



**OPPDATERING AV MODELLER FOR OLJEDAMP- OG
OLJETÅKEKONSENTRASJON I ARBEIDSA TMOSFÆREN I
SHAKEROMRÅDET PÅ BOREINSTALLASJONER**

Rapport nr. 1, 2010

Arbeids- og miljømedisin

Universitetet i Bergen og Uni helse

ISBN 978829123278-2

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	3
SAMMENDRAG	4
INNLEDNING	7
MATERIALE OG METODER	9
Organisering	9
Datainnsamling	9
Utvalg av måledata	9
Database	11
Dataanalyse	14
RESULTATER	15
Riggskjema	15
Oversikt over måledata	15
Sammenligning mellom målinger fra 2004-2009 og predikerte konsentrasjoner beregnet etter første konsentrasjonsmodell	16
Oppdatering av konsentrasjonsmodellene	18
Sammenligning mellom målte konsentrasjoner fra 1998-2009 og predikerte konsentrasjoner etter oppdatert modell	21
Brukerverktøy – kalkulator	23
KOMMENTARER TIL RESULTATENE	24
REFERANSER	27
Vedlegg 1: Riggskjema	28

Rapporten er utarbeidet av;

Magne Bråtveit, Universitetet i Bergen og Uni helse

Stein Atle Lie, Uni helse

Kjersti Steinsvåg, Statoil

FORORD

Denne rapporten gir en oppsummering av et oppdrag Arbeids- og miljømedisin, Universitetet i Bergen har utført for Oljeindustriens Landsforening (OLF).

Rapporten beskriver hvordan vi har evaluert og oppdatert en modell vi tidligere har utviklet for å estimere konsentrasjonen av oljedamp og oljetåke i arbeidsatmosfæren i shakerområdet på boreinstallasjoner.

Vi vil takke alle i oljebransjen som har sendt oss informasjon vi har etterspurt både i form av utfylte skjema og målerapporter. Vi setter også stor pris på diskusjonene vi har hatt med yrkeshygienikergruppen i OLF i løpet av prosjektperioden.

En stor takk til OLF som har finansiert og ellers lagt til rette for å gjennomføre prosjektet

Bergen 10. september 2010

Magne Bråtveit

Stein Atle Lie

Kjersti Steinsvåg

SAMMENDRAG

Bakgrunn

Arbeids- og miljømedisin, Universitetet i Bergen/Uni helse avsluttet i april 2007 prosjektet "Modellering av oljedamp- og oljetåkekonsentrasjon i arbeidsatmosfæren i shakerområdet på boreinstallasjoner" som ble finansiert av OLF. I det prosjektet ble resultater fra målinger tatt i perioden 1998-2004, dvs. 462 stasjonære oljedampmålinger og 464 stasjonære oljetåkemålinger lagt inn i en database. På basis av dette laget vi første versjon av en kalkulator som beregner konsentrasjon av oljedamp og oljetåke i shakerområdet under gitte prosessbetingelser ved boring med dagens oljebaserte mudsystemer (Bråtveit et al., 2007). Denne kalkulatoren kan gi bransjen konkrete råd med hensyn til planlegging av når tiltak bør iverksettes, basert på gjeldende administrative normer. Kalkulatoren kan også predikere konsentrasjonen ved "worst case scenarioer", og dermed bidra med informasjon om behov for å vurdere tekniske tiltak, administrative tiltak eller personlig verneutstyr under slike forhold. Beregningsmodellene som presenteres i denne rapporten samt resultatene som tidligere er presentert for personbårne og stasjonære målinger (Steinsvåg et al., 2006; Bråtveit et al., 2009) vil også være nyttige for å utarbeide eksponeringsestimater i epidemiologiske studier for å studere en eventuell sammenheng mellom eksponering og helse. Dette kan for eksempel gjelde effekter på respirasjonssystemet som luftveisplager, lungefunksjon og lungefibrose for operatører i slambehandlingsområdene

Målsetting

Første versjon av kalkulatoren var basert på konsentrasjonsmodeller beregnet ved hjelp av regresjonsanalyser av oljetåke- og oljedampmålinger for perioden 1998-2004. Hovedmålene for det foreliggende prosjektet er å videreutvikle og styrke modellene som lå til grunn for kalkulatoren, og å vurdere samsvaret mellom oljetåke- og oljedampmålinger gjort offshore og tilsvarende konsentrasjoner beregnet av kalkulatoren. Dette ble gjort ved å samle inn nye måledata av oljetåke og oljedamp for perioden 2004-2009. Det nye settet med måledata ble slått sammen med de gamle målingene, slik at nye modeller kunne beregnes på komplett datasett fra perioden 1998-2009. De nye konsentrasjonsmodellene basert på komplett datasett 1998-2009 utgjorde dermed den andre, oppdaterte versjonen av kalkulatoren.

Metoder

En forespørsel ble sendt til 4 oljeselskaper og 6 rederier der de ble bedt om å fylle ut vedlagte riggskjema for de aktuelle boreinstallasjonene, og at vi fikk tilsendt alle målerapporter for oljetåke og oljedamp fra perioden 2004 - 2009. I riggskjemaet ble det spurt etter tekniske opplysninger om slambehandlingsområdet (se Vedlegg 1).

Vi samlet inn totalt 75 målerapporter fra 32 rigger fra perioden 2004-2009, og benyttet de samme inklusjonskriterier som i det forrige prosjektet. Målingene som dermed inngikk i den endelige databasen for validering og oppdatering av konsentrasjonsmodellene var hentet fra 18 faste og 9 flyttbare boreinstallasjoner, med totalt 421 stasjonære oljedamp- og oljetåkemålinger fra perioden 2004-2009. Multiple lineære regresjonsmodeller ble utviklet ved å benytte henholdsvis oljetåke og oljedamp som avhengige variabler, og potensielle determinanter som uavhengige variabler.

Resultater og kommentarer

Sammenligning av første versjon av konsentrasjonsmodellene mot nye måledata.

Måleresultatene fra perioden 2004-2009 ble sammenlignet med tilhørende beregnede/predikerte verdier fra kalkulatoren gitt de aktuelle tekniske forhold og prosessbetingelser. Det var en signifikant korrelasjon mellom målte og predikerte konsentrasjoner både for oljetåke og oljedamp. Siden dataene er sterkt skjevfordelte vil medianverdiene gi et bedre bilde av sentraltendensen enn gjennomsnittet. Kalkulatoren overestimerte median for konsentrasjon av oljetåke med 27% (relativ bias), mens den underestimerte konsentrasjonen av oljedamp med 26%.

Oppdaterte modeller

De oppdaterte modellene for oljedamp og oljetåke inkluderer flere determinanter enn den første versjonen. Bortsett fra shakerlokalisering er alle de andre determinantene fra første versjon fortsatt inne i modellene. I tillegg er tre nye determinanter inne: Prøvetakingspunkt, sesong og avtrekkshette fra shaker. Alle determinantene er felles for de oppdaterte modellene for oljetåke og oljedamp. De oppdaterte modellene forklarer 31% av variasjonen i konsentrasjonen av oljedamp og 35% av variasjonen i konsentrasjon av oljetåke.

Sammenligning mellom målte konsentrasjoner fra 1998-2009 og predikerte konsentrasjoner etter oppdaterte konsentrasjonsmodeller

I disse analysene ble alle gyldige måleresultater fra hele perioden 1998-2009 sammenlignet med tilhørende konsentrasjoner som ble beregnet etter de oppdaterte modellene. Relativ bias (skjevhet) mellom målte og predikerte verdier var nå redusert til 19% for oljetåke og 11% for oljedamp.

Kalkulator

De oppdaterte konsentrasjonsmodellene ble bearbeidet til et brukerverktøyet som presenteres som en web-basert kalkulator for beregning av oljetåke og oljedamp i shakerområdet.

Kalkulatoren vil angi punktestimater med 95% konfidensintervaller for ett gitt sett av verdier av de variablene som inngår i modellene, samt presentasjon av figur som viser estimert konsentrasjon som funksjon av borevæsketemperaturen. Kalkulatoren kan blant annet benyttes til å predikere konsentrasjonen av oljetåke og oljedamp ved "worst case scenarier". Dette kan for eksempel være ved boring i 12 ¼" seksjonen med lavviskøs baseolje og høy mudtemperatur.

Brukeren av kalkulatoren må være oppmerksom på forutsetningene som ligger til grunn, dvs. at beregningsmodellene er basert på et skjevfordelt materiale. Dette betyr at dersom man ønsker å sammenligne beregninger fra kalkulatoren med verdier fra egne målinger må man sammenligne medianen for den aktuelle måleserien med den beregnede verdien. Enkeltmålinger vil kunne avvike betydelig fra det kalkulatoren predikerer.

INNLEDNING

I forbindelse med prosjektet ”Eksponering for kreftfremkallende stoffer offshore” som ble finansiert av Oljeindustriens Landsforening (OLF), samlet vi inn historisk eksponeringsdokumentasjon fra oljebransjen. En stor andel av eksponeringsmålingene omhandlet oljetåke og oljedamp i slambehandlingsområdene (Steinsvåg et al., 2005, 2007). Vi ønsket å bruke denne dokumentasjonen til å vurdere historisk eksponering, og til å identifisere faktorer som har betydning for eksponering (determinanter). Determinantene kan benyttes til å utvikle konsentrasjonsmodeller som estimerer konsentrasjon under gitte forhold, og kan dermed være et nyttig verktøy ved vurdering og planlegging av forebyggende tiltak.

Seksjon for arbeidsmedisin avsluttet i april 2007 prosjektet ”Modellering av oljedamp- og oljetåkekonsentrasjon i arbeidsatmosfæren i shakerområdet på boreinstallasjoner” som ble finansiert av OLF. I dette prosjektet laget vi første versjon av et brukerverktøy for stasjonære målinger av oljetåke/oljedamp i shakerområdet (Bråtveit et al., 2007). Data fra målerapporter fra perioden 1998-2004 lagt inn i en database som inkluderte 17 faste og 12 flyttbare boreinstallasjoner, med totalt 462 stasjonære oljedampmålinger og 464 stasjonære oljetåkemålinger. Statistiske analyser identifiserte variabler som hadde betydning for konsentrasjon av oljetåke og oljedamp i shakerområdet som for eksempel viskositet for baseolje, mudtemperatur, seksjon det bores i, type rigg og tekniske forhold i shakerområdet. Det ble utviklet konsentrasjonsmodeller knyttet til en kalkulator som kunne estimere konsentrasjon av oljedamp og oljetåke i shakerområdet under gitte prosessbetingelser ved boring med dagens oljebaserte mudsystemer. Brukeren legger inn verdier for de ulike variablene som inngår i modellene, og får ut ett punkttestimat med 95 % konfidensintervall for oljedamp og oljetåke. I tillegg får man en figur som viser beregnet konsentrasjon som funksjon av mudtemperatur for den kombinasjonen av variabler som er tastet inn. Presisjonen i de estimerte verdiene for oljedamp og oljetåke, er avhengig av usikkerheten i de variablene som inngår. Det er derfor viktig at opplysningene som gis i målerapportene fra bransjen er så utfyllende at de kan benyttes ved oppdateringer av kalkulatoren. Det bør derfor stilles konkrete krav til hvilken informasjon som skal oppgis i målerapportene.

Kalkulatoren kan gi bransjen konkrete råd med hensyn til planlegging av når tiltak bør iverksettes, basert på gjeldende administrative normer. Brukerverktøyet kan også predikere konsentrasjonen ved ”worst case scenarioer”, og dermed bidra med informasjon om behov for å vurdere tekniske tiltak, administrative tiltak eller personlig verneutstyr under slike forhold. Beregningsmodellene som presenteres i denne rapporten samt resultatene som tidligere er

presentert for personbårne og stasjonære målinger (Steinsvåg et al., 2006; Bråtveit et al., 2009) vil også være nyttige for å utarbeide eksponeringsestimater i epidemiologiske studier for å studere en eventuell sammenheng mellom eksponering og helse. Dette kan for eksempel gjelde effekter på respirasjonssystemet som luftveisplager, lungefunksjon og lungefibrose for operatører i slambehandlingsområdene

Rapporten som omhandlet første versjon av konsentrasjonsmodellene/kalkulatoren ble presentert for yrkeshygienegruppen i OLF i mai 2007. Vi ønsket å videreutvikle dette brukerverktøyet. Det ble avtalt med OLF at vi skulle utarbeide en plan for videreføring av prosjektet.

Målsettingen med det foreliggende prosjektet var å videreutvikle første versjon av kalkulatoren for oljetåke og oljedamp ved at de konsentrasjonsmodellene som inngikk i kalkulatoren skulle valideres mot nye måledata fra perioden 2004-2009. Deretter skulle konsentrasjonsmodellene oppdateres ved å inkludere de nye måledataene i en felles database med målinger fra hele perioden 1998-2009.

MATERIALE OG METODER

Organisering

Datainnsamling, analyser og utvikling av brukerverktøy har blitt utført av Magne Bråtveit, Arbeids- og miljømedisin, Universitetet i Bergen og Uni helse og Stein Atle Lie, Uni Helse.

Yrkeshygienikergruppen i OLF fungerte som referansegruppe for prosjektet. I løpet av prosjektperioden ble det holdt ett møte med referansegruppen. Referansegruppen ble spesielt konsultert om hvordan innhenting av målerapporter og informasjon om riggene skulle organiseres. Utforming av riggskjemaet som ble benyttet til å hente inn teknisk informasjon om riggene ble også diskutert og modifisert med utgangspunkt i tilsvarende skjemaet som ble benyttet i 2006 (Vedlegg 1).

Datainnsamling

Målerapporter fra 2004-2009 og oppdatering av riggskjema

En forespørsel ble sendt ut via e-post fra OLF til 4 oljeselskaper i oktober 2009. Mottakerne av e-posten var OLF sine kontaktpersoner for "Kjemikalieprosjektet". Vedlagt var informasjonsbrev fra UiB, informasjonsark om første versjon av konsentrasjonsmodellene, ett riggskjema for utfylling (Vedlegg 1), samt utfylt riggskjema fra 2006 for de installasjonene der vi hadde dette. Det ble bedt om at selskapene fylte ut vedlagte riggskjema for de aktuelle boreinstallasjonene, og at vi fikk tilsendt alle målerapporter for oljetåke og oljedamp fra perioden 2004 - 2009. Riggskjema ble brukt for å sikre oppdatert informasjon om teknisk utforming av shakerområdet. Det ble bedt om at riggskjemaet ble fylt ut både for de installasjonene som vi hadde fått utfylt skjema for i 2006, og for de som vi ikke hadde informasjon om fra tidligere. I dette skjemaet ble det spurt etter tekniske opplysninger om slambehandlingsområdet

Tilsvarende forespørsel med vedlegg ble sendt til fra prosjektleder til kontaktpersoner i 6 rederier med eierskap i flyttbare boreinstallasjoner. Tidsfrist for tilbakemelding på riggskjemaet og innsending av målerapporter ble satt til 06.11.2009.

Utvalg av måledata

I denne rapporten inngår kun stasjonære målinger der det er benyttet oljebaserte baseoljer.

Første innsamlingsrunde i 2004 – bakgrunnsdata for første versjon av konsentrasjonsmodellene

Totalt omfattet datamaterialet fra første innsamlingsrunde målinger ved bruk av oljebaserte borevæsker på 39 rigger med totalt 892 målinger av oljetåke og 908 målinger av oljedamp i perioden 1985-2004. Fra dette datamaterialet ble det gjort et utvalg basert på følgende inklusjonskriterier:

- Kun ikke-aromatiske baseoljer
- Boring i seksjonene 12 ¼” og 8 ½”
- Riggskjema skulle være fylt ut
- Kun målinger i shakerrommet
- Verdier fra enkeltmålinger skulle være angitt i målerapporten (ikke bare gjennomsnittsverdier)

De resterende målingene som oppfylte inklusjonskriteriene og dermed inngikk i databasen for utvikling av første versjon av konsentrasjonsmodellene var hentet fra 17 faste og 12 flyttbare boreinstallasjoner, med totalt 462 oljedampmålinger og 464 oljetåkemålinger fra perioden 1998-2004. Antall målinger per rigg varierte fra 2 til 45.

Andre innsamlingsrunde i 2009 –oppdatering av konsentrasjonsmodellene:

Vi samlet inn totalt 75 målerapporter fra 32 rigger fra perioden 2004-2009. Vi benyttet de samme inklusjonskriterier som i første runde.

Data fra 12 av disse rapportene ble ikke lagt inn i databasen;

- 6 av disse rapportene kun oppgav gjennomsnittsverdier (ikke enkeltverdier),
- 1 rapport omhandlet vannbasert borefluid,
- 2 rapporter gav ingen måledata
- 3 rapporter var fra en installasjon vi ikke hadde fått utfylt riggskjema verken i 2006 eller i 2009.

Videre ble følgende måledata ekskludert;

- boring i andre seksjoner enn 12 ¼” og 8 ½” seksjonene (n=196)
- 159 målinger ekskludert siden de var foretatt i andre steder enn i shakerrommet
- 11 målinger fra en rigg ble ekskludert pga sirkulasjon av mud uten kaks, 8 målinger pga at sprut på filteret var spesifikt angitt, 14 fra en rigg pga innslag fra formasjonen,

21 målinger der prøvetakingssteder ikke var angitt, samt 12 målinger som kun var kort referert til i en annen målerapport fra samme rigg.

Målingene som oppfylte inklusjonskriteriene, og dermed inngikk i den endelige databasen for validering og oppdatering av konsentrasjonsmodellene var hentet fra 18 faste og 9 flyttbare boreinstallasjoner, med totalt 421 oljedamp- og oljetåkemålinger fra perioden 2004-2009. Antall målinger per rigg varierte fra 1 til 62.

Database

Målingene fra andre innsamlingsrunde og som oppfylte inklusjonskriteriene, ble lagt inn i en database for validering av konsentrasjonsmodellene og oppdatering av disse.

Potensielle determinanter for konsentrasjon av oljetåke og oljedamp ble valgt ut på grunnlag intervjuer med borepersonell og yrkeshygienikere fra oljebransjen (Steinsvåg et al., 2005), møte med referansegruppen i dette prosjektet og resultater fra første versjon av eksponeringsmodellene (Bråtveit et al., 2007, 2009).

Potensielle determinanter for konsentrasjon av oljedamp og oljetåke er i det følgende presentert under prosesstekniske determinanter og under teknisk utforming av shakerområdet.

Prosesstekniske faktorer

De potensielle prosesstekniske determinantene/faktorene som omtales her ble beskrevet i målerapportene, og de fleste av disse inngår i Tabell 3, 5 og 6;

- *Viskositet:*

De ikke-aromatiske baseoljene ble delt inn i baseoljer med normal viskositet (3,0-4,5 mm² s⁻¹ ved 40 °C) og lav viskositet (2,0-2,3 mm² s⁻¹ ved 40 °C). EDC95/11 og Clairsol NS er eksempler på baseoljer med normal viskositet, mens for eksempel Sipdrill 2/0, EDC99DW og XP-07 representerer baseoljer med lav viskositet. Baseoljene med lav viskositet antas å fordampe lettere.

- *Mudtemperatur:*

I målingene som inngår i databasen varierer mudtemperaturen mellom 29 °C og 78 °C for målinger fra 2004-2009 mellom 33 °C og 82 °C for målinger fra 1998-2004. Det antas at konsentrasjonene av oljetåke og oljedamp øker med mudtemperaturen.

- *Mudflow:*

Mudflow varierte i området 1360-4200 l/min for målinger fra 2004-2009 og mellom 1800-4170 l/min for målinger fra 1998-2004. Mudflow manglet for 125 av de

421målingene. Høyere mudflow medfører håndtering av større volum av mud i shakerområdet. Det antas høyere konsentrasjoner ved økende mudflow.

- *Seksjon:*
Boring i 12 ¼" seksjonen blir antatt å medføre høyest eksponering siden både mudflow og temperatur normalt er høyere enn i den påfølgende tynnere 8 ½" seksjonen.
- *Foran/mellom shakere*
Prøvetakingsstedene som ble oppgitt i målerapportene varierte. Målingene ble delt inn i to grupper; foran/mellom shakere eller andre steder i shakerrommet.
- *Sesong/klimatiske forhold:*
Værforhold som vindstyrke eller lufttemperatur var oppgitt for mindre en halvparten av måleingene, og klimatiske forhold ble derfor ikke inkludert i modellene. Sesong ble benyttet som et surrogat, og ble definert som Sommer (mai-oktober) og Vinter (november –april). Dette var basert på inndeling i de 6 månedene med henholdsvis høyest og lavest middel-månedstemperatur.

Teknisk utforming av shakerområdet

Opplysninger om de potensielle determinantene som sorterer under dette punktet ble samlet inn via riggskjemaene som ble fylt ut av de ulike riggeierne.

- *Størrelse på shakerrom, antall shakere og mudflow ved representativ boring i 12 ¼" og 8 ½" seksjonen:*
Data for disse variablene ble lagt inn i databasen som oppgitt i de utfylte riggskjemaene

De følgende kategoriske variablene ble dikotomisert, dvs. omdefinert slik at de kun har to utfall (f.eks ja/nei, tilstede/ikke tilstede, o.l) (se Tabell 3)

- *Type rigg:*
I analysene er riggene delt inn i flyttbare og faste installasjoner.
- *Shakerlokalisering:*
Shakerne er oppgitt å være plassert enten i eget rom eller samlokalisert (i samme rom/område som mudpit og/eller separasjonstanker). Det antas at samlokalisering kan medføre høyere konsentrasjoner av oljetåke og oljedamp i shakerområdet.
- *Mudrenner:*

Denne variabelen er delt inn med hensyn til om mudrennene er lukket (alltid lukket) eller om de er delvis/ikke lukket (åpne, uten lokk og delvis åpne m/lokk). Renner som er lukket antas å medføre en lavere konsentrasjon av oljetåke og oljedamp.

- *Avtrekk mudrenner:*

Variabelen angir om mudrennene har avtrekk (ja) eller ikke/delvis avtrekk (nei eller delvis). Avtrekk antas å redusere konsentrasjonen.

- *Tilluft i shakerområdet:*

Angir om shakerområdet har mekanisk tilluft (i tak/vegger, tillufthimling) eller kun har naturlig tilluft (åpent naturlig ventilert område eller lukket område med rister i vegger evt. åpne dører). Mekanisk tilluft antas å redusere konsentrasjonen.

- *Avtrekkshette for shaker*

Avtrekkshette for shaker er angitt som innelukket (avtrekkshette direkte på shaker, innelukket løsning) eller delvis/ikke innelukket (for alle andre alternativer for shakeravtrekk i riggskjemaet). Innelukket avtrekkshette antas å være mest effektiv for å redusere konsentrasjonen.

Mer detaljerte opplysninger som avtrekksmengder er ikke tatt med i analysene siden kun 11 rigger som omfatter 161 målinger hadde oppgitt dette i andre innsamlingsrunde. Det er også svært usikkert i hvilken grad de oppgitte luftmengdene i dag stemmer med mengdene som var aktuelle når målingene ble utført.

- *Luftgardin:*

Luftgardin som er plassert i front av shakerne for å forbedre effektiviteten av avtrekkshettene ble oppgitt for 29 målinger fra 2 rigger (andre innsamlingsrunde).

- *Luftrister i yttervegg*

Overstrømmingsrister for luft i yttervegg ble i andre innsamlingsrunde oppgitt for 13 rigger med 221 målinger, og omfatter både rigger som har mekanisk tilluft og de som kun har naturlig tilluft i shakerområdet. Ristene antas å øke tilluftsmengden i shakerområdet og dermed redusere konsentrasjonen av oljetåke og oljedamp.

- *Mudflow per areal*

I riggskjemaet hadde de fleste angitt størrelse på shakerområdet (areal), mens mudflow manglet for 125 av 421 målinger. På bakgrunn av de foreliggende dataene ble det konstruert en variabel/potensiell determinant: Mudflow per areal. Det ble antatt at det skulle være en positiv korrelasjon mellom denne variabelen og henholdsvis oljetåke og

oljedamp. Dette siden både økende mudflow og lite areal ble antatt å øke forurensingsnivået.

Dataanalyse

Måledata for oljetåke og oljedamp samt informasjon om potensielle determinanter som ble hentet fra målerapportene og riggskjema, ble lagt inn og analysert i statistikkprogrammet SPSS 15.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Fra andre innsamlingsrunde ble 55 målinger som var under deteksjonsgrensen satt lik deteksjonsgrensen dividert med kvadratroten av 2 (Hornung & Reed, 1990). Både oljetåke- og oljedampmålingene var skjevfordelte, og begge disse datasettene ble derfor log_e-transformerte før statistiske analyser.

Multiple lineære regresjonsmodeller ble utviklet ved å benytte logaritmen til henholdsvis oljetåke og oljedamp som avhengige variabler, og potensielle determinanter som uavhengige variabler. Strategien som ble brukt for å bygge opp modellene var tilsvarende den som ble benyttet av Steinsvåg et al (2006) for personbårne målinger og Bråtveit et al (2007, 2009) for stasjonære målinger. I innledende analyser ble forskjell i konsentrasjon mellom grupper analysert med t-test for henholdsvis oljetåke og oljedamp. Korrelasjon mellom kontinuerlige variabler ble testet med Pearson bivariat korrelasjonsanalyse. Potensielle determinanter som ble forsøkt i modellene, ble valgt på grunnlag disse analysene (signifikansnivå på $p < 0,20$) eller på logisk vurdering av den potensielle determinanten sin effekt på konsentrasjon av oljetåke eller oljedamp. I de endelige modellene ble kun potensielle determinanter med et signifikansnivå på $p \leq 0,05$ inkludert.

Konsentrasjonsmodellene ble benyttet til å predikere konsentrasjon av oljetåke og oljedamp under de gitte forholdene da de tilsvarende målingene ble gjort. Ved å anta den målte verdien som den "sanne" kan vi beregne prosentvis avstand til den verdien kalkulatoren beregner.

Dette kalles relative bias (skjevhet):

$$\text{Relativ bias} = \{(\text{predikert konsentrasjon} - \text{målt konsentrasjon}) / \text{målt konsentrasjon}\} \times 100\%$$

Siden dataene er sterkt skjevfordelte har vi benyttet medianverdier som mål for sentraltendensen, dvs. som et mål for "tyngdepunktet" i datamaterialet. I statistikken er medianen den verdien av en variabel (f.eks. lønn, alder, høyde) som ligger midt i det statistiske materialet, det vil si at like mange individer i materialet har verdier over medianen som under den. Den foretrekkes fremfor det aritmetiske gjennomsnitt når man ønsker å beskrive den sentrale tendensen i materialet og ikke vil gi ekstreme verdier stor vekt.

RESULTATER

Riggskjema

I 2006 mottok vi utfylte riggskjema fra 32 boreinstallsjoner, og av disse inngikk 29 i den første versjonen av konsentrasjonsmodellene.

I 2009 mottok vi utfylte riggskjema fra 27 boreinstallsjoner og måledata fra 32 installasjoner. I det endelige datautvalget fra perioden 2004-2009 inngikk måledata fra 27 installasjoner. Vi mottok oppdatert riggskjema fra 18 av disse installasjonene. For de resterende installasjonene der vi mottok måledata fra 2004-2009, men ikke oppdatert riggskjema, har vi benyttet informasjonen fra det riggskjemaet som ble utfylt i første runde.

Oversikt over måledata

Den første konsentrasjonsmodellen/kalkulatoren for oljetåke og oljedamp ble utviklet på grunnlag av måledataene fra første innsamlingsrunde som inkluderte målinger fra 1998-2004. Dette har blitt beskrevet tidligere (Bråtveit et al., 2007).

Måledataene som ble tatt med i valideringen av konsentrasjonsmodellene/kalkulatoren er hentet fra shakerrommet fra 18 faste og 9 flyttbare boreinstallasjoner, og omfatter totalt 421 stasjonære oljedamp- og oljetåkemålinger fra perioden 2004-2009. Antall målinger per rigg varierte fra 1 til 62.

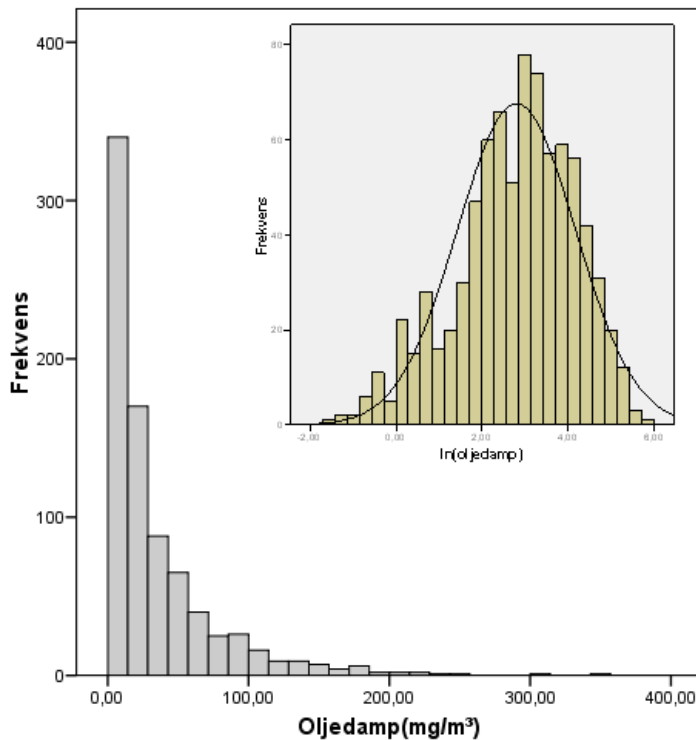
Tabell 1 viser målte konsentrasjoner av oljetåke og oljedamp i fra de to måleperiodene (1998-2004 og 2004-2009). Kun målingene som oppfyller inklusjonskriteriene er tatt med. Det var høyere konsentrasjon av oljetåke i målingene fra 1998-2004 sammenlignet med fra perioden 2004-2009.

Tabell 1. Oversikt over alle stasjonære målinger i shakerrommet fordelt på to de to innsamlingene av målerapporter

	Måleperiode	n	AM	GM	Median	Min-maks	p-verdi
Oljetåke (mg/m³)							
Første innsamling	1998-2004	424	4,06	0,73	0,53	0,02-120	
Andre innsamling	2004-2009	421	0,99	0,34	0,28	0,02-24	<0,001
Oljedamp (mg/m³)							
Første innsamling	1998-2004	422	38,1	16,9	18,0	0,23-351	
Andre innsamling	2004-2009	421	29,2	15,3	19,0	0,27-223	0,3

AM=Aritmetisk gjennomsnitt, GM=geometrisk gjennomsnitt

Figur 1 viser frekvensfordelingen av de totalt 843 oljedampmålingene som har blitt samlet inn. Som forventet var måledataene sterkt skjevfordelte. Dette indikeres også ved at geometrisk gjennomsnitt (GM) og median er vesentlig lavere enn aritmetisk gjennomsnitt (AM) (Tabell1). Etter \log_e -transformering er de tilnærmet normalfordelt (Figur 1; innskutt figur). Alle statistiske analyser er utført på \log_e -transformerte data. Tilsvarende frekvensfordeling ble funnet for oljetåke.



Figur 1. Frekvensfordeling av alle oljedampmålingene ($n=843$) som inngår i analysene. Innskutt figur viser frekvensfordeling etter \log_e -transformering av måledataene (med normalfordelingskurve).

Sammenligning mellom målinger fra 2004-2009 og predikerte konsentrasjoner beregnet etter første konsentrasjonsmodell

Måleresultatene fra andre innsamlingsrunde som omfattet målinger utført i perioden 2004-2009 ($n=421$) ble sammenlignet med de beregnede/predikerte verdier fra kalkulatoren gitt de aktuelle tekniske forhold og prosessbetingelser. Predikerte verdier ble altså funnet ved å taste teknisk informasjon fra målerapporter og riggskjema inn i kalkulatoren, dvs for de faktorene som ble vist å ha betydning for konsentrasjon av oljedamp- og oljetåke. Dette omfattet

viskositet for baseoljen, mudtemperatur, seksjon, type rigg, shakerlokalisering, overstrømningsrister, luftgardin, typen avtrekkshette over shaker og mekanisk tilluft.

Det var en signifikant korrelasjon mellom målte og predikerte konsentrasjoner både for oljetåke (Pearson korrelasjonskoeffisient (r) = 0,54, $p < 0,001$, $n=421$) og oljedamp ($r = 0,43$, $p < 0,001$, $n=421$)

Median for målt oljetåke (fra perioden 2004-2009) var lavere enn tilhørende predikerte verdier (Tabell 2). Kalkulatoren overestimerte oljetåke med 27% (relativ bias). For oljedamp underestimerte kalkulatoren konsentrasjonen med 26% (Tabell 2). Siden dataene er sterkt skjevfordelte vil medianverdiene gi et bedre bilde av sentraltendensen enn gjennomsnittet (AM). Noen få, men svært høye målte verdier (ekstremverdier) fører til at gjennomsnittsverdiene trekkes vesentlig opp i forhold til medianverdiene, og forskjellen mellom målte og predikerte gjennomsnittsverdier blir vesentlig større (Tabell 2).

Tabell 2. Sammenligning mellom målte konsentrasjoner ($n=421$) av oljetåke og oljedamp fra perioden 2004-2009 og tilhørende predikerte konsentrasjoner ved bruk av første modell, samt relativ bias (skjevhet) for predikerte verdier sammenlignet med målte verdier.

n=421	Oljetåke			Oljedamp		
	Målt (mg/m ³)	Predikert etter første modell (mg/m ³)	Relativ bias (%)	Målt (mg/m ³)	Predikert etter første modell (mg/m ³)	Relativ bias (%)
Median	0,28	0,40	27,4	19,0	13,1	-26,1
AM	0,99	0,68	129,8	29,2	15,3	73,8

AM=Aritmetisk gjennomsnitt.

Oppdatering av konsentrasjonsmodellene

Innledende analyser av hele datasettet (1998-2009)

Det ble tatt utgangspunkt i de determinantene/variablene som ble vurdert i de første konsentrasjonsmodellene som ble laget. Alle måledata som oppfylte inklusjonskriteriene fra hele tidsperioden 1998-2009 (n=847) ble analysert samlet ved oppdateringen av konsentrasjonsmodellene. Disse målingene var hentet fra 24 faste og 13 flytende installasjoner.

I innledende analyser ble hver enkelt variabel analysert for seg (Tabell 3). Eksempelvis viser Tabell 3 at konsentrasjonen av oljedamp er signifikant høyere ved bruk av mudsystemer med lav viskositet enn med normal viskositet. Det motsatte er tilfelle for konsentrasjonen av oljetåke.

Tabell 3. Definisjon av determinanter for oljedamp og oljetåke for stasjonære målinger tatt i shakerområdet i perioden 1998-2009. Signifikansnivå for forskjell i konsentrasjon er angitt ved høyeste konsentrasjon for henholdsvis oljedamp og oljetåke.

Determinanter	Definisjon	n	Oljedamp Signifikans- nivå	Oljetåke Signifikans- nivå
Viskositet for baseolje	1 = lav viskositet	220	***	
	0 = normal viskositet	627		***
Seksjon	1 = 12 ¼"	642	***	***
	0 = 8 ½"	205		
Type rigg	1 = flyttbar	263	***	***
	0 = fast	584		
Shakerlokalisering	1 = eget rom	699		
	0 = samlokalisering m. tanker	148	***	***
Tilluft	1 = mekanisk	614		
	0 = naturlig	233	***	
Avtrekkshette for shaker	1 = lukket	176		
	0 = delvis/ikke lukket	671	***	***
Luftrister i vegg	1 = har rister	345		
	0 = ikke rister	502	***	***
Luftgardin foran shakerne	1 = har luftgardin	64		
	0 = ikke luftgardin	783	***	***
Mudrenner	1 = lukket	216		
	0 = delvis/ikke lukket	629		***
Avtrekk mudrenner	1 = har avtrekk	67	***	
	0 = ikke/delvis avtrekk	778		**
Foran/mellom shaker	1 = prøvepunkt foran eller mellom shakerne	458	***	**
	0 = prøvepunkt ellers i shakerrom	360		
Sesong	1 = sommerhalvår (mai-oktober)	461		
	0 = vinterhalvår (november-april)	386		**

n=antall målinge; Signifikansnivå; ***, $P \leq 0,001$; **, $p \leq 0,01$; *, $p \leq 0,05$

Tabell 4 angir resultater fra innledende korrelasjonsanalyser av kontinuerlige variabler, og viser bl.a. at:

- Mudtemperaturen var positivt korrelert med oljetåke, men ikke med oljedamp
- Mudflow var positivt korrelert både med oljetåke og oljedamp, men mudflow var ikke angitt i 120 av målingene
- Mudflow per areal av shakerrom var positivt korrelert med oljetåke

Tabell 4. Bivariat korrelasjon mellom $\log_e(\text{oljetåke})$, $\log_e(\text{oljedamp})$ og kontinuerlige, potensielle determinanter for stasjonære målinger tatt i shakerområdet i perioden 1998-2009.

	Oljetåke	Oljedamp	Mudtemperatur	Mudflow	Mudflow/areal
Oljetåke <i>r</i> <i>n</i>	1 845	0,66*** 845	0,34*** 845	0,09* 725	0,09* 713
Oljedamp <i>r</i> <i>n</i>		1 843	0,06 843	0,11** 723	0,07 338
Mudtemperatur <i>r</i> <i>n</i>			1 847	0,25*** 727	0,07 715
Mudflow <i>r</i> <i>n</i>				1 727	-0,32 715
Mudflow/areal <i>r</i> <i>n</i>					1 715

r=Pearson korrelasjon; *n*=antall målinger; ***=signifikansnivå $p \leq 0,001$; **=signifikansnivå $p \leq 0,01$; *=signifikansnivå $p \leq 0,05$

Oppdaterte konsentrasjonsmodeller

I de oppdaterte konsentrasjonsmodellene har vi inkludert alle gyldige måleresultater ($n=814$) fra hele perioden 1998-2009. Positive og negative β -verdier i modellene (Tabell 5 og 6) er forbundet med henholdsvis en økning og en reduksjon i konsentrasjonen når verdien av den tilhørende kategoriske determinant er lik 1 (se Tabell 5).

Oljedamp

Den oppdaterte modellen inkluderer flere determinanter enn den første versjonen (Tabell 5). Bortsett fra shakerlokalisering er alle de andre determinantene fra første versjon fortsatt inne i modellen. I tillegg er er tre nye variabler inne: Prøvetakingspunkt, sesong og avtrekkshette fra shaker. Samlet forklarer den oppdaterte modellen 31% av variasjonen i oljedamp.

Modellen predikerer for eksempel at konsentrasjonen av oljedamp er 2,3ganger (e^{β}) høyere ved bruk av baseolje med lav viskositet enn med normal viskositet, 1,6 ganger høyere ved

boring i 12 ¼” enn i 8 ½” seksjonen og 2,1 ganger høyere på flytende enn på faste installasjoner. Videre er en 10°C økning i mudtemperatur forbundet med en 30% økning i oljedampkonsentrasjon.

Tabell 5. Lineær multipl regressjonsmodell for $\log_e(\text{oljedamp})$ for stasjonære målinger tatt i shakerområdet i perioden 1998-2004 (første versjon av modell) og for målinger tatt i hele perioden 1998-2009 (oppdatert modell). Effekt av determinant angir hvor stort bidrag den enkelte determinant har på konsentrasjonen (Effekt=0,5 betyr en halvering og Effekt=2 betyr en dobling av konsentrasjonen)

Determinanter	Måledata fra 1998-2004 -første versjon av modell			Måledata fra 1998-2009 -oppdatert modell			
	β	95%CI for β	p	β	95%CI for β	p	Effekt av determinant
	n=421	$R^2_{adj}=0,39$		n=814	$R^2_{adj}=0,31$		
konstant	1,68	1,06-2,30	***	1,14	0,73-1,55	***	
Viskositet for baseolje	0,82	0,48-1,16	***	0,81	0,60-1,01	***	2,3
Mudtemperatur	0,029	0,019-0,039	***	0,026	0,019-0,034	***	+30% v/10° økning
Seksjon	0,63	0,28-0,99	***	0,49	0,27-0,71	***	1,6
Type rigg	0,40	0,12-0,68	***	0,72	0,54-0,91	***	2,1
Shakerlokalisering	-0,63	-0,94- -0,32	***				
Mekanisk tilluft	-0,68	-0,97- -0,40	***	-0,63	-0,85- -0,42	***	0,5
Luftrister i vegg	-0,93	-1,23- -0,62	***	-0,94	-1,11- -0,77	***	0,4
Luftgardin	-0,54	-1,01- -0,08	*	-0,41	-0,73- -0,08	*	0,7
Foran/mellom				0,36	0,20-0,52	***	1,4
Sesong				0,20	0,04-0,36	*	1,2
Avtrekkshette				-0,22	-0,44- -0,001	*	0,8

β =regresjonskoeffisient; 95%CI for β =95% konfidensintervall for regresjonskoeffisienten; p-verdi=signifikansnivå for determinantene som inngår i modellen; n=antall målinger i modellen; ;***; $P \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$ R^2_{adj} = forklart varians for regresjonsmodellen

Oljetåke

Også den oppdaterte modellen for oljetåke inneholder flere determinanter enn første versjon av tilsvarende modell. Alle determinantene er felles for de oppdaterte modellene for oljetåke og oljedamp. Regresjonsmodellen for oljetåke forklarer 35% av variasjonen i konsentrasjon (Tabell 6).

Boring i 12 ¼” seksjonen gir eksempelvis en 1,4 ganger høyere konsentrasjon enn boring i 8 ½” seksjonen under ellers like forhold. I motsetning til i modellen for oljedamp er lav

viskositet av baseoljer forbundet med reduksjon i oljetåkekonsentrasjon med en faktor på 0,5. For oljetåke er en 10°C økning i mudtemperatur forbundet med en 43% økning i konsentrasjon.

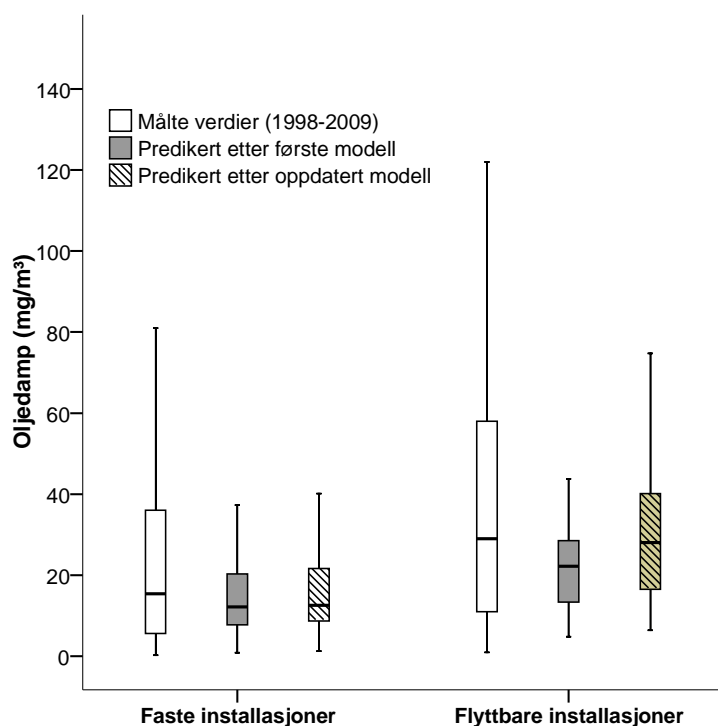
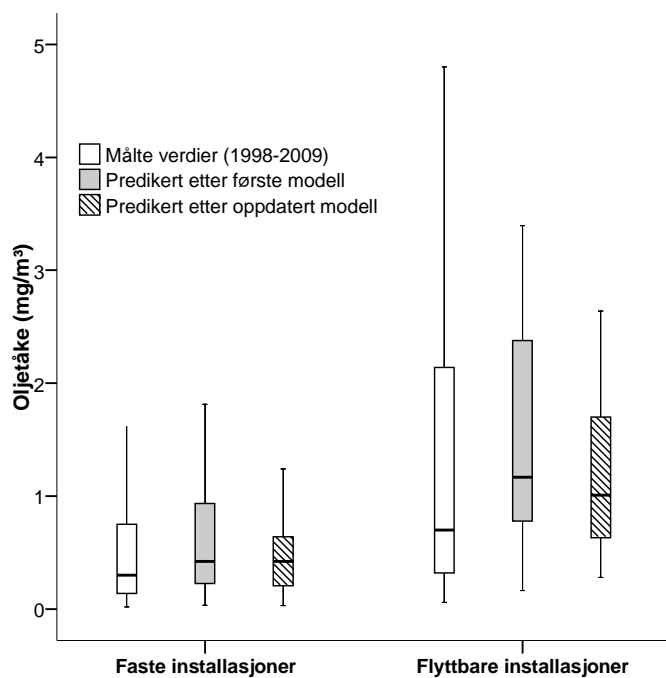
Tabell 6. Lineær multipl regresjonsmodell for $\log_e(\text{oljetåke})$ for stasjonære målinger tatt i shakerområdet i perioden 1998-2004 (første versjon av modell) og for målinger tatt i hele perioden 1998-2009 (oppdatert modell). Effekt av determinant angir hvor stort bidrag den enkelte determinant har på konsentrasjonen (Effekt=0,5 betyr en halvering og Effekt=2 betyr en dobling av konsentrasjonen)

Determinanter	Måledata fra 1998-2004 -første versjon av modell			Måledata fra 1998-2009 -oppdatert modell			
	β	95%CI for β	p-verdi	β	95%CI for β	p-verdi	Effekt av determinant
	n=421	$R^2_{\text{adj}}=0,26$		n=814	$R^2_{\text{adj}}=0,35$		
konstant	-2,13	-2,87- -1,39	***	-2,40	-2,84- -1,96	***	
Viskositet for baseolje	-0,58	-0,98- -0,18	**	-0,72	-0,94- -0,50	***	0,5
Mudtemperatur	0,026	0,015-0,036	***	0,036	0,028-0,045	***	43% v/10° økning
Seksjon	1,01	0,61-1,41	***	0,32	0,07-0,56	**	1,4
Type rigg	0,71	0,38-1,04	***	0,94	0,74-1,14	***	2,6
Shakerlokalisering	-0,50	-0,88- -0,12	**				
Avtrekkshette	-0,52	-0,92- -0,13	**	-0,30	-0,54- -0,06	*	0,7
Luftrister i vegg	-0,44	-0,79- -0,09	*	-0,60	-0,79- -0,42	***	0,6
Luftgardin	-0,61	-1,15- -0,08	*	-0,88	-1,23- -0,53	***	0,4
Foran/mellom shaker				0,19	0,01-0,36	*	1,2
Sesong				-0,27	-0,45- -0,10	*	0,8
Mekanisk tilluft				-0,33	-0,56- -0,10	**	0,7

β =regresjonskoeffisient; 95%CI for β =95% konfidensintervall for regresjonskoeffisienten; p-verdi=signifikansnivå for determinantene som inngår i modellen; ***, $P \leq 0,001$; **, $p \leq 0,01$; *, $p \leq 0,05$
n=antall målinger i modellen; R^2_{adj} = forklart varians for regresjonsmodellen

Sammenligning mellom målte konsentrasjoner, 1998-2009 og predikerte konsentrasjoner etter oppdatering av modell

I disse analysene har vi inkludert alle gyldige måleresultater (n=814) fra hele perioden 1998-2009. Figur 2 viser overlappende konsentrasjonsområder for målte og tilhørende predikerte konsentrasjoner på faste og flyttbare installasjoner for den oppdaterte konsentrasjonsmodellen (boksene i figuren angir konsentrasjonsområdet der 50% av verdiene ligger). Figurene viser også at medianverdiene for predikerte verdier etter oppdaterte modeller er nærmere median for de målte verdiene enn det de første modellene predikerer.



Figur 2. Box-plot av målte konsentrasjoner ($n=814$) fra perioden 1998-2009 og tilhørende predikerte konsentrasjoner av oljetåke og oljedamp på faste og flytende installasjoner. 50% av antall målte/predikerte verdier ligger innenfor boksene, og linjene inne i boksene viser medianverdiene.

Median for målt oljetåke (fra perioden 1998-2009) var lite lavere, mens median for målt oljedamp var litt høyere enn tilhørende predikerte verdier (Tabell 7). Relativ bias (skjevhet) mellom målte og predikerte verdier var nå såpass liten som 19% for oljetåke og 11% for oljedamp.

Tabell 7. Sammenligning mellom målte konsentrasjoner ($n=814$) av oljetåke og oljedamp fra perioden 1998-2009 og tilhørende predikerte konsentrasjoner ved bruk av oppdatert modell, samt relativ bias (skjevhet) for predikerte verdier sammenlignet med målte verdier. Tilsvarende sammenligning med første konsentrasjonsmodell er også angitt.

n=816	Oljetåke			Oljedamp		
	Målt (mg/m ³)	Predikert etter oppdatert modell (mg/m ³)	Relativ bias (%)	Målt (mg/m ³)	Predikert etter oppdatert modell (mg/m ³)	Relativ bias (%)
Oppdatert modell						
Median	0,41	0,51	19	19,0	15,8	-11
AM	2,16	0,74	77	34,3	20,9	86
Første modell						
Median	0,41	0,64	25	19,0	15,0	-19
AM	2,16	0,84	108	34,3	19,3	79

AM=Aritmetisk gjennomsnitt.

Brukerverktøy - kalkulator

Brukerverktøyet presenteres som en web-basert kalkulator for beregning av oljetåke og oljedamp i shakerområdet. Brukeren taster altså inn informasjon om de prosestetniske forholdene som forventes under boringen, samt teknisk informasjon om utforming av shakerområdet. Kalkulatoren angir punktestimater med 95% konfidensintervaller for ett gitt sett av verdier av de determinantene som inngår i modellene, samt presentasjon av figur som viser predikert konsentrasjon som funksjon av mudtemperaturen.

Kalkulatoren kan blant annet benyttes til å predikere konsentrasjonen av oljetåke og oljedamp ved "worst case scenarioer". Dette kan for eksempel være ved boring i 12 ¼" seksjonen med lavviskøs baseolje og høy mudtemperatur.

KOMMENTARER TIL RESULTATENE

Datamaterialet som inngår i analysene inneholder kun stasjonære målinger utført i shakerrommet ved boring med ikke-aromatiske baseoljer i 8 ½” og 12 ¼” seksjonene. De stasjonære målingene egner seg spesielt for å utvikle modeller for å estimere konsentrasjon av oljetåke og oljedamp i shakerområdet siden måleverdiene for disse prøvene ikke varierer med den personlige aktiviteten og bevegelsene til operatørene slik de personbårne prøvene gjør. Alle målingene er utført med dagens mest brukte prøvetakingsmetode som består av en seriekopling av et kullrør for oppsamling av oljedamp og et filter for oppsamling av oljetåke. De endelige beregningsmodellene inkluderer måledata fra 24 faste og 13 flytende installasjoner, og representerer dermed et bredt utvalg av boreinstallasjoner på norsk sokkel.

Målingene som inngår i de endelige datasettet ble samlet inn i to omganger.

- Første innsamling i 2004: Måledata fra 1998-2004 dannet utgangspunkt for å utvikle den første utgaven av konsentrasjonsmodellene for oljetåke og oljedamp.
- Andre innsamling i 2009: Måledata fra 2004-2009 ble benyttet til å evaluere den første utgave av konsentrasjonsmodellene for oljetåke og oljedamp.

Til slutt ble hele datasettet (1998-2009) slått sammen, og benyttet til å oppdatere konsentrasjonsmodellene.

Evaluering av første utgave av kalkulatoren for oljedamp og oljetåke

Det var et bra samsvar mellom median for målte og predikerte konsentrasjoner for både oljetåke og oljedamp. Relativ bias (skjevhet) mellom predikert og målt median var mindre enn 30%.

Oppdatering av konsentrasjonsmodellene

De statistiske analysene har identifisert determinanter som har betydning for konsentrasjon av oljetåke og oljedamp i shakerområdet. Presisjonen i de estimerte verdiene er avhengig av usikkerheten i de variablene som inngår. Det er derfor viktig at opplysningene som gis i målerapportene er så utfyllende at de kan benyttes ved eventuelle oppdateringer av databasen som er grunnlag for regresjonsmodellene.

De oppdaterte konsentrasjonsmodellene for både oljedamp og oljetåke inkluderer flere determinanter enn den første versjonen. Dette er trolig en konsekvens av at flere målepunkter inngår i beregningene, og det er da større sjanse for at flere determinanter blir signifikante. De

oppdaterte modellene forklarer begge mer enn 30% av variansen i konsentrasjon, noen som er i samme størrelsesorden eller bedre enn tilsvarende modeller i annen industri som gummiindustri, møbelindustri og asfaltlegging (Vermeulen & Kromhout, 2005; Mikkelsen et al., 2002; Burstyn et al., 2000).

Bortsett fra shakerlokalisering er alle de andre determinantene fra første versjon fortsatt inne i modellen. I tillegg er er tre nye determinanter inne: Prøvetakingspunkt, sesong og avtrekkshette fra shaker.

Alle determinantene er felles i de oppdaterte modellene for oljetåke og oljedamp, og kan vurderes som logiske med hensyn til forventet bidrag.

- *Mudtemperatur* er angitt i de fleste målerapportene, og var en signifikant, positiv determinant i begge modellene
- *Lav viskositet av baseoljen* er en positiv prediktor for oljedamp, og negativ for oljetåke. Dette kan skyldes at de lav-viskøse baseoljene gir en relativt større dampfraksjon. I tillegg kan oppsamlet oljetåke fra disse oljene i større grad fordampe fra prøvetakingsfilteret til det påfølgende kullrøret. EDC95/11 og Clairsol NS er eksempler på baseoljer med normal viskositet, mens for eksempel Sipdrill 2/0, EDC99DW og XP-07 har lav viskositet.
- *Seksjon det bores i* var positiv determinant i begge modellene. Dette betyr at boring i 12 ¼" seksjonen som forventet er forbundet med høyere konsentrasjoner.
- *Type rigg*: Konsentrasjon av oljetåke og oljedamp var høyere på flyttbare enn på faste installasjoner. Dette er en determinant som ideelt sett skulle kunne erstattes av andre determinanter som er i stand til å forklare forskjeller mellom flyttbare og faste installasjoner, for eksempel teknisk utforming av shakerområdet, ventilasjon osv. Imidlertid er type rigg fortsatt en signifikant determinant også i de oppdaterte modellene.
- *Shakerlokalisering*: Denne determinanten falt ut ved oppdatering av modellene. Dette kan skyldes kolinearitet med andre determinanter som er inkludert i de oppdaterte modellene.
- *Luftrister i yttervegg* er forbundet med redusert konsentrasjon i begge modellene, trolig på grunn av økte mengder av tilluft, og dermed fortynning av forurensingene.
- *Luftgardin foran shaker* var oppgitt for relativt få av målingene, men bidrar til reduserte konsentrasjoner i begge modellene, trolig fordi de hindrer "lekkasje" av oljedamp/oljetåke fra shakeren og ut i området rundt.

- *Avtrekkshette for shaker*: Innelukket shakerhette bidrar til redusert konsentrasjon av oljetåke. Avtrekksmengder i hettene ble oppgitt i altfor få av riggskjemaene til å kunne inkluderes.
- *Mekanisk tilluft* i shakerområdet var forbundet med redusert nivå av oljetåke og oljedamp. Også for tilluft var det er det få rigger som har oppgitt luftmengder, og denne parameteren kan foreløpig heller ikke graderes mer detaljert.
- Mudflow eller kombinasjonsvariabelen mudflow per areal gikk ikke inn som signifikante determinanter i modellene. Mudflow manglet for 221 av de 814 målingene som inngikk i de oppdaterte modellene.
- *Foran/mellom shaker*: Informasjon med hensyn til eksakt målested varierer i målerapportene, men vi har nå gruppert prøvetakingssted i to grupper enten foran/mellom shakerne eller annet sted i shakerrommet. På grunnlag av informasjonen i målerapportene er det vanskelig å gjøre en mer detaljert inndeling.
- *Sesong*: I mangel på tilfredstillende informasjon om vindstyrke og lufttemperatur ble sesong ble benyttet som et surrogat på klimatiske forhold. Det viste seg at oljedamp var relativt høyest i sommerhalvåret, mens oljetåke var relativt høyest i vinterhalvåret. En av forklaringene på dette kan være at høyere lufttemperaturer i sommerhalvåret forskyver likevekten mellom fasene mot mer damp, mens om vinteren kan lavere lufttemperatur i større grad medføre kondensering av oljedampen.

Sammenligning mellom målte konsentrasjoner fra 1998-2009 og predikerte konsentrasjoner etter oppdaterte konsentrasjonsmodeller

Resultatene viste et enda bedre samsvar mellom median for målte og predikerte konsentrasjoner enn sammenlignet med de første modellene. Relativ bias (skjevhet) mellom målte og predikerte verdier var nå såpass liten som 19% for oljetåke og 11% for oljedamp. Dette samsvaret er adskillig bedre enn det som ble funnet (70-80%) i en større europeisk studie i asfaltindustrien som benyttet et eksternt datasett fra USA til å vurdere eksponeringsmodellen som var basert på europeiske målinger (Burstyn et al., 2002)

Bruk av kalkulatoren

Ved bruk av kalkulatoren må brukeren være oppmerksom på forutsetningene som ligger til grunn, dvs. at beregningsmodellene er basert på et skjevfordelt materiale. Dette betyr at dersom man ønsker å sammenligne beregninger fra kalkulatoren med verdier fra egne

målinger må man sammenligne medianen for den aktuelle måleserien med den beregnede verdien. Enkeltmålinger vil imidlertid kunne avvike betydelig fra det kalkulatoren predikerer.

REFERANSER

Bråtveit M, Moen BE (2007) Kjemisk eksponering i petroleumsvirksomheten relatert til produksjonsstrømmer, produsert vann og boreslam. Rapport fra Seksjon for arbeidsmedisin, Universitetet i Bergen. ISBN 82-91232-65-2 ISSN 0806 – 9662

Bråtveit M, Steinsvåg K, Lie SA, Moen BE. Modeling of oil mist and oil vapour concentration in the shale shaker area on offshore drilling installations. *J Occup Environ Hyg*, 2009, 6: 679-686

Burstyn I, Kromhout H, Kauppinen T, Heikkilä P, Boffetta P. (2000) Statistical modelling of the determinants of historical exposure to bitumen and polycyclic aromatic hydrocarbons among paving workers. *Ann Occup Hyg*; 44:43-56.

Burstyn I, Boffetta P, Burr GA, Cenni A, Knecht U, Sciarra G, Kromhout H. (2002) Validity of empirical models of exposure in asphalt paving. *Occup Environ Med*. 59:620-24.

Hornung, R.W., L.D. Reed: (1990) Estimation of average concentration in the presence of nondetectable values. *Appl Occup Environ Hyg*. 5:46-51.

Mikkelsen, A.B., V. Schlünssen, T. Sigsgaard, I. Schaumburg: (2002) Determinants of wood dust exposure in the Danish furniture industry. *Ann Occup Hyg*. 46:673-685.

Steinsvåg K, Bråtveit M, Moen BE (2005) Eksponering for kreftfremkallende faktorer i norsk offshore petroleumsvirksomhet 1979-2005. Rapport fra Seksjon for arbeidsmedisin, Universitetet i Bergen og UNIFOB. ISBN 82-91232-52-0 ISSN 0806-9662

Steinsvåg, K., Bråtveit, M., Moen, B.E., (2007) Exposure to carcinogens for defined job categories in the Norway's offshore petroleum industry, 1970-2005. *Occup Environ Med* 64:250-258

Steinsvåg K, Bråtveit M, Moen BE (2006) Exposure to oil vapour and oil mist during offshore drilling. *Ann Occup Hyg* 50:109-122

Vermeulen, R., H. Kromhout (2005) Historical limitations of determinant based exposure groupings in the rubber manufacturing industry. *Occup Environ Med*. 62:793-9.

Lufttilførsel til shakerområde (kan krysse av flere alternativer):

Åpent naturlig ventilert område Ja Nei

Lukket området med naturlig lufttilførsel via åpne dører Ja Nei

Lukket område med overstrømmingsrister i vegger for uteluft Ja Nei

Mekanisk tilluft

I tak/vegg Ja Nei

Luftgardin foran shakere Ja Nei

Tilluftshimling Ja Nei

Tilluft med forvarming Ja Nei

Avtrekkløsninger i shakerområde:

Avtrekkshette direkte på shakerne (innelukket løsning) Ja Nei

Dimensjonert luftmengde pr avtrekkshette:

Avtrekkløsning over shakerne med arrangement Ja Nei

rundt shakerne (delvis innelukket)

Dimensjonert luftmengde pr avtrekksenhet:

Avtrekkløsning over shakerne (ikke innelukket) Ja Nei

Dimensjonert luftmengde pr avtrekksenhet:

Generelt avtrekk i rommet for øvrig – på høyere nivå Ja Nei

Dimensjonert luftmengde:.....

Avtrekk fra mudrenner Ja Nei Delvis

Andre typer avtrekk.....

Andre løsninger:

- Gardin/presenning foran shakerne Ja Nei
- Avstand mellom gulv og gardinkant:.....
- Skyvedører foran shakerne Ja Nei
- Luftgardin foran shakere Ja Nei
- Gardiner/presenninger/faste vegger mellom shakerne Ja Nei
- Annet:.....

Arbeidsbenk:

- I shakerrom I shakerbu I eget rom
- Ventilasjonsnette ved arbeidsbenk Ja Nei
- Tas mudvekten i shakerrommet ? Ja Nei
- Tas mudvekten automatisk ? Ja Nei

Shakerbu:

- Finnes shakerbu/miljøbu ? Ja Nei
- Hvis ja, Når ble bua installert ?.....
- Har shakerbua egen frisklufttilførsel/balansert ventilasjon Ja Nei
- Har operatør fri sikt til shakerne fra shakerbu Ja Nei Delvis
- Kameraovervåking av shakerne fra shakerbu Ja Nei Delvis

Annet:

- Foregår lapping av screen i shakerrom ? Ja Nei
- Foregår vask av screen i shakerrom ? Ja Nei
- Er det installert screenvasker ? Ja Nei
- Er det installert mudkjøler ? Ja Nei

**OMBYGGINGER/ENDRINGER/MODIFIKASJONER SOM HAR BLITT UTFØRT I
SHAKEROMRÅDET SIDEN 2004**

-vi er interessert i endringer som kan antas å ha innvirkning på eksponeringsnivået av oljedamp/tåke

	ÅRSTALL	UTFØRTE ENDRINGER
Vegger/dører		
Shakere		
Mudrenner		
Lufttilførsel		
Avtrekk		
Gardiner/ skyvedører/ luftgardiner		
Arbeidsbenk		
Shakerbu		
Andre endringer		

Skjemaet er fylt ut av :.....