mer elastisk ved tilsetning av polymer, noe som reduserer sprekkdannelse og steinslipp. Hensikten med å tilsette polymer til bitumen er å øke levetiden på asfaltdekket. I polymermodifisert bindemiddel inngår:

- Polymermodifisert Asfalt (PmA), hvor modifisering skjer i asfaltfabrikken.
- Polymermodifisert Bitumen (PmB), hvor modifiseringen skjer før tilsetning i asfaltfabrikken.
- Polymermodifisert Bitumen konsentrat (PmB konsentrat), hvor en benytter et produkt som fortynnes ut i asfaltfabrikken til ønsket fortynningsgrad.

PmB er den typen polymermodifisering som er mest benyttet i Norge og som ble benyttet under forsøket på vei i LTA 2013.

2. MÅLSETNING/HYPOTESER

Målsetningen med oppfølgingsforsøkene i 2013 var å undersøke det kjemiske arbeidsmiljøet til asfaltører ved utlegging av PmB varmasfalt og PmB lavtemperaturasfalt. I tillegg søkte prosjektet å sammenligne den mekaniske belastningen for asfaltører ved å gå over fra varmasfalt til lavtemperaturasfalt i forbindelse med båttransport og silolagring. Følgende hypoteser ble formulert og testet:

- Det er ingen forskjell i målte luftkonsentrasjoner av utvalgte kjemiske stoffer ved utlegging av PmB bitumen varmasfalt og PmB lavtemperaturasfalt.
- Det er ingen forskjell i mekanisk belastning for asfaltører ved utlegging av varmasfalt og lavtemperaturasfalt i forbindelse med båttransport og silolagring.

For å teste den første hypotesen har vi valgt ut følgende kjemiske eksponeringsindikatorer:

- Asfaltrøyk/-damp
- Organisk og elementært karbon
- Aminer og polyaminer (additiver)
- Respirabelt, torakalt og inhalerbart støv (aerosol)

For å teste den andre hypotesen har vi valgt ut følgende mekaniske belastningsindikatorer:

- Hjerterefrekvens (puls)
- Kraftbruk

3. METODER, RESULTATER OG DISKUSJON

3.1. DEL 1: KJEMISK ARBEIDSMILJØ

3.1.1 METODER/MÅLEOPPLEGG

Asfaltbransjen med bransjeforeningen EBA identifiserte i dialog med Statens vegvesen en veistrekning hvor PmB lavtemperaturasfalt kunne benyttes som et ledd i et prøveprosjekt i asfaltseongen 2013. Denne veistrekningen ble identifisert i Telemark, hvor entreprenøren Lemminkäinen har en fabrikk lokalisert. Det ble lagt asfalt på denne veistrekningen både med PmB varmasfalt (referanseasfalt) og PmB lavtemperaturasfalt i løpet av samme dag. Det ble lagt omtrent 3 timer med hver asfalttype og kjemiske arbeidsmiljømålinger ble utført ved legging av begge typer asfalt på den valgte strekningen. Det ble gjennomført et forsøk med skummingsteknikk.

Prøvetakingsstrategien som ble benyttet var den samme som ble benyttet under kartleggingen som STAMI gjennomførte i 2011 (Stami rapport nr. 3 2012).

3.1.2 PRØVETAKINGS- OG ANALYSEMETODER

Prøvetakingsutstyr og analysemetoder er tidligere beskrevet i STAMI-rapport nr. 3 2012. De samme målemetodene ble benyttet i oppfølgingsforsøket, med unntak av det ble utført personlige målinger av organisk karbon i stedet for personlige målinger av respirabel aerosol fraksjon.

Statistiske beregninger

En tosidig paret Student t-test ble benyttet til å teste om gjennomsnittet av målingene prøvetatt under legging av varmasfalt (referanse) var signifikant forskjellig fra gjennomsnittet av målingene prøvetatt under legging av lavtemperaturasfalt. Et signifikansnivå på 5 %, dvs. p-verdi på 0,05, ble satt som grense for å forkaste nullhypotesen (H_0) om at det ikke er noen forskjell mellom gjennomsnittene. Dataene ble logtransformert i de tilfellene hvor dataene som ga grunnlaget for gjennomsnittet ikke var normalfordelt.

3.1.3 VÆRSTASJON- OG ASFALTTEMPERATURMÅLINGER

Vindhastighet, vindretning og temperatur ble kontinuerlig logget med en profesjonell Metpak II værstasjon i løpet av måleperioden. I tillegg ble temperaturen på overflaten av asfalten målt manuelt med et Fluke 561 IR-termometer hvert 10 minutt i løpet av måleperioden. De gjennomsnittlige vindhastighetene, vindretningene og temperaturene er oppsummert i Tabell 1. De gjennomsnittlige temperaturene (aritmetisk middelværdi) på overflaten av asfalten var 134 °C (range 125-138 °C) for PmB lavtemperaturasfalten og 174 °C (range 168-181 °C) for PmB varmasfalten. Reduksjonen i asfalttemperatur i dette forsøket var 40 °C ved overgang fra PmB varmasfalt (referanse) til PmB lavtemperaturasfalt.

Tabell 1. Vindhastighet (m/s), vindretning (°) og temperatur (°C) under gjennomføringen av målingene.

Forsøk	Vindhastighet (m/s)			Vindretning (°)*	Temperatur (°C)		
	Gj.snitt	Min	Maks	Gjennomsnitt	Gj.snitt	Min	Maks
LTA	0,60	0,01	2,22	141	13,8	10,3	16,8
Varmasfalt	0,69	0,01	2,99	119	14,3	10,9	19,2

* Vindretning i forhold til front på utlegger er benyttet som referanseretning og satt til 0°

3.1.4 STASJONÆRE MÅLINGER

En oversikt over resultatene fra de stasjonære målingene er vist i Tabell 2. Bilde 1 (A) og (B) viser hvordan prøvetakingsriggen med stasjonære prøver var montert under forsøket.

Måling av asfaltrøyk; respirabel, torakal og inhalerbar fraksjon

Det er foretatt 6 stasjonære aerosolmålinger med Respicon prøvetakeren med teflonfiltre (PTFE). De gjennomsnittlige nivåene (aritmetisk middelværdi) av respirabel, torakal og inhalerbar aerosolfraksjon var henholdsvis 0,38 (n= 3, range 0,29-0,43) mg/m³, 0,41 (n= 3, range 0,32-0,46) mg/m³ og 0,49 (n= 3, range 0,37-0,59) mg/m³ for PmB varmasfalten (referansen) og 0,09 (n= 3, range 0,08-0,10) mg/m³, 0,12 (n= 3, range 0,10-0,13) mg/m³ og 0,18 (n= 3, range 0,16-0,20) mg/m³ for PmB lavtemperaturasfalten. Den gjennomsnittlige reduksjonen i asfaltrøyk ved overgang fra varmasfalt til lavtemperaturasfalt var dermed 75 %, 71 % og 64 % for respirabel, torakal og inhalerbar aerosolfraksjon. Reduksjonen var statistisk signifikant for respirabel aerosolfraksjon (p=0,02), torakal aerosolfraksjon (p=0,002) og inhalerbar aerosolfraksjon (p=0,006).

Asfaltrøyk/-damp

Det ble utført 6 stasjonære målinger ved dette ene forsøket på vei med en kombinert prøvetaker for asfaltrøyk med 37 mm totalstøvkassett med teflonfilter etterfulgt i serie av adsorbenttrør med aktivt kull. De gjennomsnittlige (aritmetisk middelvei) konsentrasjonene av asfaltrøyk, som ble oppsamlet på filter, var henholdsvis 0,54 mg/m³ (n=3, range 0,43-0,64 mg/m³) og 0,15 mg/m³ (n=3, range 0,14-0,16 mg/m³) for PmB varmasfalten (referansen) og PmB lavtemperaturasfalten, noe som gir en gjennomsnittlig reduksjon på 72 % ved overgang fra PmB varmasfalt (referanse) til PmB lavtemperaturasfalt. Reduksjonen i asfaltrøyk (bestemt gravimetrisk) var statistisk signifikant (p=0,004). Med bakgrunn i resultatene fra LTA 2011 og mengden asfaltrøyk som ble bestemt gravimetrisk, så ble filtrene ikke ekstrahert og kjemisk bestemt ved hjelp av GC-FID. De gjennomsnittlige konsentrasjonene (aritmetisk middelvei) av asfaltdampen, som ble oppsamlet på kullrør, var 0,103 ppm (n=3, range 0,076-0,117 ppm) for PmB varmasfalten (referansen) og 0,114 ppm (n=3, range 0,101-0,138 ppm) for PmB lavtemperaturasfalten, noe som gir en gjennomsnittlig økning på 11 % ved overgang fra varmasfalt (referanse) til lavtemperaturasfalt. Økningen i eksponering var ikke statistisk signifikant for asfaltdamp (p=0,43). Asfaltdampbestemmelsene hadde en bestemmelsesgrense på 0,00005 ppm.

Organisk og elementært karbon (OC/EC)

Det ble utført 6 stasjonære målinger ved dette ene forsøket på vei med 25 mm totalstøvkassett med kvartfilter. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen (aritmetisk middelvei) av organisk karbon omregnet til heksacosan ved legging av PmB varmasfalt (referanse) og PmB lavtemperaturasfalt (LTA) var henholdsvis 0,652 (n=3, range 0,546-0,760) og 0,182 (n=3, range 0,116-0,198) mg/m³, noe som gir en gjennomsnittlig reduksjon på 72 % ved overgang til PmB lavtemperaturasfalt. Reduksjonen var statistisk signifikant for organisk karbon (p=0,005). Organisk karbon omregnes til heksacosan (C₂₆H₅₄) for å kunne sammenlignes med tiltaksverdien til asfaltrøyk (5 mg/m³). Bestemmelsesgrensen til organisk karbon omregnet til heksacosan var 0,007 mg/m³. Nivåene av elementært karbon lå i området 0,0037 til 0,0047 mg/m³ (median 0,0043 mg/m³, n=6).

Aminer

Det ble utført 6 stasjonære målinger ved dette ene forsøket på vei både av aminer i aerosolfasen med 25 mm totalstøvkassett med glassfiberfilter impregnert med 1-naftylisotiocyanat og aminer i dampfasen med XAD-2 adsorbenttrør impregnert med 1-naftylisotiocyanat. Det ble ikke detektert aminer eller polyaminer i prøvene som ble tatt av både aerosolfasen og dampfasen. Det betyr at

nivåene av metylamin, etylamin, dimetylamin og dietylamin i dampfasen var lavere enn bestemmelsesgrensen på henholdsvis 0,0024, 0,0033, 0,0065 og 0,0094 mg/m³.

Direktevisende måling av aerosoler

Det er foretatt 2 stasjonære aerosolmålinger ved dette ene forsøket på vei med DustTrak DRX aerosol sampler. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen (aritmetisk middelverdi) av PM₁ og PM₁₀ fraksjonene (se appendiks i STAMI-rapport nr. 3 2012 for definisjoner) av asfaltrøyk ved utlegging av PmB varmasfalt (referanse) og PmB lavtemperaturasfalt (LTA) var 4,17 og 4,19 mg/m³ for PmB varmasfalten og 0,28 og 0,29 mg/m³ for PmB lavtemperaturasfalten, noe som gir en eksponeringsreduksjon på 93 % for begge fraksjoner ved overgang fra PmB varmasfalt (referanse) til PmB lavtemperaturasfalt. Denne reduksjonen er mye høyere enn målt med Respicon og organisk og elementært karbon prøvetakerne. Dette skyldes trolig at deteksjonsmetoden til det direktevisende DustTrak DRX instrumentet er mindre spesifikk og at en vil kunne få et bidrag som påvirker målingene fra vanndamp ved våt veibane, lett regn eller valsing og at en høyere temperatur på asfalten som legges i slike tilfeller vil kunne gi mer vanndamp. Dette vil relativt sett kunne gi noe høyere måleverdier ved legging av varmasfalt (referanse) og dermed gi en litt større eksponeringsreduksjon. Det er også verdt å merke seg at asfaltrøyken som genereres under utlegging av asfalt hovedsaklig består av partikler som har en d_{ae} mindre enn 1 µm, noe som gjenspeiles av at PM₁ fraksjonen utgjør mer enn 97 % av PM₁₀ fraksjonen både ved legging av varmasfalt (referanse) og lavtemperaturasfalt (LTA). Direktevisende instrumenter vil også kunne gi informasjon om hvordan eksponeringen varierer i løpet av en måleperiode. Resultatene fra de direktevisende instrumentene viser at toppeksposeringen reduseres betydelig ved overgang fra varmasfalt til lavtemperaturasfalt og at det er dette som gir størst bidrag til at den gjennomsnittlige eksponeringen reduseres. Figur 1.A og B viser hvordan eksponeringen (PM₁₀ aerosol fraksjon målt med direktevisende DustTrak DRX) varierte under leggingen av PmB varmasfalt (referanse) og PmB lavtemperaturasfalt som funksjon av tid under forsøket. Figur 2.A og B viser hvordan eksponeringen for de helsedefinerede (respirabel, torakal og inhalerbar) aerosolfraksjonene målt med direktevisende Respicon prøvetaker varierte som funksjon av tid under leggingen av PmB varmasfalt (referanse) og PmB lavtemperaturasfalt under forsøket.

Diskusjon

I dette forsøket har vi funnet en statistisk signifikant forskjell i gjennomsnittlige eksponeringsnivåer for asfaltrøyk (totalstøv), asfaltrøyk (respirabel, torakal og inhalerbar fraksjon) og organisk karbon ved utlegging av PmB varmasfalt og PmB lavtemperaturasfalt, mens det ikke ble funnet en statistisk

signifikant forskjell i eksponeringsnivå for asfaltdamp. Reduksjonen i asfaltrøyk ved overgang fra PmB varmasfalt til PmB lavtemperaturasfalt var 72 % for to av målemetodene (totalstøv, organisk karbon), mens reduksjonen for respirabel, torakal og inhalerbar aerosol fraksjon prøvetatt med Respicon-prøvetakeren var henholdsvis 75 %, 71 % og 64 %. Reduksjon av toppeksposering er vanligvis en god strategi for å redusere den gjennomsnittlige eksponeringen. De direktevisende målingene med DustTrak DRX og Respicon viser at både den gjennomsnittlige eksponeringen og toppeksposeringen for asfaltrøyk reduseres ved en overgang fra PmB varmasfalt (referanse) til PmB lavtemperaturasfalt. Nivåene av aminer var lavere enn bestemmelsesgrensen både for PmB varmasfalt (referanse) og PmB lavtemperaturasfalt.



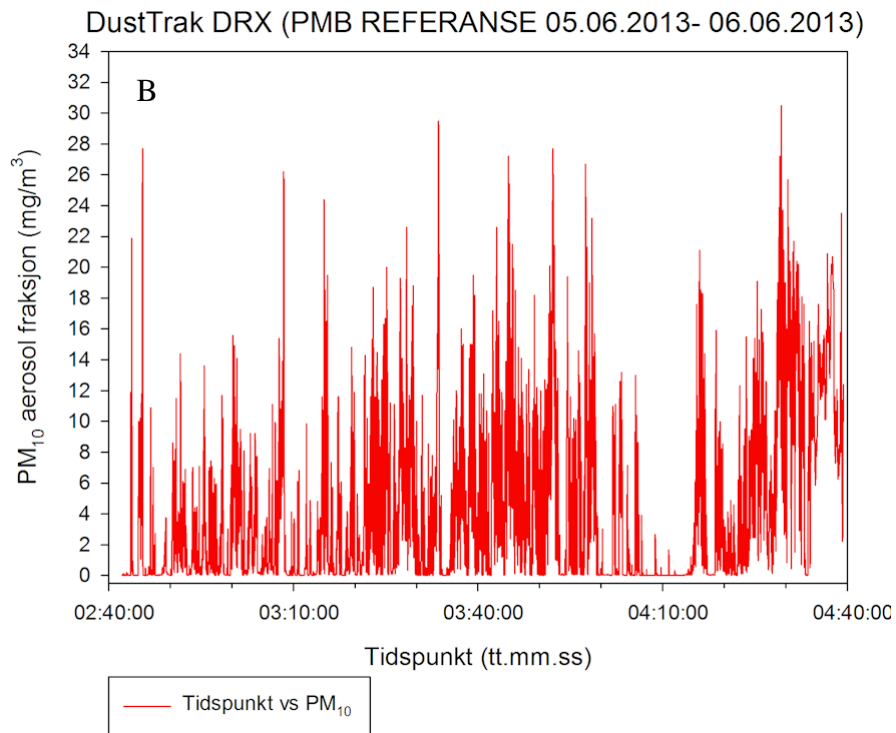
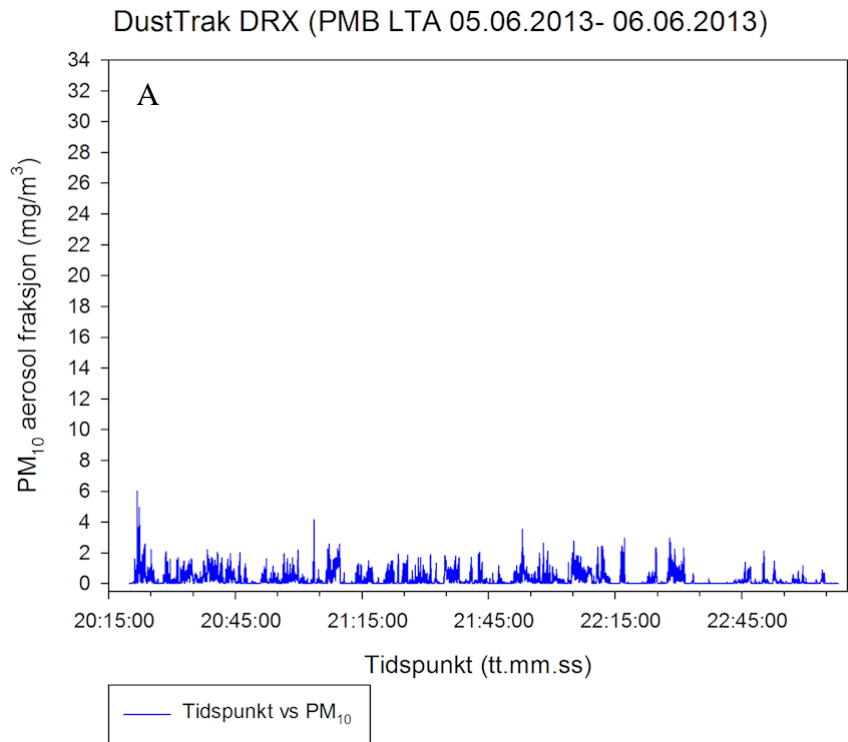
Bilde 1.A og 1.B: (A) Utlegging av PmB lavtemperaturasfalt (B) Utlegging av PmB varmasfalt (referanse).

Tabell 2. Oversikt over resultater fra kartleggingen av det kjemiske arbeidsmiljøet.

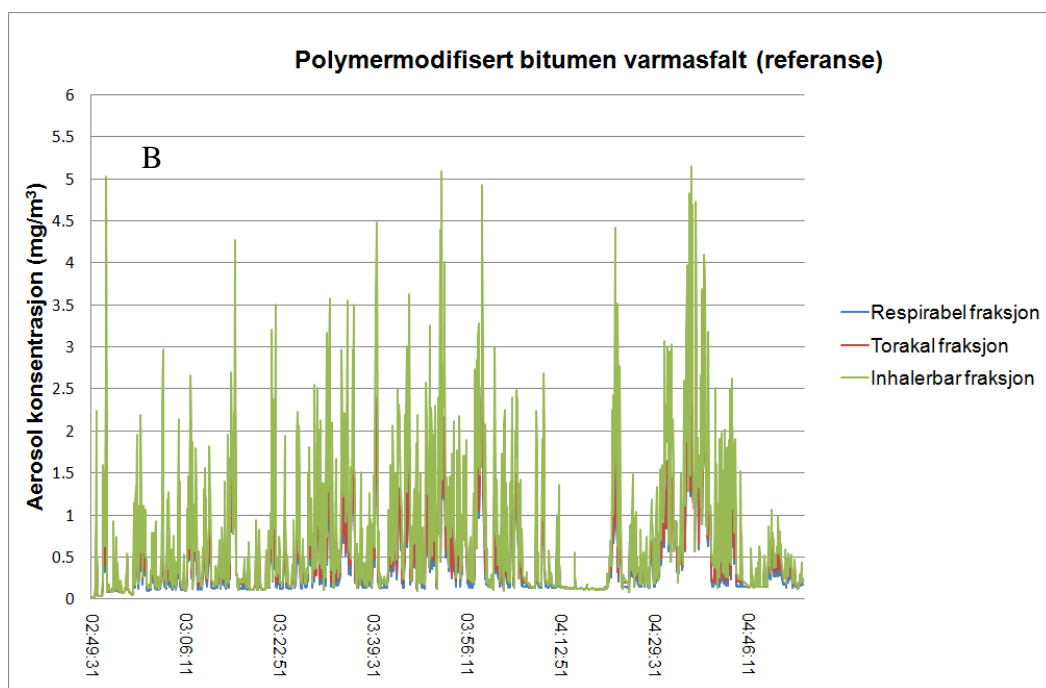
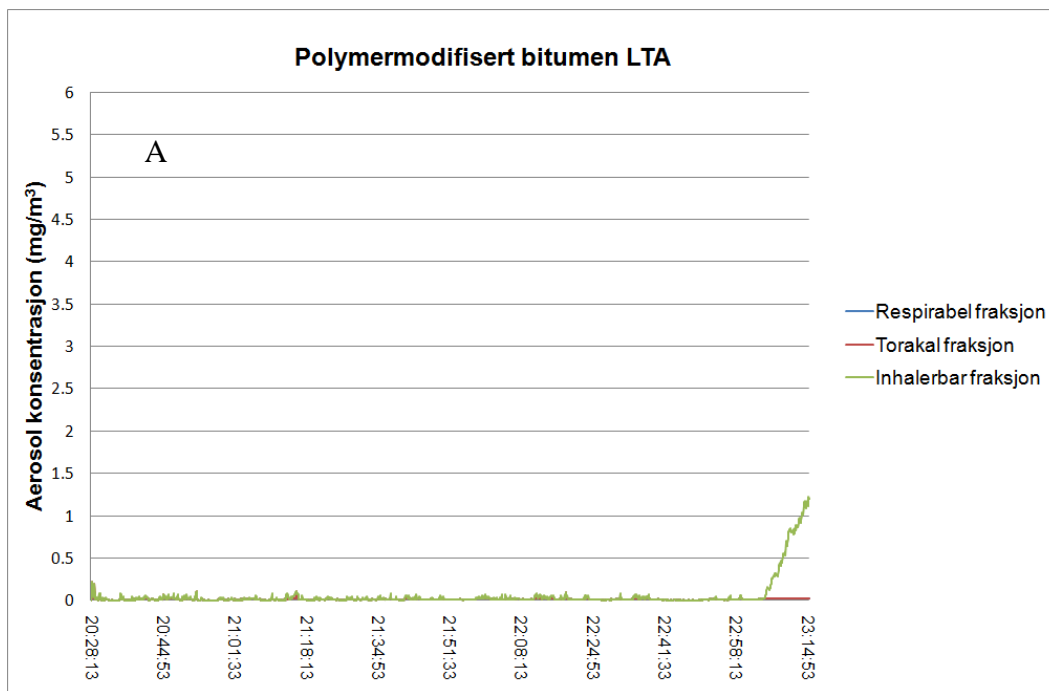
Type prøve	PmB Varmasfalt (referanse)			PmB Lavtemperaturasfalt (LTA)			Gjennomsnittlig reduksjon i %	Statistisk signifikant (p<0,05)
	Gj.snitt (AM) (mg/m ³)	Minimum (mg/m ³)	Maksimum (mg/m ³)	Gj.snitt (AM) (mg/m ³)	Minimum (mg/m ³)	Maksimum (mg/m ³)		
Stasjonære prøver *								
Asfaltrøyk/-damp								
- Asfaltrøyk	0,54	0,43	0,64	0,15	0,14	0,16	72	JA
- Asfaltdamp	0,103 ppm	0,076 ppm	0,117 ppm	0,114 ppm	0,101 ppm	0,138 ppm	-11	NEI
Organisk karbon **	0,65	0,55	0,76	0,18	0,12	0,20	72	JA
Asfaltrøyk (respirabelt)	0,38	0,29	0,43	0,09	0,08	0,10	75	JA
Asfaltrøyk (torakal)	0,41	0,32	0,46	0,12	0,10	0,13	71	JA
Asfaltrøyk (inhalerbar)	0,49	0,37	0,59	0,18	0,16	0,20	64	JA
Direktevisende DustTrak DRX								
PM ₁	4,17	-	-	0,28	-	-	93	-
PM ₁₀	4,19	-	-	0,29	-	-	93	-
Personlige prøver *								
Asfaltrøyk/-damp								
- Asfaltrøyk	1,3	0,21	3,0	0,24	0,11	0,44	82	NEI
- Asfaltdamp	0,206 ppm	0,082 ppm	0,420 ppm	0,191 ppm	0,087 ppm	0,379 ppm	7	NEI
Organisk karbon **	1,16	0,291	2,33	0,264	0,108	0,513	77	JA

* Antall prøver n = 3

** Organisk karbon omregnet til hydrokarbonet heksacosan.



Figur 1.A. og 1.B. Eksempler på variasjonen i konsentrasjonen til PM₁₀ aerosolfraksjonene som funksjon av tid ved forsøket med PmB varmasfalt og PmB LTA (tiden til LTA (1.A) er fratrukket 2 timer i forhold til reell tid).



Figur 2.A. og 2.B. Eksempler på variasjonen i konsentrasjonen til de helsedefinerne (respirabel, torakal og inhalerbar) aerosolfraksjonene som funksjon av tid ved forsøket med PmB varmasfalt og PmB LTA (tiden til LTA (2.A) er fratrukket 2 timer i forhold til reell tid).

3.1.5 PERSONLIGE MÅLINGER

Organisk og elementært karbon (OC/EC)

Det ble utført 6 personlige eksponeringsmålinger ved dette ene forsøket på vei med 25 mm totalstøvkassett med kvartfilter. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen (aritmetisk middelværdi) av organisk karbon omregnet til heksacosan ved legging av PmB varmasfalt (referanse) og PmB lavtemperaturasfalt (LTA) var henholdsvis 1,16 (n=3, range 0,291-2,33) og 0,264 (n=3, range 0,108-0,513) mg/m³, noe som gir en gjennomsnittlig reduksjon på 77 % ved overgang til PmB lavtemperaturasfalt. Reduksjonen var statistisk signifikant for organisk karbon (p=0,02). Nivåene av elementært karbon lå i området 0,0027 til 0,015 mg/m³ (median 0,0046 mg/m³, n=6).

Det ble i tillegg gjort en personlig stikkprøvemåling av organisk karbon i forbindelse av lossing av varmasfalt og lavtemperaturasfalt med gravemaskin fra båt. Konsentrasjonene av organisk karbon omregnet til heksacosan ved lossing av varmasfalt (referanse) og lavtemperaturasfalt (LTA) var henholdsvis 0,037 og 0,039 mg/m³.

Asfaltrøyk/damp

Det ble utført 6 personlige eksponeringsmålinger ved dette ene forsøket på vei med en kombinert prøvetaker for asfaltrøyk med 37 mm totalstøvkassett med teflonfilter etterfulgt i serie av adsorbentør med aktivt kull. De gjennomsnittlige (aritmetisk middelværdi) konsentrasjonene av asfaltrøyk, som ble oppsamlet på filter, var henholdsvis 1,3 mg/m³ (n=3, range 0,21-3,0 mg/m³) og 0,24 mg/m³ (n=3, range 0,11-0,44 mg/m³) for PmB varmasfalten (referansen) og PmB lavtemperaturasfalten, noe som gir en gjennomsnittlig reduksjon på 82 % ved overgang fra PmB varmasfalt (referanse) til PmB lavtemperaturasfalt. Reduksjonen i personlig eksponering var ikke statistisk signifikant for asfaltrøyken (p=0,07). De gravimetrisk bestemte hadde en bestemmelsesgrense på 0,04 mg/m³. Med bakgrunn i resultatene fra LTA 2011, så ble filtrene etter den gravimetrisk bestemmelse ikke ekstrahert og kjemisk bestemt ved hjelp av GC-FID. De gjennomsnittlige (aritmetisk middelværdi) konsentrasjonene av asfaltdampen, som ble oppsamlet på kullrør, var henholdsvis 0,206 ppm (n=3, range 0,082-0,420 ppm) og 0,191 ppm (n=3, range 0,087-0,379 ppm) for PmB varmasfalten (referansen) og PmB lavtemperaturasfalten, noe som gir en gjennomsnittlig reduksjon på 7 % ved overgang fra PmB varmasfalt (referanse) til PmB lavtemperaturasfalt. Reduksjonen i personlig eksponering var ikke statistisk signifikant for asfaltdampen (p=0,48). Asfaltdampbestemmelsene hadde en bestemmelsesgrense på 0,00005 ppm.

Det ble i tillegg gjort en stikkprøvemåling av asfaltrøyk/damp i forbindelse av lossing av varmasfalt og lavtemperaturasfalt med gravemaskin fra båt. Konsentrasjonene målt personlig på gravemaskinfører var henholdsvis 0,08 mg/m³ og 0,013 ppm for asfaltrøyk og asfaltdamp ved lossing av varmasfalt, mens de tilsvarende konsentrasjonene var henholdsvis 0,07 mg/m³ og 0,006 ppm for asfaltrøyk og asfaltdamp ved lossing av lavtemperaturasfalt.

Diskusjon

Sammenlignet med tiltaksverdien for asfaltrøyk (totalstøv) på 5 mg/m³ ligger de målte nivåene ved personlig prøvetaking av asfaltrøyk (gravimetrisk bestemmelse) høyere for PmB varmasfalten (referanse, høyeste målte verdi 60 % av tiltaksverdi) enn de nivåene som ble målt i LTA 2011, mens de målte verdiene for PmB lavtemperaturasfalten ligger omtrent i samme område som ble målt stasjonært med Respicon prøvetakeren i LTA 2011 (mindre enn 10 % av tiltaksverdi). Den gjennomsnittlige reduksjonen i eksponering for asfaltrøyk ved overgang fra PmB varmasfalt til PmB lavtemperaturasfalt var 82 %, men denne var ikke statistisk signifikant (p=0,07). Dette skyldes få prøver og at det var en stor variasjon i eksponeringsnivåer for de personlige prøvene av asfaltrøyk. Den høyeste reduksjonen i eksponering for asfaltrøyk ble funnet for føreren av utleggeren med hele 85 % ved overgang fra PmB varmasfalten (referansen) til PmB lavtemperaturasfalten, mens asfaltørene som arbeidet rundt "screeden" hadde som forventet en lavere eksponering for asfaltrøyk enn føreren av utleggeren. De målte verdiene av organisk karbon samsvarer godt med nivåene av asfaltrøyk bestemt gravimetrisk. Den gjennomsnittlige reduksjonen i eksponering for asfaltrøyk, målt som organisk karbon, ved overgang fra PmB varmasfalt til PmB lavtemperaturasfalt var 77 %. Denne reduksjonen i eksponering var statistisk signifikant (p=0,02). De målte verdiene av asfaltdamp var gjennomgående lave både for PmB varmasfalt og PmB lavtemperaturasfalt. Det ble ikke funnet et statistisk sikker reduksjon i asfaltdamp ved overgang fra PmB varmasfalt til PmB lavtemperaturasfalt.

Nivåene av asfaltrøyk (bestemt gravimetrisk og som organisk karbon) målt personlig på gravemaskinfører ved lossing av varmasfalt (referanse) og lavtemperaturasfalt i forbindelse med båttransport var lave (mindre enn 2 % av tiltaksverdi) sammenliknet med tiltaksverdien for asfaltrøyk (totalstøv) på 5 mg/m³. Nivået av asfaltdamp målt personlig på gravemaskinfører ved lossing av varmasfalt (referanse) og lavtemperaturasfalt i forbindelse med båttransport var lavere enn de eksponeringsnivåer som ble målt personlig på asfaltører i LTA 2011.

3.2. DEL 2: MEKANISK BELASTNING

3.2.1 METODER

Testprosedyre for sammenligning av mekanisk belastning ved håndlegging av varmasfalt (referanse) og lavtemperaturasfalt (LTA) ble utarbeidet av STAMI i samarbeid med bransjeforeningen EBA. Det ble bestemt at det skulle gjennomføres et forsøk per lavtemperaturasfalt-teknikk som ble lagt på vei og at denne skulle sammenlignes mot en varmasfalt (referanse). Entreprenørene kunne selv velge om de ville sammenligne asfalt med mykere bindemiddel og finere stein beregnet for håndlegging eller om de ville benytte de samme asfaltmasse typene som ble lagt på vei. Det ble videre bestemt at det skulle legges 3 x 20 minutter med hver asfalttype, at arealet på forsøksfeltet måtte være minst 2 x 100 m² og at forskjellen i helningsgraden mellom hvert forsøksfelt måtte være mindre enn 2 %. Mengden asfalt per asfaltmasse type som det ville være behov for ble beregnet til 10 m³. Temperaturene på de ulike asfalttypene ble målt av entreprenørene med på overflaten med et IR termometer eller FLIR kamera. I hvilken rekkefølge varmasfalten (referansen) og lavtemperaturasfalten ble lagt varierte.

Det ble valgt to eksponeringsindikatorer for å beskrive den mekaniske belastningen; hjerterefrekvens og kraft.

Hjerterefrekvens

Hjerterefrekvensen ble målt hvert 5 sekund med Polar RS 800CX multisportklokke med Polar WearLink+ pulsbelte. Gjennomsnittlig hjerterefrekvens (antall slag/minutt) per 20 minutters periode ble beregnet.

Kraft

Kraften som ble benyttet til å skyve og trekke asfalten under håndleggingen ble målt med en standard asfaltrake (Karlstad produkter, Sverige (skaft) og Melhus Vekst, Melhus (trefjøl med metall); vekt ca 1,8 kg; lengde (skaft) 180 cm ; lengde (trefjøl) 60 cm; bredde (trefjøl) 6 cm) som ble modifisert med en innebygget kraftsensor (DDE-1kN, Applied Measurements Ltd) i skaftet (se bilde 2). Kraftsensoren målte inntil ± 100 kg belastning (100 kg ≈ 1000 Newton). Skyving med asfaltraken ga et negativt utslag i signalet fra kraftsensor, mens trekking med asfaltraken ga et positivt utslag i signalet fra kraftsensor. Kraftsensor ferdig montert på asfaltrake ble kalibrert i området 0-50 kg. Kraftsensoren økte vekten på asfaltraken med omtrent 0,75 kg. Signalet fra kraftsensoren i asfaltraken ble konvertert med en AD konverter (PIC16F876A , Microchip) og

overført digitalt via en radiomodul til en PIMEX 2008 sender, som overførte signalet videre til en PIMEX 2008 mottakerenhet hvor bilde og kraftutslag ble synkronisert og lagret hvert 0,4 sekund (se bilde 3). Nullkraftverdi ble målt med asfaltraken liggende vannrett på bakken uten belastning i ca 15 sekunder i forkant av hver måleperiode.

Den trådløse overføringen mellom kraftsensoren i asfaltraken og PIMEX 2008, resulterte i at signalet periodevis ble påvirket av signalstøy både med negativt og positivt fortegn. Disse periodene med signalstøy var svært kortvarige (~0,4 sekund) og ga vanligvis et negativt signal > 60 kg. Videoene er gjennomgått for å finne perioder med pauser i arbeidet, samt perioder hvor asfaltøren lente seg på asfaltraken. Data ble ekskludert ved følgende situasjoner;

- Signal < - 500 mV (\approx 56 kg skyving) og > 200 mV (\approx 22 kg trekking) ble erstattet med et gjennomsnitt av grunnlinjen målt i starten av hver måleperiode.
- Måledata fra pauser i arbeidet ble ekskludert (rengjøring av utstyr etc.).
- Måledata fra korte pauser i arbeidet, hvor asfaltøren lente seg på asfaltraken ble ekskludert.

Måledataene ble normalisert ved å trekke fra et gjennomsnitt av grunnlinjen målt i starten av hver måleperiode. Tiden som totalt ble benyttet til å håndlegge 10 m³ asfalt varierte fra 26-73 minutter. Forsøket ble avsluttet etter 60 minutter selv om det var mer asfalt igjen. Prosent av tid med belastning på henholdsvis; mindre enn 5 kg, 5-10 kg, 10-15 kg, 15-20 kg og mer enn 20 kg, og arealet under kurven i kg korrigert for totaltid, ble beregnet for måleverdiene fra hver asfalttype (varmasfalt og lavtemperaturasfalt) og asfaltrake. Arealet under kurven i kg korrigert for totaltid gir en indikasjon på totalbelastningen, mens prosent tid med ulike belastninger indikerer tid med større (10-20 kg) eller høy belastning (>20 kg).



Bilde 2: Ombygd asfaltrake med kraftsensor.



Bilde 3: PIMEX 2008 mottakerenhet (Fotograf Dag Steinar Tønder, Nordasfalt).

3.2.2 ASFALTTEMPERATURER

Silolagring

Den gjennomsnittlige temperaturen på asfalten målt med IR termometer på overflaten av asfalten var 116 (range 108-124) °C for vanlig produsert men avkjølt varmasfalt (referanse), 104 (range 100-110) °C for silolagret lavtemperaturasfalt og 102 (range 100-103) °C for ferskprodusert lavtemperaturasfalt. Det gir en reduksjon på henholdsvis 12 og 14 °C i asfalttemperatur ved overgang fra vanlig produsert men avkjølt varmasfalt til silolagret lavtemperaturasfalt og ferskprodusert lavtemperaturasfalt.

Båttransport

Den gjennomsnittlige temperaturen på asfalten målt med FLIR kamera ved lossing på lastebil var 165 (range 162-167) °C for varmasfalten (referanse) og 128 (range 108-130) °C for lavtemperaturasfalten. Det gir en reduksjon på 37 °C i asfalttemperatur ved overgang fra varmasfalt til lavtemperaturasfalt.

3.2.3 HJERTEFREKVENSMÅLINGER

Hjertefrekvensmålingene både for håndlegging av varmasfalt (referanse) og lavtemperaturasfalt ble delt inn i 20 minutters perioder, hvor det ble beregnet gjennomsnittlig hjertefrekvens (antall slag/minutt). Tiden som totalt ble benyttet til å håndlegge 10 m³ asfalt varierte fra 26-73 minutter. Hjertefrekvensmålingene ble derfor delt inn i fortrinnsvis 20 minutters perioder og deretter i restperioder mindre enn 20 minutter. Den gjennomsnittlige hjertefrekvensen til asfaltørene for hele måleperioden er vist i Tabell 3. Hjertefrekvensmålingene til den ene asfaltøren under håndlegging av silolagret lavtemperaturasfalt i forsøket hos Veidekke Industri ble av uviss grunn ikke logget av pulsklokken og var derfor ikke mulig å hente ut i etterkant.

Tabell 3. Gjennomsnittlig hjertefrekvens per minutt (hele perioden).

NCC Roads	Gjennomsnittlig hjertefrekvens (slag/minutt)
Varmasfalt Rake 1	100
Green Asphalt Rake 1	98
Varmasfalt Rake 2	119
Green Asphalt Rake 2	113
Veidekke Industri	Gjennomsnittlig hjertefrekvens (slag/minutt)
Varmasfalt Rake 1	108
Fersk WAM FOAM Rake 1	103
Varmasfalt Rake 2	100
Silolagret WAM FOAM Rake 2	94
Fersk WAM FOAM Rake 2	92

3.2.4 KRAFTMÅLINGER

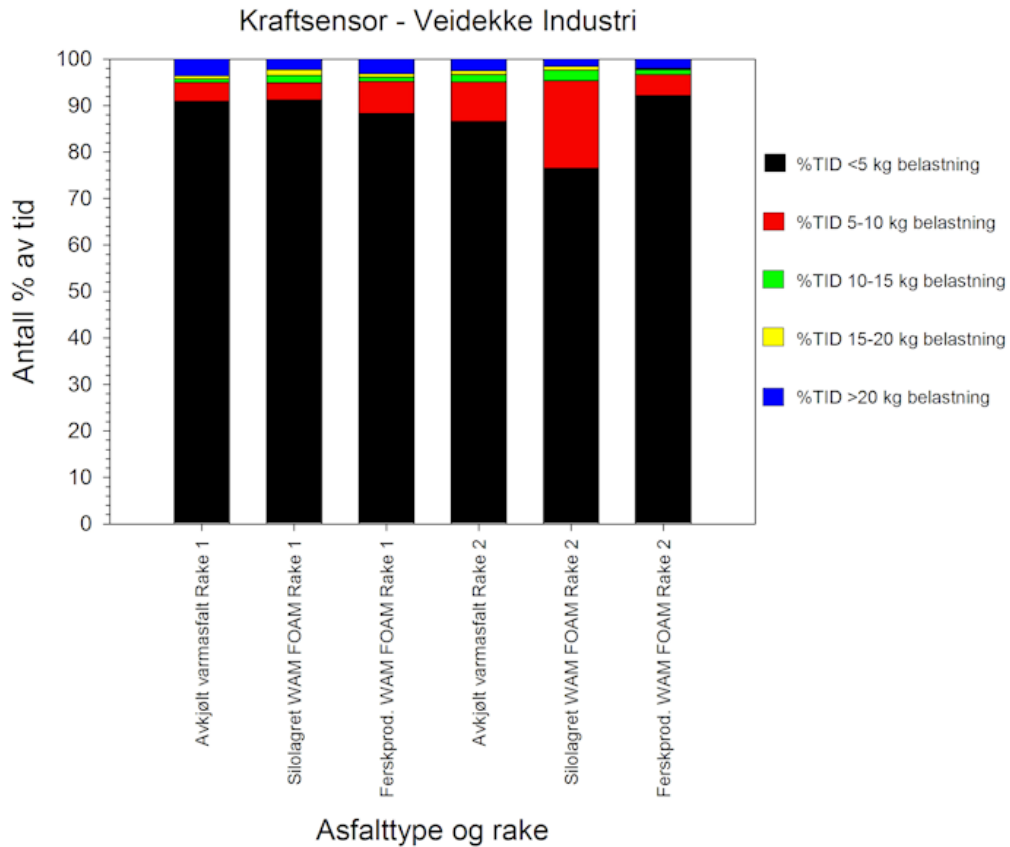
Resultater av kraftmålingene vist som prosent tid med de ulike belastningene per asfaltype (varmasfalt og lavtemperaturasfalt) og asfaltrake er vist i figurene 3 og 4, mens arealene under kurven i kg korrigert for totaltid er vist i Tabell 4.

Resultatene viser at prosentvis tid ved de ulike belastningene øker ved overgang fra varmasfalt til lavtemperaturasfalt for noen personer, mens den reduseres for andre personer, også innenfor samme forsøk. En belastning som var høyere enn 10 kg ble vurdert som høy og valgt som indikator på forskjellen i belastning mellom varmasfalt og lavtemperaturasfalt. Den gjennomsnittlige % av tiden med belastning mer enn 10 kg ble beregnet til 5,0 (n=6, range 3,1-7,0) % og 4.8 (n=6, range 3,4-5,5) % for varmasfalten (referanse) og lavtemperaturasfalten, noe som gir en gjennomsnittlig reduksjon i tiden med belastning mer enn 10 kg på 3,9 % ved overgang fra varmasfalt til lavtemperaturasfalt. Denne reduksjonen i belastning var ikke statistisk signifikant (p=0,76).

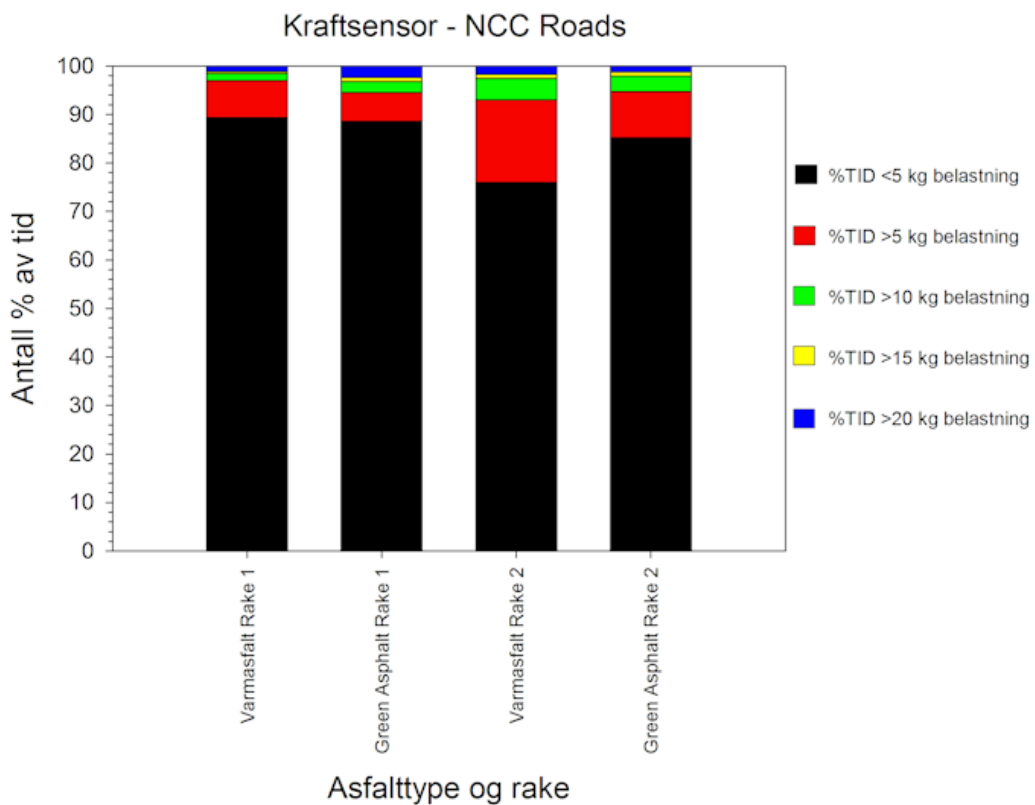
Totalbelastningen kan indikeres med arealet under kurven i kg korrigert for totaltid. Resultatene viser at belastningen øker ved overgang fra varmasfalt til lavtemperaturasfalt for noen personer, mens den reduseres for andre personer, også innenfor samme forsøk. Det gjennomsnittlige arealet under kurven i kg korrigert for totaltid ble beregnet til 1,15 (n=6, range 1,03-1,49) kg for varmasfalten (referanse) og 1,12 (n=6, range 0,91-1,50) kg for lavtemperaturasfalten, noe som gir en gjennomsnittlig reduksjon (aritmetisk middelværdi) i belastning på 2,4 % ved overgang fra varmasfalt til lavtemperaturasfalt. Denne reduksjonen i belastning var ikke statistisk signifikant (p=0,80).

Tabell 4. Arealet under kurven i kg korrigert for totaltid.

NCC Roads	Arealet under kurven i kg korrigert for totaltid
Varmasfalt Rake 1	1,05
Green Asphalt Rake 1	1,05
Varmasfalt Rake 2	1,49
Green Asphalt Rake 2	1,18
Veidekke Industri	Arealet under kurven i kg korrigert for totaltid
Varmasfalt Rake 1	1,03
Silolagret WAM FOAM Rake 1	0,96
Fersk WAM FOAM Rake 1	1,12
Varmasfalt Rake 2	1,14
Silolagret WAM FOAM Rake 2	1,50
Fersk WAM FOAM Rake 2	0,91



Figur 3. Prosent tid med de ulike belastningene per asfalttype (vanlig produsert men avkjølt varmasfalt, silolagret lavtemperaturasfalt og ferskprodusert lavtemperaturasfalt) og rake fra forsøket hos Veidekke Industri.



Figur 4. Prosent tid med de ulike belastningene per asfalttype (varmasfalt og lavtemperaturasfalt) og rake fra forsøket hos NCC Roads.

Diskusjon

Generelt viser resultatene korte perioder med høy belastning. En rekke determinanter vil påvirke belastningen som fall i temperaturen på asfalten i løpet av håndleggingsperioden, arbeidsmåte (for eksempel hvordan man holder asfaltraken, samt vinkel på asfaltrake) og rekkefølgen på utleggingen av de ulike asfalttypene. Dette ble ikke undersøkt i denne studien. Vi vet heller ikke nok om personene som deltok (for eksempel høyde og muskelstyrke). Antall forsøk som ble gjennomført med håndlegging var begrenset (dvs. ett til to forsøk per lavtemperaturasfalttype), noe som gjør det vanskelig å konkludere. I tillegg ble det benyttet et kjøretøy med en spesialtilpasset skuff til å legge ut ett jevnt og tynt lag med asfalt under forsøket hos Veidekke Industri (se bilde 4). Bruken av dette kjøretøyet kan ha bidratt til å redusere den generelle mekaniske belastningen noe som vil gjøre det vanskeligere å avdekke eventuelle forskjeller i asfaltmassenes bearbeidbarhet. Kraftmåleren i asfaltraken vil siden vinkelen på asfaltraken under bruk ikke ble undersøkt, sannsynligvis ikke gi et fullgodt mål på bearbeidbarheten til asfalten, men den vil gi et godt mål på hvilke belastninger armer og skuldre blir utsatt for.



Bilde 4: Kjøretøy med spesialtilpasset skuff (Fotograf Geir Lange, Veidekke Industri).

4. KONKLUSJON

Kjemisk arbeidsmiljø

Oppfølgingsforsøket viser at eksponeringen for asfaltrøyk er lavere ved utlegging av PmB lavtemperaturasfalt sammenlignet med PmB varmasfalt, mens det ikke ble funnet en forskjell i eksponering for asfaltdamp. En personlig stikkprøvemåling som ble utført på gravemaskinfører ved lossing av varmasfalt og lavtemperaturasfalt i forbindelse med båttransport viste lave eksponeringsnivåer for asfaltrøyk og asfaltdamp både ved lossing av varmasfalt og lavtemperaturasfalt.

Mekanisk arbeidsmiljø

De mekaniske belastningsmålingene som ble gjennomført under legging av både varmasfalt (referanse) og lavtemperaturasfalt (LTA) viser ingen statistisk eller fysiologisk signifikant forskjell i hjerterefrekvens eller statistisk signifikant forskjell i belastning målt med kraftsensor i asfaltrake ved håndlegging av varmasfalt og lavtemperaturasfalt i forbindelse med båttransport og silolagring. Oppfølgingsforsøkene viser dermed ingen forskjell i mekanisk belastning ved håndlegging av varmasfalt og lavtemperaturasfalt, men antall forsøk som ble utført var noe begrenset.

REFERANSER

Burstyn, I., Kromhout H., Boffetta P, A literature review of levels and determinant of exposure to potential carcinogens and other agents in the road construction industry, *AIHA journal*, 2000, 61, 715-726.

Elihn K, Ulvestad B, Hetland S, Wallen A, Randem BG. Exposure to ultrafine particles in asphalt work. *J Occup. Environ. Hyg.*, 2008, 5 (12) 771-779.

Ulvestad B (a), Randem BG, Hetland S, Sigurdardottir G, Johannessen E, Lyberg T. Exposure, lung function decline and systemic inflammatory response in asphalt workers. *Scand J Work. Environ. Health*, 2007, 33 (2) 114-121.

Ulvestad B (b), Randem BG, Andersson L, Ellingsen DG, Barregard L. Clara cell protein as a biomarker for lung epithelial injury in asphalt workers. *J Occup. Environ. Med.* 2007, 49 (10) 1073-1078.

Randem BG, Ulvestad B, Burstyn I, Kongerud J. Respiratory symptoms and airflow limitation in asphalt workers. *Occup. Environ. Med.* 2004, 61(4) 367-369.

Arbeidstilsynet 2010, Strategi for reduksjon av yrkesbetinget KOLS 2010 - 2011, Arbeidstilsynet, <http://www.arbeidstilsynet.no/nyhet.html?tid=213723>

William C. Hinds in *Aerosol Technology – properties, behaviour, and measurement of airborne particles*, 2nd ed., pp. 53, 1999, Wiley-Interscience, New-York, NY, USA

Nieboer E., Thomassen Y., Chashchin V., Odland J.O., Occupational exposure assessment of metal, *J. Environ. Monit.*, 2005, 7, 411-415

Norseth, T., Waage, J., Dale, I., Acute effects and exposure to organic compounds in road maintenance workers exposed to asphalt, *Am. J. Ind. Med.*, 1991, 20, 737-744.

Foreningen asfalt og veiservice (FAV), rapporten "FAVs prosjekt LTA 2011 – Delprosjekt asfaltkvalitet, 2012", tilgjengelig på www.fav.net og www.eba.no

Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI), STAMI-rapport nr. 3, Årgang 13, 2012, "Kartlegging av kjemisk arbeidsmiljø og mekanisk belastning ved utlegging av varmasfalt og lavtemperaturasfalt", ISSN 1502-0932, tilgjengelig på www.stami.no.