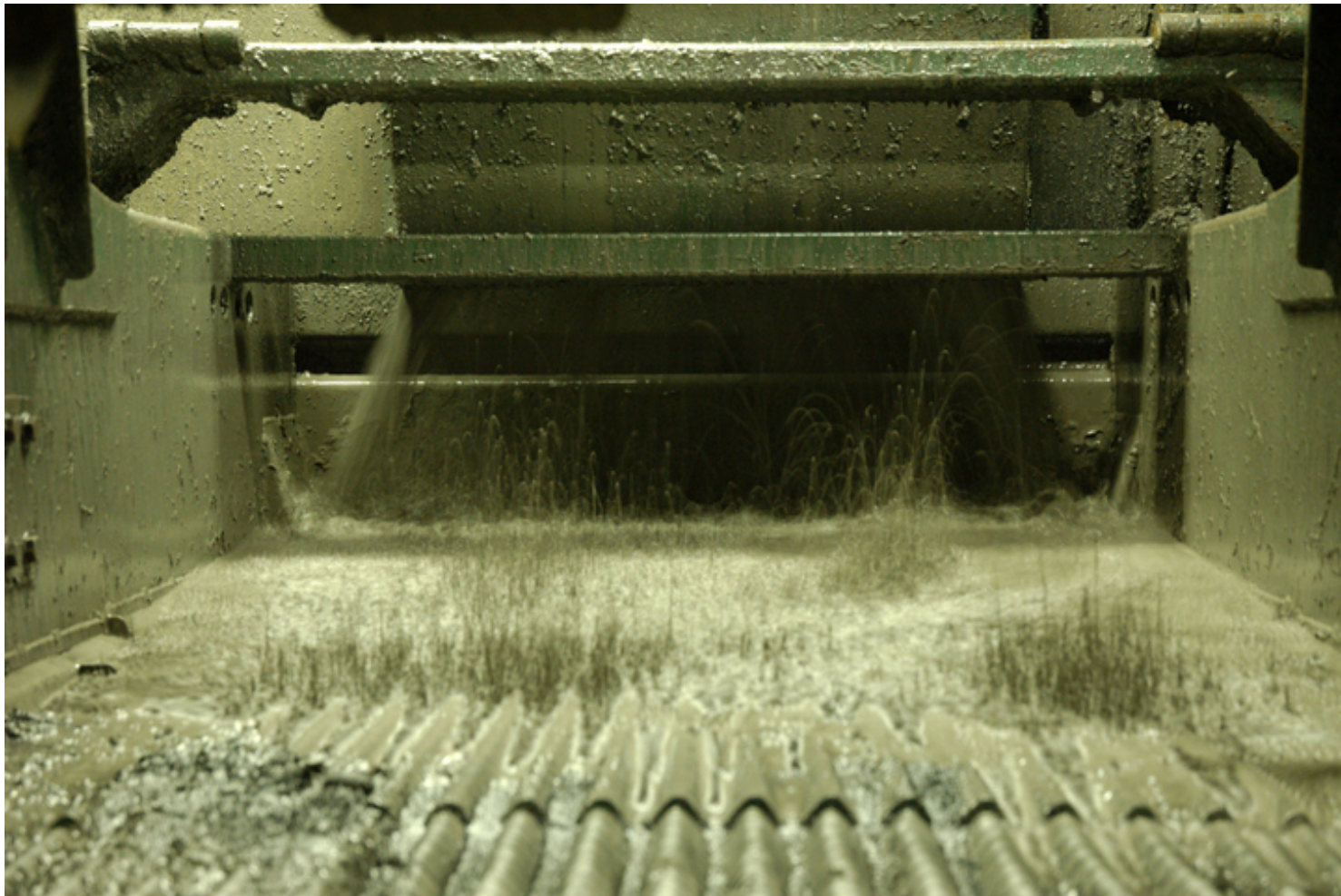


Petroleumstilsynet

Arbeidsmiljøteknologi - Teknologi knyttet til håndtering av oljebasert boreslam



Saksnr.: 2018/1043

Foto: itjoestheim

INTRODUKSJON

Proactima AS har på oppdrag fra Petroleumstilsynet gjennomført en studie knyttet til teknologi for håndtering av oljebasert boreslam (saksnr 2018/1043). Arbeidet har vært utført av Hans Thore Smedbold og Hans Kristian Holmen. Prosjekt-referanse 1073234.

Formålet er å undersøke om teknologi for håndtering av boreslam brukt på nyere boreanlegg har bidratt til forbedring av arbeidsmiljøet, beskrive utvalgte teknologier som brukes til håndtering av oljebasert boreslam, samt bidra til å spre informasjon i bransjen om hva ulike teknologier betyr for arbeidsmiljøet.

Prosjektet har vært avgrenset til eksponering for boreslam i form av luftbåren oljetåke og oljedamp. Forkortelser og definisjoner benyttet i rapporten er forklart i Vedlegg 1.

Prosjektet har vært todelt:

1. Litteraturstudie og innhenting av informasjon fra ulike utstysleverandører (Vedlegg 5).
2. Innhenting av informasjon fra seks boreinstallasjoner på norsk sokkel (Vedlegg 6). Installasjonene var av ulik alder og benyttet noe ulike teknologi for filtrering av boreslam.

Informasjonsinnhenting ble fulgt opp med intervjuer med personell (boredekkarbeider og tårnmann). Noen selskap valgte også å involvere verneombud og støttepersonell på land.

Følgende innretninger ble valgt ut for studien:

ID	Navn	Selskap	Type
A	Snorre A	Equinor	Fast
B	Maersk Gallant	Maersk	Flyttbar
C	Valhall IP	Aker BP	Fast
D	Maersk Intrepid	Maersk	Flyttbar
E	Askeladden	KCAD / Equinor	Flyttbar
F	Transocean Encourage	Transocean	Flyttbar

INNHold

1 Viktigste funn	2
2 Bakgrunn	3
Eksponering	3
Testing av teknologi.....	4
Prøvetaking og analyse av oljetåke og oljedamp.....	4
Utviklingstrekk innen boring og brønn	5
3 Krav til design av utstyr	6
Generelle krav	6
NORSOK S-002	6
NORSOK D-001	7
Forskrift om tiltaks- og grenseverdier	8
4 Utvalgte innretninger	9
5 Vurdering av teknologi	11
Teknologier	11
Vurderingskriterier	11
Boreslam	12
Fjerning av borekaks fra slam	13
Rengjøring av slamfiltre	14
Transport av boreslam og borekaks	15
Operatørbu	16
Rengjøring av slamtanker	17
Analyse av slamvekt.....	18
6 Måleresultater og vurdering	19
7 Referanser	22
8 Vedlegg.	24
Vedlegg 1: Forkortelser og definisjoner.....	24
Vedlegg 2: Prøvetakings- og analysemetoder	25
Vedlegg 3: Prøvetakings- og analysemetoder benyttet i innsamlet materiale.....	27
Vedlegg 4: Vurdering av personeksponering.....	28
Vedlegg 5: Metode	29
Vedlegg 6: Skjema for informasjons-innhenting	30

1 VIKTIGSTE FUNN

Innelukking

Dokumentasjon av benzen innhold

Rutiner for prøvetaking og analyse



Eksempel på fullstendig innebygd slamsikter.

Kun innelukkede tradisjonelle slamsiktere og vakuumbasert filtreringsutstyr kan tilfredsstille arbeidsmiljøkravene ved håndtering av lavviskøset, oljebasert boreslam med høy temperatur. Alle kilder til emisjon av oljetåke og oljedamp som slamsikter, slamrenner, kaksskruer, fordelingsboks og slamtaker m.m. må i tillegg lukkes for å unngå aerosoldannelse og avdamping av varm borevæske. Ingen av de seks installasjonene synes å ha gjort dette fullt ut.

Luftbåren eksponering for oljebasert boreslam gjøres med prøvetaking av oljetåke og oljedamp. Oljetåke og oljedamp er definert som komponenter med karbontall fra tretten og oppover. Ved mistanke om innhold av flyktige og semiflyktige komponenter ($C_n < 13$) skal disse identifiseres og vurderes både individuelt og samlet.

Innhold av benzen (også under 0,1 vol%) bør oppgis i ny baseolje, og inngå som del av dokumentasjonen i forbindelse med rekondisjonering og resirkulering av oljebasert boreslam. Ved mistanke om infiltrering av reservoarvæske i boreslammet må nivåene av benzen i slambehandlingsområdet kontrolleres og overvåkes.

Rutiner og praksis for prøvetaking og analyse av oljetåke og oljedamp må standardiseres. Inter-laboratorietesting bør gjeninnføres for laboratorier skal levere analyse av oljetåke og oljedamp for vurdering av personeksponering knyttet til boring.

Det bør arbeides videre med utvikling av metode for bestemmelse av total slameksponering egnet for prøvetaking over fullskift (12 timer), med tilhørende grenseverdier for både oljebasert og vannbasert slam.

2 BAKGRUNN

Boreoperasjoner er avhengig av pålitelig utstyr. Utstyret må kunne håndtere egnet borevæskevalitet, fjerne partikler effektivt, minimere miljøpåvirkningen av boreavfall og bidra til akseptable arbeidsmiljøforhold.

Ved anskaffelse av nytt utstyr, er det avgjørende å ha oversikt over tilgjengelig teknologi og egenskapene til de ulike teknologiene. Informasjonen har historisk vært basert på erfaringer og ikke strukturert informasjonsinnhenting.

Oljeboring offshore fra flyttbare eller faste installasjoner utføres i forbindelse med leteboring, utvikling av oljefelt eller som del av permanent plugging av brønner (P&A). Borevæske (slam) brukes til å fjerne borekaks fra borehullet, og til å kjøle og smøre borekronen. Borevæsken kan også drive motorer og turbiner i enden av borestrengen, samt overføre informasjon fra loggeutstyr i brønnhodet tilbake til installasjonen under selve boringen. Borevæsken er også viktig for å opprettholde brønnkontroll og som trykkstøtte for å hindre at brønnen kollapser. Borevæsker brukt i reservoardelen av brønnen må unngå å tette porene i brønnen eller på annen måte påføre den skade. Ved sirkulasjonsstans skal borevæske hindre at borekaks sedimenterer i borehullet. Dette krever en kompleks blanding av kjemikalier med komponenter for både smøring, stabilisering og trykkkontroll. Borevæsker er enten vann- eller oljebasert. Sistnevnte består vanligvis av cirka 50 vektprosent baseolje, mens barytt, vann, salt, emulgatorer og andre kjemikalier står for resten (OGP/IPIECA Drilling Fluid Task Force, 2009).

Historisk har arbeidsmiljø i liten grad vært utslagsgivende for valg av utstyr for håndtering av boreslam. Med unntak av enkelte faste boreinnretninger må innretningene kunne håndtere borevæsker med varierende egenskaper (bl.a. lav og høy viskositet, olje- og vannbasert, og borevæsketemperaturer fra 10°C til over 60-70°C). Enkelte brønner stiller ekstra krav på grunn av høyt trykk og høy temperatur, lengde på brønnene og klimatiske forhold.

Eksposering

Boredekksarbeidere (roughneck) roterer vanligvis mellom arbeidsoppgaver på boredekk, på rørdekk, i slamsikterområdet, og mellom oppgaver knyttet til kakshåndtering, miksing av slam og rengjøring av slamtanker. I slamsikterområdet er det flere mulige kilder til eksponering for oljetåke/oljedamp. Eksponeringen kan komme fra fordelingsboks (header box), slamsikter (shaker), transportskrue (kaksrenne/-skrue), utstyr for rengjøring av slamsiker (screens), venter fra slamtanker, utstyr for fjerning av metallspen fra «milling» og kontroll av slamvekt m.m. Oljetåke kan oppstå ved mekanisk forstøvning fra slamsikter, høytrykksspyling eller fra kondensering av varm oljedamp.

Slamsikterne er enten åpne, delvis lukket eller fullstendig innelukket. Åpne og delvis åpne slamsiktere vil medføre eksponering for oljetåke og olje damp. I tillegg til gass og væsker fra reservoaret (inkl. hydrogensulfid (H_2S), benzen (BTX), og olje). Det er i tillegg vist at boredekksarbeidere kan bli eksponert for eksos fra dieselmotorer, generatorer, kraner, sementenheter etc. (Kirkhus, Thomassen, Ulvestad, Woldbæk, & Ellingsen, 2015).

Det finnes få vitenskapelige publikasjoner som presenterer data om eksponering for luftbåren oljetåke og oljedamp knyttet til boring. I en større norsk studie er det rapportert konsentrasjoner av oljetåke i slamsikterrom fra under nedre kvantifiseringsgrense (NKG) til 48

Testing av teknologi

mg/m³ for personbårne prøver og fra 0,020 til 120 mg/m³ ved stasjonær prøvetaking. Tilsvarende prøver av oljedamp varierte fra < NKG til 164 mg/m³ og fra 0,23 til 350 mg/m³ hhv. for personbårne og stasjonære prøver (Bratveit, Steinsvag, Lie, & Moen, 2009; Steinsvag, Bratveit, & Moen, 2006).

En ny studie (Kirkhus et al., 2015) har vist betydelig lavere fullskiftseksponering for oljetåke og oljedamp, med en median konsentrasjon på hhv. 0,18 mg/m³ (spredning: <NKG - 6 mg/m³) og 14 mg/m³ (spredning: <NDG - 120 mg/m³). Forfatterne angir at denne forskjellen trolig skyldes en skjevhet i tidligere innsamlet material oppstått gjennom at kun eksponert tid er kartlagt og derfor ikke har vært fullt ut representative for den samlede eksponeringen til boredekksarbeidere over tid.

Selv om det er forskjeller i de rapporterte eksponeringsnivåene i studiene, viser de at eksponeringen for boredekksarbeidere uten bruk av åndedrettsvern kan overskride grenseverdiene for både oljetåke og oljedamp.

Testing av teknologi for filtrering av boreslam har sjelden vært gjort under reelle eller tilnærmet reelle forhold. Derfor har det i bransjen vært vanskelig å sammenligne testresultatene fra ulike typer utstyr. Det er også eksempler på tester som har vært utført med svært avvikende testbetingelser, for eksempel røyktester uten bruk av borevæske for å studere ventilasjon og kapasitetstesting som er utført med vann i stedet for borevæske.

I 2011-12 ble det gjennomført en test av fem ulike slamsiktere under standardiserte forhold (Aase, Jensen, & Omland, 2013; Bodil Aase et al., 2013). Testene ble gjennomført som del av et teknologikvalifiseringsprosjekt i forbindelse med en oppgradering. Målet var å kontrollere slamsikter-leverandørenes spesifikasjoner i forhold til kapasitet, filtreringsevne, regularitet (drift og vedlikehold), samt ventilasjonsbehov og arbeidsmiljø. Fire konvensjonelle slamsiktere, og en nyutviklet, lukket løsning basert på vakuumenteknologi, ble testet. Tre av de tradisjonelle slamsikterne ble testet med og uten innebygging ved hjelp av «front hood».

Resultatene viste at separasjonssystemet med høyeste innkapslingsgrad, dvs. helt lukket, ga de laveste verdiene for oljetåke og oljedamp, og dermed det beste kjemiske arbeidsmiljøet. For delvis innelukkede løsninger var det mulig å redusere eksponeringen ved å optimalisere ventilasjonshastigheten. Målingene av oljetåke og oljedamp var imidlertid fortsatt over akseptkriteriene til operatørselskapet (50% av grenseverdi).

For fullt åpne system var det ikke mulig å bruke ventilasjon for å kontrollere nivåene av oljetåke og oljedamp til et akseptabelt nivå (B. Aase et al., 2013). Som resultat av dette prosjektet, tilbyr alle større leverandørene av slamsiktere nå løsninger for delvis eller fullstendig innbygging av sine slamsiktere. De fleste av disse løsningene kan ettermonteres på eksisterende slamsiktere.

Prøvetaking og analyse av oljetåke og oljedamp

På grunn av variasjon i metoder og sammensetningen av oljene har det vist seg å være betydelige metodiske utfordringer knyttet til pålitelig prøvetaking og analyse av oljetåke og oljedamp eksponering. En inter-laboratoriestudie (Galea et al., 2012) har vist at det er betydelig variasjon i rapporterte oljetåke- og oljedampkonsentrasjoner selv mellom anerkjente forskningslaboratorier. Forskjellene i vist i denne studien antas å skyldes ulike rutiner for kalibrering av analysene.

Utviklingstrekk innen boring og brønn

Analyse av oljetåke og oljedamp er en utfordring for laboratoriene, da det er dårlig definert hva dette er. I noen tilfeller er oljen så flyktig at den er å definere som et løsemiddel (f.eks. veldig flyktige oljebaserte borevæsker). Forskjeller i prøvetaking og analyse av oljetåke og oljedamp har store konsekvenser for kontroll av yrkesmessig eksponering opp mot grenseverdi, og på påliteligheten av epidemiologiske studier av sammenhengen mellom eksponering og effekt. Mer detaljert om prøvetaking og analyse av oljetåke og oljedamp er oppsummert i Vedlegg 2 og 3.

Fagfeltet «boring og brønn» er i utvikling. Disse antas å være de viktigste:

- Lengre horisontale brønner -> lengre tilstedeværelse i dypere soner -> lengre perioder med oppvarmet boreslam.
- Multilaterale/flergrensbrønner (boring og komplettering gjennom eksisterende brønner) -> flere reservoarmeter per brønn.
- Tynnhulls-boring -> redusert mengde borevæske, sement og kaks.
- Dypere, lengre og mer avanserte brønner -> økt bruk av oljebaserte borevæsker.
- Utvikling av bedre vannbaserte borevæsker, fokus på bruk av miljøvennlige produkter -> redusert forbruk av oljebaserte borevæsker.
- Øktende bruk av resirkulert oljebaserte borevæske -> redusert forbruk av oljebaserte borevæsker, men mulighet for akkumulering av formasjonsvæske i boreslammet.
- Høyere borehastighet (rate of penetration (ROP)) -> økte strømningsrater over slamsiktere, økt behov for tilstedeværelse i og rundt slamsikterne.
- Økning i mengde oljeholding borekaks som sendes i land -> økning i manuelt arbeid knyttet til kakshåndtering både offshore og onshore.

3 KRAV TIL DESIGN AV UTSTYR

Generelle krav

Generelle arbeidsmiljøkrav er fastsatt i HMS-forskriftene (Arbeidstilsynet, 2017, 2018, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d, 2019e; Petroleurstilsynet, 2017a, 2017b, 2018, 2019). Krav til eksponeringsnivåer er gitt i Forskrift om tiltaks- og grenseverdier, med utdypende veiledning på Arbeidstilsynets hjemmesider og i NS-EN 689.

Det er i NORSOK D-001 og NORSOK S-002 gitt spesifikke krav til utforming av utstyr for håndtering av boreslam på faste innretninger. De mest sentrale arbeidsmiljøkravene i disse er gjengitt nedenfor.

For flyttbare innretninger er det anledning jfr Rammeforskriften §3 (Petroleurstilsynet, 2018) å benytte Sjøfartsdirektorates regelverk. Hovedregelen er at følgende ikke omfattes av paragrafen:

- bore- og prosessutstyr,
- allmenngyldige lyd- og lysalarmer,
- utstyr for personellforflytting og krav til personellforflytting på boredekk,
- bestemmelser om arbeidsmiljøet for øvrig,
- de aktivitetene som skal utføres i petroleumsvirksomheten.

Det er i denne rapporten lagt til grunn at arbeidsmiljøkravene til utstyr for boraslam- og kakshåndtering er de samme på hhv. flyttbare og faste installasjoner. Siste revisjon av regelverk og standarder er lagt til grunn i vurdering av teknologi.

NORSOK S-002

I NORSOK S-002:2018 (Standard Norge, 2018a) er det gitt følgende generelle krav til kontroll av kjemisk eksponering § 7.5 og til separasjon av borekaks og slam spesielt jfr § 6.3.2.2.

7.5 Krav til utforming for å fjerne eller redusere kjemisk eksponering

7.5.1 Generelt

Farlige kjemikalier bør i størst mulig grad elimineres eller erstattes med mindre farlige kjemikalier. Hvis farlige kjemikalier ikke kan fjernes eller erstattes, skal risikoreduserende barrierer implementeres i følgende prioritert rekkefølge:

1. Lukkede systemer med fjernstyring og ingen utslipp;
2. Innelukking av utslippskilden;
3. Tilstrekkelig avsug/ventilasjon ved kilde;
4. Generell ventilasjon/fortynning av utslipp.

Grenseverdier for kjemisk eksponering er gitt i «Forskrift om tiltaks og grenseverdier». Nasjonale grenseverdier for kjemisk eksponering skal korrigeres med en sikkerhetsfaktor på 0,6 ved 12 timers arbeidsperiode (jfr. Aktivitetsforskriften §36).

I NORSOK S-002:2018 (Standard Norge, 2018a) er det gitt følgende krav til utstyr for separasjon av borekaks og boreslam.

6.3.2.2 Separasjon av borekaks og slam

Utstyr for separasjon av kaks og slam skal være innelukket.

Vibrasjonssikt eller annen separasjonsmetode og eventuell boreslamsenhet skal være utstyrt med en operatørkabin.

Kabinen skal ha overtrykksventilasjon.

Vektkontroll av boreslam skal primært være automatisert. Alternativt skal linjer for prøvetaking rutes til operatørkabin eller tilsvarende område for manuell vektkontroll.

NORSOK D-001

I NORSOK D-001 (Standard Norge, 2012) er det gitt krav til utstyr for separasjon av borekaks og slam. De viktigste er (fritt oversatt fra engelsk):

- Alle arbeidsområder i tilknytning til boring skal utformes slik at sikkerhet for personell og operasjon, arbeidsmiljø og ytemiljø sikres.
- Enheter for slammiksing og lagring skal designes slik at de under alle planlagte operasjoner ikke er noen risiko for søl eller eksponering av personell eller miljø.
- System for automatisk tankrengjøring skal installeres.
- Slamtanker skal være tette og ha avtrekkssystem.
- System for slammiksing skal designes slik at de atmosfæren er fri for støv og damp.
- Slambehandlingssystemene skal designes slik at det under alle planlagte operasjoner ikke er noen risiko for søl eller eksponering for farlige kjemikalier for personell.
- Slamsikter skal være lukket, med mekanisk avtrekksventilasjon.
- Alt utsyr i slambehandlingsrommet skal være utformet slik at de krever kun et minimum av vedlikehold under boring.
- Det skal være lager plass for slamsikter i eller i nærheten av slambehandlingsrommet.
- Vaskeenhet for slamsikter, koblet til egnet avløp skal installeres.
- Det skal være installert system for automatisk prøvetaking av slam, uten behov for manuell åpning av enheter.
- Slambehandlingsenhetene skal primært kunne fjern opereres fra et kontrollrom.
- Kontrollsystemet skal utformes slik at minimerer behov for manuell operasjon av enhetene.
- Kontrollrommet skal være plassert i nærheten av slambehandlingsenhetene med direkte innsyn til enhetene eller innsyn via kameraovervåking.
- Kontrollrommet skal være lydisolert og ergonomisk utformet.

Forskrift om tiltaks- og grenseverdier

Ved arbeid offshore er skiftene på tolv timer. I henhold til § 36 i Aktivitetsforskriften (Petroleumstilsynet, 2019) skal man benytte en omregningsfaktor på 0,6 for å sammenligne tolv-timers skift med grenseverdiene for åttetimers skift. Gjeldende grenseverdier for oljetåke og oljedamp er presentert i tabellen nedenfor (Arbeidstilsynet, 2018):

Komponent	Grenseverdi (8-timer)	Grenseverdi (12-timer)	10% av grenseverdi (12-timer)
Oljetåke [mg/m ³]	1	0,6	0,06
Oljedamp [mg/m ³]	50	30	3

For vurdering av person eksponering for kjemikalier opp mot grenseverdi NS-EN 689 (Standard Norge, 2018b) legges til grunn. Kartlegginger som omfatter 3-5 fullskiftsmålinger ansees som forundersøkelser.

I henhold til NS-EN 689 (Standard Norge, 2018b) skal prøvetakingsstrategien velges slik at:

- Deteksjonsgrensen er mindre enn 10% av grenseverdien (NS-EN 458).
- Det gjennomføres minst 3 målinger pr sammenlignbar gruppe.
- For 3-5 målinger skal maksimumsverdi være hhv, 10, 15 eller 20 % av grenseverdi.
- Foreligger det mer enn 5 målinger skal øvre 70 % konfidensgrense til 95-persentilen være under grenseverdien (heretter omtalt som Estimert maksimumskonsentrasjon (EMK)).

Det foreligger ikke egne vurderingskriterier for områdemålinger utført i drift. Industripraksis har vært å anvende 50% av grenseverdi. Dette er noe høyere enn tidligere krav til nybygg /modifikasjoner angitt i nå utgåtte NORSOK S-002 rev 4 (Standard Norge, 2004). Der var kravet at konsentrasjonen av farlige stoffer i arbeidsatmosfæren under normal drift skal være så lav som det med rimelighet er mulig å komme. Dette betyr at det i permanent bemannede områder under normale omstendigheter ikke skal oppstå luftkonsentrasjoner av farlige stoffer høyere enn 1/6 av grenseverdi gitt av myndighetene i landet. For områder som er periodisk bemannet og normalt ubemannet benyttes et områdekrav på 1/3 av grenseverdi.

4 UTVALGTE INNRETNINGER

						
	Snorre A	Mærsk Gallant	Valhall IP	Mærsk Intrepid	Askeladden	Transocean Encourage
Type	Strekktag (TLP)	Oppjekkbar	Fast installasjon	Oppjekkbar	Oppjekkbar	Halvt nedsenkbar
I operasjon fra	1992	1993	2003	2013	2017	2016
Boreanlegg oppgradert	2015	2014	-	-	-	-
Slamsiktere	3 stk NOV/Brandt VSM 300	3 stk MudCube	4 stk NOV/Brandt VSM 300	6 stk NOV/Brandt VSM 300	6 stk MudCube	5 stk MH Derrick Dual Pool 600.
Plassering av slamsiktere	I felles rom	I felles rom	I felles rom	I individuelle, adskilte rom	I felles rom	I felles rom
Avsug for oljetåke/-damp	Individuelle avsug for hver siktemaskin.	Innelukkede rensemaskiner med individuelt avsug.	Individuelle avsug for hver siktemaskin.	Åpne siktemaskiner med avsug fra hvert adskilt rom.	Innelukkede rensemaskiner med individuelt avsug.	Individuelle avsug for hver siktemaskin.
Fordelingstank for returslam	Innelukket tank med individuell justering av slamtilførsel til hver slamsikter.	Innelukket tank med individuell justering av slamtilførsel til hver slamsikter.	Tradisjonell «headertank»/renne plassert i bakkant av slamsikterne, åpningsbare luker. Delvis åpen løsning med noe avsug.	Innelukket tank med individuell justering av slamtilførsel til hver slamsikter.	Innelukket tank med individuell justering av slamtilførsel til hver slamsikter.	Innelukket tank med individuell justering av slamtilførsel til hver slamsikter.
Slamkjøler	Nei	Nei	Ja	Ja (Ikke montert - lagret om bord)	Nei	Nei
Max brønnlengde	7 230 meter	7 600 meter	2 400 meter	12 200 meter	10 000 meter	8 500 meter

						
	Snorre A	Mærsk Gallant	Valhall IP	Mærsk Intrepid	Askeladden	Transocean Encourage
Fordeling av returslam til sikte-maskinene	Fjernoperert ventil	Fjernoperert ventil	Fjernoperert ventil	Fjernoperert ventil	Fjernoperert ventil	Fjernoperert ventil
Kontrollkabin for sikte-maskinene	I sikterom. Prosess opereres fra kabin.	I sikterom. Prosess opereres fra kabin.	Plassert i annet rom enn siktemaskinene. Vindu inn. Prosess opereres fra kabin.	Plassert i annet rom enn siktemaskinene. Prosess opereres fra kabin.	Plassert i separat rom med vindu mot siktemaskinene. Prosess opereres fra kabin.	I sikterom. Prosess opereres fra kontrollrom.
Transport av kaks fra slamsikter	Transportskrue, innelukket i sikterom med eget avsug.	Trakt/renne hvor kaks føres ned til åpne transportskruer under deksnivå (friluft). Går rett i transport-«skips».	Åpent fall til transportskrue i forkant av slamsikter. Leverer kaks til «slurry» anlegg (for injeksjon) eller direkte til transport-«skips».	Åpen transportskrue i forkant av slamsikter. Leverer kaks til ISO tanker eller direkte til transport-«skips».	Transportskrue, innelukket. Leverer kaks til lukkede lagringstanker med fyllestasjon til transport-«skips».	Trakt/renne hvor kaks føres ned til åpne transportskruer. Kaks blåses til lukkede tanker utvendig på dekk for videre lasting av transport-«skips».
Prøvetaking av kaks	Bruker brett som legges i forkant av siktemaskin.	Dedikert luke i siktemaskin.	Bruker brett som legges i forkant av siktemaskin.	Bruker brett som legges i forkant av siktemaskin.	Dedikert luke i siktemaskin.	Bruker brett som legges i forkant av siktemaskin.
Prøvetaking av boreslam sikterom	Arbeidsstasjon med eget avtrekk.	Enkel stasjon med avtrekk i tak.	Arbeidsstasjon med eget avtrekk.	Kan utføres i tilstøtende rom. Enkel arbeidsstasjon uten eget avtrekk. Har opplegg for digital måling av slamvekt, men dette fungerer ikke hele tiden.	Enkel stasjon i sikterom med avtrekk.	Har digitalt målesystem for slam, men er ikke alltid operativt. Må da hente slamprøver direkte i renne ved siktemaskin.

5 VURDERING AV TEKNOLOGI

Teknologier

Følgende kategorier av teknologier er vurdert:

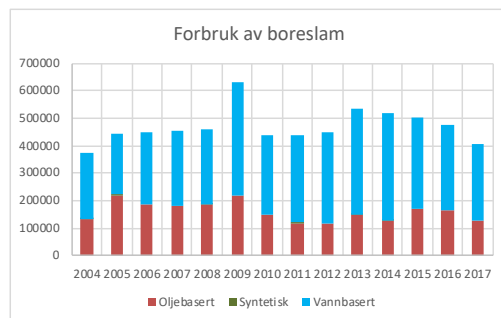
- Boreslam
- Slamrensing
- Sirkulering av boreslam
- Transport / avhending av borekaks
- Styring og overvåking
- Annet

Vurderingskriterier

I vurderingen av teknologiløsningene er følgende kategorisering benyttet:

++	Innfrir alle relevante arbeidsmiljøkrav.
+	Innfrir ikke alle relevante arbeidsmiljøkrav, men likevel vurdert til å være en tilstrekkelig teknisk barriere.
-	Innfrir ikke alle relevante arbeidsmiljøkrav. Organisatoriske barrierer i tillegg nødvendig.
--	Innfrir ikke alle relevante arbeidsmiljøkrav. Organisatoriske og personlige barrierer i tillegg nødvendig.
(tom)	Mangler grunnlag for vurdering

Boreslam



Kilde: Norsk olje og gass, miljørapport 2010 og 2017

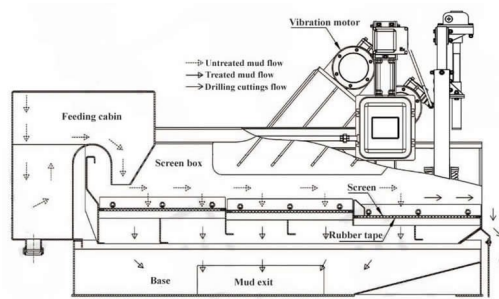
Det er to hovedtyper boreslam som benyttes på norsk sokkel hhv. vann- og oljebasert boreslam. Sammensetningen og kvaliteten av de enkelte komponentene i en borevæske er avgjørende for avdamping av oljetåke og oljedamp. Viskositeten til boreslammet nede i brønnen påvirkes hovedsakelig av trykk og temperatur forholdene nede i brønnen og tilsetning av ulike polymerer og i liten grad av baseoljens viskositet oppgitt i sikkerhetsdatabladet under «normale» temperatur- og trykkforhold (20 °C og 1 atm trykk).

- Baseolje (inntil 50%)
- Vann (10-40%)
- Salt
- Vektmiddel (bentonitt - NH2 modifisert, barytt)
- Emulgator
- Oljefuktere
- Polymer
- pH regulator
- Annet

Baseoljer benyttet ved kartlegging av oljetåke og oljedamp i mottatt materiale skiller seg i forhold til viskositet ved romtemperatur og innhold av aromater. Ingen av baseoljene er respektive sikkerhetsdatablad (SDS) oppgitt å inneholde benzen. Baseoljer basert på petroleums destillater vil erfaringsmessig inneholde noe benzen, selv om dette ikke er oppgitt i sikkerhetsdatabladet. De med lavest viskositet og høyest innhold av aromater vil være de som potensielt vil kunne inneholde de høyest nivå av benzen.

System	Baseolje	Innhold av aromater	Produsent baseolje	Viskositet
ENVIRONMUL	EDC 95/11	< 0,03 %	Total Fluids	< 20,5 cSt
RHEGUARD PRIME	ESCAID 120 ULA	< 2 %	ExxonMobile Petroleum & Chemicals BUBA	2,3 cSt
VERSATEC EMS 4600	EDC 99/11 DW	< 0,03 %	Total Fluids	20,5 cSt

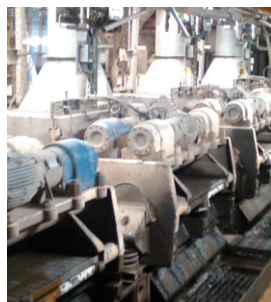
Fjerning av borekaks fra slam



Åpne vibrerende slamsikter har vært benyttet på norsk sokkel siden starten på 60-tallet. En prinsippskisse er vist i figuren til venstre. De første slamsiktene var åpne, uten egne avtrekksløsninger. Etter årtusenskiftet har fokuset på arbeidsmiljø gradvis økt, og etter hvert ført til større grad av innbygging og bruk av ventilasjonstekniske løsninger som luftgardiner for å sikre kontroll med oljetåke- og oljedampemisjon fra slamfiltreringsenhetene. Utvikling av en vakuumbasert filtreringsenhet (MudCube) startet i 2004 og har vært kommersielt tilgjengelig siden 2009/10.

Vurdering

Kun innelukkede tradisjonelle slamsiktere og vakuumbasert filtreringsutstyr kan tilfredsstillende arbeidsmiljøkravene knyttet til kjemisk eksponering. Tilgjengelige løsninger trenger videre utvikling knyttet støy (C) og ergonomi knyttet til vedlikehold (C og D).



Type	A) Åpen med avtrekk	B) Delvis innebygget med avtrekk	C) Fullstendig innebygget	D) Vakuumfiltrering
Oljetåke	--	-	++	++
Oljedamp	--	-	++	++
Støy	--	--	-	++
Ergonomi	-	-	-	+
NORSOK D-001/S-002	--	-	++	++

Rengjøring av slamfiltre



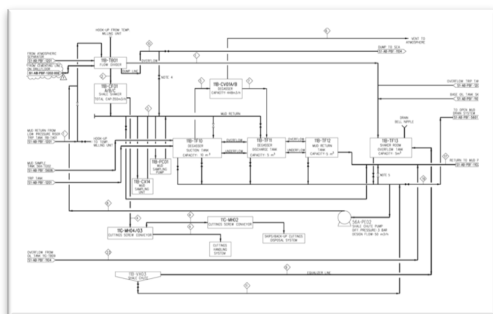
Tradisjonelt har slamfiltre blitt rengjort med høytrykksspyling. Filtrene spyles enten mens de sitter montert på slamsikteren, eller etter at de er tatt ut. Strengere krav til rengjøring av filtre, samt krav om bruk av enhet for automatisk rengjøring av filtre, krever i dag tilgjengelighet av automatiske vaskeenhet for slamfiltre.

Vurdering

Forsøk på å erstatte all manuell spyling med bruk av lukkede rengjøringskabinetter har vært blandet. Ofte er det behov for at filtrene først grovrengjøres med høytrykksspyler (montert i slamsikteren) før de plasseres i rengjøringskabinettet. Det er derfor behov for identifisering / utvikling av bedre enheter som tar hensyn til disse erfaringen.

Type	A) Manuell høytrykksspyling	B) Lukkede rengjøringskabinetter
Oljetåke	-	+
Oljedamp	-	+
Støy		
Ergonomi		
NORSOK D-001 / S-002	-	++

Transport av boreslam og borekaks



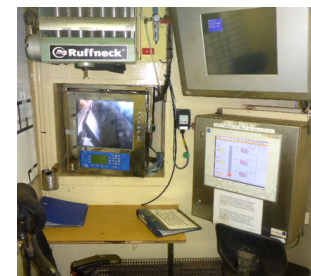
Slamretur fra brønnen ledes via en avgassingsenhet til en fordelingsboks, hvor slam fordeles til de ulike slamfiltreringsenhetene. Slam ledes så til egne tanker i tilknytning til slambehandlingsrommet. Grovere partikler som ikke er fjernet over filtreringsenhetene sedimenterer, og slammet pumpes tilbake i brønnen. Borekaks ledes via egne renner/transportbånd/skruer til tanker eller kontainere.

Utviklingen følger i hovedsak to hovedlinjer:

- fra delvis åpne systemer til lukkede systemer
- fra manuelt opererte systemer til fjernopererte systemer

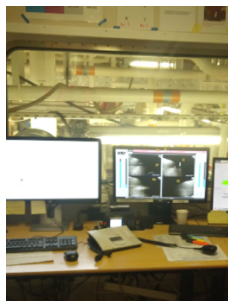
Vurdering

Alle kilder til emisjon av oljedamp som slamrenner, kaksskruer, fordelingsboks og slamtaker m.m. må lukkes for å unngå avdamping fra varm borevæske. Varm oljedamp vil kunne kondensere til oljetåke.



Type	A) Åpne enheter	B) Lukkede enheter	I) Manuell styring	II) Fjernopererte
Oljetåke	-	+	-	+
Oljedamp	-	+	-	+
Støy				
Ergonomi	+	-	+	++
NORSOK D-001 / S-002	--	++	--	++

Operatørbu



Lokalt kontrollrom

Slambehandlingsrommene var opprinnelig ikke utstyrt med egen operatørbu. Introduksjon av NOROKS S-002 i 1993 førte til økt fokus på støyeksponering, og dette medførte at slambehandlingsrommene etter hvert ble det utstyrt med lydisolert operatørbu.

Etter hvert som kontroll av slambehandlingsenhetene har blitt mer og mer automatisert har operatørbuene utviklet seg mer og mer til et lokalt kontrollrom.

Vurdering

Arbeidsmiljøet for boredekkarbeidere som arbeider i tilknytning til slambehandling har blitt betydelig bedre over de siste 20 årene som følge av at det har blitt bygget lokalekontrollrom i tilknytning til slambehandling.

Type	A) Ingen operatørbu	B) Støybu	C) Lokalt kontrollrom
Oljetåke	--	++	++
Oljedamp	--	++	++
Støy	--	+	++
Ergonomi			
NORSOK D-001 / S-002	--	--	++

Rengjøring av slamtanker



Slamtanker har tradisjonelt vært rengjort manuelt. Nyere innretninger har tanker som er utformet for lettest mulig rengjøring og utstyr for automatisk spyling / rengjøring av tankene så kalt («cleaning in place (CIP)»).

For effektiv rengjøring av tankene er det nødvendig å hindre at større slampartikler sedimenterer og lager «slamkaker» i bunnen av tankene. Dette er i motsetning til bruk av tankene som del av slamfiltreringen. Mao metode og behov for rengjøring påvirkes av filtreringsbehovet i den enkelte boreoperasjon og filtreringskapasiteten på installasjonen.

Vurdering

Metode og behov for rengjøring må sees i sammenheng med filtreringsbehovet i den enkelte boreoperasjon og filtreringskapasiteten på installasjonen.

Type	A) Manuell rengjøring - flatbunnet tank, tank med obstruksjoner	B) Manuell rengjøring - tankene utformet med tanke på lett rengjøring	C) Automatisk rengjøring Cleaning In Place (CIP)
Oljetåke	-	-	+
Oljedamp	-	-	+
Støy	-	-	+
Ergonomi	-	-	+
NORSOK D-001 / S-002	-	-	+

Analyse av slamvekt



Manuell prøvetaking av slamvekt er den dominerende metoden. Slamprøver tas normalt 4 ganger i timen, men ved krevende brønnforhold kan det tas prøver mer eller mindre kontinuerlig (12-18 ganger i timen).

Fokus på arbeidsmiljø har ført til at flere innretninger har blitt utstyrt med en «ringsløyfe» som gjør det mulig å ta prøver fra et prøvepunkt utenfor slambehandlingsrommet. Enkelte installasjoner har også en enhet for automatisk måling av slamvekt.

Erfaringene fra installasjonene som hadde montert «ringsløyfe» eller utstyr for automatisk måling av slamvekt var at denne typen løsninger fortsatt er ustabile og at manuell prøvetaking av slamvekt fra åpen slamrenne og manuell bestemmelse av slamvekt fortsatt er normalt.

Vurdering

Fortsatt behov for utvikling av bedre rutiner for operasjon og utstyr for prøvetaking av slamvekt for å sikre økt regularitet.

Type	A) Manuell prøvetaking og analyse i slambehandlingsrommet	B) Manuell prøvetaking og analyse utenfor slambehandlingsrommet	B) Automatisk bestemmelse av slamvekt
Oljetåke	-	+	+
Oljedamp	-	+	+
Støy	-	+	+
Ergonomi	-	+	+
NORSOK D-001 / S-002	-	-	+

6 MÅLERESULTATER OG VURDERING

Åpne versus lukkede systemer

Måleresultatene fra kartleggingene på de seks innretningene sammenfaller godt med tidligere undersøkelser (Bratveit et al., 2009; Steinsvåg, Bråtveit, & Moen, 2006) (B. Aase et al., 2013; Bodil Aase et al., 2013). Materialet er imidlertid for lite til å kunne vise statistiske forskjeller.

Sammen med gjennomgått litteratur og den mottatte dokumentasjonen indikerer resultatene at:

- innelukkede slamsiktere og filtreringsenheter basert på vakuumteknologi gir god kontroll på oljetåke- og oljedampeksponering.
- det er viktig at alle kilder til emisjon av oljetåke og oljedamp i slambehandlingsområdet lukkes / kontrolleres.
- flyktige og semiflyktige forbindelser ($C_n < 13$) fra borevæsken og / eller reservoaret lett damper av over slamfiltrene på tradisjonelle slamsikttingsenheter.
- avdampingen fra boreslammet stiger vesentlig ved temperaturer over 40-45 °C.

De åpne slamsikterløsninger var de dårligste. De er heller ikke i tråd med kravene i NORSOK S-002 og NORSOK D-001. En av innretningene hadde en løsning der åpne slamsikter var plassert i separate rom. Målinger av fullskiftseksponering på denne innretningen viser likevel betydelig eksponering for oljedamp.

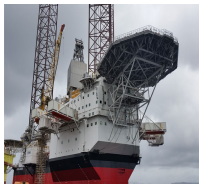
Resultatene understøtter betydningen av å se på alle kilder til emisjon av oljetåke og oljedamp ved planlegging av nye slamsikterrom, og ved utbedring av gamle. Fullstendig innelukking av slamrenner, kaksskrue, fordelingsboks ansees som nødvendig for å ha kontroll med avdampingen av olje.

Resirkulering av boreslam

I en av analyserapportene var det angitt samlet konsentrasjon av oljedamp (C_8-C_{18}) og konsentrasjon av oljedamp sammenfallende med innholdet av baseoljen ($C_{11}-C_{18}$). Resultatene var henholdsvis 29 og 25 mg/m³. Dette er en forskjell på ca. 17%, som enten må komme fra den aktuelle boreoperasjonen eller fra tidligere operasjoner. Det er i rapporten ikke oppgitt om det er benyttet resirkulert borevæske. Noe av forskjellene kan trolig også skyldes usikkerhet i analyse metode.

Fra en av installasjonene er det også gjort kartlegging av benzeneksponering. Resultatene var lave, men dokumenterer at benzen, enten som en forurensning i ny eller resirkulert baseolje, eller fra infiltrasjon i boreslammet fra reservoaret, er en faktor som må tas hensyn til i arbeid med boreslam.

Maksimums verdier av målinger rapportert pr innretning

						
	Snorre A	Mærsk Gallant	Valhall IP	Mærsk Intrepid	Askeladden	Transocean Encourage
Seksjon	12 ¼	12 ¼	12 ¼	12 ¼	12 ¼	17 ½
Temperatur	36-43	46 – 55	43 – 45	43 – 61	45 +	37,9 - 48,0
Baseolje	Environmul EDC 95/11	EDC 95/11	RHEGUARD PRIME / ESCAID™ 120 ULA	Versatec System EMS- 4600/ EDC 99/11 DW	Versatec / EDC 99/11	Environmul EDC 95/11 (->70 vekt%)
Slamhastighet (l/min)	3600 – 3800	3320 – 3400	3500	3950	4200	-> 4800
Prøvetakings- tid	109-189	96-130	117-132	96-118	107-141	88-142
Prøvetakings- hastighet	0,9-1,1	1	1,2	1	1	1
Maksimum av rapporterte 2 timers målinger						
Oljetåke (mg/m ³)	M F V P	M F V P	M F V P	M F V P	M F V P	M F V P
(GV: 0,6 mg/m ³)	< 0,07 < 0,06 < 0,06 0,09	0,026 0,022 0,046 0,03	> 0,76 0,74 0,83 0,49	0,35 <0,09 <0,09	0,25 0,23 0,08	0,59 0,19 0,16
Oljedamp (mg/m ³)	M F V P	M F V P	M F V P	M F V P	M F V P	M F V P
(GV: 30 mg/m ³)	1,1 0,9 0,4 5,8	3,11 2,57 9,09 4,03	> 72 27 17,8 19,8	160 3,43 23,6	22,33 47,67 3,23	13,72 9,5 13,72
M: Mellom slamsiktere, F: Foran slamsikter, V: Slamvekt, P: Personbåren prøve						
Vurdering	##	##	#	#	##	#

Arbeidsscenario B (Vedlegg 4) lagt til grunn. Eksponering skal være under 1/10 av GV. Kjemisk eksponering er personbåren eksponering for oljetåke og oljedamp vurdert. ###: Ingen tiltak nødvendig, ##: Avhengig av organisatoriske barrierer, #: Avhengig av personlige og organisatoriske barrierer.

Personeksponering

Kartleggingsstudiene er alle utført over kort tid, og kan derfor kun ansees som forundersøkelser. Høyeste verdi av en forundersøkelse (når det foreligger tre fullskiftmålinger) skal være under 10% av grenseverdi. Ingen av de mottatte kartleggingsrapportene viser nivåer (maksimum) under 10 % av grenseverdi uten å ta hensyn til jobbrotasjon og bruk av personlig verneutstyr.

Det er likevel enkelte av de tekniske løsningene på alle de seks innretningene som er å anse som gode. Ingen av innretningene har imidlertid kunnet fremlegge tilstrekkelig dokumentasjon på at toppeksponeringen (fullskift) ved boring med oljebasert boreslam, vil være under gjeldende grenseverdier. Et mulig tiltak er å gjennomføre flere kartlegginger (samlet mer enn fem fullskiftmålinger) slik at vurderingsgrunnlaget blir bedre, og statistiske metoder kan benyttes til vurdering av resultatene jfr. NS-EN 689.

Prøvetaking og analyse av oljetåke og oljedamp

De to laboratoriene som er representert i studien leverer utstyr for prøvetaking av oljetåke og oljedamp i tillegg til å utføre analysene. Det var forskjeller i valg av utstyr, forskjell i avstand til laboratoriet og i analysemetodikk og rapporteringen av resultatene. Dette gjør det vanskelig med en direkte sammenligning av resultatene.

Ingen av de mottatte kartleggingsrapportene har dokumentert hvordan prøvene er blitt håndtert fra prøvetaking til de er blitt analysert. Praksis ved begge laboratoriene synes å kartlegge alle komponenter fra C₈ som oljetåke eller oljedamp. Dette avviker fra praksis anbefalt fra STAMI, hvor det anbefales å bestemme alle enkeltkomponenter hvor det foreligger grenseverdier (C_n < 13) individuelt og karakterisere resten som oljetåke eller oljedamp. Ved samtidig eksponering for flere kjemiske stoffer samtidig kreves det en samlet vurdering av eksponeringen og ikke kun enkeltvis sammenligning mot grenseverdi. Ingen av de mottatte kartleggingsstudiene har gjort en slik samlet vurdering.

Usikkerhet

De seks installasjonene ble valgt ut for å representere en bredde av nyere installasjoner, men materialet er for lite til å underbygge klare trender og konklusjoner. Resultatene er imidlertid i tråd med tidligere publiserte resultater. Konklusjonene anses derfor som valide.

Fra andre studier er det rapportert høy variasjonen i analyser av oljetåke og oljedamp både mellom ulike laboratorier og innenfor samme laboratorium. Inntil 40% av oljetåke fra lavviskøse oljer er rapportert å dampe av under transport. Dette begrenser muligheten til å gjøre sammenligninger på tvers av kartlegginger, vurdering av eksponering i forhold til grenseverdier, vurdering av effekt av tiltak og bruk av resultatene i forskning og epidemiologiske studier.

Det er derfor nødvendig med en standardisering og bedre kvalitetssikring av prøvetakingsutstyr, rutiner for håndtering, lagring og transport av prøver, og analysemetodene for oljetåke og oljedamp. Det anbefales å gjennomføre regelmessige inter-laboratorietester i regi av STAMI, for de laboratoriene som leverer analyser av oljetåke og oljedamp i forbindelse med boreoperasjoner.

Det er også behov for utvikling av metodikk som muliggjør kartlegging av samlet eksponering for boreslam (total SLAM), og gjør det enklere å kartlegge fullskiftseksponering for boreslam.

Benyttede kartleggingsmetoder og strategier vil ikke kunne fange opp eksponering knyttet til infiltrering av gass og væske fra brønn.

7 REFERANSER

	Aase, B., Jensen, E. K., & Omland, T. H. (2013). <i>Improvement of chemical working environment in shaker room with enclosed shaker designs and optimized ventilation rates.</i> Aase, B., Omland, T. H., Jensen, E. K., Vestbakke, A. T. L., Knudsen, B. S., Haldorsen, F., . . . Peikli, V. (2013). Criticality Testing of Drilling-Fluid Solids-Control Equipment. <i>SPE Drilling & Completion</i>, 28(02), 148-157. Forskrift om konstruksjon, utforming og fremstilling av arbeidsutstyr og kjemikalier (produsentforskriften), (2017). Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer (forskrift om tiltaks- og grenseverdier), (2018). Forskrift om administrative ordninger på arbeidsmiljølovens område (forskrift om administrative ordninger), (2019a). Forskrift om organisering, ledelse og medvirkning, (2019b). Forskrift om tiltaksverdier og grenseverdier for fysiske og kjemiske faktorer i arbeidsmiljøet, samt smitterisikogrupper for biologiske faktorer (forskrift om tiltaks- og grenseverdier), (2019c). Forskrift om utførelse av arbeid, bruk av arbeidsutstyr og tilhørende tekniske krav (forskrift om utførelse av arbeid), (2019d). Forskrift om utforming og innretning av arbeidsplasser og arbeidslokaler(arbeidsplassforskriften), (2019e). Bratveit, M., Steinsvag, K., Lie, S. A., & Moen, B. E. (2009). Modeling of oil mist and oil vapor concentration in the shale shaker area on offshore drilling installations. <i>Journal of occupational and environmental hygiene</i>, 6(11), 679-686. Galea, K. S., Searl, A., Sanchez-Jimenez, A., Woldbaek, T., Halgard, K., Thorud, S., . . . van Tongeren, M. (2012). Oil mist and vapour concentrations from drilling fluids: inter- and intra-laboratory comparison of chemical analyses. <i>Ann Occup Hyg.</i>, 56(1), 8. Kirkhus, N. E., Thomassen, Y., Ulvestad, B., Woldbæk, T., & Ellingsen, D. G. (2015). Occupational exposure to airborne contaminants during offshore oil drilling. <i>Environmental Science: Processes & Impacts</i>, 17(7), 1257-1264. OGP/IPIECA Drilling Fluid Task Force. (2009). <i>Drilling fluid and health risk management</i> (Report no. 396). FORSKRIFT OM STYRING OG OPPLYSNINGSPLIKT I PETROLEUMSVIRKSOMHETEN OG PÅ ENKELTE LANDANLEGG (STYRINGSFORSKRIFTEN) (2017a). FORSKRIFT OM UTFORMING OG UTRUSTNING AV INNRETNINGER MED MER I PETROLEUMSVIRKSOMHETEN (INNRETNINGSFORSKRIFTEN), (2017b).
--	---

	FORSKRIFT OM HELSE, MILJØ OG SIKKERHET I PETROLEUMSVIRKSOMHETEN OG PÅ ENKELTE LANDANLEGG (RAMMEFORSKRIFTEN), (2018). FORSKRIFT OM UTFØRING AV AKTIVITETER I PETROLEUMSVIRKSOMHETEN (AKTIVITETSFORSKRIFTEN), (2019). Standard Norge. (2004). Arbeidsmiljø. Rev. 4, (NORSOK S-002 N). Standard Norge. (2012). Drilling facilities. Rev. 3, (NORSOK D-001). Standard Norge. (2018a). Arbeidsmiljø. Rev. 5, (NORSOK S-002 N). Standard Norge. (2018b). Arbeidsplassluft - Måling av eksponering for kjemiske stoffer ved innånding - Strategi for prøving av samsvar med yrkeshygieniske grenseverdier, (NS-EN 689). Steinsvag, K., Bratveit, M., & Moen, B. E. (2006). Exposure to oil mist and oil vapour during offshore drilling in norway, 1979-2004. <i>Ann Occup Hyg</i>, 50(2), 109-122. Steinsvåg, K., Bråtveit, M., & Moen, B. E. (2006). Exposure to oil mist and oil vapour during offshore drilling in Norway, 1979-2004. <i>Annals of Occupational Hygiene</i>, 50(2), 109-122. Svendsen, K., Bjørseth, O., & Børresen, E. (1996). Sampling petroleum oil mist and vapor; Comparison of methods. <i>Am Ind Hyg Assoc J</i>, 57, 5. Thoru, S. (2011). <i>Prøvetakings- og analysemetoder. Best praksis.</i>
--	--

8 VEDLEGG

Vedlegg 1: Forkortelser og definisjoner	BTEX	Samlebetegnelse for benzen, toluen, etylbenzen og xylene.
	C _n	Angivelse av antall karbonatomer i et hydrokarbon.
	cSt	Måleenhet for viskositet (centi stockes).
	Estimert maksimal konsentrasjon (EMK)	Den høyeste konsentrasjon som kan forekomme, basert på beregninger med utgangspunkt i registrerte måleverdier (øvre 70% konfidensgrense av 95%il). Dersom EMK er høyere enn grenseverdien, er eksponeringen å anse som uakseptabel.
	Grenseverdi	Maksimumsverdi for gjennomsnittskonsentrasjonen over en fastsatt referanseperiode (8-timer), av et kjemisk stoff i pustesonen til en arbeidstaker.
	Kortidsverdi	Verdi for gjennomsnittskonsentrasjonen av et kjemisk stoff i pustesonen til en arbeidstaker som ikke skal overskrides i en fastsatt referanseperiode. Referanseperioden er 15 minutter hvis ikke annet er oppgitt.
	Nedre kvantifiseringsgrense (NKG)	Minste verdi analysemetoden kan rapportere (se eget avsnitt). I hht. NS-EN 482 skal analysemetoden som benyttes minimum kunne detektere 1/10 av grenseverdien.
	Pustesone	Sone på 30 cm fra nese og munn.
	SDS	Sikkerhetsdatablad.
	Takverdi	Øyeblikksverdi som angir maksimalkonsentrasjon av en kjemikalie i pustesonen som ikke skal overskrides.

Vedlegg 2: Prøvetakings- og analysemetoder	I forbindelse med «Kjemikalieprosjektet» til Norsk Olje og Gass, ble det utarbeidet en rapport med anbefalte prøvetakings- og analysemetoder (Thoru, 2011): <u>Oljetåke:</u> Filtrene ekstraheres med 1,1,2 triklor 1,2,2 trifluoretan (Freon 113) og analyseres ved hjelp av Fourier Transform Infrarød Spektroskopi (FTIR) ved å bestemme absorpsjonen av CH strekkebåndene. For å få en best mulig kvantitativ bestemmelse av oljetåken er det nødvendig med kalibrering mot den aktuelle oljen. Ved analyse av oljetåkeprøver er det derfor viktig at en prøve av den rene oljen sendes inn sammen med de eksponerte filtrene. Ekstraktet kan også analyseres ved gasskromatografi med flammeionisasjonsdetektor (GC-FID). Denne analysemetoden vil kunne gi bedre karakterisering av oljeprøven, men metoden har høyere deteksjonsgrense enn FTIR metoden. <u>Oljedamp:</u> Kullrørene desorberes med karbondisulfid og analyseres vanligvis ved hjelp av GC-FID. Eventuelle flyktige organiske forbindelser (løsemidler etc.) som ikke stammer fra oljen kan bestemmes separat med denne metoden. FTIR kan også benyttes som analysemetode, men vil ikke kunne skille oljedamp fra andre organiske forbindelser som inneholder CH grupper. På grunn av variasjon i metoder og sammensetningen av oljene har det vist seg å være betydelige metodiske utfordringer knyttet til pålitelig prøvetaking og analyse av oljetåke og oljedamp. En inter-laboratoriestudie (Galea et al., 2012) har vist at det er betydelig variasjon i rapporterte oljetåke- og oljedampkonsentrasjoner selv mellom anerkjente laboratorier. Dette antas blant annet å skyldes ulike rutiner for kalibrering av analysene. Analyse av oljetåke og oljedamp er en utfordring for laboratoriene, da det er dårlig definert hva som er oljedamp. I noen tilfeller er oljen så flyktig at den er å definere som et løsemiddel (f.eks. veldig flyktige oljebaserte borevæsker). STAMI definerer oljedamp som løsemiddelfraksjonen $> C_{13}$. Dette henger sammen med at det finnes egne norske grenseverdier for komponenter under C_{13}. Praksis ved STAMI er at de alltid bruker den laveste tilgjengelige grenseverdien for hver komponent de analyserer. STAMI summerer opp alle flyktige og semi-flyktige hydrokarboner over C_{13} og kvantifiserer disse mot tridekan (C_{13}). Med bruk av FTIR-metoden kvantifiserer STAMI, mot den aktuelle oljen, hvis den er tilgjengelig i ren vannfri form. Andre laboratorier benytter en standard mineralolje i kvantifiseringen. Hva man benytter som kalibreringsstandard vil påvirke resultatet i noe grad, da stigningstallet til mineraloljer kan variere noe med sammensetning. Det er også vist at det kan oppstå et betydelig tap under transport og lagring av prøver (opptil 40%), Det største tapet skjer i de første 3-5 dagene for de lav-viskøse baseoljene (Galea et al., 2012).
---	--

	For lavviskøse baseoljer er strømningshastighet og prøvetakingstid viktig for hvor mye oljetåke som fordamper og gå over til kullrøret. Ved sammenligning av målinger med tidligere studier, bør prøvetakingstiden og strømningshastigheten holdes så likeverdig som mulig, slik at forholdet mellom oljetåke og oljedampfraksjonen i prøvene ikke skyldes fordampning av tåke fra filteret under prøvetaking. En sammenligning av de to ulike prøvetakere for oljetåke (se metode A og B, Tabell 1 (Vedlegg 3)), har vist en forskjell i oppsamlingseffektivitet på 15-20 % (Svendsen, Bjørseth, & Børresen, 1996). Restriksjoner i bruk av halogenerte løsemidler til bruk i analyser har medført behov for utvikling av nye metoder, som igjen har medført noe ulik laboratoriepraksis, både mellom laboratorier og over tid ved samme laboratorium. Begge selskapene som har utført analyser, gjør dette ved flere ulike fysiske lokasjoner. Valg av samme selskap innebærer derfor ikke nødvendigvis at analysene er utført ved samme laboratorium. Statens Arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) har utviklet en ny metodikk for karakterisering av samlet eksponering for borevæske (både flyktig og ikke flyktig del), som bruker innholdet av kalsium (Ca) og jern (Fe) i borevæsken som indikator. Metoden har den fordelen at den kan benyttes til fullskiftsprøvetaking (Kirkhus et al., 2015). Forskjeller i prøvetaking og analyse av oljetåke og oljedamp har store konsekvenser for kontroll av yrkesmessig eksponering opp mot grenseverdi, og på påliteligheten av epidemiologiske studier av sammenhengen mellom eksponering og effekt.
--	--

Vedlegg 3: Prøvetakings- og analysemetoder benyttet i innsamlet materiale

For prøvetaking av oljetåke og oljedamp er det i alle mottatte kartlegginger benyttet 37 mm glassfiberfilter, koblet i serie med kullrør. Det er benyttet eksplosjonssikre arbeidsmiljøpumper med justerbar volumstrøm. Luftgjennomstrømningen er kontrollert ved oppstart og mot slutten av prøvetakingen med kalibrert flowmeter. Prøvetakingen har vært på inntil 2 timer per prøve.

Filtre, kullrør og analysemetodikk var noe forskjellig (Tabell 1). Analysene var utført av to forskjellige laboratorier (Tabell 2).

Tabell 1: Oversikt over benyttet prøvetakingsutstyr

Alt	Beskrivelse
A	Tredelt filterkassett (SKC) med et mixed cellulose ester filter (porestr. 0,8 µm) og et glassfiberfilter (Whatman 1820-037, porestr. 1,6 µm) i serie med kullrør (SKC 226-09)
B	Glassfiberfilter dobbelt glassfiberfilter i serie med kullrør (Dräger – Activated Charcoal Type BIA)

Tabell 2: Oversikt over benyttede analysemetoder

Laboratorium	Parameter	Analyseteknikk	Metode ref. / komponenter	Kvantifiserings-grense pr enhet	Utvidet analyseusikkerhet (2*RSD)
Sintef Molab (prøvetakings-utstyr A)	Oljetåke	Ekstraksjon med karbondisulfid. Deteksjon med GC-MS.	C ₁₈ – C ₄₀	0,1 mg	30 %
	Oljedamp	Ekstraksjon med karbondisulfid. Deteksjon med GC-MS.	C ₈ – C ₁₈	1 mg	30 %
Eurofins (prøvetakings-utstyr B)	Oljetåke	Ekstraksjon med tetrakloretylen. Deteksjon med infrarød spektroskopi (FTIR).	Metode ref.: NIOSH 5026:1996 C ₁₆ – C ₄₀	10 µg	20 %
	Oljedamp	Ekstraksjon med tetrakloretylen. Deteksjon med GC-MS.	Metode ref.: ISO/CD 16200-1, EN14662-2 C ₈ – C ₁₆	5 µg	20 %

Vedlegg 4: Vurdering av personeksponering

For å gjøre en mest mulig standardisert vurdering av de ulike arbeidsmiljøteknologienes bidrag til personeksponering er det tatt utgangspunkt i følgende faste arbeidsoperasjoner (hvis relevant):

Arbeidsoppgave	Vibrasjonssikter	Vakuumsikter
Bytting av slamsiler (screens) 2 x pr skift pr shaker (10 min per shaker)	x	
Rengjøring av slamsiler (3 min pr sil)	x	
Slamvekt 4 x per time (prøvetaking 0,5 min, slamvekt 2,5 min)	x	x
Inspeksjon / div. oppgaver ute i slambehandlingsområdet (5 min per time)	x	x
Rengjøring av magneter (1 x 10 min per skift)	x	x
Rengjøring av vakuum filter (3 x 10 min per skift)		x

Det er også vurdert betydning av organiseringen av arbeidet, hvor følgende to scenarier er lagt til grunn:

- A) Ingen jobbrotasjon – dedikert personell jobber fast i slambehandlingsområdet inkl. operatørbu.
- B) Fast rotasjon – 1/3 av tiden i slambehandlingsområde inkl. operatørbu.

Vedlegg 5: Metode	Prosjektet har vært todelt. Første del har bestått av en litteraturstudie, samt innhenting av informasjon fra ulike utstyrsleverandører, og andre del som har bestått av innhenting av informasjon fra seks boreinstallasjoner (2 faste og 4 flyttbare) på norsk sokkel. Installasjonene var av ulik alder og benyttet noe ulik teknologi for filtrering av boreslam. Litteraturstudie Et begrenset litteratursøk ble innledningsvis utført i Google Scholar og PubMed, med søkeord på norsk og engelsk, som dekket prosjektets formål. Informasjonsinnhenting fra selskapene Et likelydende brev ble sendt ut til selskapene hvor informasjon (se Vedlegg 6) om utstyr for slambehandling på utvalgte innretninger ble etterspurt. Informasjonsinnhenting ble fulgt opp med intervjuer med relevant personell (boredekksarbeider og tårnmann). Noen selskap valgte også å involvere verneombud og støttepersonell på land. Intervjuene ble gjennomført ved hjelp av video. Følgende selskap og innretninger ble valgt ut for studien av Petroleumstilsynet. Petroleumstilsynet har vært ansvarlig for kontakten inn mot innretningselskapene. Intervjuene ble ledet av Proactima. Petroleumstilsynet deltok på alle møtene.
------------------------------	--

Vedlegg 6:
Skjema for
informasjons-
innhenting

Lever	Type informasjon	Beskrivelse
☐	Systemtegning	Flyttdiagram som viser slambehandling i retur fra brønn.
☐	GA tegning(er)	GA tegninger som viser slamsikter område, og område for transport, lagring og evt. kaks behandling.
☐	Type slamsikter	Oppgi: Leverandør, type, modell og om det er utført modifikasjoner / innbygging etc.
☐	Type enhet for kaksbehandling (hvis relevant)	Oppgi: Leverandør, type, modell og om det er utført modifikasjoner / tilpasninger
☐	Oversiktsbilder over slamsikter området	Ett eller flere bilder som samlet gir et inntrykk av området
☐	Bilder av utstyr (hvis relevant):	Slamsikter
☐		Ventilasjon (bilde av avtrekk fra rom, slamsikter, utstyr etc)
☐		Flowline
☐		Header box
☐		Kakshåndtering (renne, skrue, behandlingsenhet, skip etc,)
☐		Operatørbu
☐		Venter fra slamtanker
☐		Prøvetakingspunkt (er) for slam vekt
☐		Område for utføring av analyse av slamvekt
☐		Event. øvrige punkter for prøvetaking
☐	Yrkeshygieniske målinger av oljedamp / oljetåke	Kopi av målerapporter. Både stasjonære og personbårne målinger er relevante.
☐	Egen vurdering av kilder til oljedamp eksponering fra oljebasert boreslam	List mulige kilder til oljedamp eksponering fra oljebasert boreslam. Eksempler (header box, åpne piter, etc). Legge ved bilde hvis ellers ikke dekket.