
132– Offshore Norge

Anbefalte retningslinjer for identifisering, vurdering, kontroll og oppfølging av kvikksølveksponering

Original versjon

FORORD

Denne retningslinjen er revidert basert på erfaringer med bruk av retningslinjen i bransjen. Tilstedeværelse av kvikksølv har vist seg å være mer omfattende enn det en la til grunn da den første retningslinjen ble utgitt i 2012. Retningslinjer er oppdatert med hensyn til endringer i forskrifter, samt inkludert ny kunnskap fra IPIECA og britiske IKIMP. Videre er det inkludert beste praksis for kartlegging av kvikksølv i hydrokarbon/prosesstrømmer inn og ut av installasjoner/anlegg.

I revisjon 1 har arbeidsgruppen bestått av medlemmer fra følgende selskap:

- Statoil
- Norske Shell

med bidrag fra arbeidsmøte med utvidet gruppe:

- ConocoPhillips
- ENGIE E&P Norge
- ENI
- Lundin

Denne retningslinjen er anbefalt av Offshore Norges fagnettverk for yrkeshygiene, av fagnettverk for helse og arbeidsmiljø, og av Offshore Norges HSE Managers Forum og av Offshore Norges driftsutvalg. Videre er den godkjent av administrerende direktør.

Ansvarlig fagsjef i Offshore Norge er fagsjef HMS som kan kontaktes via Offshore Norges sentralbord +47 51 84 65 00.

Denne retningslinjen er utviklet med bred bransjedeltagelse fra interesserte parter i den norske petroleumsindustrien og eies av den norske petroleumsindustrien representert av Offshore Norge. Administrasjonen er lagt til Offshore Norge.

Offshore Norge
Hinna Park
Fjordpiren, Laberget 22, 4020 Stavanger
Postboks 8065, 4068 Stavanger

INNHOLD

FORORD	2
INNHOLD	3
1 INNLEDNING.....	4
1.1 Formål.....	4
1.2 Regelverk og grenseverdier	4
1.3 Terminologi og definisjoner.....	5
1.4 Referanser	5
1.5 Endringer i denne revisjonen	6
2 KVIKKSØLV I PETROLEUMSINDUSTRIEN	7
2.1 Estimert omfang av kvikksølv	7
2.2 Former av kvikksølv.....	8
2.2.1 Metallisk kvikksølv	8
2.2.2 Kvikksølv sulfid	9
2.3 Fysikalske egenskaper.....	10
2.4 Opptak og helsefare	10
3 RISIKOVURDERING.....	12
3.1 Tilstedeværelse av kvikksølv på installasjonen	12
3.2 Prøvetaking av inn- og utstrømmer	13
3.3 Kategorisering av utstyr	14
3.3.1 Kategorisering av utstyr – oppstrøm.....	14
3.3.2 Kategorisering av utstyr – nedstrøm.....	15
3.4 Arbeidsaktiviteter med risiko for kvikksølveksponering.....	15
3.5 Risikoutsatte grupper	16
3.6 Yrkeshygieniske målinger.....	17
3.6.1 Målestrategi.....	17
3.6.2 Måling i arbeidsatmosfæren	17
3.6.3 Biologiske eksponeringsmålinger.....	18
4 RISIKOKONTROLL.....	19
4.1 Design	19
4.2 Prosedyrer / Verneinstruks	19
4.3 Vedlikeholdsstans og rivingsaktiviteter	20
4.4 Informasjon og opplæring	20
4.5 Personlig verneutstyr	20
4.6 Eksponeringsovervåkning	21
4.7 Helseovervåkning.....	21
Vedlegg A: Oversikt over endringer i denne revisjonen.....	22
Vedlegg B: Kvikksølvinnhold i internasjonale råoljeessay	25
Vedlegg C: Beregningseksempel - årlig akkumulering av kvikksølv	26
Vedlegg D: Eksempel på kvikksølvforurensede system – oppstrøm.....	28
Vedlegg E: Tre eksempler på kvikksølvforurensede system – oppstrøm	29
Vedlegg F: Beregningseksempel – kvikksølveksponering.....	32
Vedlegg G: Skjema - registrering av måldata direktevisende instrument.....	34
Vedlegg H: Eksempel på verneinstruks	36

1 INNLEDNING

1.1 Formål

Denne retningslinjen er laget for å støtte virksomhetene i arbeidet med å redusere risikoen for kvikksølveksponering i petroleumsindustrien. Retningslinjen anbefaler strategi og gjennomføring av identifisering, vurdering, kontroll og oppfølging av kvikksølveksponering ved håndtering og prosessering av råolje, kondensat og naturgass.

Denne retningslinjen omhandler arbeidsmiljø- og helseutfordringer knyttet til arbeid på produksjonsinnretninger og på raffinerier i Norge. Yrkeshygieniske målinger presenteres, og det gis beste praksis for prøvetaking av kvikksølv i hydrokarbon / prosess strømmer inn/ut. Retningslinjen går ikke inn på andre problemstillinger knyttet til anleggsintegritet, utslipp til ytre miljø eller videre bearbeiding og håndtering av avfall og utstyr fra olje- og gassproduksjon ut over kort å nevne disse.

For håndtering av avfall vises det til Offshore Norge anbefalte retningslinjer for avfallsstyring i offshorevirksomheten, nr. 093.

Alle virksomheter må identifisere hvor kvikksølveksponering kan skje. Risikoen må vurderes av kompetent personell og tiltak (barrierer) for å redusere og kontrollere risikoen må settes i verk. Kvaliteten på disse barrierene må jevnlig kontrolleres. Nødvendig informasjon og opplæring må gis.

1.2 Regelverk og grenseverdier

Arbeidsgiver har plikt etter Arbeidsmiljøloven til å sikre et fullt forsvarlig arbeidsmiljø. Forskrift om utførelse av arbeid pålegger arbeidsgiver å forhindre at ansatte eksponeres for helsefarlige stoffer gjennom risikovurdering (§3.1), målinger (§3.2) og tiltak (§3.8). Der forebygging av eksponering ikke er praktisk mulig, skal arbeidsgiver redusere omfanget så mye som praktisk mulig. Når eksponeringskrav er oppnådd, kan ALARP prinsippet brukes for å redusere eksponering ytterligere.

Tiltak som eliminerer eksponeringen skal velges foran tekniske tiltak som reduserer eksponering, og foran operasjonelle tiltak som reduserer eksponeringen. Bruk av egnet personlig verneutstyr skal anses som midlertidige tiltak.

For kvikksølv og kvikksølvforbindelser (beregnet som Hg) gjelder følgende:

- Grenseverdi 8 timers arbeidsdag: 0,02 mg/m³ (20 µg/m³)
- Grenseverdi 12 timers arbeidsdag: 0,012 mg/m³ (12 µg/m³)

På grunn av kvikksølvs bioakkumulerende egenskaper anbefales det ikke en korttidsnorm.

Biologisk grenseverdi i urin er satt til 30 µg Hg/g kreatinin.

1.3 Terminologi og definisjoner

ALARP-prinsippet ALARP er nedfelt i petroleumsregelverket og tilsier at risiko skal reduseres så langt praktisk gjennomførbart (as low as reasonably practicable). ALARP brukes etter at krav er oppnådd.

Metallisk kvikksølv Metallisk kvikksølv omtales også som elementært kvikksølv. Kjemisk symbol Hg. Inkluderer ofte «0», Hg⁰, for å understreke at det er den elementære formen som omtales.

Kvikksølv sulfid Kvikksølv sulfid har kjemisk symbol HgS. Finnes vanligvis i fast form og får da prefikset «s» for «solid», HgS_(s). Kan også finnes løst i vann når hydrogensulfid er tilstede, og får da «aq», HgS_(aq).

1.4 Referanser

- Forskrift om utførelse av arbeid ([link](#))
- Forskrift om tiltaks- og grenseverdier ([link](#))
- Huber, M.L., Laesecke, A. and Friend, D.G. (2006) "Correlation for the Vapor Pressure of Mercury", *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 45(21), 7351-7361. doi: 10.1021/ie060560s.
- IKIPM (2012) "Mercury arising from oil and gas production in the United Kingdom and UK continental shelf". ([link](#))
- IPIECA (2014) "Mercury management in petroleum refining. An IPIECA good practice guideline". ([link](#))
- Jahn, S.D., Ignacio, J.S. and Bullock, W.H. (2015). *A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures* (4rd ed.), AIHA.
- Keil, C.B., Simmons, C.E. and Anthony, T.R. (2009). *Mathematical Models for Estimating Occupational Exposure to Chemicals* (2nd ed.), AIHA.
- Klima og forurensningsdirektoratet (2010) "Handlingsplan for å redusere utslipp av kvikksølv", TA-2684. ([link](#))
- Offshore Norge Anbefalte retningslinjer for avfallsstyring i offshorevirksomheten, nr. 093 ([link](#))
- Offshore Norge Anbefalte retningslinjer for helseovervåking av kjemikalieeksponerte arbeidstakere, nr. 130 ([link](#))
- Offshore Norge Anbefalte retningslinjer for identifisering, vurdering, kontroll og oppfølging av benzeneksponering, nr. 131 ([link](#))

- Offshore Norge Anbefalte retningslinjer for tetthetstesting av åndedrettsvern, nr. 133 ([link](#))
- Rieser, L.A., Bishop, P., Suidan, M.T., Piao, H., Fauche, R.A. and Zhang, J. (2001). Stabilization and testing of mercury containing wastes: Borden catalyst. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Cincinnati, Cincinnati, Ohio 45221-0071. EPA/600/R-02/019 September 2001 ([link](#))

1.5 Endringer i denne revisjonen

De vesentligste endringer i denne revisjonen er at tittelen er ny, retningslinjen er avgrenset til å gjelde arbeidsmiljø og helse, det er inkludert ny kunnskap fra raffineri (IPIECA), fra engelsk sektor (IKIMP) og inkludert informasjon om damptrykk. Videre er det endret fra kategorisering av installasjon i fargekoder til strategi om massebalanse inn og ut, det er inkludert beste praksis for prøvetaking av kvikksølv i hydrokarbon/prosesstrømmer, og inkludert eksponeringssituasjoner for kvikksølv relatert til temperatur.

En mer detaljert oversikt over endringer i denne revisjonen er gitt i vedlegg A.

2 KVIKKSØLV I PETROLEUMSINDUSTRIEN

Kvikksølv kan forekomme i berggrunnen i de fleste formasjoner på norsk kontinentalsokkel. Reservoarer med lavt innhold av H₂S/CO₂ og høy temperatur/trykk ser ut til å ha høyest innhold av kvikksølv. Olje- og gassproduksjon består av komplekse flerfasestrømmer som varierer til dels mye som følge av temperatur, trykk, fase, pH og redokspotensiale mens de beveger seg gjennom produksjonssystemet. Kvikksølvets kjemi i systemet er ikke fullt ut forstått, men en vet at ved endringer av betingelsene kan kvikksølv bevege seg mellom de ulike fasene i hydrokarbonsystemet (olje/kondensat/gass) (IPIECA, 2014).

Metallisk kvikksølv kan forekomme spesielt i den lette hydrokarbondelen (C₃-C₅) og i slam. Metallisk kvikksølv vil vanligvis oppkonsentreres på de lave punktene i et prosessområde på grunn av den høye tettheten. Væskeutskillere og separatorene kan inneholde metallisk kvikksølv. Avleiringer/scale kan typisk inneholde kvikksølv, først og fremst kvikksølvulfid, men også metallisk kvikksølv.

Metallisk kvikksølv danner lett amalgamer med andre metaller (ikke jern), spesielt med aluminium, og har potensiale til å forårsake korrosjon i sveiser, kryogene komponenter, varmevekslere, kompressor pakning/aksling/lager og pumpekaft.

2.1 Estimert omfang av kvikksølv

Omfang av kvikksølv i olje- og gassproduksjon i Norge antas å være vesentlig høyere enn hva som var beskrevet for bare få år siden. Norske miljømyndigheter estimerte rundt 10 kg pr år i 2010 basert på produsertvann (Klima og forurensningsdirektoratet, 2010), mens det i en britisk rapport estimeres at det i England genereres årlig mellom 270 og 750 kg kvikksølv ved raffinering av olje produsert på norsk sokkel (IKIMP, 2012). Siden eksporten til England av olje fra norsk sokkel i 2012 utgjorde ca 40 % av den totale produksjonen, kan det videre estimeres at det ble generert i størrelsesorden 600 – 1800 kg kvikksølv fra norsk sokkel i 2012.

IPIECA (2014) har antatt at 20 % av kvikksølv som kommer inn på et raffineri felles ut i anleggene. Noe akkumuleres i utstyr, men IPIECA estimerer at det meste (90-95 %) av kvikksølvet ender opp i ulike avfallsfraksjoner inkludert emisjon til luft. Kvikksølvinnhold i internasjonale råoljeessay er gitt i vedlegg B.

Basert på denne nye kunnskapen fra IKIMP og IPIECA bør en anta at alle produksjonsstrømmer (råolje, kondensat, gass + produsertvann) i den norske petroleumsvirksomheten inneholder noe kvikksølv, og at kvikksølv over tid vil akkumuleres i prosessutstyr og avfall. Det kan være store forskjeller mellom brønner, og over tid kan det også forventes forskjeller i kvikksølvinnhold i den enkelte brønn.

Eksempel på beregning av potensiell årlig akkumulering av kvikksølv fra produksjon av råolje og gass er gitt i vedlegg C.

2.2 Former av kvikksølv

De to viktigste former for kvikksølv i petroleumsindustrien er metallisk kvikksølv og kvikksølvulfid. Deres typiske reaksjoner er viktige for å vise potensialet kvikksølv har til å endre form og dermed dets iboende helsefare. For mer informasjon om andre former for kvikksølv henvises det til IPIECA (2014).

2.2.1 Metallisk kvikksølv

Metallisk kvikksølv er en sølvhvit, tyktflytende væske som folk flest assosierer med ordet kvikksølv. Metallisk kvikksølv omtales også som elementært kvikksølv. Det danner fort dråper, og dråpene kan bevege seg fritt og kan spres over store områder. Dråpene fester seg lett til klær og tekstiler. Metallisk kvikksølv er lett synlig mot en mørk overflate, og en lommelykt kan brukes for å avdekke kvikksølvdråper.

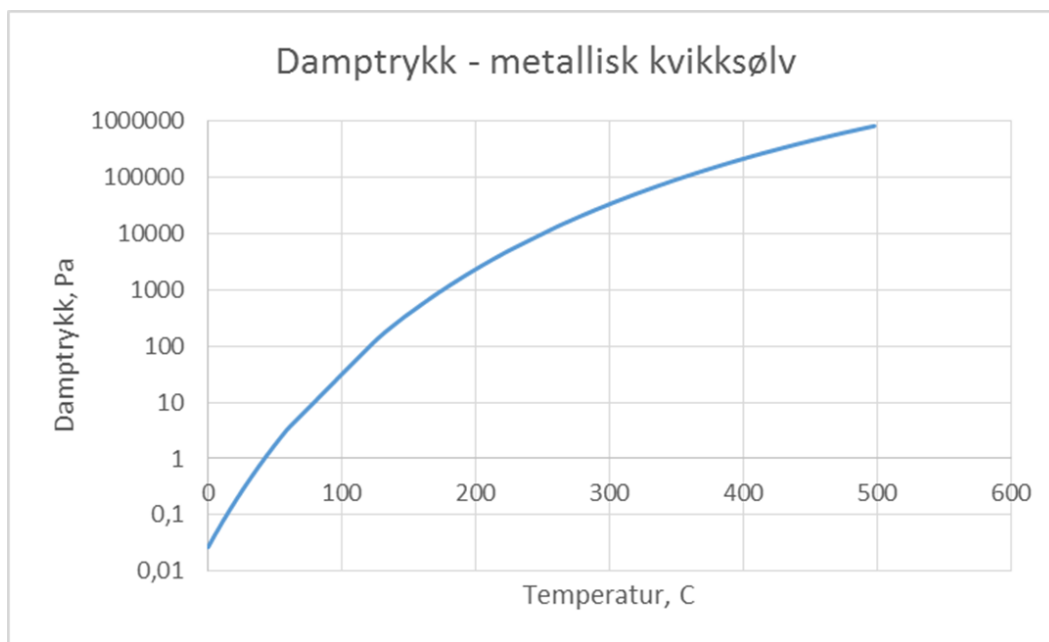
Metallisk kvikksølv har noen egenskaper som er uvanlig for tungmetaller; ved romtemperatur er det flytende og har et målbart damptrykk som vist i Tabell 1.

Tabell 1: Damptrykk til kvikksølv ved ulike temperaturer

Temperatur °C	Damptrykk	
	Pa	psi
0	0,027	0,00004
20	0,17	0,0002
40	0,86	0,001
60	3,5	0,005

Selv om kvikksølv har damptrykk som er høyt i forhold til andre tungmetaller, er det lavere enn for de fleste væsker. Sammenlignet med vann har metallisk kvikksølv et betydelig lavere damptrykk ved 20°C; mens vann har 2487 Pa har kvikksølv bare 0,17 Pa.

Laboratoriestudier har vist at dråper av kvikksølv fordamper veldig sakte i luft ved vanlig romtemperatur (15-20°C) og normal ventilasjon. Dette er en viktig faktor i forhold til hvordan håndtere funn av dråper av metallisk kvikksølv. Generelt bør dråper få stå uforstyrret, eventuelt dekkes med en tynn plastfolie, inntil de kan håndteres av kvalifisert personell som kan benytte hensiktsmessige prosedyrer og utstyr. Dette gjelder ved romtemperatur. Ved 100°C (f.eks. ved steaming) vil damptrykket til metallisk kvikksølv være mer enn 400 ganger høyere enn ved romtemperatur som vist i Figur 1. Figuren er basert på data fra NISTIR (Huber et al, 2006).



Figur 1: Damptrykk for metallisk kvikksølv 0 - 500°C

Metallisk kvikksølv er ustabil i nærvær av svovel og noen svovelforbindelser (H_2S), og vil da danne kvikksølvulfid, HgS . Metallisk kvikksølv danner lett amalgamer med andre metaller som tinn, kobber, aluminium, krom, nikkel etc. Damptrykket til kvikksølv fra disse amalgamene ved romtemperatur er svært lavt, men vil som for metallisk kvikksølv øke ved oppvarming. Jern danner ikke amalgam med kvikksølv. Kvikksølv kan akkumuleres i karbonstål. Metallisk kvikksølv reagerer også med sterke syrer.

2.2.2 Kvikksølvulfid

Kvikksølvulfid er den dominerende form av kvikksølv i naturen. Dette er på grunn av den sterke affiniteten kvikksølv har til svovel. Kvikksølvulfid er blant de minst mobile og mest stabile former for kvikksølv, men det kan dekomponere ved høye temperaturer og frigi metallisk kvikksølv. Ved anaerobe forhold (uten tilgang til oksygen) kan kvikksølvulfid omdannes biologisk til organiske kvikksølvforbindelser.

Ved romtemperatur er kvikksølvulfid et fast stoff og har et ekstremt lavt damptrykk. Det er tilnærmet uløselig i rent vann eller i hydrokarboner. Den molare likevektskonsentrasjonen i rent vann er estimert til å være mindre enn 10^{-26} (Rieser et al., 2001). Prøver tatt i vannfase med noe innhold av svovel vil derfor være en dårlig indikator på hvorvidt man har kvikksølv tilstede eller ei. En annen viktig faktor er at løseligheten av HgS i vann lett kan påvirkes i nærvær av hydrogensulfid, H_2S , ved dannelse av ulike løselige komplekser av kvikksølv-hydrogen-sulfid (Rieser et al., 2001). Dette er begge viktig egenskaper for å forstå hvordan kvikksølv oppfører seg i prosessstrømmer hvor det er svovel eller hydrogensulfid tilstede.

Når kvikksølvulfid varmes opp i forbindelse med varmt arbeid (sveising, sliping, etc.) vil kvikksølvulfid begynne å dekomponere og omdannes til metallisk kvikksølv. På grunn av varmen vil kvikksølvet gå over i dampfase.

Kvikksølvulfid har lavere toksisitet enn de fleste andre former av kvikksølv. På grunn av sin lave løselighet i rent vann og ekstremt lave damptrykk, vil eksponeringen normalt være svært lav.

2.3 Fysikalske egenskaper

Fysikalske data:

- Smeltepunkt (Hg): -39 °C
- Kokepunkt (Hg): 357 °C
- Damptrykk (Hg): 0,0017 mbar (0,17 Pa) ved 20 °C
- Vannløselighet (Hg): Neglisjerbar (i rent vann)
- Vannløselighet (HgS): Neglisjerbar (i rent vann), delvis løselig i vann som inneholder H₂S
- Tetthet (Hg): 13,53 g/cm³
- Molvekt (Hg): 200,6 g/mol

2.4 Opptak og helsefare

Kvikksølv er klassifisert som:

- Giftig ved innånding
- Kan opphopes i kroppen ved gjentatt bruk
- Meget giftig for vannlevende organismer, kan forårsake uønskede langtidsvirkninger i vannmiljøet (kvikksølv er miljøskadelig da det akkumuleres i næringskjeden)

Metallisk kvikksølv tas opp i kroppen gjennom innånding, hudkontakt og svelging. Hovedopptaksvei er gjennom innånding (75-80 %). Absorpsjonshastigheten gjennom hud er begrenset, og opptaket er meget lavt via fordøyelsessystemet (0,01 %). Opptak av kvikksølvulfid via fordøyelsen er lavere enn metallisk kvikksølv på grunn av lav vannløselighet og er dermed ikke ansett å være giftig for mennesker og vannlevende organismer. Lettløselige kvikksølvsalter (f.eks. kvikksølvklorid, HgCl₂) og metylkvikksølv tas lett opp via fordøyelsen og er svært giftige.

Akutt eksponering for kvikksølv damp kan føre til en forgiftning som ligner metallfeber. Dette gir symptomer som frysninger, kvalme, dårlig allmenntilstand, brystmerter, kortpustethet, hoste, stomatitt, betennelse i tannkjøttet, sikling og diaré. Hud- eller øyekontakt, samt svelging, kan medføre irritasjon og allergisk reaksjon.

Kronisk eksponering for kvikksølv kan forårsake permanent skade på hjernen og nyrene, og kan være dødelig. Skader på sentralnervesystemet kan påvirke motorikk og kognitive evner. Kvikksølv kan akkumuleres i kroppen. Kronisk eksponering for kvikksølv kan resultere i svakhet, tretthet, anoreksi, vekttap og forstyrrelse av mage-tarmsystemet. Skjelvinger kan også oppstå. Det begynner ofte med fingre, øyelokk og lepper, for så å utvikle seg til generelle skjelvinger i hele kroppen, samt voldsomme kroniske spasmer i ekstremitetene.

Samtidig med utviklingen av skjelvingene, kan adferds- og personlighetsendringer oppstå, noe som kan innebære økt nervøsitet, hukommelsestap, søvnløshet og depresjon. Unormal rødming, overdreven svetting og utslett kan oppstå. Alvorlig sikling og betennelse i tannkjøttet er også karakteristisk for kronisk eksponering for kvikksølv. Av mildere symptomer kan nevnes irritasjon av luftveier og eksem.

Fostre er meget sensitive for effektene av metylkvikksølv. Det kan videre ikke utelukkes at kvikksølv er reproduksjonsskadelig.

3 RISIKOVURDERING

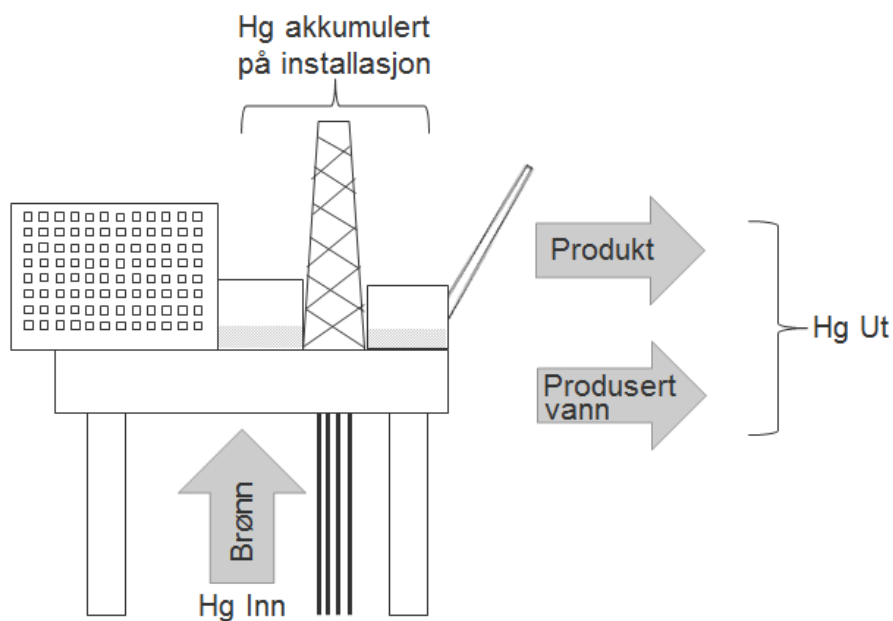
Utgangspunktet for å kunne gjøre en risikovurdering er informasjon om tilstedeværelse av kvikksølv, i hvilken form og i hvilket omfang, på installasjonsnivå og utstyrsnivå. I mangel av informasjon for egen installasjon/anlegg kan en bruke erfaringsoverføring fra andre installasjoner/anlegg.

Når denne informasjonen er på plass anbefales det å gjøre selve risikovurderingen knyttet til arbeidsoperasjoner og risikoutsatte grupper. Her står målestrategi, gjennomføringer av målinger, sammenligning med grenseverdi, og kontroll med barriere sentralt.

Gode måledata kombinert med erfaring med hvor kvikksølveksponering kan skje, vil gi mindre usikkerhet i risikovurderingen. Et trygt nivå for kvikksølveksponering bør baseres på ALARP-prinsippet.

3.1 Tilstedeværelse av kvikksølv på installasjonen

For produksjons- og prosesseringsinstallasjoner offshore og onshore anbefales å innhente data om tilstedeværelse av kvikksølv i hydrokarbonstrømmen, i hvilken form og i hvilket omfang. Dette kan gjøres ved å ta prøver i hydrokarbonstrømmen inn til installasjonen, og ut av installasjonen. Hvis en har data om kvikksølvinnhold (ppb, $\mu\text{g}/\text{m}^3$) og volum på strømmen (m^3) inn, så har en et mål for mengde kvikksølv som ankommer installasjonen. Tilsvarende målinger i eksportproduktene og produsertvann gir et mål på mengde kvikksølv som forlater installasjonen. Differansen vil gi et estimat for kvikksølv som akkumuleres i utstyr som sedimenter i separatorer, scale etc. Figur 2 viser en prinsippskisse for dette.



Figur 2: Prinsippskisse for massebalanse kvikksølv

Dette vil kunne gi svar på spørsmål som:

- Hvor omfattende er kvikksølvutfordringene for installasjonen? ($H_{g_{inn}}$)
- Vil kvikksølv akkumuleres på installasjonen? ($H_{g_{installasjon}} = H_{g_{inn}} - H_{g_{ut}}$)
- Hva er kvikksølvinnholdet i produktene? ($H_{g_{ut, produkt}}$)

3.2 Prøvetaking av inn- og utstrømmer

Prøvetaking av kvikksølv i hydrokarbonstrømmer krever spesialutstyr. Selv om en typisk utfører prøvetaking etter at trykket i systemet er redusert, kreves det prøvetakere som håndterer trykk (bomber). Kvikksølvets egenskap med å feste seg til overflater er utfordrende i forhold til materialer i prøvetakingsutstyret siden materialet må kunne gi slipp på kvikksølv for påfølgende analyse. Her kreves spesialkompetanse og samarbeid med laborant/prosessteknikker med rett kompetanse. Spesialiserte firma tilbyr prøvetaking av trykksatte system.

Prøvetakingen av strøm inn bør skje så tidlig som mulig oppstrøms. Første praktisk mulige prøvetakingspunkt for en brønnstrøm er typisk på 1.trinns separator hvor trykket er senket noe og det er tilrettelagte påkoblingspunkter. Testmanifold kan være et annet mulig sted. Prøvetakingspunkt bør flushes godt før bruk slik at en ikke drar med seg kontaminanter som ligger i selve prøvetakingsloopen. Utgående systemer hvor det anbefales målt er eksportgass, eksportolje og kondensat. For å kunne lage en massebalanse bør alle systemer ut inkluderes, også produsertvann og avfall. Produsertvann fritt for kvikksølv kan ikke brukes for å konkludere med at kvikksølv ikke er tilstede på en installasjon/anlegg.

Det anbefales at en alltid inkluderer kvikksølv som parameter når en analyserer essay for råolje, kondensat og gass. Her anbefales en oppgang av installasjonens prøvetakingsprosedyrer for å sjekke om materialer i utstyr og påfølgende laboratorieanalyse er egnet for kvikksølv (i.e. at kvikksølv ikke henger igjen på overflaten av prøvetakingsutstyr og følgelig ikke når frem til analyse, og at deteksjon til analysemetoden er tilstrekkelig for å måle kvikksølv i ppb nivå).

I tillegg anbefales det å kartlegge kvikksølv i sedimenter og annet mulig kvikksølvforurenset avfall som sendes ut fra installasjonen. Dette kan f. eks. gjøres med å ta prøve av fast materiale, varme prøven opp, og måle avgassing med direktevisende måleinstrument. Det finnes tilleggsutstyr til direktevisende måleinstrument (3.6.2) tilrettelagt for dette.

Hvor ofte den enkelte installasjon bør ta prøver av inn og utstrømmer med hensyn til kvikksølv, vil avhenge av endringer i brønnstrøm og alder på installasjon. Generelt gjelder desto eldre installasjon, jo mer kvikksølv. Ved oppstart eller tilkobling av ny brønn bør måling av kvikksølv fra brønn gjøres. Måling av kvikksølv i produkt bør være en del av den normale rutinen for spesifisering av essay/produkt. Som planlegging til revisjonsstanser/nedstengning bør informasjon om akkumulert kvikksølv på installasjonen være tilgjengelig, og følgelig bør slike data ikke være eldre enn 3 år.

For raffineri henvises det i tillegg til veiledningen fra IPIECA (2014).

3.3 Kategorisering av utstyr

På hver installasjon bør det tas stilling til hvilket utstyr hvor det er størst sannsynligheten for:

- a) Akkumulering av metallisk kvikksølv
- b) Utfelling av kvikksølv-sulfid

Utstyrsvurderingen bør utføres av teknisk personell, drifts- og vedlikeholdspersonell i samarbeid med yrkeshygienisk kompetanse. Utstyr som erfaringsmessig er utsatt for kvikksølv er gitt i 3.3.1 og 3.3.2.

Metallisk kvikksølv forekommer spesielt i de lette (C3-C5) hydrokarbonproduktene, men har også blitt funnet i de tunge (asfaltener). Alle overflater på innsiden av prosessutstyr hvor det blir funnet flytende kvikksølv vil være å anse som kvikksølv-forurenset. Fravær av synlig kvikksølv betyr ikke at kvikksølv ikke er til stede i kvikksølvforurensete anlegg. Kvikksølv kan avsettes på utstyrsoverflater og delvis diffundere inn i svartstål. Metallisk kvikksølv og kvikksølv-sulfid er tilnærmet «uløselig» i rent vann. Mikrodråper av metallisk kvikksølv kan imidlertid forekomme i vannmassene. Sulfidholdig vann vil kunne danne løselige kvikksølvkomplekser med kvikksølv-sulfid.

Akkumulering av metallisk kvikksølv i utstyr er typisk assosiert med utstyr med trykk og temperatur fall. Dette kan være separatorene, varmevekslere, væskeutskillere, etc. Utfelling av kvikksølv-sulfid vil trolig følge de samme prosessene som medfører utfelling av annen scale og slam.

3.3.1 Kategorisering av utstyr – oppstrøm

System- og utstyrslisten nedenfor kan brukes som et utgangspunkt for installasjonsspesifikk utstyrsvurdering offshore. Dette utstyret er kjent for å ha stort potensial for akkumulering av kvikksølv:

- Gassystemer (tanker, gasstørkere, aminanlegg, scrubber, varmevekslere, dråpefangere, kondensat)
- Pig launcher (mottak)
- Separatorene
- Kvikksølvfangere
- Avløpssystem/slam/avfall
- Produertvannsystem (inkl. hydrosykloner)

Tilhørende piping/rør kan også være kvikksølvkontaminert, vanligvis med kvikksølv-salter. En oversikt over mulige kvikksølvforurensete systemer oppstrøms er vist i vedlegg D.

3.3.2 Kategorisering av utstyr – nedstrøm

System- og utstyrslisten nedenfor kan brukes som et utgangspunkt for installasjonsspesifikk utstyrvurdering, spesielt for raffinerier. Dette utstyret er kjent for å ha stort potensial for akkumulering av kvikksølv:

- Slugcatchers
- Desalter
- Pipe still (inkl. kokere, luftkjølere, beholdere)
- Propan/ butantanker
- Power Former (PF)
- Visbreaker (VB)
- Sloptanker/ slambasseng
- Kvikksølvfangere

Tilhørende piping/rør kan også være forurenset av kvikksølv, vanligvis med kvikksølvsalter. En oversikt over mulige kvikksølvforurensete systemer nedstrøms er vist i vedlegg E.

3.4 Arbeidsaktiviteter med risiko for kvikksølveksponering

Typiske arbeidsaktiviteter med potensiale for kvikksølveksponering er gitt i Tabell 2. Hvem som utfører disse aktivitetene kan variere fra en installasjon/anlegg til en annen.

Det er spesielt aktiviteter som medfører håndtering av større mengder metallisk kvikksølv, forstøving av kvikksølvholdig materiale (både metallisk kvikksølv og kvikksølvulfid), samt oppvarming som bør ha størst fokus. Det anbefales derfor at en ved risikovurderingen av arbeidsaktiviteter gitt i Tabell 2, for hver aktivitet vurderer underpunktene i Tabell 3.

For håndtering av større mengder metallisk kvikksølv bør spesialfirma vurderes.

Tabell 2: Eksempler på arbeidsaktiviteter med potensiale for kvikksølveksponering

Arbeidsaktiviteter
<ul style="list-style-type: none"> - Installasjon og fjerning av flenser, blindflenser, dyser, demperelement - Skjæring, sveising og annet varmt arbeid - Mekanisk arbeid - Flowline inspeksjoner - Bytte av glykolfiltre - Trykkavlastning - Steaming/rengjøring - Åpning av mannhull - Prøvetaking - Drenering - Avfallshåndtering - Rengjøring av tanker / entring - Fjerne gassfilter - Inspeksjoner inne i tanker, tårn etc.

Tabell 3: Eksponeringssituasjoner relatert til temperatur

Eksponeringssituasjoner	Temperatur °C				
	< 20	20-50	50-150	150-250	> 250
Kvikksølv sulfid / scale – god ventilasjon.					
Metallisk kvikksølv (synlig små og få dråper) – god ventilasjon.					
Splitting av hydrokarbonførende rør etc.					
Større mengder metallisk kvikksølv. Aerosol innholdende metallisk kvikksølv.					
Varmt arbeid.	n.a.	n.a.	n.a.		
Rengjøring av separatore og lignende (ved entring).					

Tabell 3 bruker samme fargekoding som retningslinje 131 benzen, vedlegg 4.

For vurdering av potensialet for eksponering kan enkle tommelfingerregler eller modellering benyttes. Eksempler er gitt i vedlegg F.

3.5 Risikoutsatte grupper

Høy risiko for eksponering er ofte relatert til åpning av utstyr. Størst risiko relatert til kvikksølveksponering forventes for vedlikeholdsarbeidere, prosessoperatører og inspektører. Varmt arbeid på kvikksølvforurenset utstyr antas å utgjøre høyest risiko for kvikksølveksponering. Håndtering av metallisk kvikksølv og aerosoldannelse av kvikksølvforurenset materiale har også høy risiko.

Kontraktører utfører ofte samme type vedlikeholdsaktiviteter for ulike installasjoner. Som et resultat av dette kan denne gruppen oftere bli eksponert for kvikksølv. Gravide skal ikke utføre arbeidsoppgaver hvor de kan eksponeres for kvikksølv. Dette innebærer også laboratoriearbeid. Fostre er meget sensitive for effektene av kvikksølveksponering.

3.6 Yrkeshygieniske målinger

Yrkeshygieniske målinger av kvikksølv bør gjennomføres for å dokumentere eksponeringsnivå ved ulike arbeidsoperasjoner, samt for å verifisere vurderinger gjort basert på bruk av tommelfingerregler og modeller (se vedlegg F). Dette krever spesialutstyr.

Målinger bør også gjennomføres for å verifisere effekten av tiltak og barrierer mot kvikksølveksponering.

3.6.1 Målestrategi

Kvalifisert yrkeshygienisk personell bør ha ansvar for å sette opp en målestrategi. For veiledning henvises det til "A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures" (Jahn et al., 2015).

Målestrategien bør baseres på vurdering av installasjonens «kvikksølvstatus» (se kapittel 3.1). Det bør utføres målinger:

- Under demontering av flenser og koblinger
- Før entring av utstyr og under arbeid inni utstyr
- Under oppvarming av antatt kvikksølvforurenset metall (sveising, skjæring og annet varmt arbeid)
- Ved annen oppvarming av utstyr, for eksempel ved direkte solskinn på utstyret
- Under steaming, rengjøring og vedlikehold

I tillegg anbefales å innføre et program for biologisk eksponeringsmonitorering for personell som utfører risikooppgaver. Dette er særlig aktuelt i forbindelse ved vedlikeholdsstans og ved hendelser som innebærer mulig eksponering for kvikksølv. Biologisk eksponeringsmonitorering anbefales også ved rivingsaktivitet der det arbeides på tidligere hydrokarbonførende utstyr.

Erfaring fra alle funn av kvikksølv og hvordan det håndteres og følges opp bør gjøres tilgjengelig for bransjen.

3.6.2 Måling i arbeidsatmosfæren

Det er i dag utviklet gode direktevisende instrumenter for å måle konsentrasjonen av kvikksølv i luft. Gode måleinstrumenter bør være enkle å bruke, ha lav vekt, høy tilgjengelighet, lav kryss-sensitivitet og tilstrekkelig deteksjonsområde, og fortrinnsvis være EX- godkjente. Instrumenter med atomabsorpsjon (f.eks. Mercury tracker (3000IP), Lumex (RA-915), Nippon Instruments Corporation (NIC-EMP-1A)) anbefales framfor instrumenter med gullfilmsensor (f.eks. Jerome) på grunn av kryss-sensitivitet (f. eks sveiserøyk, CO, SO₂). Alle resultater fra direktevisende instrument bør registreres for dokumentasjon. Minimum bør dato, utstyr/tag nr, bakgrunn for måling og resultat registreres. Se vedlegg G for eksempel på skjema for dokumentasjon av rutinemålinger i drift.

Personlig luftmåling (dosimeter) kan utføres ved å bruke en spesifikk adsorbent for kvikksølv som blir sendt inn til analyse. Utstyret kan festes til jakken/kjeledressen nær innåndingssonen.

3.6.3 Biologiske eksponeringsmålinger

Biologisk eksponeringsmåling kan gjennomføres ved analyse av kvikksølv i urin.

4 RISIKOKONTROLL

Det viktigste kontrolltiltaket vil være å designe anlegget slik at personell-eksponeringen blir minimal. Risiko kan ellers kontrolleres ved hjelp av tekniske virkemidler (f.eks. kvikksølvfangere, lukket rengjøringsystem), administrative tiltak (f.eks. verneinstruks, arbeidsprosedyrer) og personlig verneutstyr.

For nedstrøms industri anbefales en prosedyre/system for godkjenning av råolje og gasskondensat for å sikre risikokontroll inn på anlegget. Et godt system er nødvendig hvis et anlegg må bruke råolje eller naturgasskondensat med høyt kvikksølvinnhold.

4.1 Design

Ved design og engineering av nye installasjoner, eller ved modifisering av eksisterende installasjoner, må det tas hensyn til kvikksølvinnholdet i produksjonsstrømmen. Dette er særlig viktig ved bestilling av "long-lead-item" (separator, scrubber etc.).

Materialvalg og tekniske løsninger som kvikksølvfangere, lukket system for steaming/rengjøring, etc. kan redusere eksponeringsrisikoen for personell.

Kvikksølvfangere bør benyttes tidlig i prosessanlegget for å beskytte mot kvikksølveksponering og ha bedre kontroll på kvikksølv senere i prosessen. Dette påvirker også produktkvaliteten og beskytter materialer.

Utstyr bør designes slik at rengjøring kan gjennomføres uten kvikksølveksponering av personell. Lukkede systemer anbefales. Løsninger som «Cleaning in place» (rengjøring på stedet) anbefales.

4.2 Prosedyrer / Verneinstruks

Virksomheten bør ha klare retningslinjer for kvikksølvmåling i hydrokarbonstrømmer inn og ut av installasjonen/anlegget og for klassifisering av utstyr. Videre bør det være retningslinjer for gjennomføring av yrkeshygieniske målinger, risikovurdering og valg og bruk av personlig verneutstyr. Virksomheten bør ha en prosedyre for avfallshåndtering der kvikksølv er omhandlet.

Det bør utarbeides en verneinstruks for spesielt utsatte arbeidsoperasjoner, jamfør Vedlegg H. Denne bør være koblet til arbeidstillatelsessystemet.

Følgende momenter bør være med i prosedyren/verneinstruks:

- Kategorisering av utstyr
- Identifiserte arbeidsoperasjoner med risiko for kvikksølveksponering
- Tekniske og operasjonelle tiltak for å redusere og kontrollere eksponeringen
- Yrkeshygieniske måleresultater fra den aktuelle installasjonen/anlegget og erfaringer fra tilsvarende arbeid innenfor og utenfor virksomheten

- Plan for yrkeshygieniske målinger av kvikksølveksponering, inkludert biologisk eksponeringsovervåkning
- Opplæring og informasjon
- Personlig verneutstyr

4.3 Vedlikeholdsstans og rivingsaktiviteter

Vedlikeholdsstans og rivingsaktiviteter representerer situasjoner med mange muligheter for kvikksølveksponering. Det er derfor viktig at arbeidet planlegges for å unngå kvikksølveksponering. Alle arbeidsoperasjoner bør gjennomgås med tanke på eksponering og beskyttelse. Planen bør være ferdig i god tid før vedlikeholdsstansen eller rivingsarbeidet starter, slik at tiltak og nødvendig opplæring kan gjennomføres. Yrkeshygieniker bør være involvert i planleggingen.

Eksisterende prosedyre/vedlikeholdsinstruks bør utvides for arbeidet under vedlikeholdsstansen eller rivingsaktiviteten.

4.4 Informasjon og opplæring

Nødvendig informasjon og opplæring må gis, basert på identifisert risiko og de tiltak som er satt i verk for å redusere risiko. Der personlig verneutstyr blir brukt for å forhindre eksponering, må brukerne ha tilstrekkelig opplæring i bruk av dette utstyret. Før oppstart av arbeid med risiko for kvikksølveksponering må det orienteres om denne risiko og hvilke tiltak som er satt i verk for å kontrollere risikoen.

Opplæring må gis på samme nivå til alt involvert personell, også kontraktøransatte. Opplæring bør dokumenteres.

4.5 Personlig verneutstyr

Personlig verneutstyr må brukes når risikovurderingen tilsier det og risikoen ikke er tilstrekkelig kontrollert på annet vis. Valg av åndedrettsvern og annet personlig verneutstyr bør baseres på yrkeshygieniske målinger. Det må også tas hensyn til samtidig annen eksponering ved valg av verneutstyr. For en helhetlig vurdering av verneutstirsbruk henvises til Offshore Norge retningslinje nr 131 knyttet til benzeneksponering (vedlegg 4 «Et eksempel på verneutstirsregime ved arbeid på hydrokarbonførende utstyr»).

Hensikten med åndedrettsvern er primært å unngå innånding av kvikksølv damp eller støv / aerosoler som inneholder metallisk kvikksølv eller andre kvikksølvforbindelser som kan tas opp gjennom luftveiene. For forslag, se Tabell 4.

Tabell 4 Åndedrettsvern

Konsentrasjons nivå	Åndedrettsvern
Kvikksølveksponering er mulig eller påvist under grenseverdi	Filtrerende (halv eller helmaske) med kvikksølvfilter anbefales kun for korttidsoperasjoner < 1t. For lengre arbeidsoperasjoner anbefales å benytte vifteassistert utstyr av hensyn til komfort.
Kvikksølvkonsentrasjon over grenseverdi og inntil 10 x grenseverdien.	Helmaske med trykkluft (fra kompressor eller flaske). Helmaske med kvikksølvfilter kan brukes ved korttidsoperasjoner < 1 t. Ved bruk av filtermaske må den være tilpasset den enkelte og tetthetstesting være utført (ref Offshore Norge retningslinje 133).
Kvikksølvkonsentrasjon over 10 x grenseverdien.	Helmaske med trykkluft (fra kompressor eller flaske).

Hensikten med vernebekledningen er å unngå kontaminering av hud og klær og spredning av kvikksølv til andre ikke forurensede områder. For forslag, se Tabell 5.

Tabell 5 Personlig verneutstyr

Type	Beskrivelse
Klær	Viton eller PVC-PP-PE engangsklær. Ved risiko for søl av andre kjemikalier må det brukes dresser som også beskytter mot dette.
Hansker	PVC eller neopren. Nitril brukes når hydrokarboner også er tilstede. Bruk hansker som går godt opp på underarmen.
Fottøy	Neoprenstøvler

4.6 Eksponeringsovervåkning

Der det mangler kunnskap om kvikksølveksponering eller der tidligere målinger har identifisert kvikksølv, bør det utarbeides et måleprogram for å konstatere omfanget av eksponeringen. Der risikovurderingen tilsier at arbeidsmiljøet bør overvåkes for kvikksølv, bør det utarbeides et program for periodiske yrkeshygiene målinger, inkludert biologisk eksponeringsmålinger. Leverandører må få tilgang til å gjennomføre nødvendige kartlegginger på arbeidsstedet.

Måleprogrammet bør utarbeides av kvalifisert yrkeshygiene kompetanse.

4.7 Helseovervåkning

Arbeidsgiver skal sørge for at alle kvikksølveksponerte arbeidstakere gjennomgår egnet helseundersøkelse. Dette gjelder også arbeidsgiver for kontraktøransatte. Biologisk eksponeringsmålinger kan brukes til å avgjøre hvem som er eksponert for kvikksølv.

Helseundersøkelsen skal gjennomføres av kvalifisert medisinsk personell. Det vises ellers til Offshore Norges retningslinje for helseovervåkning, nr 130.

Vedlegg A: Oversikt over endringer i denne revisjonen

Mindre språklige endringer og fjerning av ordfeil og orddelingsfeil er gjort uten at det er inkludert som endring i denne listen.

Tittel: Ny tittel som bedre dekker innholdet i retningslinjen, samkjørt med tittel for retningslinje for benzeneksponering (131).

1.1 Formål: inkludert nytt avsnitt for avgrensning av problemstilling til arbeidsmiljø og helse.

1.2 Regelverk og grenseverdier: oppdatert referanser til regelverket, definisjon på ALARP, regelverkets omregningsfaktor 0,6 for 12 timers grenseverdi.

1.3 Terminologi og definisjoner: definert ALARP slik det står i regelverket. Presisert at ALARP brukes etter at krav er oppnådd.

1.4 Referanser: oppdatert linkene til eksisterende referanser og inkludert nye referanser. Fjernet referanse til Norsok S-002 og Stami rapport siden teksten ikke refererer til dem (gjorde heller ikke i forrige utgave).

2. Kvikksølv i petroleumsindustrien: tidligere delkapittel «forekomst i petroleumsindustrien» har nå blitt plassert først. Har inkludert ny kunnskap fra IPIECA.

2.1 Estimert omfang av kvikksølv: nytt delkapittel. Inkludert ny kunnskap om omfang fra IPIECA og IKIMP. Henvist til vedlegg for kvikksølv i råoljeessay og til vedlegg for estimering for norsk sokkel.

2.2 Former av kvikksølv: nytt delkapittel. Fremhever at metallisk kvikksølv og kvikksølvulfid er de viktigste former i petroleumsindustrien.

2.2.1 Metallisk kvikksølv: Har inkludert informasjon som tidligere var plassert under fysikalske egenskaper. Inkludert informasjon om damptrykk. Tabell 1 og Figur 1 er nye. Inkludert nye referanser.

2.2.2 Kvikksølvulfid: nytt delkapittel. Inkludert informasjon om at kvikksølvulfid er den mest stabile formen for kvikksølv, lav toksisitet. Oppvarming kan endre dette.

2.3 Fysikalske egenskaper: oppdatert med noen flere data.

2.4 Opptak og helsefare: erstattet «eksponering» med «opptak» i tittelen, noen mindre tillegg om kvikksølvulfid, metylkvikksølv og kvikksølvssalter.

3. Risikovurdering: Ny innledning.

- 3.1 Tilstedeværelse av kvikksølv på installasjonen: endret fra kategorisering av installasjon i fargekoder til strategi om massebalanse kvikksølv inn og ut av installasjonen, og akkumulering på installasjonen. Fjernet tidligere Tabell 1, inkludert ny figur, Figur 2.
- 3.2 Prøvetaking av inn- og utstrømmer: nytt delkapittel. Inkludert prøvetaking i hydrokarbon/prosesssystemer og forslag til målepunkter. Refererer til IPIECA for raffineri.
- 3.3 Kategorisering av utstyr: endret kategorisering til å knyttes til sannsynlighet for akkumulering. Fjernet Tabell 2 og fargekoding, bruker bare tekst. Inkludert «aminanlegg» i listen over utstyr oppstrøm.
- 3.4 Arbeidsaktiviteter med risiko for kvikksølveksponering: tittel endret fra «-operasjoner» til «-aktiviteter». Tidligere Tabell 3 er blitt mindre justert og heter nå Tabell 2. Har inkludert ny tabell, Tabell 3, som viser eksponeringssituasjoner relatert til temperatur.
- 3.5 Risikoutsatte grupper: ny informasjon om at håndtering av metallisk kvikksølv og aerosoldannelse av kvikksølvforurenset materiale har høy risiko.
- 3.6 Yrkeshygieniske målinger: inkludert verifikasjon av tommelfingerregel og modellering. Tidligere delkapittel om ytre-miljø målinger er fjernet da dette er utenfor formålet til retningslinjen.
- 3.6.1 Målestrategi: inkludert referanse for veiledning om målestrategi, noen mindre justeringer.
- 3.6.2 Måling i arbeidsatmosfæren: slått sammen tidligere delkapitler «direktevisende måleinstrument» og «personlige luftmålinger». For direktevisende instrument inkludert informasjon om at målinger bør dokumenteres.
4. Risikokontroll: Fjernet anbefaling om å ha et system for godkjenning av råolje og gasskondensat før introduksjon. For nedstrøms industri ivaretas dette av eget avsnitt, for oppstrøms har en ingen teknisk løsning for å kunne gjennomføre det.
- 4.1 Design: erstattet «påvirker» med «kan redusere», inkludert «Cleaning in place».
- 4.2 Prosedyrer / Verneinstruks: fjernet innhold om klassifisering av installasjoner. Lagt til nytt punkt om personlig verneutstyr.
- 4.5 Personlig verneutstyr: inkludert referanse til yrkeshygieniske målinger, referanse til retningslinje 131 (benzen) for valg av verneutstyr når det er annen eksponering samtidig. Inkludert informasjon om hensikt med åndedrettsvern og hensikt med vernebekledning. Tabell 4: brukt mer presise navn på typer av åndedrettsvern, inkludert ny rad for å skille mellom over og under 10 x grenseverdi.

4. 6 Eksponeringsovervåkning: fjernet setning om at virksomheten bør ha et måleprogram for overvåking av brønnstrømmen, da dette ikke hører hjemme under eksponeringsovervåking. For prøvetaking av brønnstrømmer gis informasjon i 3.2 Prøvetaking av inn- og utstrømmer.

4. 8 Avhending og avfallshåndtering: delkapittel slettet. Avfallsstyring ikke del av formål med retningslinjen. Håndtering av scale, slam og utstyr for å unngå eksponering er inkludert i andre kapitler.

Vedlegg A: Nytt vedlegg (dette) som gir oversikt over endringer.

Vedlegg B: Nytt vedlegg som gir kvikksølvinnhold i internasjonale råoljeessay.

Vedlegg C: Nytt vedlegg med beregningseksempel for akkumulering av kvikksølv.

Vedlegg D: Tidligere vedlegg 2 heter nå vedlegg D.

Vedlegg E: Tidligere vedlegg 3 heter nå vedlegg E.

Vedlegg F: Nytt vedlegg med beregningseksempel kvikksølveksponering.

Vedlegg G: Nytt vedlegg. Har inkludert samme skjema for registrering av målinger fra direktevisende instrument som er brukt i retningslinje 131, benzen.

Vedlegg H: Et oppdatert eksempel på verneinstruks. Erstatte tidligere vedlegg 1.

Vedlegg B: Kvikksølvinnhold i internasjonale råoljeessay

For raffineri har IPIECA (2014) utgitt en retningslinje som beskriver god praksis og strategi for å håndtere kvikksølv. IPIECA har innhentet informasjon fra sine medlemmer om kvikksølvinnhold i råolje, noe som resulterte i et datasett på 446 råoljer kategorisert etter kvikksølvinnhold som vist i Tabell B-1.

Tabell B-1: Kvikksølvinnhold i internasjonale råolje essay (IPIECA, 2014)

Konsentrasjon (ppb)	Antall	Prosent
≤ 2	284	64
2 - 5	68	15
5 - 15	42	10
15 - 50	33	7
50 - 100	6	1
> 100	13	3
	Σ 446	Σ 100

Vedlegg C: Beregningseksempel - årlig akkumulering av kvikksølv

Det er stor usikkerhet rundt mengden kvikksølv som produseres som følge av olje og gassvirksomhet i Norge. Det er derfor viktig at det blir gjort bedre analyse/kvantifisering av kvikksølv i både salgsprodukter og avfallsstrømmer.

Eksempelene nedenfor er ment å kunne være til hjelp i forhold til å estimere omfanget av kvikksølv som akkumuleres på egen installasjon/anlegg. Dette kommer i tillegg til utslippene som årlig rapporteres basert på innholdet av kvikksølv i produsert vann.

IPIECA (2014) har lagt til grunn at ca. 20 % av kvikksølvet som entrer raffineriene med råoljen enten akkumuleres i prosessutstyr eller ender opp i ulike avfallsfraksjoner. Samtidig presenterer de resultater fra massebalansemålinger gjort ved fire raffinerier i San Francisco som viser en langt høyere andel. I beregningseksempelen under er det valgt å benytte 20 % akkumulering.

I tabell C-1 og C-2 er det beregnet potensiell årlig akkumulering av kvikksølv på en installasjon/anlegg ved hjelp av følgende formel:

Ligning 1:

$$\text{Akkumulering} = \text{Produksjon} * \text{Tetthet} * \text{Hg innhold} * \text{Andel}$$

med følgende spesifisering:

Akkumulering: årlig akkumulering av kvikksølv på en installasjon/anlegg (kg)
Produksjon: produksjon per år (mill Sm³)
Tetthet: egenvekt råolje (kg/Sm³) eller egenvekt gass (kg/1000 Sm³)
Hg innhold: innhold av kvikksølv inn fra brønner/føde (µg/kg)
Andel: andel kvikksølv i produksjonsstrøm som forventes akkumulert (%)

I beregningene i tabell C-1 og C-2 er det benyttet følgende konstanter:

Egenvekt råolje: 840 kg/Sm³
Egenvekt gass: 826 kg/1000 Sm³ (70/30 forhold mellom metan og etan)
Akkumulering: 20 %

Tabell C-1: Kvikksølv fra produksjon av råolje

Potensiell årlig akkumulering av kvikksølv i kg pr installasjon			
Kvikksølv i råolje	1 µg/kg	10 µg/kg	200 µg/kg
Liten produksjon (0,5 mill S m ³)	0,084	0,84	16,8
Middels produksjon (5 mill S m ³)	0,84	8,4	168
Stor produksjon (10 mill S m ³)	1,68	16,8	336

Tabell C-2: Kvikksølv fra produksjon av gass

Potensiell årlig akkumulering av kvikksølv i kg pr installasjon			
Kvikksølv i rågass	0,1 µg/Sm ³	10 µg/ Sm ³	100 µg/ Sm ³
Liten produksjon (1 mrd S m ³)	0,02	1,7	16,5
Middels produksjon (20 mrd S m ³)	0,3	33	330
Stor produksjon (30 mrd S m ³)	0,5	50	496

Hvis IPIECAs estimat for akkumulering i anlegg og fjerning i avfallskjede er overførbart, kan en anta at rundt 90 % fjernes fra installasjonene som avfall. Dette vil hovedsakelig skje ved revisjonsstanser hvor avsatt fast stoff inni separatorer etc tas ut.

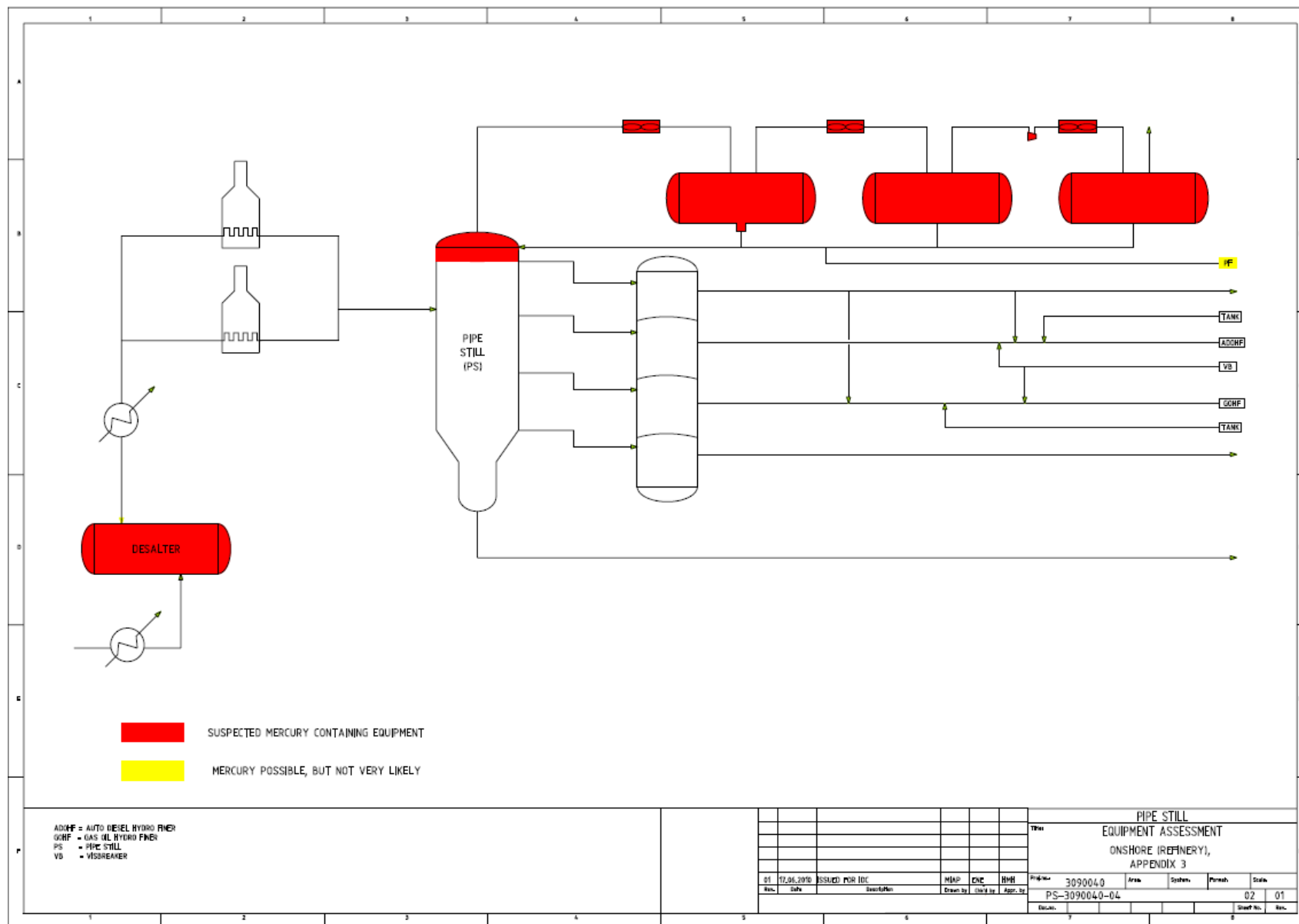
Hva har andre estimert?

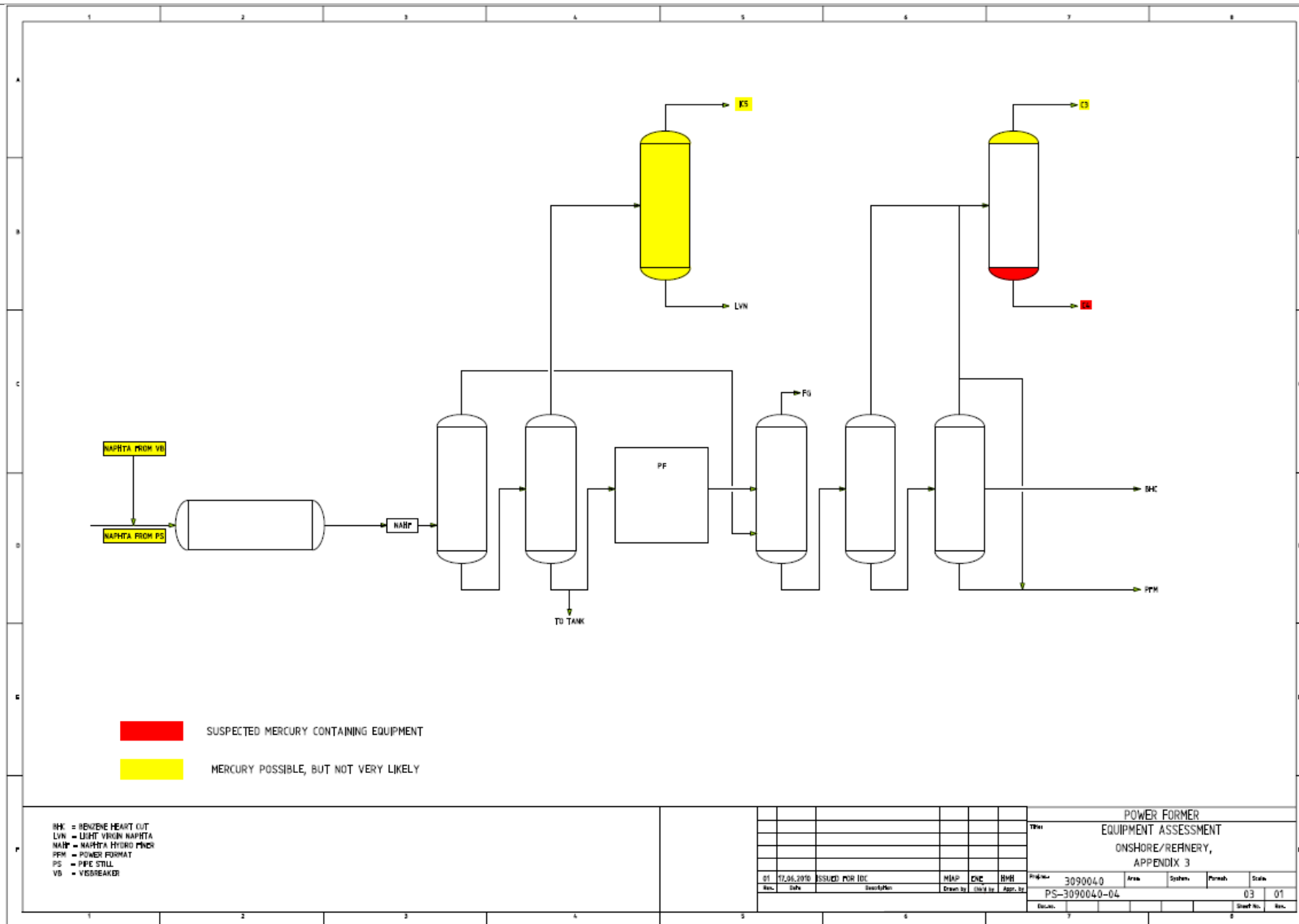
Eksporten til England av olje fra norsk sokkel utgjør ca 40 % av den totale produksjonen (SSB eksporttabell Storbritannia 2012, Oljedirektoratets faktasider total oljeproduksjon 2012). IKIMPs tall på at norsk årlig bidrag på 270 – 750 kg kvikksølv til Englands kvikksølvregnskap utgjør da bare 40 % av det en kan forvente av total mengde kvikksølv fra norsk sokkel. Derav kan det estimeres at det totalt i 2012 ble akkumulert 600 – 1800 kg kvikksølv fra norsk sokkel.

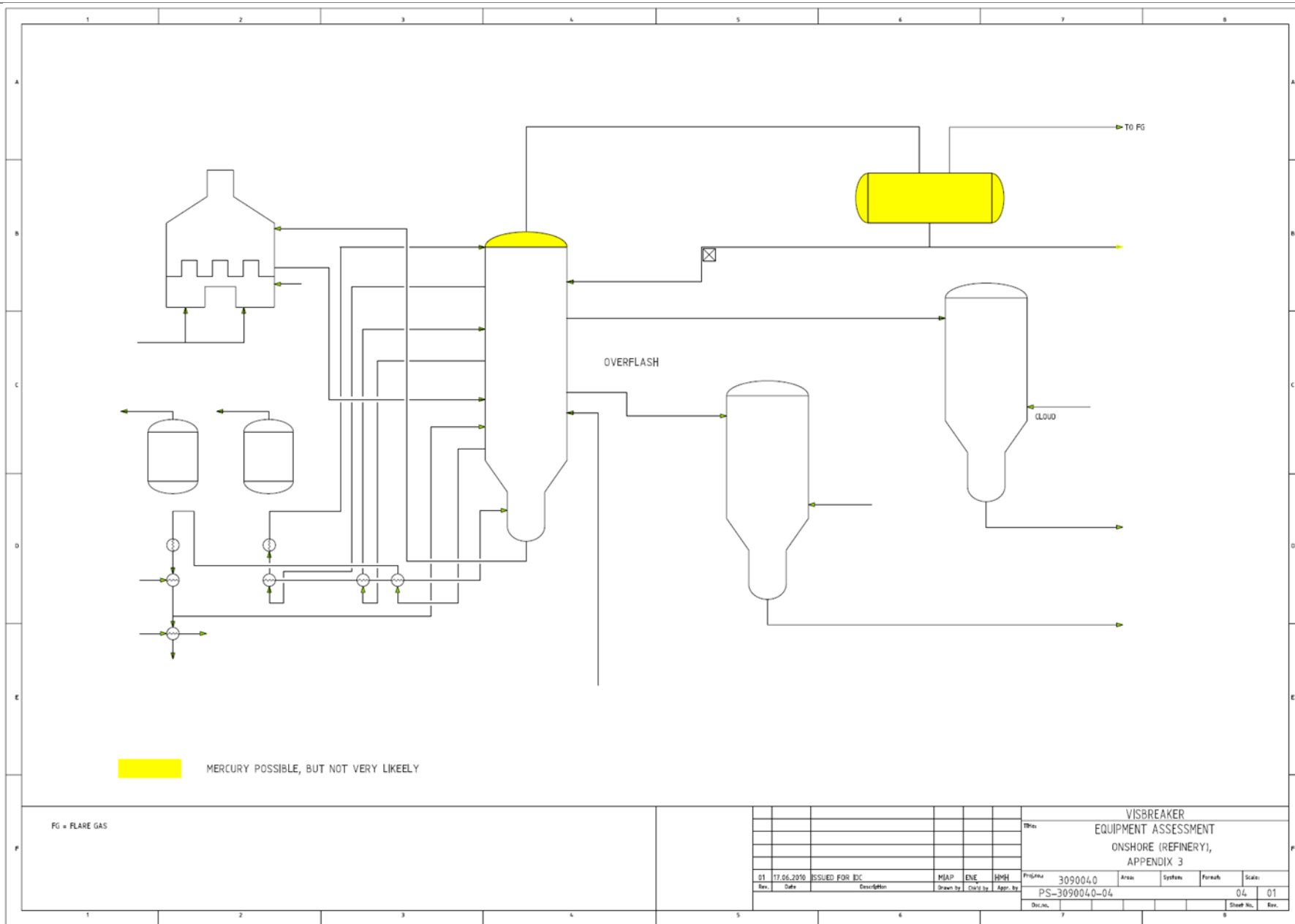
Referanser:

- Oljedirektoratet, Faktasider:
<http://factpages.npd.no/factpages/Default.aspx?culture=nb-no&nav1=field&nav2=TableView|Production|TotalNcsYear>
- SSB – Statistisk sentralbyrå, Eksport av råolje etter land
<http://www.ssb.no/utenriksokonomi/statistikker/muh/aar-endelige/2015-05-15?fane=tabell&sort=nummer&tabell=226603>

Vedlegg E: Tre eksempler på kvikksølvforurensede system – oppstrøm







Vedlegg F: Beregningseksempel – kvikksølveksponering

Her gis to eksempler på hvordan en kan estimere mulig eksponering for kvikksølv. Eksempel 1 er basert på metningskonsentrasjon og «Rule of ten» som er et sett av grove antagelser av maksimumskonsentrasjon under ulike ventilasjonsforhold (Jahn et al, 2015). Eksempel 2 er basert på bruk av en enkel 1-sone modell med fullstendig omrøring. Sonen er imidlertid valgt liten for å sammenfalle med nær-felt (2x2x2) rundt en kilde (Keil et al, 2009).

Eksempel 1: Metningskonsentrasjon og bruk av «Rule of ten»

I vurdering av mulig kvikksølveksponering vil man i tillegg til målinger kunne støtte seg på noen enkle tommelfingerregler for vurdering av eksponeringspotensialet. Dette er i første omgang damptrykket til kvikksølv og metningskonsentrasjonen av kvikksølv som følger av dette damptrykket.

Forholdet mellom metningskonsentrasjonen og damptrykket er gitt av følgende ligning:

Ligning 2:

$$\text{Metningskonsentrasjon} = \frac{\text{damptrykket}}{\text{totaltrykket}} * 1\,000\,000$$

Hvor metningskonsentrasjon er ved 25⁰C (ppm), og damptrykk og totaltrykk er i Pa.

Utrekningen blir da:

$$\begin{aligned} \text{metningskonsentrasjon (ppm)} &= \frac{0,26 \text{ Pa}}{101325 \text{ Pa}} * 1\,000\,000 \\ &= 2,6 \text{ ppm (21,27 mg/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

Metningskonsentrasjonen er en øvre teoretisk konsentrasjon som ikke vil kunne overstiges og for kvikksølv er denne 1000 ganger høyere enn grenseverdien for eksponering (0,02 mg/m³). Erfaringsmessig vil alltid luftkonsentrasjonen være betydelig lavere enn denne. Tabell F-1 viser tommelfingerregler for kontroll versus fraksjon av metningskonsentrasjon.

Tabell F-1: Tommelfingerregel, «Rule of ten»

Nivå av kontroll	Fraksjons av metningskonsentrasjonen
Lukket rom (Confined Space), i praksis ingen ventilasjon	1/10 av metning
Dårlig ventilasjon	1/100 av metning
God allmenn ventilasjon – mer enn 6 luftskifter per time	1/1 000 av metning
God allmenn ventilasjon + Lokal ventilasjon	1/10 000 av metning
Lukket system med ventilasjon, (Contained system)	1/100 000 av metning

Dette understøttes av at avdampingsraten av kvikksølv ved 25°C er lav, 0,056 mg/hr-cm² (forutsatt lav lufthastighet – med andre ord ikke merkbar trekk).

Eksempel 2: 1-sone modell med fullstendig omrøring

Ingen ventilasjon, romtemperatur

I et tenkt nærfelt rundt et søl som kan inneholde kvikksølv kan det benyttes en 1-sone modell for estimering av mulig eksponering. I en sone på 2 x 2 x 2 m (8 m³) ved 25°C, ingen ventilasjon og et søl av metallisk kvikksølv med en overflate på 1 cm², vil det ta ca. 20 minutter før konsentrasjonen vil nå eksponeringsgrensen på 0,02 mg/m³ og 300 timer før konsentrasjonen vil nå 1/10 av metningskonsentrasjonen. Det forutsettes da en avdampingsrate på 0,056 mg/hr-cm² ved 25°C.

Bedre ventilasjon

For samme rom med en allmenn ventilasjon på 6 luftskifter i timen – vil konsentrasjonen i rommet, forutsatt god omrøring, innta en likevekt mellom hva som damper av og hva som fjernes på 0,0012 mg/m³. Følgelig vil en ikke komme over grenseverdien selv om det er et mindre søl av metallisk kvikksølv i rommet. Dette er i tråd med tommefingerreglene i tabell F-1.

Økning i temperatur

I det samme rommet med 6 luftskifter i timen og en kvikksølv temperatur på 100°C vil en imidlertid nå en kvikksølv konsentrasjonen i rommet på nivå med grenseverdien for eksponering på under 30 sekund, og likevektskonsentrasjonen av kvikksølv vil være på ca. 0,6 mg/m³ (som vil kunne nås innen ca 40 min).

Dette innebærer at det i vurdering av mulig kvikksølveksponering bør vises stor varsomhet i forhold til prosesser som innebærer oppvarming / arbeidstemperaturer ut over normal romtemperatur.


I regneeksemplet over er det benyttet verktøyet IHMod utarbeidet av AIHA. Verktøyet er et Excel - regneark som kan lastes ned på AIHA sin hjemmeside www.aiha.org. IHMod inneholder også et sett av mer avanserte modelleringsmetoder som kan benyttes i estimering av arbeidseksponering. Modellene som er benyttet er dokumentert i boken «*Mathematical Models for Estimating Occupational Exposure to Chemicals*» (Keil et al., 2009).

Vedlegg G: Skjema - registrering av måledata direktevisende instrument

Tid og sted Dato (dd.mm.åååå): Klokkeslett (tt.mm): Innretning/anlegg: Avdeling/modul: TAG-nr. utstyr: Inne/ute		Meteorologiske data Vindstyrke (m/s): Dominerende vindretning (°): Temperatur (°C): Nedbør (mm):	
Arbeid og kjemikalier Arbeidsoperasjon: Varighet på arbeidsoperasjon: Jobbtittel på eksponerte: Type prosessstrøm/agens:		Barrierer Evt. type åndedrettsvern: Evt. ventilasjon:	
Målinger Instrument:			
Beskrivelse av prøvepunkt		Målt gjennomsnittsverdi (ppb)	
Prøvepunkt 1:		Gjennomsnittsverdi 1:	
Prøvepunkt 2:		Gjennomsnittsverdi 2:	
Prøvepunkt 3:		Gjennomsnittsverdi 3:	
Prøvepunkt 4:		Gjennomsnittsverdi 4:	

(bakside av skjema)

Evt. skisse av sted og situasjon, samt tilleggskommentarer



Vedlegg H: Eksempel på verneinstruks

Dette eksempelet er en reell verneinstruks i et operatørselskap og inneholder følgelig en del konkretiseringer av utstyr og navn som operatøren selv har gjort. I denne retningslinjen tas den med som et eksempel på hvordan en verneinstruks kan se ut.

H1. Formål, målgruppe og hjemmel

Formålet med denne verneinstruksen er å forhindre at personell blir eksponert for kvikksølvforbindelser fra råolje og naturgass, sikre korrekt håndtering av kvikksølvforurenset masse og utstyr og å bidra til forståelse av hvilken risiko som er knyttet til arbeid med kvikksølvforurenset utstyr.

Målgruppen er driftsoperatører, vedlikeholdspersonell, kontraktører og HMS-personell som kan bli eksponert for kvikksølv ved ulike operasjoner.

Hjemmel: Offshore Norges retningslinje nr. 132 Anbefalte retningslinjer for identifisering, vurdering, kontroll og oppfølging av kvikksølveksponering.

H2. Verneinstruks

H2.1 KARAKTERISERING AV INSTALLASJON OG UTSTYR

Metallisk kvikksølv forekommer ofte i den lette delen av hydrokarbonene (C3-C5) og i slam. Alle overflater på innsiden av prosessutstyr hvor det blir funnet flytende kvikksølv, blir ansett som kvikksølvforurenset. Fravær av synlig kvikksølv betyr ikke at kvikksølv ikke er til stede i kvikksølvforurensete anlegg. Kvikksølv kan avsettes på ståloverflaten og delvis diffundere inn i stålet. Der det er kontakt mellom hydrokarboner og vann, kan kvikksølv også gå over i vannfasen.

I følgende utstyr er det risiko for å finne akkumulert kvikksølv:

- Prosessutstyr i service for C3-C5 strømmmer
- I utstyr der strømmmer blir avkjølt (f.eks. varmevekslere, kjølere)
- Gass-systemer (gassstørker, tanker/beholdere, scrubbere, varmevekslere, dråpefangere, pig launchere (mottakere), kondensat)
- I utstyr der det er trykkfall
- Separatorer
- Slamoppsamler
- Avløpssystem/slam-tanker
- Utstyr laget av karbonstål eller aluminium
- Utstyr belagt med beskyttende materiale eller betong (drums)

Kvikksølv reagerer med flere metaller og kan akkumulere i utstyr over tid. Tilhørende rørsystemer kan også være forurenset av kvikksølv, vanligvis med kvikksølvsalter.

H2.2 RISIKOKONTROLL

H2.2.1 Arbeidsoperasjoner med risiko for kvikksølveksponering

Typiske arbeidsoppgaver der man kan bli eksponert for kvikksølv:

- Demontering av flenser, blindflenser, dyser, demperelementer
- Skjæring, sveising og annet varmt arbeid
- Flow line inspeksjoner
- Bytte av glykolfiltre
- Trykkavlastning

- Installasjon og fjerning av blindinger
- Steaming/rengjøring
- Åpning av mannhull
- Prøvetaking
- Drenering
- Avfallshåndtering
- Rengjøring av tanker / entring
- Fjerne gass-filter
- Inspeksjoner inne i tanker, tårn etc.

H2.2.2 Barrierer

- Alt personell som kan bli eksponert for kvikksølv (og andre helsefarlige kjemikalier, f.eks. benzen) ved åpning av utstyr skal bruke personlig verneutstyr inntil kvikksølvnivå er avklart.
- Dersom det ved åpning av utstyr er risiko for søl på dekk eller personell, skal området rundt sperres av. Ved inngang til området skal det være spilltrau med vann for skylling av støvler.
- Bruk hensiktsmessige beholdere for å samle opp (mulig) kvikksølvforurenset søl, scale, vann, tilsølt utstyr osv. Disse må kunne lukkes med egnet lokk.
- Mulig kvikksølvforurenset prosessutstyr må etter demontering sikres mot forurensning av omgivelser. Utstyr må pakkes og merkes som transportklassifisert avfall, se kap H2.3.
- Sørg for å unngå ukontrollert spredning av forurensete damper og vann under rengjøring. Overskytende damp skal slippes til et lukket system eller til et sikkert område hvis lukket system ikke er mulig. Området rundt skal være sikret for å forhindre at personell blir eksponert for damper. Vindretning under rengjøring skal evalueres for å redusere risiko for mulig kvikksølveksponering.
- Ved rengjøring/steaming skal vanntemperatur være minimum 60°C.
- Utstyr skal avkjøles maksimalt og ventileres før entring.
- Synlig kvikksølv skal, hvis mulig, dekket med en egnet absorbent, (f.eks. sinkpulver, aluminiumspulver, aluminiumsfolie (for små mengder)), videre håndtering gjøres som kvikksølvholdig avfall.

H2.2.3 Målinger

Det må måles om det er kvikksølv tilstede ved arbeidsoperasjoner der det er risiko for eksponering for kvikksølv. Når utstyr åpnes skal det først måles tett inntil selve åpningen og deretter i pustesonen til personell. Måling gjentas for de samme steder etter 10 minutter (etter utlufting). Det skal ikke jobbes på utstyret uten åndedrettsvern før andre gangs måling er foretatt.

- Ved måleresultat over 0,1 µg/m³ (nedre deteksjonsgrense) ved første gangs måling skal utstyret vurderes som forurenset av kvikksølv og håndteres videre i henhold til dette, se kap H2.3.
- Ved måleresultat over 0,1 µg/m³ (nedre deteksjonsgrense) i pustesonen ved andre gangs måling skal beskyttelse av personell gjøres i henhold til kap H2.2.4.

Instrumentet LUMEX RA-915M Kvikksølvanalysator anbefales for å måle om det er kvikksølv i gassfase i luft.

Rengjort utstyr som blir stående en stund før åpning, kan begynne å "svette" kvikksølv. Utstyr som er varmet opp av sola kan gi forhøyet eksponering.

Før varmt arbeid på mulig kvikksølvforurenset utstyr (f.eks. ved steaming, sveising, skjæring, knusing) kan det gjøres en varmetest: Metallet varmes opp ved bruk av f.eks. en propanbrenner i 2 min (metalltemperatur over 200 °C) og måling foretas av metallrøyken. Ved utslag for kvikksølv over deteksjonsgrensen på 0,1 µg/m³ klassifiseres metallet som kvikksølvforurenset og tiltak og bruk av riktig verneutstyr defineres ut fra dette. Ved måling på større rør/utstyr bør man gjøre flere målinger jevnt fordelt for å fange opp der røret/utstyret kan ha vært i kontakt med ulike produktfaser. Dersom man ikke utfører varmetest skal metallet håndteres som om det er kvikksølvkontaminert. Den/de som skal utføre målinger skal ha opplæring i dette.

Måleresultatene dokumenteres: Noter resultatet i egen loggbok, også når målingene viser at det ikke er kvikksølv tilstede. Noter:

- Hvor det ble gjort måling
- Hvilket system det ble gjort måling på
- Aktuell aktivitet (f.eks. splitting, entring, steaming osv)
- Klokkeslett og dato
- Hvem som har gjort målingen

Måleinstrumenter skal oppbevares innendørs. Lading og vedlikehold gjøres ihht. bruksanvisning.

H2.2.4 Personlig beskyttelse

For beskyttelse mot kvikksølv damp skal filteret Sundstrøm SR599 (A1BE2K1HgP3R) benyttes, dette beskytter også mot benzen.

Tabell H-1 Åndedrettsvern

Kvikksølvkonsentrasjon i luft	Åndedrettsvern
<0,1 µg/m ³	Ikke målbare verdier av kvikksølv tilstede. Åndedrettsvern ikke nødvendig
0,1 – 20 µg/m ³	Arbeid/opphold <2t: Hel- / halvmaske med filter som beskytter mot kvikksølv. Arbeid/opphold >2t: Maske med batteridrevet vifteenhed og filter som beskytter mot kvikksølv
20 – 1000 µg/m ³	Helmaske eller visir med batteridrevet vifteenhed og filter som beskytter mot kvikksølv
1000-10 000 µg/m ³ (1-10 mg/m ³)	Helmaske med tilførsel av pusteluft og separat pusteluftreserve
>10 mg/m ³	Ikke tillatt arbeid

Tabell H-2 Annet verneutstyr

Klær	Microchem 4000 ved entring og ved arbeid der det kan bli søl
Hansker	Tykk nitril
Fottøy	Neoprenstøvler

Ved spørsmål, kontakt yrkeshygieniker.

H2.2.5 Andre forholdsregler

- Gravide skal ikke utføre arbeidsoppgaver som kan medføre eksponering for kvikksølv.
- Kvikksølv fester seg lett til klær og utstyr.
- Engangsklær skal tapes på hansker og støvler for å unngå hudkontakt.
- Masker skal renses med fuktet klut før videre desinfeksjon.
- Det kan sjekkes om verneutstyret er rengjort ved hjelp av LUMEX RA-915M Kvikksølvanalysator.
- Forurens ikke andre områder, bytt klær før entring av rene områder.
- Unngå å forurense områder i boligkvarteret, evt. rengjøring må utføres umiddelbart.
- Dusj etter endt arbeidsdag.
- Streng hygiene er nødvendig, vask hender med rikelig mengder vann og såpe før pauser, spising, drikking, røyking eller toalettbesøk.

H2.2.6 Eksponeringskontroll av risikoutsatte grupper

Se Protokoller for vurdering av helserisiko - kvikksølv.

H2.3 HÅNTERING AV FORURENSET UTSTYR OG AVFALL

Kvikksølvholdig avfall kan typisk være:

- Vann fra steaming-operasjoner, vann brukt til å skylle støvler osv.
- Kvikksølvforurenset svart stål, aluminium eller andre metaller.
- Brukt personlig verneutstyr:
 - Brukt engangsklær og hansker
 - Evt. tilgriset tøy; Skal tas av umiddelbart og pakkes inn
 - Kluter brukt til rengjøring av masker
- Porøse materialer som isolasjon, stoff, kledning, brannbeskyttelse, betong etc. som kan inneholde kvikksølv.
- Brukt kvikksølvabsorbent
- Slam/avsetninger i prosessutstyr

Fast stoff og flytende avfall som samles opp etter piggejobber, samt rengjøring av prosessutstyr og rørledninger, kan være forurenset av kvikksølv. Konsentrasjonen av miljøfarlige komponenter i avfallsmateriale skal bestemmes. Send inn prøve til avtalt laboratorium (ta kontakt med ytre miljø koordinator) dersom det ikke finnes analyseutstyr på anlegget.

Utstyr som potensielt er kontaminert med kvikksølvholdig masse bør ikke vaskes ute på installasjonen. Dersom dette likevel gjøres, må vaskevannet tas vare på, kvikksølvinnhold bestemmes og behandles som farlig avfall (skal ikke slippes ned i drencsystemet)

Omgivelser må sikres mot forurensning av kvikksølvholdig avfall og utstyr ved å bruke hel og tett emballasje:

- Avblending som er sikker mot lekkasje
- UN-godkjent emballasje, f.eks. klemringsfat med lokk

Alt kvikksølvforurenset utstyr og avfall skal samles i egnet kontainer el.l. avsatt for formålet.

Avfall og utstyr skal sendes i land som TRANSPORTKLASSIFISERT AVFALL, spesifiser at det er kvikksølv:

- Flytende kvikksølvforbindelser - benytt UN-nummer 2024, emb. gr. II eller III, klassifiseringskode 6.1, fareseddel 6.1
- Kvikksølvforbindelser i fast form - benytt UN-nummer 2025, emb. gr. II eller III, klassifiseringskode 6.1, fareseddel 6.1

Klemringsfat er godkjent for både II og III.

En må ha mottatt analyseresultat mhp kvikksølvinnhold før videreforsendelse til mottak for farlig avfall. Dette for at en med sikkerhet skal deklarerer avfallet riktig mhp kvikksølv.

Avfallstoff nr 7081: kvikksølvholdig avfall, skal benyttes når innholdet av kvikksølv overstiger 0,1 % (1000 ppm). Ved lavere verdier enn dette, kan avfall deklarerer i henhold til annen avfallskode, (eksempelvis 7022 for oljeforurenset masse-slam), men med utkrysning for innhold av tungmetaller og opplysning om målt kvikksølv verdi i kommentarfeltet i deklarasjonsskjemaet.

Mottak på land og rengjøring skal gjøres i henhold til avtale med firma som innehar godkjenning til dette. Rammekontrakt inkluderer avhending av kvikksølvholdig avfall. Eksisterende kontrakt inkluderer ikke rengjøring av kvikksølvholdig utstyr som skal vedlikeholdes og returneres til plattform/skip. For denne aktiviteten må egen avtale opprettes pr jobb inntil kontrakter er oppdatert.

H3. Tilleggsinformasjon

H3.1 HELSEFARER

Kvikksølv finnes i råolje og naturgasskondensat. Økt levetid på feltet kan medføre økte nivåer av kvikksølv i brønnstrømmen. Den mest vanlige formen er metallisk kvikksølv, som er en sølvhvit væske. Kvikksølv fordampes svært raskt. Dampen er fargeløs og luktfri. Innånding av kvikksølvdamp er mest vanlig eksponeringsmåte. Oppvarmet kvikksølv fordampes svært raskt, noe som resulterer i betydelig høyere risiko for eksponering. Fravær av synlig flytende kvikksølv betyr ikke at kvikksølv ikke er til stede. Kvikksølv reagerer med en rekke metaller og absorberes i metaller som karbonstål og aluminium. Metallisk kvikksølv reagerer også med sterke syrer. Kvikksølv finnes også som organiske og uorganiske forbindelser.

Kvikksølv og alle dens forbindelser er giftig ved innånding og kan oppkonsentreres i kroppen. 75 - 80 % av inhalert kvikksølvdamp kan bli tatt opp i kroppen. Eksponering for forhøyede nivåer kan forårsake permanent skade på hjernen og nyrene eller forårsake død. Uorganiske kvikksølvforbindelser kan utgjøre alvorlig helseskade hvis de ved oppvarming dekomponerer til metallisk kvikksølv. Eksponering for meget små mengder av dette kan resultere i nevrologisk skade og død.

Fostre er mest sensitive for effektene av kvikksølv og gravide skal ikke utføre arbeidsoppgaver som kan medføre kvikksølveksponering.

H3.2 FYSIKALSKE EGENSKAPER FOR METALLISK KVIKKSØLV

- Smeltepunkt: -39 °C
- Kokepunkt: 357 °C
- Damptrykk: 0,0017 mbar ved 20 °C
- Vannløselighet: Neglisjerbar
- Tetthet: 13,53 g/cm³

H3.3 GRENSEVERDIER (NORGE) FOR METALLISK KVIKKSØLV

- | | | |
|-------------------------|----------------------|----------------------------|
| • 8 timers arbeidsdag: | 20 µg/m ³ | (0,02 mg/m ³) |
| • 12 timers arbeidsdag: | 12 µg/m ³ | (0,012 mg/m ³) |