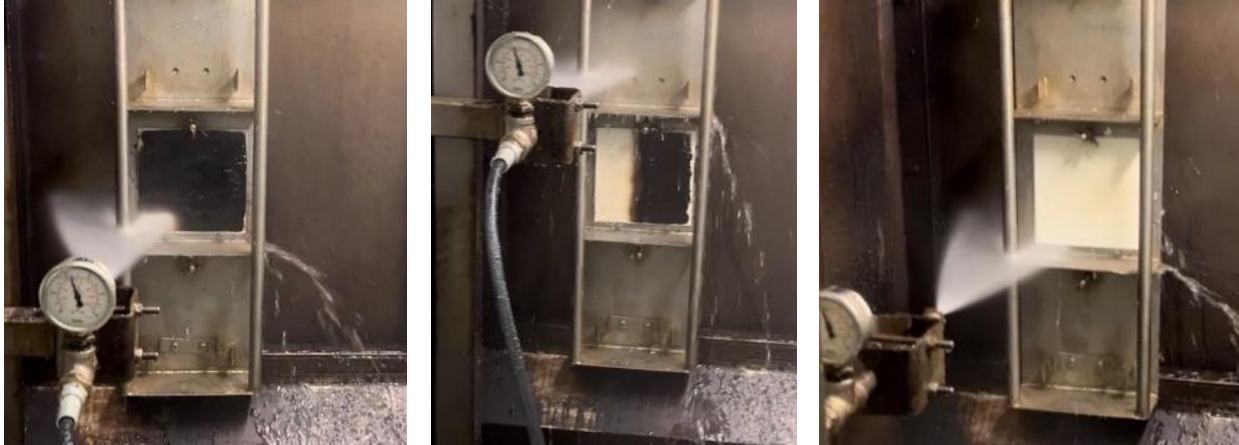




SINTEF



Rapport

Rengjøring av tanker benyttet til mellomlagring av oljeemulsjon om bord på oljevern fartøy

Forfatter(e):

Kristin Rist Sørheim, Per S. Daling, Thor-Arne Pettersen, Kjersti Almås, Marianne Unaas Rønsberg

Rapportnummer:

OC2024 A-039 - Åpen

Oppdragsgiver:

NOFO



SINTEF Ocean AS
Postadresse:
Postboks 4762 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 46415000

Foretaksregister:
NO 937 357 370 MVA

Rapport

Rengjøring av tanker benyttet til mellomlagring av oljeemulsjon om bord på oljevernfarfartøy

EMNEORD
Rengjøringsprosedyre
Renhetskriterier
Vaskerobot

VERSJON
1.0

DATO
2024-04-18

FORFATTER(E)

Kristin Rist Sørheim, Per S. Daling, Thor-Arne Pettersen, Kjersti Almås, Marianne Unaas Rønsberg

OPPDRAGSGIVER(E)
NOFO

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE
John Inge Karoliussen

PROSJEKTNUMMER
302007678

ANTALL SIDER
58, inkl. 9 vedlegg

SAMMENDRAG

Fiske-, fangst- og lastefartøy som brukes i den kystnære oljevernberedskapen har siden 2011 vært underlagt Forskrift om bruk av fartøy i oljevern. Fartøy har frem til 2022 ikke hatt mulighet for mellomlagring av oljeemulsjon i lasterom eller tanker om bord. Fartøyets egne lasterom eller tanker kan nå brukes for mellomlagring av oljeemulsjon med flammepunkt over 60 °C. SINTEF har testet forslag til rengjøringsprosedyre utarbeidet av NSK Ship Design med bruk av en vaskerobot ved å rengjøre ulike materialer (testplater) av aluminium, kompositt og stål som har vært tilsatt oljeemulsjon. Coatinger fra Jotun Tankguard DW og Jotun Tankguard Plus og vaskemidlene Seaclean Plus og Aquabreak PX er benyttet. Resultatene viser at den valgte rengjøringsprosedyren vasket platene rene når man spyler av all synlig oljeemulsjon og vasker av resterende oljefilm med vaskemidler. Analyser på GC-FID og GC-MS viste ikke signifikante konsentrasjoner av gjenværende oljekomponenter. I rapporten gis det forslag til:

- 1) grenseverdier for akseptkriterier for renhet
- 2) tilleggspunkter til rengjøringsprosedyre utarbeidet av NKS Ship Design
- 3) enkel prøvetakingsprosedyre og analyser som test for renhet

UTARBEIDET AV
Kristin R. Sørheim

SIGNATUR
Kristin R. Sørheim
Kristin R. Sørheim (Apr 18, 2024 10:21 GMT+2)

KONTROLLERT AV
Lisbet Sørensen

SIGNATUR
Lisbet Sørensen
Lisbet Sørensen (Apr 18, 2024 10:23 GMT+2)

GODKJENT AV
Trond R. Størseth

SIGNATUR
Trond R. Størseth
Trond R. Størseth (Apr 18, 2024 11:34 GMT+2)

COMPANY WITH
MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001 • ISO 14001
ISO 45001

RAPPORT NR.
OC2024 A-039

ISBN
978-82-7174-465-6

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
0.1	2023-12-07	1. draft
0.2	2024-01-05	2. draft
0.3	2024-03-06	Final draft
1.0	2024-04-18	Final

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	5
2	Målsetning og forutsetninger.....	5
3	Innledning.....	7
3.1	Gjeldende regulativ og krav for oljeinnhold i vann på lagringstanker	7
3.2	Overflatebehandlede materialer i tanker.....	8
4	Materialer og metoder	11
4.1	Testplater	11
4.2	Test av løsemiddel på testplater.....	11
4.3	Vurdering av foreslåtte rengjøringsmidler.....	12
4.4	Testprosedyre for rengjøring av testplater i vaskerobot.....	13
4.4.1	Oppsett av vaskerobot og tillaging av emulsjon.....	13
4.4.2	Tillaging og påføring av emulsjon på testplater	14
4.4.3	Beskrivelse av vaskeprosessen med SINTEFs vaskerobot	15
4.4.4	Kald forvask	15
4.4.5	Påføring av Seaclean Plus	17
4.4.6	Påføring med Aquabreak PX.....	18
4.5	Analyse av overflatefilm etter vask i vaskerobot.....	19
4.6	Utlekkingstest for kvantifisering av 16-PAH.....	19
4.6.1	Oppsett utlekkingsstest.....	19
4.6.2	Ekstraksjon av vannprøver	20
5	Resultater og diskusjon	21
5.1	Test av løsemiddel på GC-FID.....	21
5.2	Overflatefilm på plater etter vask i vaskerobot	21
5.2.1	Kvantifisering av oljefilm på testplater.....	23
5.2.2	Kvantifisering av PAH på testplater etter fullvask.....	25
5.3	Utlekkingstest og kvantifisering av 16-PAH	26
5.4	Oppsummering av testresultatene	27
5.5	Forslag til videre dokumentasjon.....	29
6	Rengjøring av tanker	30
6.1	Anbefaling av rengjøringsprosedyre av tanker etter mellomlagring av oljeemulsjon	30
6.2	Anbefaling av grenseverdier for akseptable rene vegger	31
6.3	Anbefalt prosedyre for dokumentasjon av renhet etter rengjøring av tanker.....	32
6.3.1	Prøvetaking for renhetstest av tankvegger	33
6.3.2	Dokumentasjon på renhet.....	33

7	Konklusjon	35
8	Referanser	36
Vedlegg A	GC-kromatogram av overflatefilm etter test med løsemidler	37
Vedlegg B	GC-kromatogrammer Oseberg Blend 250°C+ residue og <i>n</i>-alkan standard	43
Vedlegg C	Analysebetingelser GC-FID og GC-MS.....	44
Vedlegg D	GC-kromatogram fra vasking av plater med oljeemulsjon	45
Vedlegg E	Resultater fra PAH fra testplater og utlekkingstester.....	47
Vedlegg F	Spesifikasjon av dyse	51
Vedlegg H	Rengjøring av tanker om bord på oljevern fartøy benyttet til mellomagring av oljeemulsjon	53
Vedlegg I	Testing av renhet etter rengjøring av tanker benyttet til mellomagring av oljeemulsjon om bord på oljevern fartøy	55
Vedlegg J	Eksempel på test-kit ombord på kjemikalietankere.....	58

1 Bakgrunn

Fiske-, fangst- og lastefartøy som brukes i den kystnære oljevernberedskapen har siden 2011 vært underlagt "Forskrift om bruk av fartøy i oljevern" (lovdata.no). Fartøyene har frem til 2022 kun hatt mulighet til å mellomlagre oljeemulsjon på eksterne lukkede tanker på dekk, og ikke hatt mulighet for mellomlagring av oljeemulsjon i lasterom om bord i fartøyet. Ved å tillate at fartøyets egne lasterom brukes for mellomlagring av oljeemulsjon vil NOFO kunne øke kapasiteten for mellomlagring i forbindelse med et oljeutslipp fra norsk sokkel. For NOFO har dette derfor vært strategisk viktig for den kystnære oljevernberedskapen. I den reviderte forskriften om bruk av fartøy i oljevern, som ble iverksatt fra 1.april 2022, er det nå gitt åpning for å benytte fartøyets egne tanker eller rom til mellomlagring av oljeemulsjon (Sjøfartsdirektoratet, sdir.no). Forskriftens virkeområde gjelder for fartøy som skal benyttes i oljevernøvelser og -aksjoner i områder med flammepunkt over 60 °C.

I "Forskrift om bruk av fartøy i oljevern" stilles det krav om at før fartøyet tar opp sin ordinære drift, skal lasterom eller tanker som har vært brukt til å mellomlagre oljeemulsjon om bord, være tilfredsstillende rengjort og godkjent av tredjepartsfirma, ref. Lovdata, §10, (4). Mattilsynet har per i dag ingen andre krav til renhetskriterier av lagringstanker om bord på fiskefartøy enn at de skal være visuelt rene og luktfrie, som kan ansees som noe upresise kriterier. NSK Ship Design (nskshipdesign.com) har på oppdrag fra NOFO utarbeidet forslag til rengjøringsprosedyre som referert til i NSK Ship Design, 2020. NOFO ønsker å få dokumentert om prosedyren er egnet for rengjøring av tanker om bord på fiskefartøy etter mellomlagring av oljeemulsjoner på tank.

På bakgrunn av dette tok NOFO kontakt med SINTEF Ocean (heretter kalt SINTEF) med denne problemstillingen for rengjøring av tanker i fartøy hvor det tas utgangspunkt i et scenario der en oljeemulsjon har vært oppbevart på en tank på en fiskebåt som nå er tømt og skal rengjøres slik at den normale driften til fartøyet kan gjenopptas. Dette gjelder som nevnt ovenfor fartøy som får sertifisering for akutt oljevern for oljeemulsjoner med flammepunkt over 60 °C.

2 Målsetning og forutsetninger

Målsetning med dette prosjektet har vært å teste om rengjøringsprosedyren (ref. NSK Ship Design, 2020) er egnet med hensyn på renhetsgrad, samt å anbefale forslag til grenseverdier og måleparametere for rengjøring av tanker. I tillegg var det ønskelig fra NOFO å sjekke ut om det var relative forskjeller mellom de ulike testmaterialene mht. renhetsgrad av gjenværende mengde oljefilm etter at oljeemulsjon er blitt vasket av, samt mulig utlekking av 16-PAH etter endt rengjøring.

SINTEF har i dette prosjektet testet fem ulike type materialer (plater) bestående av aluminium med og uten coating (Jotun Tankguard DW), plast/komposittmateriale med coating (Jotun Tankguard DW) samt stålplater med to ulike coatinger (Jotun Tankguard DW and Jotun Tankguard Plus). Platene simulerer og representerer relevante materialer som kan benyttes i tanker på fiskebåter. NOFO har valgt ut testmaterialer benyttet i dette prosjektet basert på ulike materialer og overflatebehandlinger i tanker om bord på oljevernartøy. NOFO har avtale med knyttet til den kystnære beredskapen.

Forsøkene er blitt utført med bruk av SINTEFs vaskerobot på mindre testplater med størrelse 15x15 cm i et utvalg relevante materialer og overflatebehandlinger. Vaskeroboten ble valgt for å kunne gjennomføre både systematiske og reproducerbare tester for sammenligning mellom ulike testmaterialer etter rengjøring. Vaskeroboten gir reproducerbare tester, men vaskebetingelsene vil ikke være de samme som profesjonelle aktører for rengjøring av tanker som for eksempel SAR (sargruppen.no) benytter i tankvasking. Betingelsene benyttet i forsøkene er konservativ da profesjonelle aktører har tilgang på utstyr med høyere trykk enn vaskeroboten hos SINTEF kan levere (120–200 bar vs. 45 bar i vaskeroboten).

Effektiviteten av rengjøringsprosessen ble evaluert ved å kvantifisere gjenværende oljefilm på testplatene (her omtalt som totalt ekstraherbart materiale, TEM) samt utlekkingstester for kvantifisering av 16-PAH.

Bemerk: I denne rapporten benyttes terminologien "totalt ekstraherbart materiale" (TEM) for kvantifisering av gjenværende olje, som henviser til prøveekstrakter som ikke er blitt rensset for bla. polare forbindelser før gasskromatografiske analyser. Dette ble gjort for å få med alle løselige komponenter fra testplatene både oljeemulsjon og eventuelle utløste komponenter fra coatingen. I prosedyre "Testing av renhet etter rengjøring av tanker benyttet til mellomlagring av oljeemulsjon om bord på oljevernfarfartøy" (Vedlegg I) anbefales det å rense opp ekstraktet før kvantifisering av oljekomponenter. Renset ekstrakt omtales som totale hydrokarboner (THC).

Siden det ikke eksisterer kriterier og regelverk for renhet av tanker benyttet til mellomlagring av oljeemulsjon om bord på oljevernfarfartøy har vi i dette prosjektet valgt å knytte analyseresultater opp mot gjeldende kravspesifikasjoner funnet i litteraturen (se kap. 3.1). Prosjektet er videre avgrenset til å teste en type oljeemulsjon av et avdampet parafinsk residue av Oseberg Blend (250°C+/50% vanninnhold) som er en typisk parafinsk råoljekvalitet fra norsk sokkel. Andre oljetyper med andre egenskaper er ikke blitt undersøkt i dette prosjektet.

3 Innledning

3.1 Gjeldende regulativ og krav for oljeinnhold i vann på lagringstanker

Ifølge Mattilsynet er det per i dag ingen andre krav til renhet av lagringstanker om bord på fiskefartøy enn at de skal være visuelt rene og luktfrie. I Næringsmiddelhygieneforskriften (lovdata.no) er PAH ikke en del av kriteriene for næringsmiddeltrygghet, det står kun at "*Dersom transportmidler og/eller containere er blitt brukt til transport av noe annet enn næringsmidler, eller til transport av forskjellige næringsmidler, skal det gjøres grundig rent mellom transportene for å unngå risiko for forurensning*" (Vedlegg II, Kapittel IV, 5).

Det finnes som nevnt ikke regelverk som angir grenseverdier eller andre kriterier for hvordan tankvegger på fiskefartøy kan defineres som rene og "godkjente" etter mellomlagring av oljeemulsjon. En tilnærming vi har valgt i dette prosjektet er derfor å sjekke ut potensialet for utlekking av hydrokarboner (olje) og 16-PAH fra testplater etter rengjøring i SINTEFs vaskerobot og benytte gjeldende grenseverdier funnet i litteraturen. En konservativ tilnærming er å si at all olje og oljekomponenter kan ha et potensiale for å lekke ut fra testplatene ut i vannet, og at den teoretiske konsentrasjon man da kan få, kan f.eks. knyttes opp mot de grenseverdier (konsentrasjonsverdier) for olje i vann og ulike oljekomponenter som brukes funnet i ulike forskrifter og veiledere. I realiteten vil imidlertid kun en svært liten andel av oljekomponenter lekke ut i vannet basert på de ulike oljekomponenters svært lave løselighet til vann.

Resultater fra kvantifisering av både gjenværende mengde olje samt gjenværende mengde 16-PAH, etter spesifikke utlekkingstester fra platene ut i sjøvann, ble knyttet opp mot grenseverdier oppgitt i ulike veiledere for drikkevann og vannkvalitet funnet i litteraturen. For vurdering av gjenværende olje etter rengjøring refereres det til Drikkevannsforsyning offshore (5.utgave), (FHI, 2017) som henviser til at "Hydrokarboner, mineraloljer bør være under 10 µg/l". For vurdering av 16-PAH ble følgende veiledere og forskrift benyttet: Forskrift om vannforsyning og drikkevann også omtalt som Drikkevannsforskriften (lovdata.no), Veileder M-608-2016 "Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota – revidert 30.10.2020" (miljodirektoratet.no) samt "Klassifiseringsveileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann. For økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver henvises det til vannportalen.no.

Oppsummering av grenseverdier av 16-PAH er oppgitt i Tabell 3-1.

- Drikkevannsforskriften (lovdata.no) 2017 er det oppgitt grenseverdi på 0,01 µg/l for benzo[*a*]pyren samt at summen av de fire tyngre PAH benzo[*b*]fluoranten, benzo[*k*]fluoranten, indeno[1,2,3-*cd*]pyren og benzo[*ghi*]perylene er satt til 0,10 µg/l.
- Veileder M-608:2016 (miljodirektoratet.no) angir grenseverdier i vann for 16-PAH for de ulike tilstandsklassene som vist i Tabell 3-1. Kriteriene for øvre grense i klasse II og III er i samsvar med Vanndirektivets miljøkvalitetsstandarder (EQS: Environmental Quality Standard). Dvs. at dersom konsentrasjonen av miljøgifter i vannforekomsten ikke overskrider grenseverdiene, skal det ikke forekomme effekter på akvatiske organismer:
 - Øvre grense for klasse II (God (grønn)) tilsvarer AA-EQS (Årsgjennomsnitt basert på kronisk PNEC ("Predicted No Effect Concentration")), som er grenseverdien for kroniske effekter ved langtidseksponering.
 - Øvre grense for klasse III (Moderat (gul)) tilsvarer MAC-EQS (Maksimum akseptable konsentrasjon basert på akutt PNEC), som er grenseverdien for akutt toksiske effekter ved korttidseksponering.
 - Øvre grense for klasse IV (Dårlig (oransje)) er basert på akutt toksisitet uten sikkerhetsfaktorer og er grensen for mer omfattende akutte toksiske effekter.

- I henhold til veileder 2:2018 (vannportalen.no) brukes benzo[a]pyren som en markør for de andre PAH-forbindelsene. Maksimalverdiene i veileder 2:2018 er i overensstemmelse med "moderat" tilstandsklasse i veileder M608:2016.

Resultatene fra de kjemiske analysene av plater etter vasking, samt etter utlekkningstesten av PAH vil bli evaluert iht. grenseverdier og tilstandsklasser beskrevet i Tabell 3-1.

Tabell 3-1 Grenseverdier, tilstandsklasser og klassifiseringssystem for 16-PAH i kystvann. Hentet fra Veileder M-608, 2016 og 2:2018, samt fra Drikkevannsforskriften. For noen PAH er det oppgitt høyere grenseverdier i ferskvann enn i kystvann, slik at grenseverdiene for kystvann er gitt her. Grenseverdiene angir de øvre konsentrasjonene i hver tilstandsgruppe.

		M-608, 2016 og 2:2018			Drikkevannsforskriften µg/L
		God (II)	Moderat (III)	Dårlig (IV)	
	Forkortelse	µg/L	µg/L	µg/L	
Naftalen	N	2	130	650	
Acenaftylen	ANY	1,28	33	330	
Acenaften	ANA	3,8	3,8	382	
Fluoren	F	1,5	34	339	
Fenantren	P	0,5	6,7	37	
Antracen	A	0,1	0,1	1	
Fluoranten	FL	0,0063	0,12	0,6	
Pyren	PY	0,023	0,023	0,23	
Benz[a]antracen	BA	0,012	0,018	1,8	
Krysen	C	0,07	0,07	0,7	
Benzo[b]fluoranten	BBF	0,017	0,017	1,28	
Benzo[k]fluoranten	BKF	0,017	0,017	0,93	
Benzo[a]pyren	BAP	0,00017	0,027	1,54	0,01
Indeno[1,2,3-cd] pyren	IN	0,0027	0,027	0,1	
Dibenz[ah]antracen	DBA	0,0006	0,014	0,17	
Benzo[ghi]perylen	BPE	0,00082	0,00082	0,14	
Sum BBF+BKF+IN+BPE					0,1
		Ingen toksisk effekt	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved korttids-eksponering	

3.2 Overflatebehandlede materialer i tanker

Hensikten med overflatebehandling av tanker med et ikke-korrosivt materiale er å beskytte tankmaterialet mot ulike kjemikalier eller andre produkter som lagres på tanken. I dette prosjektet er det benyttet plater som er behandlet med Tankguard DW ("Drinking Water") og Tankguard Plus fra Jotuns produkter. Kort beskrivelse av disse er gitt under, hentet fra Jotuns internettsider. Både Tankguard DW and Tankguard Plus er av type epoksy materiale. Epoksy tåler generelt mye og har ofte høy resistens for ulike kjemikalier, syrer/baser (pH) og temperaturpåvirkning. Epoksy brukes vanligvis i tanker som lagrer biodrivstoff, petroleumsprodukter, vann, alkaliske løsninger eller grønnsaker og mineraloljer. Epoksy gir en fleksibilitet med hensyn på å endre produkter som er lagret i tanker da dette materialet er mindre porøst enn andre type coatinger (jotun.com).

[Tankguard DW](#) fra Jotun er en løsemiddelfri overflatebehandling foring spesielt designet for drikkevannstanker og -rør. Den kan brukes som grunning og sluttstrøk i atmosfæriske og nedsenkede omgivelser. Tankguard DW er egnet for karbonstål, rustfritt stål, aluminium, kompositt og betongunderlag. Uavhengig testet og sertifisert for lagring av drikkevann og egnet for vannrørledninger. Tankguard DW er tilgjengelig i lys grå og hvit.

[Tankguard Plus](#) fra Jotun er spesielt godt egnet for alle kvaliteter av råoljer¹. Den kan brukes som innvendig overflatebehandling for offshore, onshore og nedgravde tanker. Den er også ideell for en rekke rør som lagring av kjemikalie, avløpsvann, gråvann, prosessvann og betongbunter. Tankguard Plus er spesielt egnet for lagring av råolje, selv ved temperaturer opp til 160 °C. Den er også ideell for tunge kjemikalier ved høyere temperaturer.

Basert på overnevnte opplysninger fra Jotun vurderes det at både Tankguard DW og Tankguard Plus burde være egnet for lagring av både næringsmidler og mellomlagring av oljeemulsjon, men at Tankguard Plus er bedre egnet for oljeemulsjon bla. ved høyere temperaturer.

Jotun har for Tankguard Plus utarbeidet en "*Chemical resistance list for protective coatings for storage tanks*" (<http://resistlistapp.com/>). Ifølge denne listen tåler Tankguard Plus kjemikalier (løsemidler) som for eksempel heksan og metanol (MeOH), mens coatingen er mindre bestandig mot diklormetan (DCM). Det eksisterer derimot ikke tilsvarende resistensliste for Tankguard DW da denne ifølge Jotun kun har vært testet for bruk med vann. Jotun har altså ingen data for kjemisk bestandighet av Tankguard DW mot ulike løsemidler, men skriver i en epost 14. nov. 2023 "*Vi vil ikke klassifisere Tankguard DW som resistent mot metanol i en langtids lagertank, men som benyttet i WWT (Wall Wash Test)² er kontakttiden bokstavelig talt sekunder (om det gjøres i henhold til standard), så det vil gå bra. Den korte kontakttiden vil kunne trekke ut svært lite fra selve (epoksy) filmen, men mest dra med seg det som eventuelt er løselig fra overflaten*". Jotun mener også at heksan vil ikke skade disse to coatingene.

Jotun har meddelt at de har ingen internasjonal standard for å teste tanker som er behandlet med Tankguard DW og Tankguard Plus, men har gjort noe liknende for å sjekke krysskontaminering mellom forskjellige kjemikalier i tanker på tankskip. Jotun foreslår at man kan eksponere de vaskede platene i en glasskrukke e.l. i den væsken man ønsker å undersøke (her sjøvann) og deretter sende prøver av sjøvannet til analyse for organisk materiale. Resultatet må omregnes for å bli riktig i forhold til areal/volum fra test-dimensjoner til en virkelig fisketank. Dette er i tråd med utlekkingsstest av 16-PAH som er utført i dette prosjektet.

En oversikt over kjemisk bestandighet fra andre leverandører av epoksy coatinger til ulike formål tyder på at DCM og MeOH ikke er godt egnet, se eksempler i Tabell 3-2. En annen kilde oppgir også at andre kjemikalier som heksan i tillegg til DCM og MeOH som heller ikke er anbefalt for noen typer epoksy materialer (https://www.epoxy.com/Epoxy_Chemical_Resistant_Chart.aspx). Dette tyder på at hvor bestandig epoksy materialer er overfor ulike kjemikalier eller løsemidler er bestemt av type produkt og må sjekkes ut med leverandør før bruk for formålet disse er tiltenkt.

¹ Kommentar SINTEF: Bør også kunne gjelde generelt for alle typer mineraloljer og raffinerte oljeprodukter

² <https://www.marineinsight.com/guidelines/wall-wash-test-on-chemical-tankers/>

Tabell 3-2 Eksempel fra "Chemical Resistance Data" for epoksy hentet fra
<https://www.flowcrete.eu/media/24279/chemical-resistance-06122021.pdf>

Chemical Resistance Data

Chemical	%	Test Result						
		Solvent Free Epoxy Coating	Solvent Free Epoxy Screed	Water born epoxy coating	Polyurethane Coating	Polyurethane Screed	Flexible Polyurethane Coatings	Vinyl Ester
Dibutyl phthalate		5	5	5	5	5	5	5
Dichlorobenzene		5	5	3	3	5	3	5
Dichloroethane		0	0	0	0	3	0	5
Dichloroethylene		0	0	0	0	5	0	5
Dichloromethane		0	0	0	0	5	0	
Heptane		5	5	3	5	5	5	
Hexane		5	5	3	5	5	5	5
Hexylene glycol		5	5	3	3	5	3	5
Methanol		0	0	0	5	5	5	5
Methyl acetate		0	0	0	0	5	0	

Rating	Description	Explanation
5	Excellent	No deleterious action after long term contact.
3	Medium Term	Unaffected after 1 month contact but may begin to fail thereafter.
1	Short Term	Unaffected after 24 hours contact but may begin to fail thereafter.
0	Not Resistant	Attacked on contact or within 2-3 hours

4 Materialer og metoder

4.1 Testplater

Tabell 4-1 viser en oversikt over ulike materialer som ble testet i dette prosjektet. SINTEF mottok plater (15x 15 cm), 24 stykker av hvert sett med aluminium, kompositt (plast) og stål som alle var behandlet med Jotun Tankguard DW, samt stålplater behandlet med Jotun Tankguard Plus og et sett med ubehandlede aluminiumsplater, dvs. uten coating. "Tankguard" blir i denne rapporten benevnt som "TG" i enkelte figurer og tabeller.

Tabell 4-1 Oversikt over mottatte testplater.

SINTEF ID	Merking	Antall plater
2023-4001	Aluminiumsplater med coating Jotun Tankguard DW	24
2023-4002	Aluminiumsplater uten coating	24
2023-4303	Kompositt (plast) plater med coating Jotun Tankguard DW	24
2023-4927	Stålplater med coating Jotun Tankguard DW	24
2023-4928	Stålplater med coating Jotun Tankguard Plus	24
2023-8287*	Stålplater med coating Jotun Tankguard DW	24

*Ekstra forsendelse ble mottatt senere i prosjektet med ny coating for en enkel sjekk.

4.2 Test av løsemiddel på testplater

Ulike løsemidler ble testet på platene. Formålet med å teste løsemidler på testplater med og uten coating var om disse kunne tåle behandling av typiske løsemidler som er egnet til å løse ut hydrokarboner (oljefilm) etter platene har vært gjennomgått en rengjøringsprosess med bruk av SINTEFs vaskerobot. Løsemidler testet på platene var DCM, MeOH og heksan, inkludert blindprøver for å se om det ble løst ut komponenter fra overflatematerialet på testplatene som vil gi en bakgrunn i GC-kromatogrammene som ødelegger for kvantifisering av oljerelatert TEM.

Før testing med løsemidler ble platene vasket med lett alkalisk vann, skylt av med springvann og til slutt med MilliQ-vann, og tørket i varmeskap ved 50 °C.




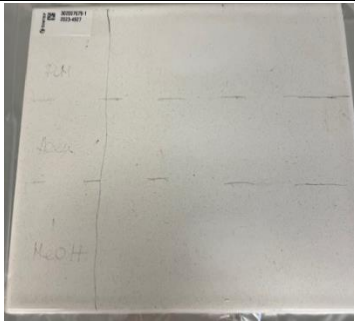
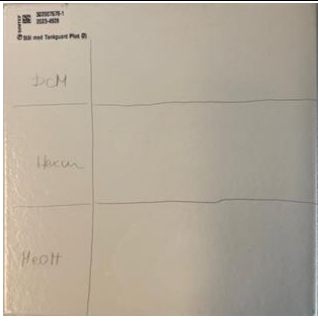

- En pinsett med rensed Bilsomvatt³ ble dyppet i løsemidlet og et område på platene ble vasket med løsemiddel.
- Bilsomvatten ble overført til spissrør for ekstrahering. Bilsomvatt fra platene ble ekstrahert 2 ganger med 3 ml DCM på ultralydbad i 5 min.
- Ekstraktet ble overført til 2 ml GC-glass og oppkonsentreres til ca. 1 ml før analyse på GC-FID (gasskromatografi med flammeionisasjonsdetektor).
- En blank prøve av løsemiddel og av MilliQ-vann ble også analysert.
- Komposittplaten med coating Tankguard DW ble også vasket med MilliQ-vann for å teste eventuell bakgrunn.
- Visuell inspeksjon av platene før og etter de har vært utsatt for kjemikalene.

Visuell inspeksjon: Området som ble vasket av med Bilsomvatt og løsemiddel ble mattere. Ekstra matt overflate ble observert etter bruk med DCM, mens noe mindre matthet med MeOH og heksan. Bilder av

³ Bilsomvatt kan erstattes med andre typer glassullmaterialer dersom de ikke har bakgrunnsverdier som kan forstyrre analysene og at de tåler heksan (løsemiddel).

testplater er forsøkt vist i Figur 4-1. Ekstrakt fra vask med DCM ble også blakket. Før analyse på GC-FID (gasskromatografisk analyse) ble ekstraktene filtrert gjennom en Pasteur-pipette over litt salt og vann.

Alle platene benyttet til videre testing ble også vasket med lett alkalisk vann, skylt av med springvann og til slutt med MilliQ-vann, og lufttørket. Prøvene ble analysert på GC-FID (Vedlegg A).

		
SINTEF Id 2023-4001: Aluminium plater med coating Tankguard DW	SINTEF ID 2023-4002: Aluminium plater uten coating	SINTEF ID 2023-4303: Komposittplater fra med coating Tankguard DW
		
2023-4927: Stålplater - Behandlet med Jotun Tankguard DW	2023-4928: Stålplater - Behandlet med Jotun Tankguard Plus	2023-8287: Ny batch med Stålplater - Behandlet med Jotun Tankguard DW

Figur 4-1 Bilder av testplater (bildene viser ikke så godt de visuelle forskjellene mellom platene).

4.3 Vurdering av foreslåtte rengjøringsmidler

SINTEF mottok 20.06.2023 to typer rengjøringsmidler via NOFO, hydrokarbonbasert "Seaclean Plus" (25 liter) og vannbasert "Aquabreak PX" (25 liter), som vist i Figur 4-2. Disse rengjøringsmidlene er referert til i NKS Ship Designs forslag til rengjøringsprosedyre (Vedlegg G). Ifølge produktkatalogen fra Wilhemsens Chemicals (produsent Unitor) er Seaclean Plus et lite giftig, biologisk nedbrytbart løsningsmiddelbasert produkt. Produktet brukes til rensing og avfettingsmiddel. Aquabreak PX er omtalt som et flerbruksrengjørings- og avfettingsmiddel, er lite giftig, ikke etsende, fritt for hydrokarbonløsningsmidler og biologisk nedbrytbart.

I produktbeskrivelse fra Unitor er Seaclean Plus og Aquabreak PX lav-toksiske, biodegraderbare produkter som begge møter kriteriene i [MARPOL Annex II, §13.5.2](#) ved at produktene ikke er skadelige for det marine miljøet i henhold til MARPOL [Annex V](#). Rengjøring av tanker vil foregå mens fartøyet ligger til kai. Vaskevann vil bli ivarettatt av profesjonell aktør for rengjøring av tankene selv om rengjøringsmiddelet i seg selv vil være lovlig å slippe ut iht maritimt regelverk. SINTEF har ikke funnet dokumentasjon på at det løsningsmiddelbaserte vaskemiddelet Seaclean Plus kan brukes i næringsmiddelindustrien, men det

vannbaserte produktet Aquabreak PX har tidligere blitt godkjent av Folkehelseinstituttet (FHI) for brukt i forbindelse med vask av installasjoner som produserer drikkevann offshore.

I forslaget til rengjøringsprosedyre fra NKS Ship Design beskrives det at Seaclean Plus brukes først for å vaske ut oljeemulsjonen, deretter benyttes Aquabreak PX for ny nedvasking av tanken. Det skal benyttes høytrykksspyler og det antas derfor at Seaclean Plus vil bli vasket ut før Aquabreak PX påføres, og at det vil være ubetydelige rester av Seaclean Plus etter at rengjøringen er ferdig.

SINTEF var i kontakt med Wilhelmsen Chemicals for å undersøke om det fantes alternative rengjøringsmidler primært for å unngå å benytte løsemiddelbasert rengjøringsmiddel. Tilbakemeldingen var at til vårt formål vil Seaclean Plus være et representativt produkt for innledende rengjøring, men at det vil være behov for videre rengjøring til "matvarestandard" etterpå. Aquabreak PX vil her være egnet, da dette middelet er godkjent for rengjøring til matvarestandard. Videre foreslo Wilhelmsen Chemicals en ytterligere rengjøring med et desinfeksjonsmiddel egnet for matproduksjon/lagring. Hygieneaspektet etter at tanken er rengjort er derimot ikke behandlet i dette prosjektet.



Figur 4-2 Seaclean Plus (venstre) og Aquabreak PX (høyre).

4.4 Testprosedyre for rengjøring av testplater i vaskerobot

4.4.1 Oppsett av vaskerobot og tillaging av emulsjon

Vaskeroboten ble etablert hos SINTEF i 2006 i samarbeid med Cedre i Frankrike (cedre.fr) og har bla. vært brukt i flere "strandprosjekter" for å studere ulike strandrensemidler på oljeforurenset strandsubstrat (plater) hos SINTEF. Vaskeroboten er beskrevet i Øksenvåg et al. 2021. I dette prosjektet ble SINTEFs vaskerobot satt opp i en klimakontrollert testhall på 10 °C. Valg av testtemperatur ble avtalt med NOFO før oppstart av forsøkene i testhallen. Figur 4-3 viser SINTEFs vaskerobot og eksempel på hvordan platene ble satt opp vertikalt i stålstativet før vask.

Høytrykksspyler (Stihl RE 162) ble koblet til en horisontal dysse i vaskeroboten. Dysen (Figur 4-4) benyttet er av type "Spraying Systems ¼" MEG nozzle no. 25065", som gir et flatt spraymønster på 25°, åpning på 1,5 mm og flow på ca. 10 liter i minuttet ved 45 bar (se Vedlegg F). Dysen ble stilt inn i en avstand på 30 cm fra testplatene slik at sprayen fra denne dekket hele platen (15x15cm) i senterposisjon. Vaskeroboten ble satt opp til vertikal testkjøring med et programmert ("4") spraymønster i robotens vaskeprogram. Dette gjør at

en gjennomkjøring ga spyling av platens venstre side på vei opp, hele platens bredde på vei ned og til slutt platens høyre side på vei opp, se skisse i Figur 4-4.



Figur 4-3 Bilde av vaskerobot (venstre), stålstativ for plassering av plater (midten) og eksempel på aluminiumsplate med emulsjon som er plassert vertikalt i stålstativet før vask (høyre).



Figur 4-4 Bilde av dysen benyttet i SINTEFs vaskerobot. "Spraying Systems 1/4" MEG Nozzle no. 25065", med flatt spraymønster på 25 °sprayvinkel. Leveranse: ca. 10 liter i minuttet ved 45 bar. Høyre: Skisse av spraymønster fra vaskeroboten, blå trekanter symboliserer spraybredden mens grå firkant symboliserer testplate.

4.4.2 Tillaging og påføring av emulsjon på testplater

Emulsjon av parafinsk Oseberg Blend 250°C+ residue (SINTEF-ID: 2017-2492) 50% (w/o) ble laget ved å veie inn 150 ml sjøvann og 150 ml residue i et emulsjonsrør. Røret ble satt til kondisjonering ved testtemperatur 10 °C i en time. Røret ble deretter plassert i rotasjonsapparat og rotert ved 30 rpm over natt. Før emulsjonen ble tatt i bruk ble viskositet målt ved skjærhastighet 10s^{-1} på 10 °C med Anton Paar MCR 302 rheometer. Viskositet av emulsjonen varierte mellom 2800–3800 mPa.s (cP) under forsøkene som er i samme størrelsesorden som er blitt benyttet som emulsjon i de senere års NOFOs OPV (olje-på-vann). Oseberg Blend er derfor regnet som en god representant for parafinske råoljeemulsjoner.

Emulsjon ble påført de ulike testmaterialene ved å legge platene på en vekt (Mettler PE 3600) og helle $22,5 \pm 0,5$ gram emulsjon over på platene, dette tilsvarer ca. 11 gram olje og ca. 1 mm emulsjonstykkelse. Platene ble deretter holdt loddrett slik at emulsjonen ble spredd utover platene. Ved behov ble en plastspatel brukt til å stryke emulsjonen ut mot hjørnene av platene. De ytterste 1-3 mm av platene ble forsøkt unngått å ikke

bli dekket med oljeemulsjon. Vekt påført emulsjon ble notert for hver plate. Platene med emulsjon fikk ligge (horisontalt) ved testtemperatur (10 °C) over natt før videre rengjøring med bruk av vaskeroboten.

4.4.3 Beskrivelse av vaskeprosessen med SINTEFs vaskerobot

Vask av platene i vaskeroboten ble gjennomført med utgangspunkt i den foreslåtte rengjøringsprosedyren, se Vedlegg G. Prosedyren beskriver først spyling med kaldt vann (høyt trykk) for å fjerne oljeemulsjon av overflaten for deretter å påføre vaskemidlet Seaclean Plus (hydrokarbonbasert rengjøringsmiddel) med påfølgende spyling med varmt vann (60–80 °C). Deretter ble Aquabreak PX (vannbasert rengjøringsmiddel) påført og videre spyling med kaldt vann for å fjerne rester av rengjøringsmiddel. Ifølge SAR i et møte med NOFO (5. juni, 2023), bør en holde vanntemperatur så lavt som mulig med hensyn å operatøren(e) som skal oppholde seg i tanken under rengjøring. Se også kap. 6 for forslag til rengjøringsprosedyre.

4.4.4 Kald forvask

Platene med emulsjon ble fotografert på testdagen. En og en plate om gangen med emulsjon ble montert i plateholder og satt inn i vaskeroboten. Kaldt vann (5–8 °C) ble skrudd på inn til høytrykksspyler. Høytrykksspyler ble startet med maksimal trykksetting, 45 bar (8–10 l/min) ved spraydyse. Straks etter ble vaskeroboten startet.

Etter den første overspylingen var gjort ble vaskeroboten resatt, høytrykksspyler slått av og kaldt vann til høytrykksspyler stengt. Plateholderen ble tatt ut av vaskeroboten og platen ble tørket av på sidene og baksiden med papir-servietter. Oljerester på plateholderen ble tørket bort med tørkepapir. Platen ble så montert i plateholderen igjen og denne satt tilbake i vaskeroboten. Kaldt vann ble skrudd på inn til høytrykksspyler. Høytrykksspyler ble startet med maksimal trykksetting, 45 bar ved spraydyse. Straks etter ble vaskeroboten startet. Etter en gjennomkjøring ble vaskeroboten resatt og startet på nytt umiddelbart. Etter siste gjennomkjøring, totalt 3 overspylinger, ble vaskeroboten resatt, høytrykksspyler slått av og kaldt vann til høytrykksspyler stengt. Plateholderen ble tatt ut av vaskeroboten og platen ble tørket av på sidene og baksiden med papirservietter, og deretter lagt på benk dekket med rent benkepapir.

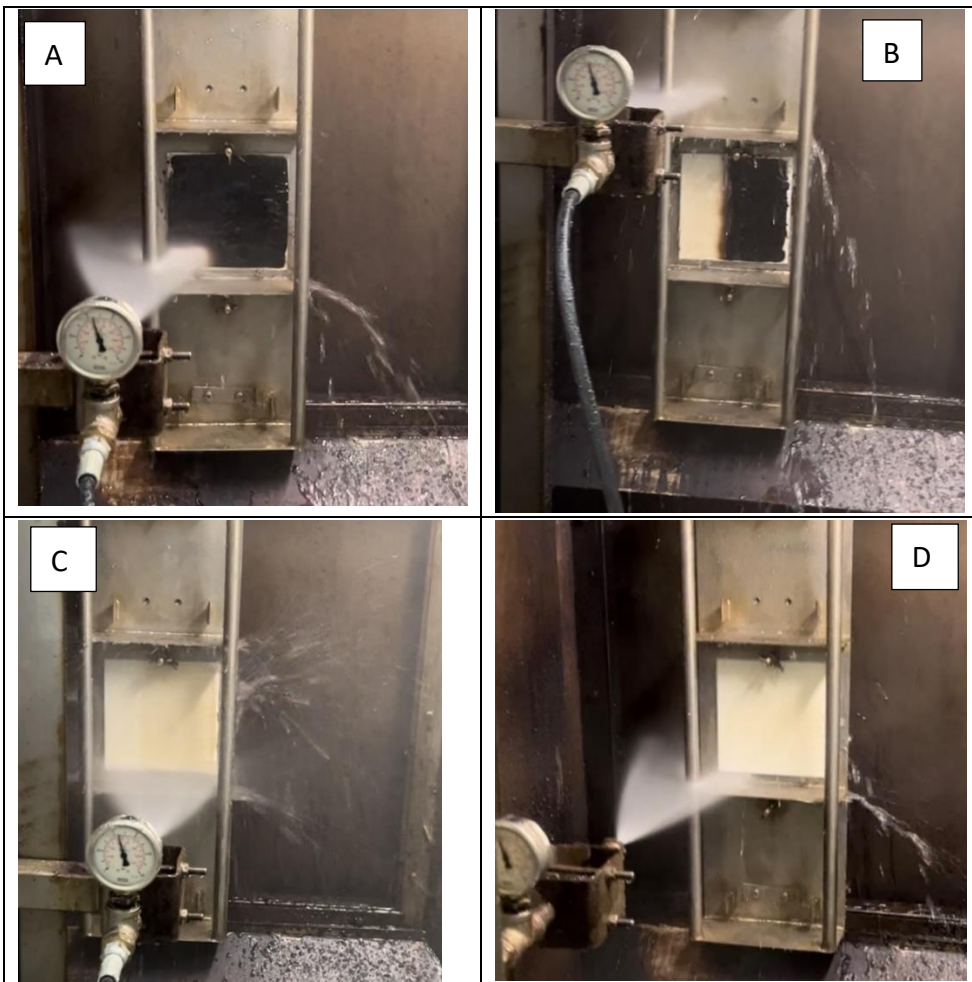
Eksempler fra første forvask med kaldt vann er vist i Figur 4-5 med eksempler fra første og tredjegangs-overspyling. Figur 4-6 viser eksempler fra forvasking med kaldt vann uten bruk av rengjøringsmidler. Figur 4-7 og Figur 4-8 viser eksempler (bilder) fra forsøkene med kald forvask med ulike overspylinger (1-3 ganger) uten rengjøringsmidler for aluminiumsplater og stålplater.

Det var viktig etter endt forvask at all synlig oljeemulsjon (svart olje) ble spylt av før påføring av rengjøringsmidlene. Etter henholdsvis to og tre overspylinger ble det ikke observert gjenværende oljeemulsjon på noen av testplatene. En tynn film ble observert for noen av platene etter forvask, men dette var ikke lett å se med det blotte øye.

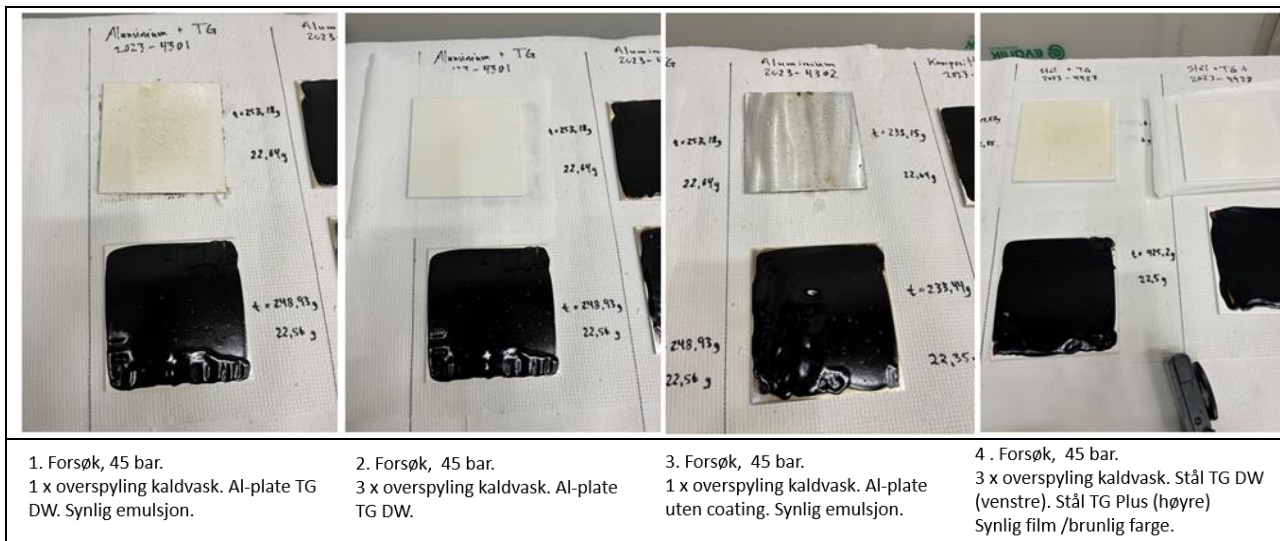
Basert på forsøkene med forvask ble tre overspylinger ansett som tilstrekkelig for å fjerne all synlig oljeemulsjon, og dette antallet overspylinger ble også gjentatt etter påføring av vaskemidlene. Etter kald forvask ble påføring av vaskemidlene Seaclean Plus og Aquabreak PX påført platene med bruk av spruteflasker. Flaskene med hvert av vaskemidlene ble satt på en vekt og tarert slik at påført mengde (gram) rengjøringsmiddel påført platene ble notert under forsøkene.



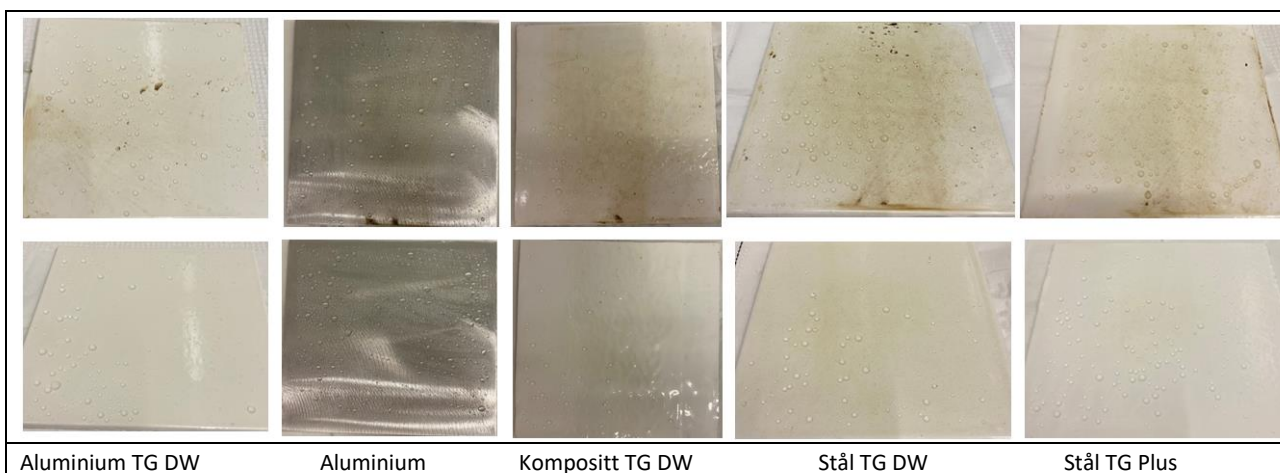
Figur 4-5 Eksempler fra første forvask med kaldt vann (1 av 3 overspylinger). Venstre: Stålplate med Tankguard DW. Midten: Stålplate med Tankguard Plus. Høyre: Aluminiumsplate uten coating.



Figur 4-6 Eksempler fra forvasking (med kaldt vann uten bruk av rengjøringsmidler). A-C: Sekvenser tatt fra første overspyling (1 av 3 overspylinger). D: Etter tredje overspyling.



Figur 4-7 Eksempler fra forsøk med forvask i kaldt vann (uten rengjøringsmidler) med 45 bar vanntrykk. Øverste rekke er etter forvask, mens nederste rekke viser plater med oljeemulsjon før vask i vaskerobten.



Figur 4-8 Øverste rekke: Forvask etter første overspyling med kaldt vann (uten rengjøringsmidler). Nederste rekke: Forvask etter tredje overspyling med kaldt vann uten rengjøringsmidler.

4.4.5 Påføring av Seaclean Plus

Seaclean Plus ble først påført platene. Vekt påført Seaclean Plus og klokkeslett ble notert. To sprayinger var tilstrekkelig for å dekke hele platearealet med 1,5–1,8 gram Seaclean Plus. Varmt vann inn til høytrykkspyler ble slått på minimum 30 minutter før varmvask med Seaclean Plus, slik at varmt vann ble spylt gjennom systemet med lavt trykk. Temperatur i vann ut fra spraydyse ble sjekket til å være 60–65 °C ved hjelp av et termometer (Fluke t3000 FC).

Etter ca. 30 minutter etter påføring med Seaclean Plus ble platene montert i plateholder og plassert i vaskerobten. Høytrykkspyler ble startet med maksimal trykksetting, 45 bar ved spraydyse. Straks etter ble vaskerobten startet. Starttid for varmvask med Seaclean Plus ble notert. Etter en gjennomkjøring ble vaskerobten resatt og startet på nytt umiddelbart. Dette ble gjentatt slik at man fikk totalt tre gjennomkjøringer for hver av testplatene.

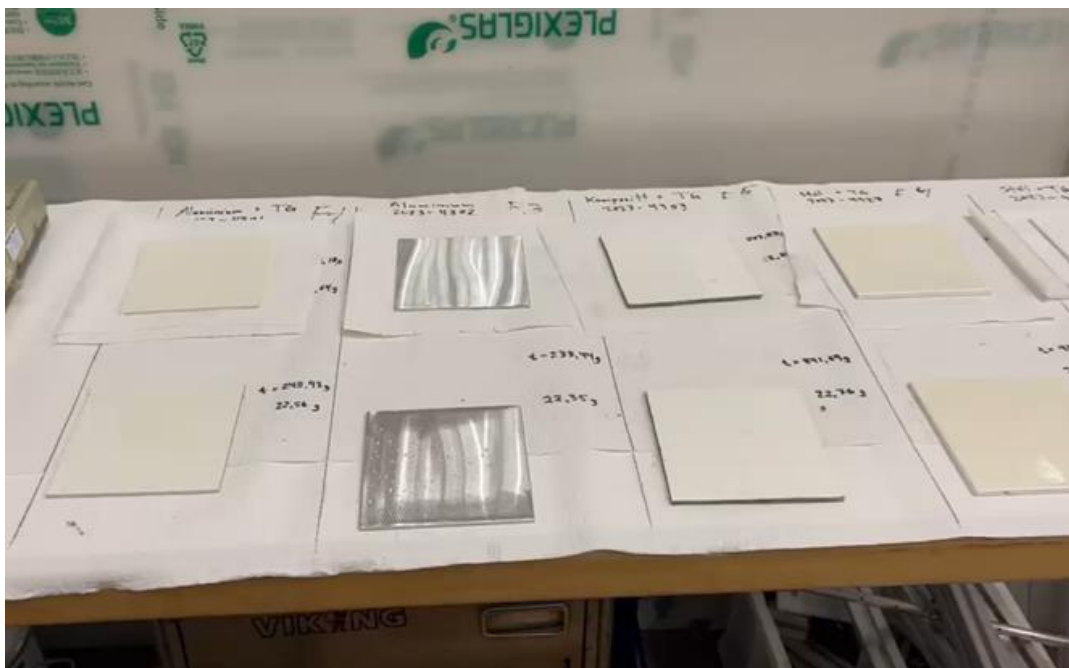
Etter siste gjennomkjøring ble vaskerobten resatt, høytrykkspyler slått av. Når neste plate ble spylt med varmt vann, fikk vannet med lavt trykk fortsette å renne gjennom systemet. Plateholderen ble tatt ut av vaskerobten og platen ble tørket av på sidene og baksiden med papirservietter, og deretter lagt på benk dekket med rent benkepapir.

4.4.6 Påføring med Aquabreak PX

Hvis varmt vann nylig var blitt brukt i systemet ble kaldt vann inn til høytrykkspyler slått på minimum 15 minutter før kaldvask med Aquabreak PX. Vekt påført Aquabreak PX og klokkeslett ble notert. Aquabreak PX ble påført med to sprayinger (ca. 1,9 gram).

Etter ca. 15 minutter etter påføring med Aquabreak PX ble platene montert i plateholder og plassert i vaskerobten. Det var viktig at platene ikke blir liggende for lenge slik at rengjøringsmiddelet tørker inn. Høytrykkspyler ble startet med maksimal trykksetting, 45 bar ved spraydyse. Straks etter ble vaskerobten startet. Starttid for kaldvask med Aquabreak PX ble notert. Etter en gjennomkjøring ble vaskerobten resatt og startet på nytt umiddelbart. Dette ble gjentatt slik at man fikk totalt tre gjennomkjøringer for hver av testplatene.

Etter siste gjennomkjøring ble vaskerobten resatt, høytrykkspyler slått av og kaldt vann til høytrykkspyler stengt. Plateholderen ble tatt ut av vaskerobten og platene ble tørket av på sidene og baksiden med papirservietter, og deretter lagt på benk dekket med rent benkepapir. Platene ble fotografert etter vask med Aquabreak PX som eksemplifisert i Figur 4-9. Det var ingen synlig endring mellom kaldvask og påfølgende vask med rengjøringsmidler. Den brunlige fargen observert for stålplate med Tankguard DW var fortsatt synlig. Kanskje en svakere farge for aluminiumsplatene med Tankguard DW før og etter påføring av rengjøringsmidlene. Figur 5-1 viser bilder (eksempler) etter endt fullvask av platene.



Figur 4-9 Eksempel: Øverste serie etter full vaskeprosedyre med rengjøringsmidler. Nederste serie etter forvask før påføring av rengjøringsmidler.

4.5 Analyse av overflatefilm etter vask i vaskerobot

Etter vask av plater i vaskerobot ble gjenværende overflatefilm tørket av med Bilsomvatt fuktet med heksan. Platene ble tørket av med heksanfuktet Bilsomvatt i tre omganger: 1) diagonalt ene veien, 2) diagonalt andre veien og 3) fra topp til bunn, hver gang uten få med ytterste laget på kantene. Bilsomvatt (tre stk.) ble deretter samlet opp i 40 ml glassvial og tilsatt 3ml DCM med påfølgende 5 minutter i ultralydbad. Ekstraktene ble videre overført til spissbunnet rør, dampet inn og overført til GC-vial (1 ml ekstrakt). Ekstraktene ble tilsatt recovery standarder for GC-FID (5@androstane) og GC-MS (acenaphthene-*d*10) for kvantifisering for henholdsvis TEM (totalt ekstraherbart materiale) og 16-PAH. Analyse av 16-PAH ble kun utført på plater etter full vaskeprosedyre med rengjøringsmidlene, mens TEM ble kvantifisert på både ekstrakter fra både kald forvask og ekstrakter etter full vaskeprosedyre (fullvask).

4.6 Utlekkingstest for kvantifisering av 16-PAH

Etter endt fullvask i vaskerobotten med kald forvask og påfølgende påføring av rengjøringsmidler ble det utført utlekkings tester for å kvantifisere utløst 16-PAH fra platene etter de har vært eksponert i sjøvann over en tidsperiode på tre døgn. Til dette ble det plater som *ikke* var vasket av med heksan for analyse av gjenværende olje (heksanekstrakt).

4.6.1 Oppsett utlekkings test

Plater fullvasket i vaskerobot ble klargjort for utlekkings test av 16-PAH ved at disse ble vasket med DCM på kantene og undersiden slik at man ikke skulle få kontaminering fra olje som ikke kom fra selve coating-overflaten. Platene ble liggende i avtrekk over natt for å sørge for fullstendig avdamping av løsemiddel. Platene ble deretter lagt i glassformer og 0,8 liter sterilfiltrert sjøvann ble forsiktig påført uten å treffe platene. Glassformene ble dekket med aluminiumsfolie før påsetting av lokk for å hindre kontakt med plastflater for mulig kontaminering (Figur 4-10). I tillegg til de 10 platene som hadde vært i vaskerobot (5 med oljeemulsjon og 5 uten), ble det laget 3 blankprøver som kun inneholdt 0,8 liter sterilfiltrert sjøvann, men ble behandlet på tilsvarende måte som prøver med testplater.



Figur 4-10 Aluminium plate med Tankguard DW fra utlekkings test.

Utlekkingstesten foregikk på 10 °C i mørke og med innstilt bevegelse på 10 tiltinger per minutt i 72 timer på vippebord (Figur 4-11). Sjøvannet dekket testplatene under hele forsøket. Etter endt utlekkings test ble testplatene plukket opp av glassformene og sjøvannet ble overført til 1 liter pyrexflasker samt at glassbeholderne ble vasket over med DCM som også ble overført til pyrexflaskene. Prøvene surgjort med 4mL 15% HCl (saltsyre) for preservering fram til ekstraksjon.



Figur 4-11 Utlekkingstest vippebord.

4.6.2 Ekstraksjon av vannprøver

Prøvene (0,8 liter) etter utlekkningstest (Figur 4-12) ble ekstrahert med væske-væske ekstraksjon med DCM i 1 liter skilletrakter. Prøvene ble tilsatt surrogat interne standarder (naftalen-*d*8, fenantren-*d*10, krysen-*d*12, perylen-*d*12) for å kunne beregne recovery (gjenvinning). De ble ekstrahert med 60-30-60 ml DCM i henholdsvis 3-2-2 minutter (dvs. 3 runder). Ekstraktene ble redusert ved fordampning ved 35 °C og til slutt overført til GC-glass og videre dampet inn til 0,9 ml for til slutt å bli tilsatt "recovery" intern standard (fluoren-*d*10 og acenaften-*d*10) før analyse av 16-PAH. Analysebetingelser for GC-MS er gitt i Vedlegg C.



Figur 4-12 Prøver i Pyrexflasker etter utlekkningstest før ekstraksjon med DCM. Brunfargen er rust fra den ubehandlede siden av stålplatene.

5 Resultater og diskusjon

5.1 Test av løsemiddel på GC-FID

Av de tre løsemidlene DCM, MeOH og heksan, løste heksan ut minst andel av komponenter fra testplatene behandlet med henholdsvis Jotun Tankguard DW og Jotun Tankguard Plus. Resultatene fra testene er vist som GC-kromatogrammer i Vedlegg A, Figur A 10 til Figur A 23. GC-kromatogrammer av de rene kjemikaliene samt blanker uten kjemikalier er også vist i Vedlegg A.

Test av stålplate behandlet med Tankguard DW tørket av med DCM viste i størrelsesorden 5-10 ganger høyere bakgrunnstopper i GC-kromatogrammet (Figur A 15) sammenlignet med de andre testene. En ny batch med stålplater behandlet med Tankguard DW ble mottatt i senere i dette prosjektet fra samme leverandør. Denne batchen ble også testet med de samme løsemidlene, og viser færre forstyrrende topper i GC-kromatogrammet for DCM og MeOH (Figur A 21 til Figur A 23). Dette indikere at den nye batchen er trolig mer representativ for denne coatingen sammenlignet med den forrige batchen benyttet i dette prosjektet.

Generelt ble det observert noe færre topper (kontaminering fra coating) i GC-kromatogrammene for testplate behandlet med Tankguard Plus sammenlignet med Tankguard DW etter vask med løsemidlene DCM og MeOH. For heksan var det lite forskjeller mellom disse to coatingene. Dette kan indikere på at Tankguard Plus kan være et mer kjemisk inert coating-materiale enn Tankguard DW.

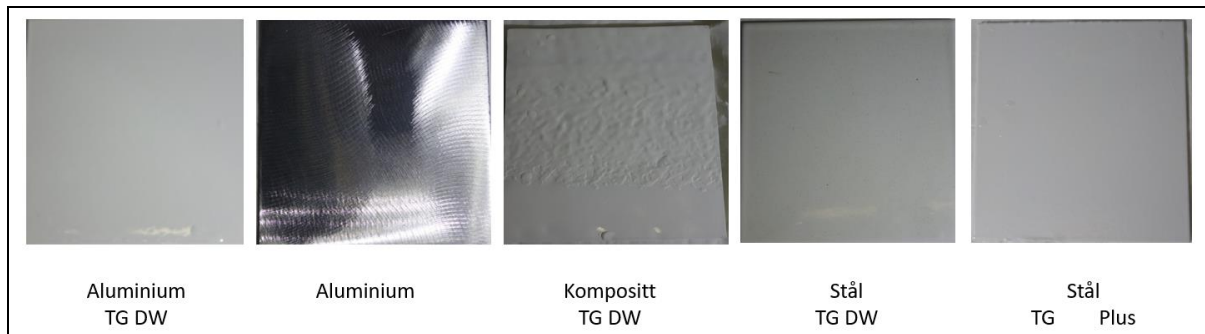
Ren aluminiumplate uten coating viste ingen eller ubetydelig utløste komponenter fra dette materialet for løsemidlene testet (DCM, MeOH og heksan).

Rent visuelt ble coatingen mattere etter platene ble vasket av med løsemidlene. Platene som ble vasket av med heksan var noe mindre påvirket rent visuelt sammenlignet med DCM og MeOH.

Basert på disse testene ble det vurdert at heksan var det mest egnete løsemiddelet til å tørke av overflater som er behandlet med Jotun Tankguard DW og Jotun Tankguard Plus for kvantifisering av gjenværende oljefilm og 16-PAH på testplatene. Dette er også i samsvar med informasjon fra Jotun, hvor de har oppgitt (epost kommunikasjon) at heksan ikke vil skade de overnevnte malingene (coatingene). Videre, heksan vil kunne trekke ut olje som platen har blitt forurenset med, og Jotun mener at det er "*ubetydelig mengde "løse" stoffer i malingen i seg selv etter tørking/herding*". Bemerk, i denne rapporten brukes betegnelsen "coating" i stedet for "maling", men menes her det samme.

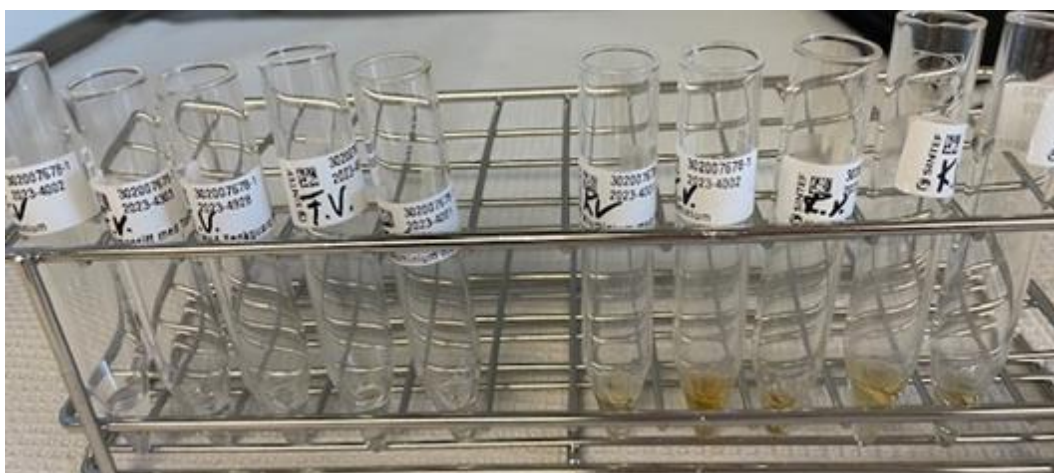
5.2 Overflatefilm på plater etter vask i vaskerobot

For flere av platene var det ingen synlig endring mellom kald forvask og påfølgende fullvask med rengjøringsmidlene. En brunlig farge på stålplate med Tankguard DW var synlig etter kald forvask og denne fargen var fortsatt synlig etter endt fullvask. Det ble også observert en svak farge på aluminiumsplaten med Tankguard DW før og etter vask med påføring rengjøringsmidlene. Figur 5-1 viser bilder etter endt fullvask for alle de testede platene.



Figur 5-1 Etter endt fullvask: Kaldvask med påfølgende påføring av vaskemidler.

Ekstraktene (Figur 5-2) etter kald forvask har farger og som tyder på rester av oljefilm, dette er også mest sannsynlig basert på sammenligning av GC-kromatogram av Oseberg Blend 250°C+ residue og med en n-alkanstandard (Vedlegg B).



Figur 5-2 De fem prøverørene fra høyre viser ekstrakter etter kald vask (oransjefarget), som kan tyde på rester av oljefilm. De fem prøverørene fra venstre viser ekstrakter etter full vaskeprosedyre (fargeløse).

GC-kromatogrammer fra testene er vist i Figur D 1 til Figur D 7 (Vedlegg D). Stålblater behandlet med Tankguard DW har toppen i GC-kromatogrammet som ikke er typiske oljekomponenter (Figur D 4, høyre). Disse toppene kan være fra coatingen, men er ikke videre undersøkt i dette prosjektet. Blankprøven etter kald forvask har ikke tilsvarende toppen i kromatogrammet (Figur D 6, venstre), mens blankprøve etter fullvask med rengjøringsmidler (Figur D 6, høyre) er lik GC-kromatogrammet som har vært påført olje og påfølgende full vaskeprosedyre. Dette kan tyde på at de utløste komponenter fra coatingen trolig skyldes behandling med rengjøringsmidler muligens kombinert med varmt vann.

Basert på dette mottok SINTEF en ny batch med stålblater med Tankguard DW (SINTEF-ID 2023-8287) som ble tilsvarende behandlet med både med kald forvask og med full vaskeprosedyre for sjekk (alle uten oljeemulsjon). GC-kromatogrammet (Figur D 7) av den nye batchen viser at toppene (komponentene) som ble detektert etter tilsvarende test på den forrige batchen (Figur D 6) ikke er til stede, og dermed er mer sammenlignbare med de andre testplatene. Det antas derfor at den første batchen ikke er representativ og det fokuseres derfor ikke på den første batchen med Tankguard DW i evaluering av resultatene.

Figur 5-3 viser bilde av ny og gammel batch av stålblate med Tankguard DW. Visuelt er det ikke forskjeller mellom disse to platene med tanke på fargen på selve coatingen (grålig farge).



Figur 5-3 Bilde av ny batch stålplate med Tankguard DW (venstre) vs. stålplate med Tankguard DW benyttet i testene (høyre).

Figur 5-4 viser bilder av plater som ikke har vært tilsatt oljeemulsjon sammenlignet med tilsvarende plater som har vært tilsatt oljeemulsjon etter fullvask med rengjøringsmidler og påfølgende utlekkingstest i sjøvann. Visuelt er det mindre forskjeller innbyrdes mellom plater med og uten oljeemulsjon, bortsett fra stål Tankguard DW (første batch) hvor fargen er mer blitt mer gulaktig etter at oljeemulsjon har vært tilsatt. Fargen på stål Tankguard Plus og kompositt Tankguard DW er hvite, aluminium Tankguard DW har en svak gulaktig nyanse, mens stål Tankguard DW har en mer grålig fargenyanse.



Figur 5-4 Bilder av plater, øverste rekke med originale plater som ikke har vært påført oljeemulsjon, nederste rekke med plater som har vært tilsatt oljeemulsjon etter fullvask med rengjøringsmidler og påfølgende utlekkingstest.

5.2.1 Kvantifisering av oljefilm på testplater

Kvantifisering av totalt ekstrahert materiale (TEM) fra testplater ble utført både etter forvask (uten vaskemidler) og etter fullvask med vaskemidler i vaskerobot. Resultater er oppsummert i Tabell 5-1 basert på mg/plate og på areal mg/m². Total størrelse (areal) av hver plate er 225 cm².

Tabell 5-1 Totalt ekstraherbart materiale (TEM) etter vask i vaskerobot beregnet som mg/plate og mg/m².

	Forvask (uten rengjørings- midler)	Forvask (uten rengjørings- midler)	Fullvask (med rengjørings- midler)	Fullvask (med rengjørings- midler)
Testplater	Oljerest TEM (mg/plate)	Oljerest TEM (mg/m ²)	Oljerest TEM (mg/plate)	Oljerest TEM (mg/m ²)
Aluminium	2,8	125	<0,01	<0,01 (LOD)*
Aluminium + TG DW	0,9	42	0,01	0,53
Kompositt + TG DW	1,1	49	0,01	0,44
Stål + TG DW*	1,2	54	0,14*	6,00*
Stål + TG Plus	0,3	14	<0,01	<0,01 (LOD)*

*LOD: Limit of detection (deteksjonsgrense).

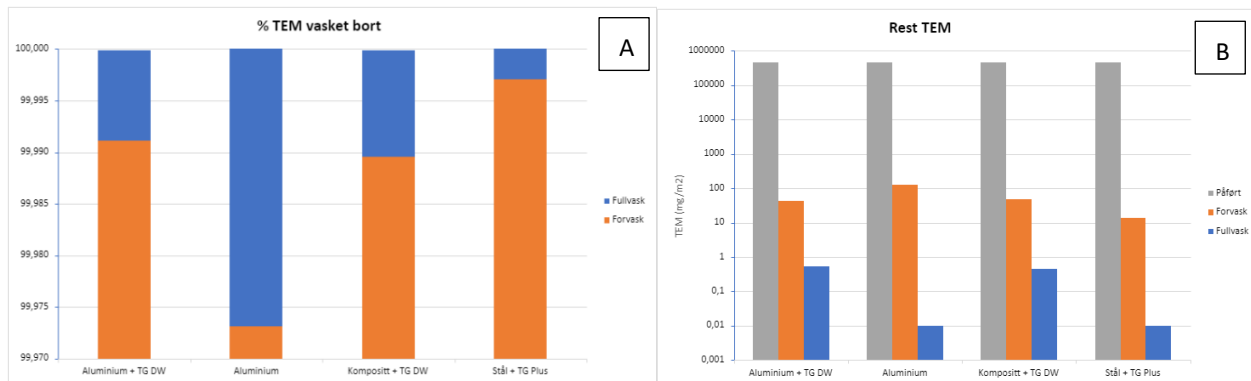
**Denne serien med stålplate behandlet med Tankguard DW hadde distinkte komponenter etter vask med bruk av rengjøringsmidler i vaskerobot som ikke stammer fra oljeemulsjonen.

Mengde rest av oljeemulsjon etter forvask (uten rengjøringsmidler) viste varierende resultater mellom 0,3–2,8 mg/plate som tilsvarer 14–125 mg/m², lavest verdier for stålplate med Tankguard Plus, og høyest verdi for ren aluminium uten coating. Mindre forskjeller mellom platene med Tankguard DW (0,9–1,2 mg/plate eller 42–54 mg/m²).

Etter endt fullvask i vaskerobot det er svært lave verdier av TEM i størrelsesorden <0,01–0,01 mg/plate eller <0,01–0,53 mg/m² bortsett fra stålplate med Tankguard DW (0,14 mg/plate eller 6 mg/m²). For denne batchen skyldes den noe høyere konsentrasjonen utlekking av andre komponenter enn olje, som vist i Figur D 4 og Figur D 6.

Figur 5-5 viser klart at den tykke oljeemulsjonen (22,5 gram) er blitt vasket ut (>99,9 %) etter forvask med kaldt vann, mens den resterende oljefilmen ble fullstendig vasket ut etter endt fullvask (omtrent 100 %). Selv om det prosentvis nesten all oljeemulsjon er vasket bort etter vask illustrerer dette likevel signifikante forskjeller mellom testplatene. Plater med Tankguard DW (aluminium og kompositt) viser likheter av andel utvasket oljeemulsjon etter både forvask og etter endt fullvask. Stålplate med Tankguard Plus indikerer en større andel som er vasket ut etter forvask, sammenlignet med de andre platene. For aluminium uten coating er mindre prosentvis andel vasket bort etter kald forvask sammenlignet med de andre platene.

Stålplate med Tankguard DW viser som nevnt etter utvasking med heksan distinkte komponenter etter behandling med rengjøringsmidler som ikke er fra oljeemulsjonen (Figur D 6), og er dermed utelatt i Figur 5-5. Ny batch med stålplater behandlet med Tankguard DW, som ble mottatt senere i prosjektet, viste derimot ikke slike komponenter etter vask med rengjøringsmidler (Figur D 7, uten oljeemulsjon). Ifølge Jotun skal coating være uavhengig av testmaterialet den er påført på, slik at den nye batchen med stålplater antas å oppføre seg tilsvarende som de andre testplatene (aluminium og kompositt) behandlet med Tankguard DW.



Figur 5-5 A (venstre): Prosent totalt ekstraherbart materiale (TEM) etter forvask med kaldt vann uten rengjøringsmidler (oransje stolper) og etter endt fullvask med rengjøringsmidler (blå stolper). B (høyre): Viser mengde gjenværende olje (TEM) skalert opp til et veggareal på 1 m², tilsvarende 0,47 kg påført mengde vannfri olje pr. 1 m² (basert på en utgangstykkelse på 1 mm emulsjon som tilsvarer 1 kg emulsjon pr. m²).

5.2.2 Kvantifisering av PAH på testplater etter fullvask

Kvantifisering av 16-PAH fra testplater (heksan-ekstrakter) ble utført etter fullvask (med vaskemidler) i vaskerobot. Resultatene er rapportert som µg PAH/plate og er oppsummert i Tabell 5-2. Total størrelse av hver plate er 225 cm². Flere av verdiene er oppgitt som "LOD" (deteksjonsgrense, "limit of detection") iht. beregnet instrumentell deteksjonsgrense basert på laveste standard i kalibreringskurven. Målte verdier er også oppgitt i Vedlegg E (Tabell E1).

Resultatene viser svært lave verdier etter kvantifisering av mengde 16-PAH fra platene. Dette viser at det ikke er signifikante konsentrasjoner av gjenværende 16-PAH på plater etter rengjøring. Verdiene oppgitt som µg/plate kan imidlertid ikke overføres direkte til Drikkevannsforskriften og veiledere, da disse er oppgitt i µg/l vann (Tabell 3-1), men ved å kvantifisere gjenværende olje/PAH på platene etter fullvask og ved å forutsette at all olje/PAH løses ut fra platen til et spesifikt volum med vann, kan man beregne en teoretisk konsentrasjon for maksimal utlekkingspotensiale. Dersom verdiene for de ulike 16-PAH er lavere enn iht. Drikkevannsforskriften og veiledere kan vi dermed forutsette at platene er tilstrekkelig rene. Denne tilnærmingen er nærmere beskrevet i kap. 5.4.

Tabell 5-2 16-PAH etter fullvask av plater påført oljeemulsjon, rapportert i µg/plate (dvs. 225 cm²).

16-PAH	Kompositt TG µg/plate	Stål TG Plus µg/plate	Aluminium µg/plate	Aluminium + TG DW µg/plate
Naftalen	<LOD	0,01558	<LOD	<LOD
Acenaftylen	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Acenaften	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Fluoren	<LOD	0,017	<LOD	<LOD
Fenantren	0,0032	0,061	0,0030	0,0042
Antracen	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Fluoranten	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Pyren	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Benz[<i>a</i>]antracen	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Krysen	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Benzo[<i>b</i>]fluoranten	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Benzo[<i>k</i>]fluoranten	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Benzo[<i>a</i>]pyren	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyren	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Dibenz[<i>ah</i>]antracen	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Benzo[<i>ghi</i>]perylen	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD

LOD: Deteksjonsgrense, "Limit of detection" (0,003 µg) basert på laveste verdi i kalibreringskurven.

5.3 Utlekkingstest og kvantifisering av 16-PAH

Resultatene fra utlekkings testen er rapportert i µg PAH/l og er vurdert i henhold til Tabell 3-1 (Veileder M-608:2016 og Drikkevannsforskriften) der grenseverdiene for de 16-PAH også er gitt i µg/l. Resultatene er oppsummert i Tabell 5-3, og gitt i Vedlegg E (Tabell E 3 til Tabell E 6). Tabell 5-3 viser konsentrasjoner av 16-PAH hvor bakgrunnsverdier fra testplater uten tilsatt oljeemulsjon er trukket fra (korrigert) for plater som har vært tilsatt oljeemulsjon. Denne korreksjon ble gjort for å få en mest mulig realistisk kvantifisering av 16-PAH etter utlekkings testen. LOD for hver PAH-komponent er basert på blankprøver av sjøvann uten plater og 3 ganger standardavvik av disse.

Overordnet viser utlekkings testene svært lave konsentrasjoner av 16-PAH. Komposittplate uten tilsatt oljeemulsjon viste forhøyet verdi for én enkelt-PAH (benz[*a*]antracen) etter utlekkings test som vi ikke kan kontrollere for. Dette er basert på én enkeltplate og kan ansees som en uteligger. Komposittplaten med oljeemulsjon viste derimot for denne komponenten 10x lavere konsentrasjon enn platen uten tilsatt oljeemulsjon, og ligger innenfor tilstandsklasse "god" iht. Drikkevannsforskriften (ref. Tabell 3-1).

Dersom rengjøringsprosessen vurderes mot grenseverdiene for de 16-PAH i de valgte veilederne og Drikkevannsforskriften viser resultatene at den testede rengjøringsprosedyren er tilstrekkelig for å fjerne rester av oljeemulsjon. I og med at det ble detektert enkelt-PAH fra plater uten oljeemulsjon fra utlekkings testen i små konsentrasjoner kan det ikke utelukkes at dette skyldes utlekking fra selve materialet/coatingen.

Tabell 5-3 16-PAH i vannprøver fra utlekkingsstest (3 døgn). Resultatene er korrigert for bakgrunnsverdier for plater uten tilsatt oljeemulsjon.

PAH	Kompositt TG	Stål TG Plus	Aluminium	Aluminium + TG DW
	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Naftalen	<LOD	0,88	<LOD	<LOD
Acenaftylen	<LOD	0,00084	<LOD	<LOD
Acenaften	0,0016	<LOD	<LOD	<LOD
Fluoren	0,015	0,084	0,0099	0,0060
Fenantren	0,059	0,050	0,036	0,036
Antracen	<LOD	0,032	<LOD	<LOD
Fluoranten	0,0017	<LOD	0,0028	0,0020
Pyren	0,00051	<LOD	0,0016	0,0011
Benz[<i>a</i>]antracen	*	0,0018	0,00088	0,00035
Krysen	0,00093	0,025	0,0048	0,00094
Benzo[<i>b</i>]fluoranten (BBF)	0,00014	<LOD	0,00037	0,000090
Benzo[<i>k</i>]fluoranten (BKF)	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Benzo[<i>a</i>]pyren	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyren (IN)	<LOD	*	0,00011	<LOD
Dibenz[<i>ah</i>]antracen	<LOD	0,000080	<LOD	<LOD
Benzo[<i>ghi</i>]perylene (BPE)	<LOD	*	0,00013	<LOD
Sum BBF+BKF+IN+BPE	0,00014	NQ	0,00061	0,000090
Sum 16-PAH	0,079	1,07	0,056	0,047

* Verdi "plate uten olje" er større enn "plate med olje" (verdier >LOD). Bemerk: Konsentrasjon av Benz[*a*]antracen for komposittplate uten oljeemulsjon betraktes som en uteligger (se Tabell E 6).

5.4 Oppsummering av testresultatene

I dette prosjektet har SINTEF utført en systematisk rengjøringsprosess i vaskerobot for å teste rengjøring av testplater som basis for å evaluere godheten av utarbeidet rengjøringsprosedyre. Rengjøringsprosessen innbefattet utvasking av et tykt lag med oljeemulsjon (1 mm tykt) impregnert på ulike testplater (15x15 cm) behandlet med Tankguard DW (aluminium, kompositt og stål) og Tankguard Plus (stål), samt ren aluminiumsplate uten coating ble testet. Til disse forsøkene, ble det benyttet en oljeemulsjon av en avdampet Oseberg Blend råolje (250°C+ residue med 50 vol% inn-emulgert vann). SINTEFs vaskerobot har tidligere vært benyttet i en rekke ulike prosjekter for uttesting av vaskeeffektivitet under kontrollerte og reproducerbare forsøksbetingelser (Øksenvåg et al. 2021).

Prosedyren som ble valgt for testing med vaskerobotten i dette prosjektet tar utgangspunkt i utarbeidet forslag til rengjøringsprosedyre av lasterom og tanker som har mellomlagret oljeemulsjon. Testresultatene har vist at med den valgte parafinske emulsjonen, rengjøres testplatene svært godt ved først å spyle vekk all synlig oljeemulsjon med kaldt vann med høyt vanntrykk, og hvor man etter denne forvasken sitter igjen med en tynn (lite synlig) oljefilm, som så vil vaskes ut ved bruk av rengjøringsmidler: først påføring av vaskemidlet SeaClean Plus (hydrokarbonbasert) og spyling med varm vann, og deretter påføring av vaskemidlet Aquabreak PX (vannbasert) og spyle bort rester av disse med kaldt vann.

Platene ble etter endt fullvask tørket av med heksanfuktet Bilsomvatt, og ekstraktet kvantifisert for både ev. gjenværende olje (TEM, total ekstraherbart materiale) på GC-FID og 16-PAH (GC-MS). Resultatene fra

analysene på GC-FID viser tydelig forskjeller i gjenværende mengde olje (TEM) oppgitt som mg/plate eller mg/m² mellom kald forvask og etter endt fullvask med rengjøringsmidler etterfulgt av varm og kald spyling (se Figur 5-5 A og B). Etter endt fullvask, ble det påvist svært lave konsentrasjoner av TEM i størrelsesorden 10 µg/plate (som tilsvarer 0,44 mg/m²) som er helt ned mot (og delvis lavere enn) analysemetodens deteksjonsgrense. Ett unntak var den første batchen av tilsendte plater med stål med Tankguard DW, hvor det ble løst ut komponenter fra coatingen som ikke var olje. En senere tilsendt batch av nye testplater av stål med den samme type coating viste ikke samme grad av komponenter fra coatingen.

16-PAH ble også kvantifisert etter fullvask av platene på det samme ekstraktet som ble benyttet for kvantisering av gjenværende olje (TEM). Også her viste resultatene svært lave verdier helt ned mot analysemetodens deteksjonsgrense (LOD), se Tabell 5-2.

Hypotese:

Under forutsetning av at ev. gjenværende olje (TEM) og PAH på test-platene etter fullvask blir fullstendig tørket av med heksanfuktet Bilsomvatt og videre opparbeidet for kvantifisering, kan disse verdier brukes til å beregne et **teoretisk maksimalt potensialet** for utlekking fra platene. Dette ved å anta at all olje (TEM) og PAH løses ut fra veggene til et spesifikt volum av vann (sjøvann). Dersom da denne beregnede konsentrasjonen ligger under de grensekrav som settes i forskriftene, så tilsier dette at platene er tilstrekkelig rene etter endt fullvask.

Med en slik tilnærming vil det dermed være tilstrekkelig å kvantifisere gjenværende mengde olje (TEM) og ev. PAH på veggene etter vasking av en tank som grunnlag for å kunne vurdere renhetsgraden av tanken opp mot eksisterende grenseverdier som er basert på en bestemt konsentrasjon i vann (se kap. 3.1). Dermed vil man slippe å måtte fylle opp tanken med vann og la den stå for utlekking over en viss tidsperiode for å dokumentere konsentrasjonen av de spesifikke oljekomponentene opp mot eksisterende grensekrav. Dette vil i så fall være svært tids- og kostnadsbesparende.

Det er viktig å presisere at dette er en meget konservativ tilnærming, da både olje (hydrokarboner-TEM) og de spesifikke 16-PAH har en svært lav løselighet til drikkevann og sjøvann.

I dette prosjektet ble denne hypotesen forsøkt verifisert ved å gjennomføre utlekkingsforsøk (fullvasket testplate lagt i 0,8 liter sjøvann i 3 døgn). Imidlertid viste disse analysene ingen signifikante forskjeller i forhold til bakgrunnsverdier av blindprøver (utlekkingsforsøk med testplater som ikke hadde vært eksponert med olje). Konsentrasjonene av de målbare PAH i vannet som lå over deteksjonsnivå (LOD) var imidlertid flere størrelsesorden lavere enn de grensekrav hentet fra litteraturen (Drikkevannsforskriften og veileder for drikkevannsforsyning offshore).

Vurdering av fortynningsfaktor ved utlekkingsforsøk:

I forbindelse med vurdering av resultatene fra disse utlekkingsforsøk er det også viktig å ta hensyn til forholdet mellom vannvolum vs. areal av oljeeksponert flate når dette skaleres opp til å vurdere potensialet for utlekking fra vegger til vann i et lasterom / tank om bord på et fartøy. I utlekkingsforsøkene i laboratoriet var forholdet mellom vannvolum (0,8 liter) og areal oljeeksponert plate (225 cm²) på 0,036 m³ vann/m² veggflate. Hvis man for sammenligning har en stor kubisk tank (lasterom) på 1000 m³ (f.eks. 10 x 10 x 10m), vil dette forholdet være: $1000\text{m}^3 / 600\text{m}^2 = 1,66 \text{ m}^3/\text{m}^2$, som tilsier et vannvolum/vegg-forhold som vil gi ca. 47 ganger større fortynning enn for utlekkingsforsøkene i laboratoriet. I NSK-rapporten (2020) gis det ulike eksempler på tankvolum for ulike fartøy aktuelle i oljevernssammenheng. Et lite fiskefartøy under 15m (med typisk 15-20 m³ tanker) vil ha et vannvolum/vegg-forhold som vil gi 12–15 ganger større fortynning enn utlekkingsforsøkene i laboratoriet. I et fiskefartøy over 15 m vil tilsvarende et vannvolum/vegg-forhold være 15–20 ganger større fortynning enn ved utlekkingsforsøkene i laboratoriet.

Disse eksemplene viser at konsentrasjoner oppnådd i utlekkingsforsøkene i laboratoriet må anses som konservative, da vannvolum/vegg-forhold i tanker på fartøy vil gi en langt større fortykning av ev. utlekte oljekomponenter fra tankveggene.

5.5 Forslag til videre dokumentasjon

- På sikt kan det anbefales at det utføres supplerende utlekkingsforsøk på plater hvor det er kvantifiserbar mengde oljefilm (TEM/PAH) etter rengjøring. Dette for å fremskaffe bedre grunnlag for eventuelt å revidere de foreslåtte rengjøringskriteriene og prosedyrene fra dette prosjektet.
- Den valgte rengjøringsprosedyren som ble brukt under testing med vaskeroboten med Oseberg-emulsjonen bør også uttestes på andre olje- og emulsjonskvaliteter. Spesielt kan dette gjelde for oljer som er mer utfordrende mht. til vaskeeffektivitet både for å fjerne oljeemulsjonen etter forvask, men også for å vaske av gjenværende oljefilm festet til tankveggen etter rengjøring med rengjøringsmidler. Dette kan f.eks. gjelde både voksrike og tyngre asfaltenske oljer. Dette kan gi grunnlag for ytterligere styrking av den foreslåtte rengjøringsprosedyren.

6 Rengjøring av tanker

Rengjøringsprosedyren har til hensikt å tilbakeføre fartøyenes tank eller lasterom til ordinært bruk etter mellomlagring av oljeemulsjon. Anbefalt rengjøringsprosedyre er basert både på tidligere utarbeidede prosedyre samt resultater fra dette prosjektet. NSK Ship Designs prosedyrer er utarbeidet for fire eksempelfartøy (kopi for en av disse er gitt i Vedlegg G). I disse prosedyrene benyttes det rengjøringsmidlene SeaClean Plus for å vaske ut oljeemulsjon og Aquabreak PX for ny nedvask av tanken. Når tankene er rengjort etter en oljevernaksjon må rengjøringen kontrolleres av et tredjepartsfirma. Iht. NSK Ship Design, 2020 sies det videre at dersom vask ikke er godt nok gjennomført må fartøyet gjennom en ny runde med rengjøring, før det da kontrolleres på nytt. Det presiseres også at Mattilsynet ikke har rolle som et godkjenningsorgan.

6.1 Anbefaling av rengjøringsprosedyre av tanker etter mellomlagring av oljeemulsjon

SINTEF har i dette prosjektet gjennomført systematiske og kontrollerte vaskeforsøk i SINTEFs vaskerobot og testet den relative vaskeeffektiviteten av en råoljeemulsjon på ulike test-plater som representerer ulike vegg-/coating kvaliteter relevant i lagringstanker for fiskefartøy. Det eksperimentelle testoppsettet (designet av disse forsøkene) har tatt utgangspunkt i de foreliggende prosedyrene for høytrykksvasking av tanker i fartøy etter mellomlagring av oljeemulsjon etter en kystnær oljevernaksjon. Vaskerobotten vil imidlertid ikke kunne gjenskape samme fysiske vaskebetingelse som er mulig i vasking av tanker i et fartøy. Imidlertid vil testing med en vaskerobot kunne gi nyttig dokumentasjon av relativ vaskeeffektivitet ved å isolere og studere betydningen av enkeltvariabler som f.eks. type testmateriale, oljeemulsjon, trykk og temperatur, samt effekt av ulike rengjøringsmidler.

SINTEF vil presisere at tilnærmingen av den foreslåtte rengjøringsprosedyren i utgangspunktet var meget god, og baserer seg på lang erfaring i rengjøring av oljevernutstyr og lagertanker eksponert med forvitret og emulgerte oljeresiduer. Med basis i resultatene fra testmatrisen som ble gjennomført i dette prosjektet, kan imidlertid noen flere operative anbefalinger, presiseringer og begrensninger trekkes inn som et nyttig supplement til rengjøringsprosedyren. Dette gjelder kun parametere som er av betydning for selve effektiviteten av rengjøringsprosessen, og ikke andre operative parametere (f.eks. HMS-parametere) som vi mener allerede er godt beskrevet.

SINTEF foreslår rengjøringsprosessen inndelt i følgende tre trinn:

Trinn 1: Forvask (grovvask) uten rengjøringsmiddel

I dette første vasketrinnet er målet å fjerne det synlige tykke laget av emulsjon på veggene (inkl. topp og bunn) etter tømning av lagret emulsjon. Tykkelsen på dette laget av emulsjon vil variere avhengig av emulsjonens grad av forvitring (tid på sjøen før oppsamling) og dens fysiske egenskaper (bl.a. viskositet, stivhet, flyteegenskaper og vanninnhold), som igjen er knyttet til oljens kjemiske egenskaper som bl.a. kokepunktsfordeling, voks- og asfalteninnhold. For voksrrike råoljer/kondensater med høyt stivnepunkt, samt asfaltenske (tunge) oljer med høye viskositeter kan gjenværende tykkelse av emulsjon på veggene etter tømning av tanken (før grovvask) være mange cm tykk. Lettere parafinske og naftenske råoljer vil tilsvarende trolig ha et tynnere lag med olje på tankveggene etter tømning av tanken før grovvask (< mm tykkelser).

Målet etter forvask (grovvask) er som sagt å få fjernet den synlige oljeemulsjonen på veggene. Bli dette gjort på en god måte vil man kun sitte igjen med en tynn oljefilm som er veggfuktende. Denne oljefilmen vil kunne være vanskelig å se visuelt (avhenger av oljens egenfarge). Forsøkene med vaskerobotten viste at den parafinske Oseberg Blend emulsjonen (1 mm tykk) lot seg relativt lett vaskes av med tre overspylinger med kaldt vann. Det er derfor å anta at en grovvask av en tank med kaldt vann er tilstrekkelig for slike parafinske

emulsjoner da større høytrykksspylere har et større trykk og vann-leveranser enn vaskerobten brukt i laboratorieforsøkene. For mer utfordrende emulsjoner (høye viskositeter og høye stivnepunkt), kan en benytte varmt vann (60–80 °C) som vil øke effekten av grovvaskingen, da høy temperatur gjør emulsjonen mindre viskøs og mer flytende og dermed lettere å fjernes fra veggene. HMS aspekt må ivaretas av personell dersom man inkluderer spyling med varmt vann i denne fasen.

Forvasken er altså en svært viktig del av hele rengjøringsprosessen, og at den blir gjort grundig slik at all tykk (synlig) emulsjon fjernes fra veggene. Viktig å komme til alle overflater, spesielt viktig i hjørner, bak strukturer etc. Vaskevannet (sloppvannet) etter denne grovvasken vil inneholde mye olje, bør gå til en egen slopptank for videre utsettling av olje og oljedråper fra det frie vannet før avhending. De profesjonelle aktørene vil i midlertidig følge sine egne prosedyrer for håndtering av vaskevann (sloppvann) og blir derfor ikke videre beskrevet i denne rapporten.

Trinn 2: Rengjøring med oljebasert rengjøringsmiddel (Unitor Seaclean Plus eller tilsvarende)

Etter påføring av Seaclean Plus (typisk 0,05–0,1 liter pr m² vegg) på oljefilmen, følger en anbefalt virkningstid (minimum 30 min) før veggene spyles med varmt vann. Vaskevannet fra behandling med rengjøringsmiddel inneholder sannsynligvis lave oljekonsentrasjoner med små dispergerede oljedråper i tillegg til rester av rengjøringsmidler. Dette vannet bør ikke overføres til samme slopptank/settlingstank med mye olje etter forvask, da rengjøringsmiddelet kan forringe separasjonsprosessen. De profesjonelle aktørene vil i midlertidig følge sine egne prosedyrer for håndtering av vaskevann (sloppvann) og blir derfor ikke videre beskrevet i denne rapporten.

Merknad: Før behandling (påføring) av oljebasert rengjøringsmiddel på den gjenværende oljefilmen, kan det være en fordel at det spyles med varmt vann, slik at oljefilmen "mykes opp" som gjør at rengjøringsmiddelet fester seg bedre til oljefilmen og vil kunne blande seg inn (migrere inn) i selve oljefilmen, og dermed øke vaskeeffekten. Dette kan gjelde for f.eks. mer viskøse eller forvitrete oljer. Erfaringer fra "Full City"-hendelsen (2009) med såpe-behandling og vasking av oljefilm på berg-vegger (substrat) viste at en slik forvarming av oljefilmen før spraying av rengjøringsmiddel ga en svært positiv effekt. HMS aspekt må i så fall ivaretas av personell dersom man inkluderer ekstra spyling med varmt vann i denne fasen.

Trinn 3: Slutt-rengjøring med vannbasert rengjøringsmiddel (Unitor Aquabreak PX eller tilsvarende)

Etter spyling med varmt vann, påsprayes vannbasert rengjøringsmiddel (typisk 0,05–0,1 liter pr m² vegg). Etter den anbefalte virkningstiden på 20–30 min., spyles veggene med kaldt vann. De profesjonelle aktørene følger sine egne prosedyrer for håndtering også av vaskevannet etter sluttrenngjøringen.

Det henvises til Vedlegg H som beskriver den foreslåtte prosedyren for "Rengjøring av tanker om bord på oljevernfarøy benyttet til mellomlagring av oljeemulsjon".

6.2 Anbefaling av grenseverdier for akseptable rene vegger

Forsøkene som ble gjennomført i dette prosjektet med vasketesting av ulike coatinger ga svært lave tall på gjenværende oljekomponenter på testplatene etter fullendt vasking av den utvalgte råolje-emulsjon (Oseberg Blend 250°C+ residue/50% vann). Dette tilsier at alle testplatene i realiteten ble vasket helt rene, og med et utlekkingspotensiale langt lavere enn eksisterende krav på grenseverdier for hydrokarboner <10 µg/l iht. Offshoreveileder, 2017 og for 16-PAH iht. Drikkevannsforskriften som referert til i Tabell 3-1 (grønn kolonne – "god"). Forvask (uten rengjøringsmidler) viste imidlertid store forskjeller i vaskeeffektivitet for de ulike coatingene.

Med å bruke en tilnærming om et "maksimal utlekkingspotensial" dvs. at alle gjenværende oljekomponenter (TEM) og 16-PAH på testplater (15x15 cm) eller THC⁴ og 16-PAH på et tilsvarende veggareal i en tank på et fiskefartøy vil kunne lekke ut til omkringliggende volum med vann, og bruker denne "teoretiske beregnede konsentrasjon" som et anbefalt kriterium for akseptabel grenseverdi etter vasking. I tillegg må det da også tas høyde for at fortynningsfaktoren i tanker på fartøy vil være typisk 12–20 ganger større enn i utlekkingsforsøkene i laboratoriet med 0,8 liter omkringliggende vann (se vurdering av fortynningsfaktor i kap. 5.4). Det foreslås derfor her en faktor på 10x akseptable konsentrasjoner av oljekomponenter på rengjorte tankvegger (inkl. tak og gulv) i forhold til utlekkingsforsøkene. Med en slik tilnærming kan det foreslås følgende akseptable grenseverdier til rengjorte tanker basert på fortynningsfaktor 10x:

- Totale hydrokarboner (THC³): <0,1 mg/225cm² (= 15x15 cm areal) som svarende til <4 mg olje/m² tankvegg.
- 16-PAH: se Tabell 6-1.

Tabell 6-1 *Foreslått grenseverdier for konsentrasjon (mengde) 16-PAH fra vegg-overflate i en tank. Basert på fortynningsfaktor (10x) høyere enn konsentrasjoner se oppgitt grønn kolonne "god" (Tabell 3-1) iht. Drikkevannsforskriften.*

16-PAH	µg/ 225cm ² overflate (15x15 cm)
Naftalen	20
Acenaftylene	12,8
Acenaften	38
Fluoren	15
Fenantren	5
Antracen	1
Fluoranten	0,063
Pyren	0,23
Benz[<i>a</i>]antracen	0,12
Krysen	0,7
Benzo[<i>b</i>]fluoranten	0,17
Benzo[<i>k</i>]fluoranten	0,17
Benzo[<i>a</i>]pyren	0,17
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>] pyren	0,027
Dibenz[<i>ah</i>]antracen	0,006
Benzo[<i>ghi</i>]perylene	0,0082

6.3 Anbefalt prosedyre for dokumentasjon av renhet etter rengjøring av tanker

For kjemikalietankere (fartøy) som frakter ulike typer kjemikalier, finnes det internasjonale retningslinjer for både for selve rengjøring og for testing av renhet etter vasking av kjemikalietanker, også kalt "Wall Wash Test"-WWT [A Comprehensive Guide To Wall Wash Test \(WWT\) On Chemical Tankers \(marineinsight.com\)](https://www.marineinsight.com/wall-wash-test/).

Det eksisterer på markedet flere kommersielle "test-kits" for dette formålet (se eksemplet i Vedlegg J). Felles for disse prøvetakings-kits er at de krever relativt omfattende prøvetakingsutstyr og reagens for å kunne dekke ulike type kjemikalier (f.eks. klorid-test, permanganat-test, pH-/syretest, etc.). For å detektere tilstedeværelse av hydrokarboner benyttes en "blakkingstest" av metanol-løsning i vann eller

⁴ THC (totale hydrokarboner). Renset ekstrakt for fjerning av eventuelle polare forbindelser før kvantifisering etter prøvetaking av tankvegger, se også prosedyre for "Testing av renhet etter rengjøring av tanker benyttet til mellomlagring av oljeemulsjon om bord på oljevernartøy", Vedlegg I.

spektrofotometer. Dette er ikke komponentspesifikke metoder og kan også gi utslag på ikke-oljekomponenter. Disse metodene kan derfor ikke verifisere de spesifikke kravene iht. Drikkevannsforskriften og dens veiledere.

Med basis i de erfaringer som er gjort gjennom dette prosjektet med utarbeidelse av prosedyrer for prøvetaking og kromatografisk dokumentasjon av renhet etter en rengjøringsprosedyre av testplater, foreslås derfor tilsvarende prosedyrer for prøvetaking, dokumentasjon og krav av renhet etter rengjøring av tanker (se kap. 6.3.1 og 6.3.2, nedenfor). Se også Vedlegg I "Testing av renhet etter rengjøring av tanker benyttet til mellomlagring av oljeemulsjon om bord på oljevern fartøy" som beskriver den foreslåtte prosedyren for analyser av prøver for vurdering av renhet i mer detalj.

6.3.1 Prøvetaking for renhetstest av tankvegger

Inspeksjon gjennomføres av et tredjepartsfirma. En ramme (f.eks. teflon eller polyetylen) på 15x15 cm brukes for å definere et bestemt vaskeareal. Alternativ: bruke tape ev. tusj, for markering av det spesifikke arealet, uten at løsningsmiddel kommer i kontakt med tapen/tusjen.

- Hvert areal tørkes grundig av med Bilsomvatt eller tilsvarende material (3 stk.) fuktet med heksan (pro-analyse-kvalitet) i minimum tre retninger:
 - På skrå ene veien
 - På skrå andre veien
 - Fra topp til bunn, samt langs kantene av rammen
- De tre Bilsomvattene samles i en 40-ml glassvial. Tilsettes ca. 10 ml heksan.
- Heksan-ekstraktet ristes kraftig. Visuell vurdering om ekstraktet er farget av olje. Hvis ekstraktet viser en tydelig farge burde dette være godt nok grunnlag for å si at tanken ikke er tilstrekkelig rengjort og at tanken bør rengjøres ytterligere.

Prosedyren ovenfor foreslås å gjennomføres på 5 arealområder i hver tank. Viktig å ta høyde for områder i tanken som kan ha vært vanskelig tilgjengelig under rengjøringsprosessen (f.eks. hjørner, bak strukturer i tak og gulfv). Ta prøver i ulike høyder da nivået av emulsjon i tanken kan variere. For sporbarhet ("Chain of Custody") henvises det til den profesjonelle aktørens rutiner for merking og forsendelse av prøver til et eksternt laboratorium.

Det anbefales at det tilrettelegges for en liten prøvetakingskoffert /-kit med ferdigpakket utstyr, nok for prøvetaking for de antall tanker som skal testes.

For mer detaljer for prøvetaking henvises det til Vedlegg I "Testing av renhet etter rengjøring av tanker benyttet til mellomlagring av oljeemulsjon om bord på oljevern fartøy".

6.3.2 Dokumentasjon på renhet

- **Nivå 0:** Mattilsynets krav: Ingen prøvetaking, kun visuell kontroll: "lukte rent, ser rent ut". Dvs. at det ikke er synlig oljeemulsjon på vegger, hjørner, tak, gulfv og bak strukturer. Dersom dette ikke er tilfredsstillt, er dette tilstrekkelig til å si at veggene ikke er rene nok og at rengjøringsprosessen bør gjøres på nytt.
- **Nivå 1:** Prøvetaking (kap. 6.3.1): Visuell vurdering / kontroll av farge på løsemiddel (heksan-ekstraktet) i Bilsomvatt/prøveglass. Kriteria: Dersom ekstraktet viser tydelig farge er dette tilstrekkelig til å si at veggene ikke er rene nok og at rengjøringsprosessen bør gjøres på nytt. Dersom ekstraktet ikke viser fargeendring sammenlignet med blankprøve (rent heksan) bør ekstraktet likevel sendes til laboratorium analyse for dokumentasjon (Nivå 2a, b).



- **Nivå 2a:** Ekstraktet kvantifiseres på GC-FID for total mengde olje (THC) pr. areal på veggene. Kriteria: <0,1mg THC/prøve (15x15cm). Analyseprosedyre: Laboratoriets interne standardiserte prosedyrer (SOP).
- **Nivå 2b:** Ekstraktet analyseres på GC-MS for kvantifisering av 16-PAH (pr. areal på veggene: Kriteria: Konsentrasjon (mengde) av 16-PAH lavere enn beskrevet i Tabell 6-1. Analyseprosedyre: Laboratoriets interne standardiserte prosedyrer (SOP).

Dersom tredjepart godkjenner iht. Nivå 0 er tanken godkjent etter dagens krav fra Mattilsynet. Dersom tredjepart godkjenner iht. Nivå 1 er det en ytterligere styrking av det visuelle kravet om renhet, samt at tredjepart godkjenning av 2a og 2b er godt egnet for dokumentasjon.

7 Konklusjon

Foreslått rengjøringsprosedyre ble benyttet for å rengjøre ulike testplater (aluminium, kompositt og stål) behandlet med coatingene Tankguard DW og Tankguard TG Plus, samt ren aluminiumsplate uten coating. Alle testplatene var blitt impregnert med en oljeemulsjon fra en Oseberg Blend (250 °C+ residue/50 vol.% vann) som er en typisk parafinsk oljetype fra norsk sokkel. SINTEF benyttet vaskerobot for å få oppnå en systematisk og reproducerbar vaskeprosess med bla. fast trykk, spraymønster og temperatur. Etter endt fullvask med påføring av rengjøringsmidler (SeaClean Plus og Aquabreak PX) ble platene tørket av med heksan for videre analyser av totalt olje (TEM) og 16- PAH. Det ble også utført en utlekkingstest over 3 døgn ved å legge plater etter endt fullvask i sjøvann med bevegelse for å kvantifisere mulig utlekking av 16-PAH. Ved å sammenligne grenseverdier iht. "Drikkevannsforskrifter" ble det ikke funnet 16-PAH eller TEM (olje) som overskred disse.

Følgende punkter kan konkluderes:

- Rengjøringsprosedyren, basert på testene utført hos SINTEF, viste å være godt egnet til å fjerne den valgte oljeemulsjonen (Oseberg Blend 250°C+ residu/50 vol%) fra testplatene. Dette basert både på en visuell inspeksjon av platene under og etter vask, samt kromatografisk kvantifisering av TEM (olje) og 16-PAH.
- Fjerning av all synlig oljeemulsjon med forvask (uten rengjøringsmidler) er en viktig faktor for å kunne vaske av den gjenværende tynne oljefilmen med bruk av rengjøringsmidler (hydrokarbonbasert og vannbasert) etterfulgt av henholdsvis varm og kald spyling med vann.
- Type veggmateriale (type coating) vil kunne påvirke effektivitet av forvask. Forsøkene viste følgende effektivitet av forvask: Tankguard Plus > Tankguard DW > ren aluminium. Etter fullvask var det derimot ikke forskjeller mellom platene, dvs. platene var vasket rene.
- Det ble ikke påvist forskjeller i vaskeeffektivitet mellom selve testmaterialene aluminium, kompositt og stål.
- De foreslåtte prosedyrene for prøvetaking og kriterier for krav til renhet etter rengjøring av tanker i fartøy som har mellomlagret olje-emulsjon er basert på en forutsetning om at vi kan kvantifisere på en god og sikker måte gjenværende mengde olje og 16-PAH av et spesifikt areal på tank-vegger i fartøy etter rengjøring.

8 Referanser

Drikkevannsforskriften (2017). Forskrift om vannforsyning og drikkevann (FOR-2016-12-22-1868). Hentet fra https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-12-22-1868/KAPITTEL_1#KAPITTEL_1

European Commission. (2015). *Commission Regulation (EU) 2015/1125*. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:JOL_2015_184_R_0004.

fhi.no/nettpub/fremmedstoffer-i-mat/ulike-fremmedstoffer-i-mat/polysykliske-aromatiske-hydrokarboner-pah-i-mat/

[FHI, 2017: fhi.no/globalassets/nok-godt-og-sikkert-drikkevann-offshore-5.-utgave.pdf](https://fhi.no/globalassets/nok-godt-og-sikkert-drikkevann-offshore-5.-utgave.pdf)

Klassifiseringsveileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. <https://www.vannportalen.no/veiledere/klassifiseringsveileder/>

marineinsight.com/guidelines/wall-wash-test-on-chemical-tankers/

M-608 (2016). Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota – revidert 30.10.2020. Veileder. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2016/september-2016/grenseverdier-for-klassifisering-av-vann-sediment-og-biota/>

NSK Ship design (<https://www.nskshipdesign.com/>). Revisjon av Forskrift om bruk av fartøy i oljevern. Dato: 10.12.2020. Dokument nummer 5344-110-001.

02:2018 (2018). Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Veileder. <https://www.vannportalen.no/veiledere/klassifiseringsveileder/>

Sjøfartsdirektoratet: <https://www.sdir.no/sjofart/regelverk/rundskriv/forskrift-om-endring-av-forskrift-8.-februar-2011-nr.-130-om-bruk-av-fartoy-i-oljevern/>

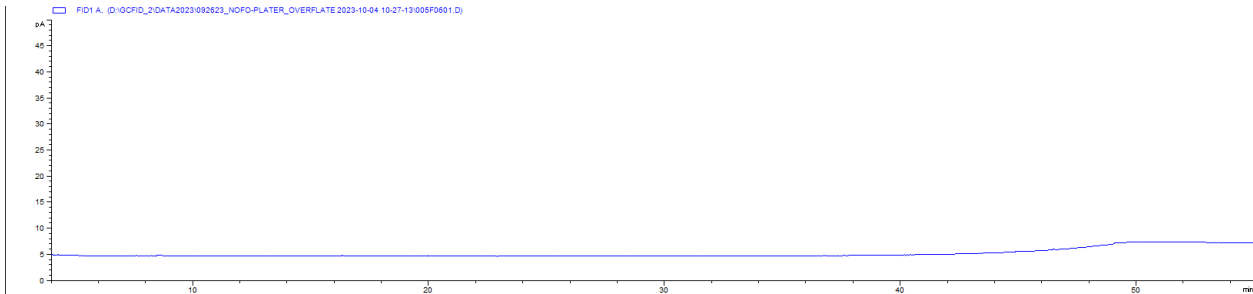
[Wilhelmsen.com/product-catalogue/products/marine-chemicals/cleaning-chemicals/cleaning-and-maintenance/aquabreak-px-25-ltr/](https://wilhelmsen.com/product-catalogue/products/marine-chemicals/cleaning-chemicals/cleaning-and-maintenance/aquabreak-px-25-ltr/)

[Wilhelmsen.com/product-catalogue/products/marine-chemicals/cleaning-chemicals/cleaning-and-maintenance/seaclean-plus-25-ltr/](https://wilhelmsen.com/product-catalogue/products/marine-chemicals/cleaning-chemicals/cleaning-and-maintenance/seaclean-plus-25-ltr/)

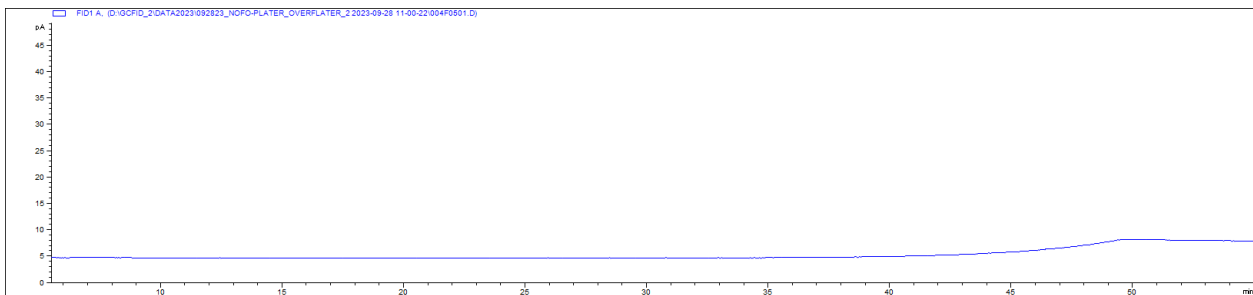
Øksenvåg J.H.C, Pettersen, T-A, Leirvik, F (2021). Ultra Low Sulphur Fuel Oils (ULSFOs) interaction with shoreline. Fate and behaviour on sediments and bedrock, and effectiveness of methods of action. SINTEF report OC2021 A-041. ISBN:978-82-7174-414-4

Vedlegg A GC-kromatogram av overflatefilm etter test med løsemidler

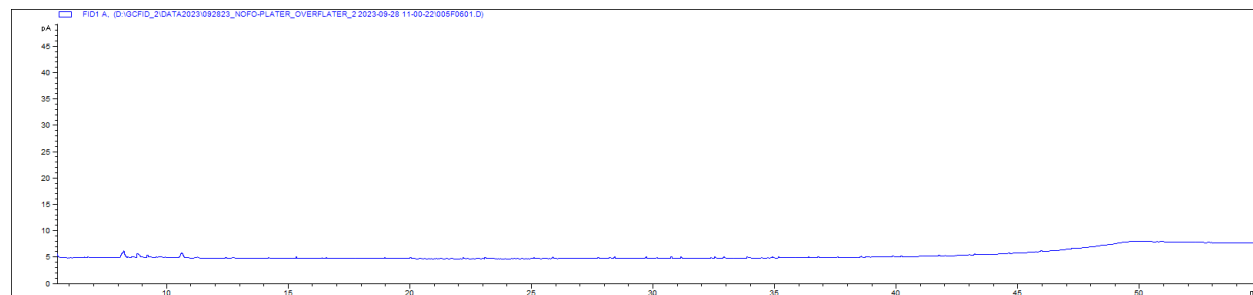
GC-FID kromatogrammer av overflatefilmer fra testplatene etter test med henholdsvis DCM, MeOH og heksan, samt blankprøver.



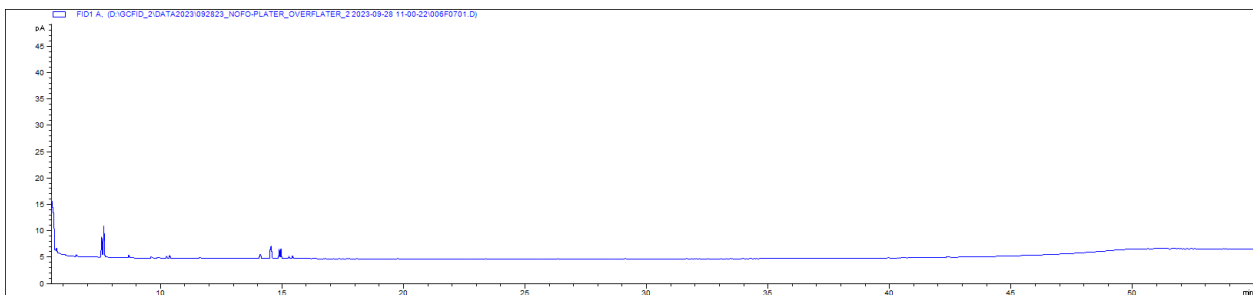
Figur A 1 Blank – Bilsomvatt.



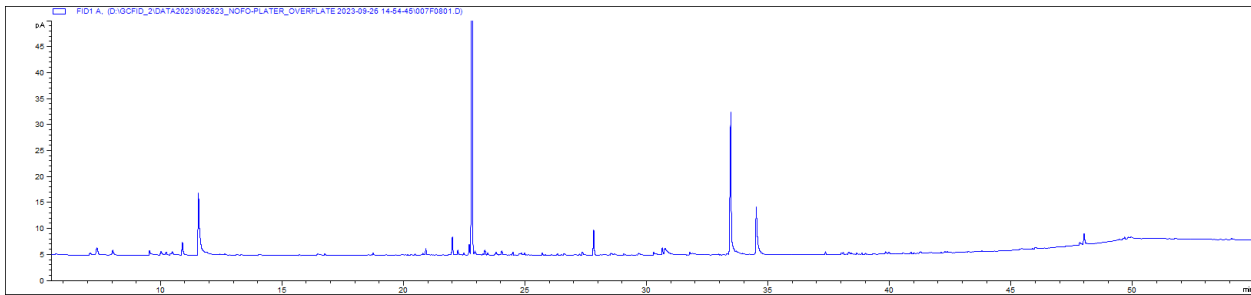
Figur A 2 DCM blank.



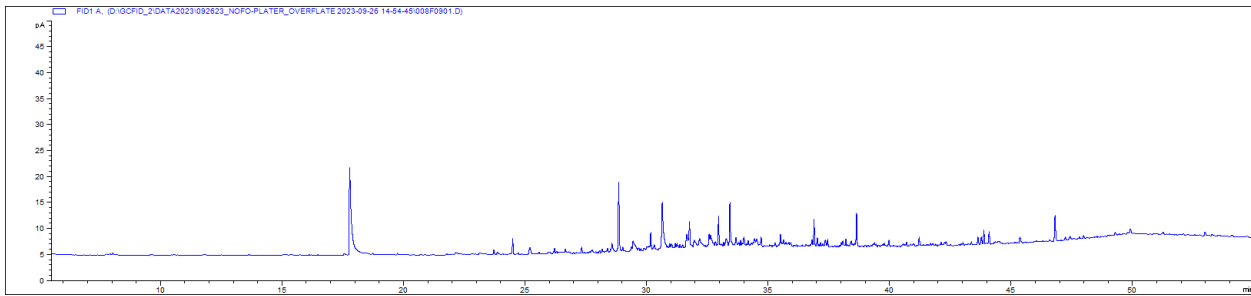
Figur A 3 MeOH blank.



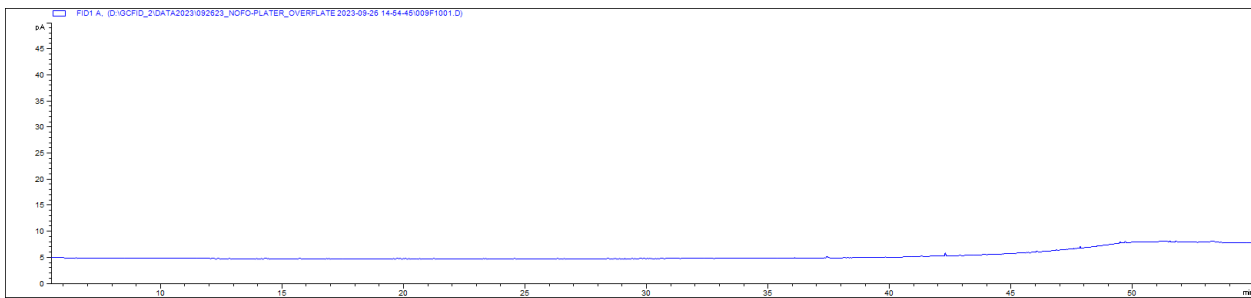
Figur A 4 Heksan blank.



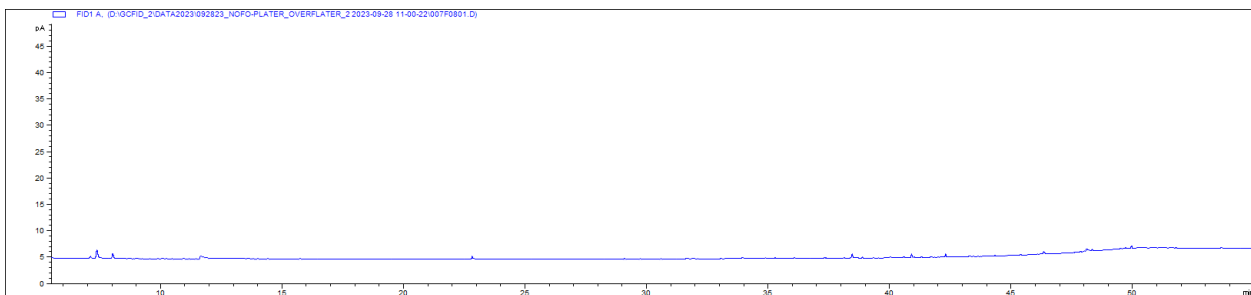
Figur A 5 SINTEF-ID 2023-4001: Aluminium plater med coating Tankguard DW med DCM.



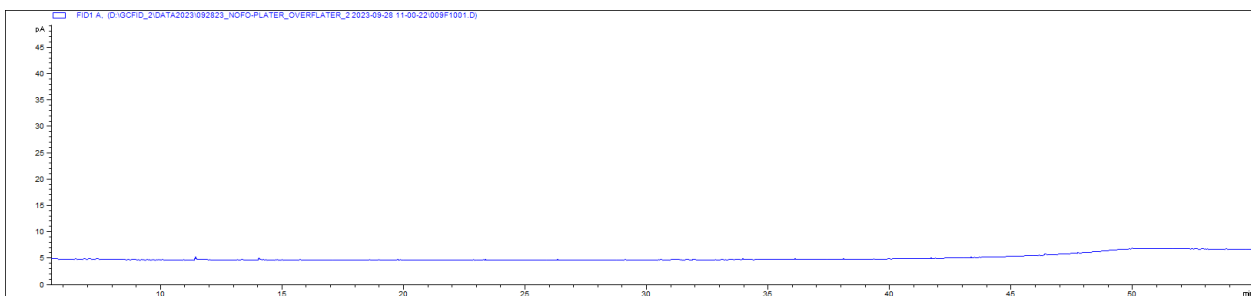
Figur A 6 SINTEF-ID 2023-4001: Aluminium plater med coating Tankguard DW med MeOH.



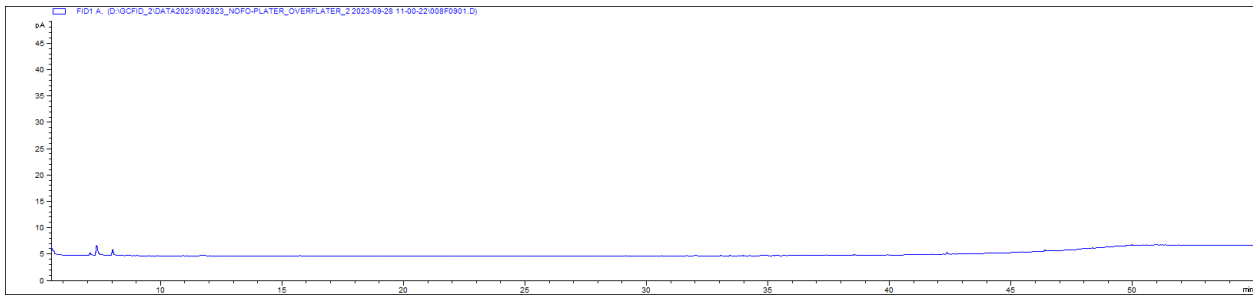
Figur A 7 SINTEF ID-2023-4001: Aluminium plater med coating Tankguard DW med heksan.



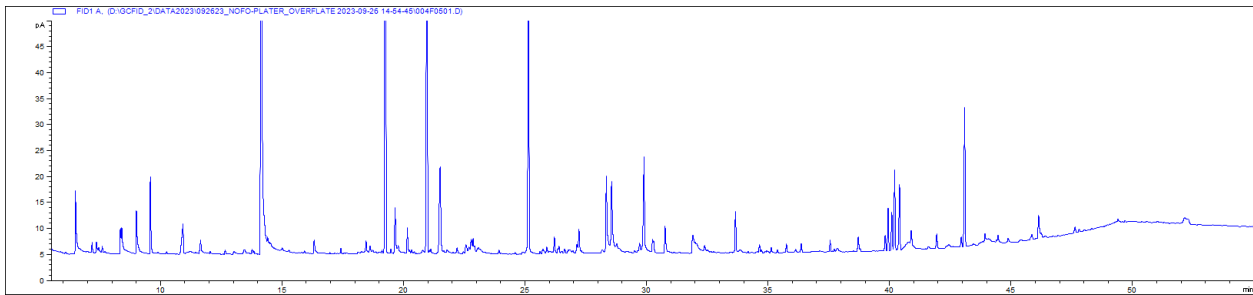
Figur A 8 SINTEF-ID 2023-4002: Aluminium plater uten coating med DCM.



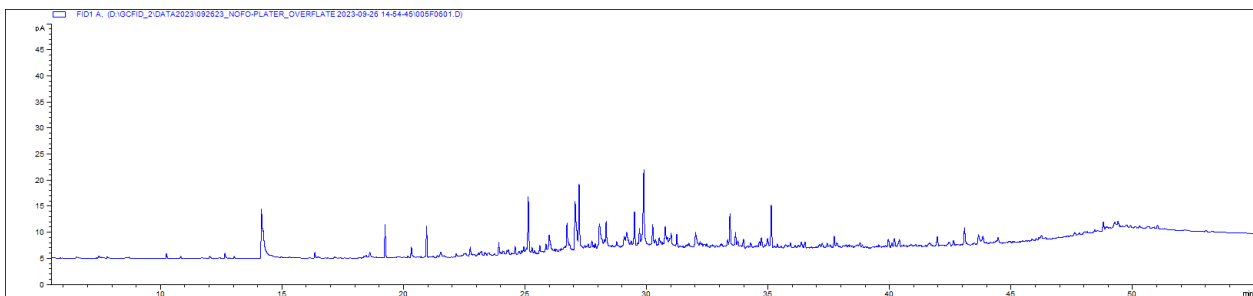
Figur A 9 SINTEF-ID 2023-4002: Aluminium plater uten coating med MeOH.



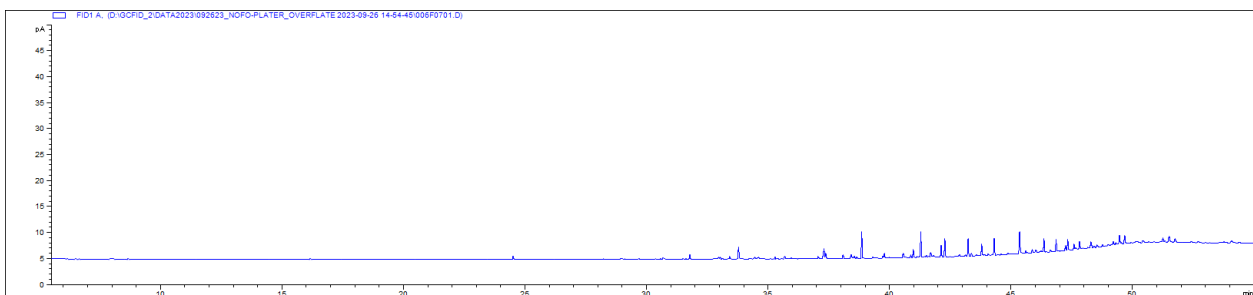
Figur A 10 *SINTEF-ID 2023-4002: Aluminium plater uten coating med heksan.*



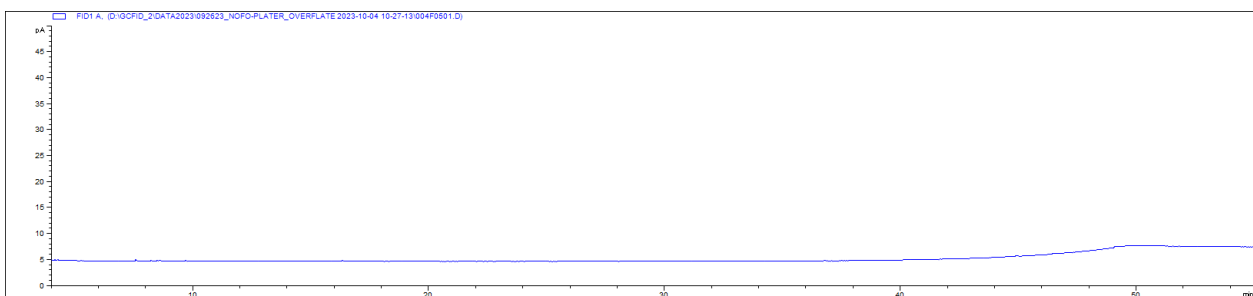
Figur A 11 *SINTEF-ID 2023-4303: Kompositt plater med coating Tankguard DW med DCM.*



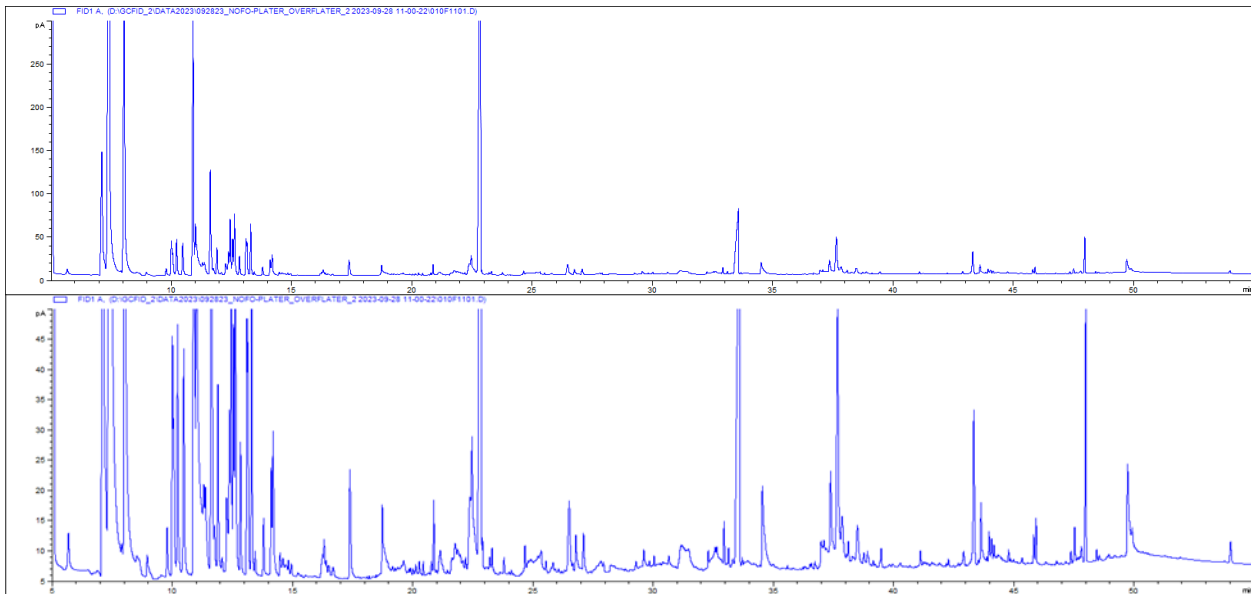
Figur A 12 *SINTEF-ID 2023-4303: Kompositt plater med coating Tankguard DW med MeOH.*



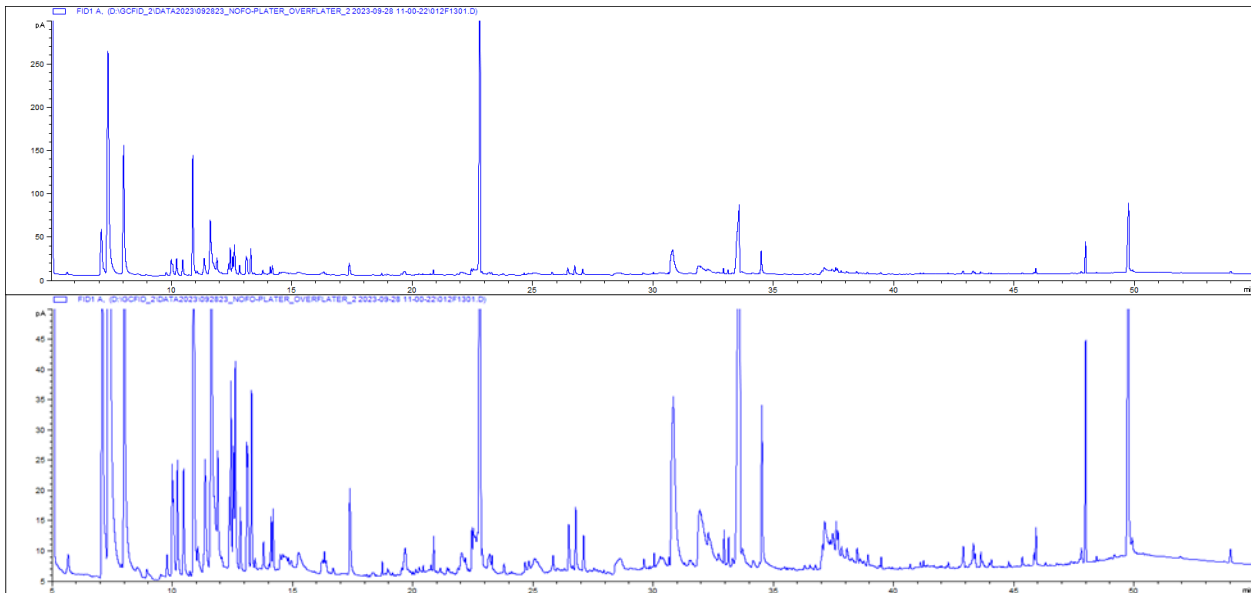
Figur A 13 *SINTEF-ID 2023-4303: Kompositt plater med coating Tankguard DW med heksan.*



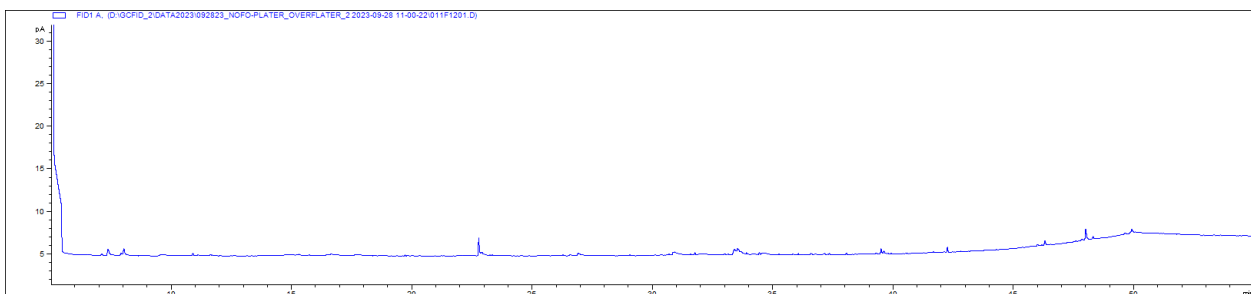
Figur A 14 *SINTEF-ID 2023-4303: Kompositt plater med coating Tankguard DW vasket med MilliQ-vann.*



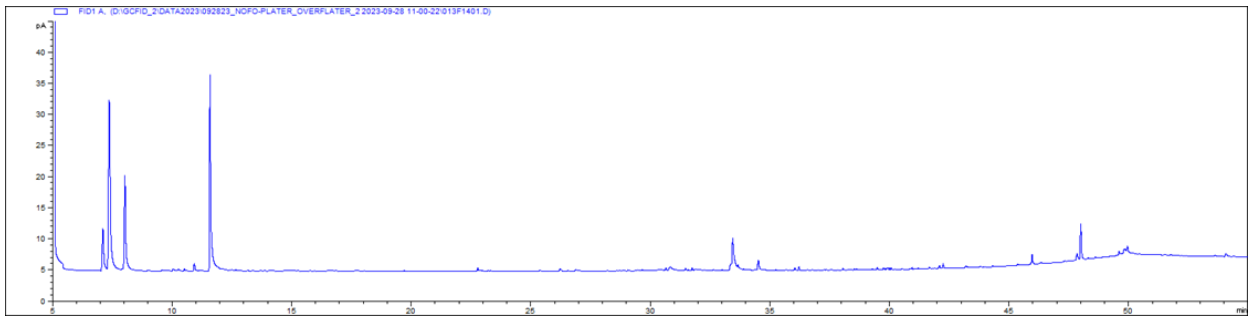
Figur A 15 SINTEF-ID 2023-4927: Stålplater-Behandlet med Tankguard DW med DCM (to ulike skala på y-akse).



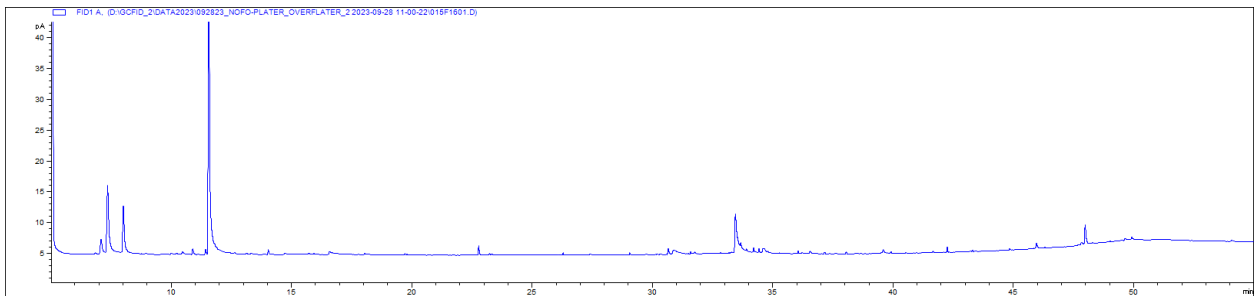
Figur A 16 SINTEF-ID 2023-4927: Stålplater-Behandlet med Tankguard DW med MeOH (to ulike skala på y-akse).



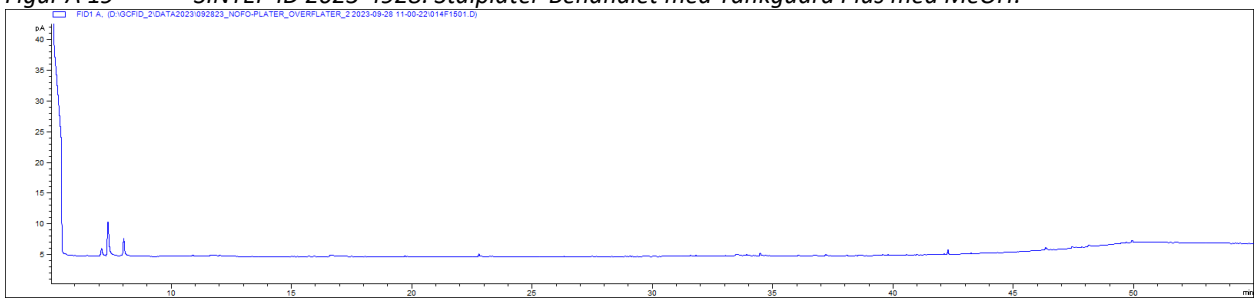
Figur A 17 SINTEF-ID 2023-4927: Stålplater-Behandlet med Tankguard DW med heksan.



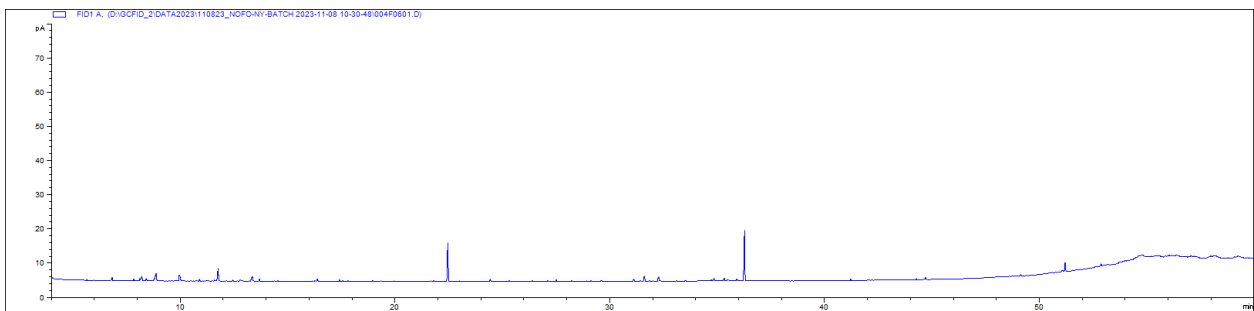
Figur A 18 SINTEF-ID 2023-4928: Stålplater-Behandlet med Tankguard Plus med DCM.



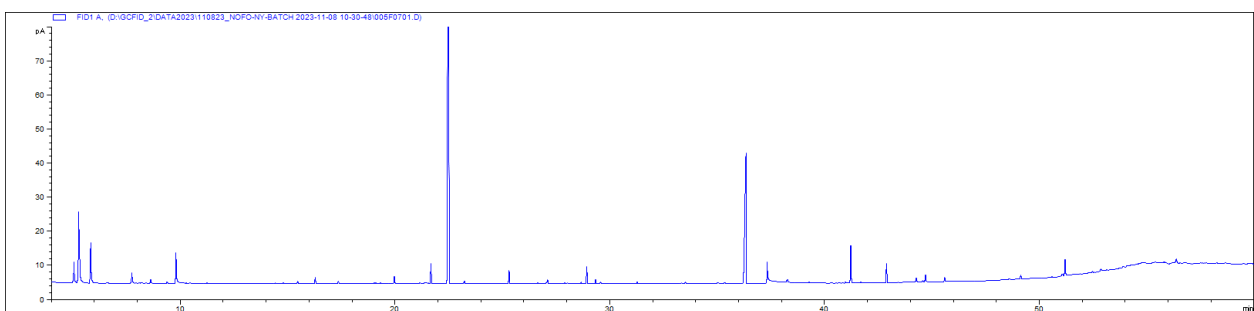
Figur A 19 SINTEF-ID 2023-4928: Stålplater-Behandlet med Tankguard Plus med MeOH.



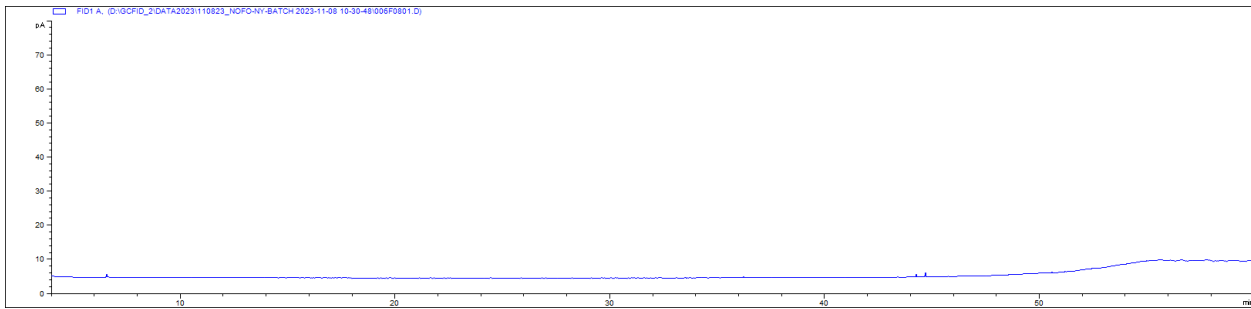
Figur A 20 SINTEF-ID 2023-4928: Stålplater -Behandlet med Tankguard Plus – vasket med heksan.



Figur A 21 SINTEF-ID 2023-8287-S1: Stålplater (ny batch) med Tankguard DW – vasket med MeOH.

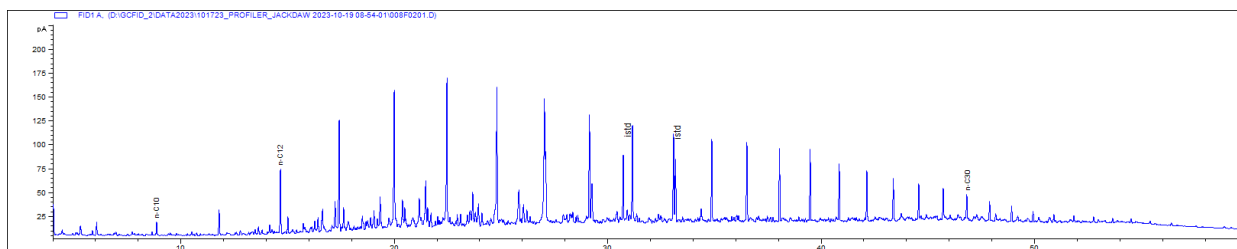


Figur A 22 SINTEF-ID 2023-8287-S2: Stålplater (ny batch) med Tankguard DW – vasket med DCM.

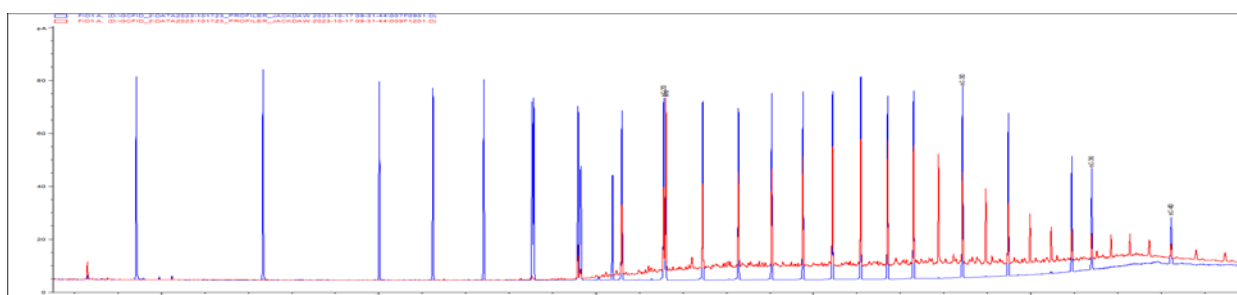


Figur A 23 SINTEF-ID 2023-8287-S3: Stålplater (ny batch) med Tankguard DW – vasket med heksan.

Vedlegg B GC-kromatogrammer Oseberg Blend 250°C+ residue og *n*-alkan standard



Figur B 1 SINTEF-ID 2017-2492: Oseberg blend 250C+ residue (tilsatt internstandard).



Figur B 2 Kromatogram av *n*-alkanstandard (blå) lagt over kromatogram (rød) av plate SINTEF-ID 2023-4001: Aluminium med Tankguard DW i (heksan og DCM).

Vedlegg C Analysebetingelser GC-FID og GC-MS

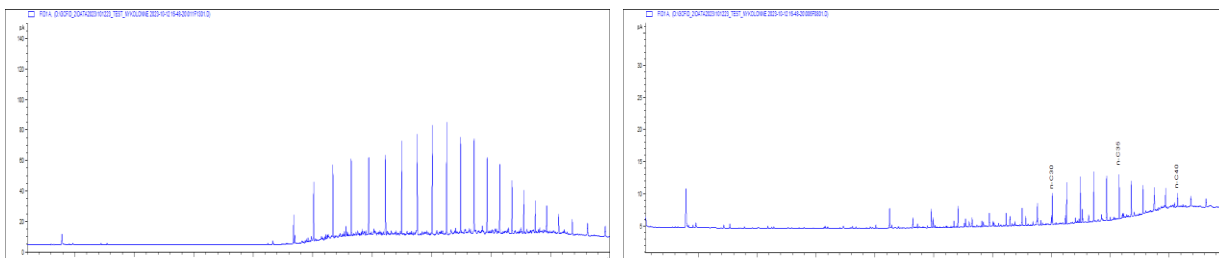
Analyse GC-FID

- Prøver er analysert på gasskromatograf med flammeioniserende detektor (GC-FID).
- Kolonne brukt er en ZB-5MSplus kolonne, 30m, 0.25mm indre diameter og 0.25µm filmtykkelse.
- Temperaturprogram:
- starttemp 40°C (hold 1min) – 5 °C/min til 200 °C – 6 °C/min til 330 °C – hold 10min.
- 1µL prøve injisert.
- TEM kvantifisert.

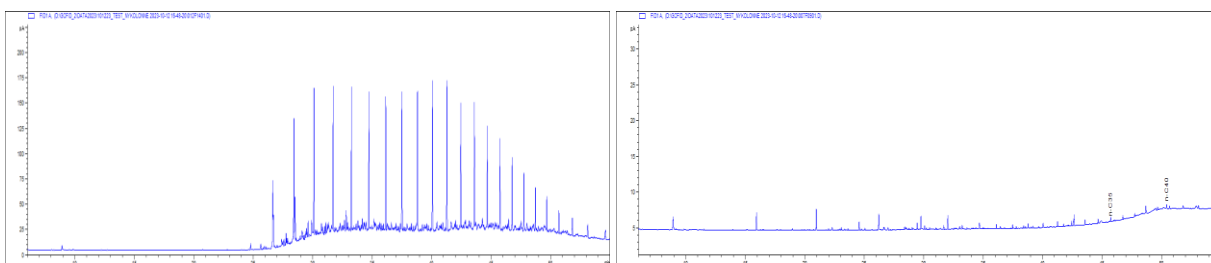
Analyse GC-MS

- Prøver analysert på gasskromatograf med massespektrometer (GC-MS) operert i SIM (single ion monitoring).
- Kolonne brukt er en HP-5MS UI, 60m, 0.25mm indre diameter og 0.25µm filmtykkelse.
- Temperaturprogram: starttemp 40 °C (hold 1.4min) – 6 °C/min til 220 °C – 4 °C/min til 325 °C – hold 10min.
- 1µL prøve injisert.
- 16-PAH er kvantifisert ved hjelp av relative responsfaktorer generert via en 6-punkts-kalibreringskurve.
- Konsentrasjoner og recovery er beregnet med hensyn på d₁₀-acenaphthene.

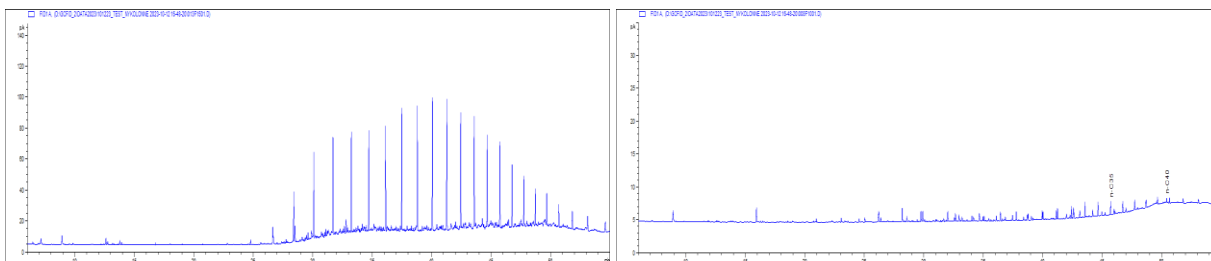
Vedlegg D GC-kromatogram fra vasking av plater med oljeemulsjon



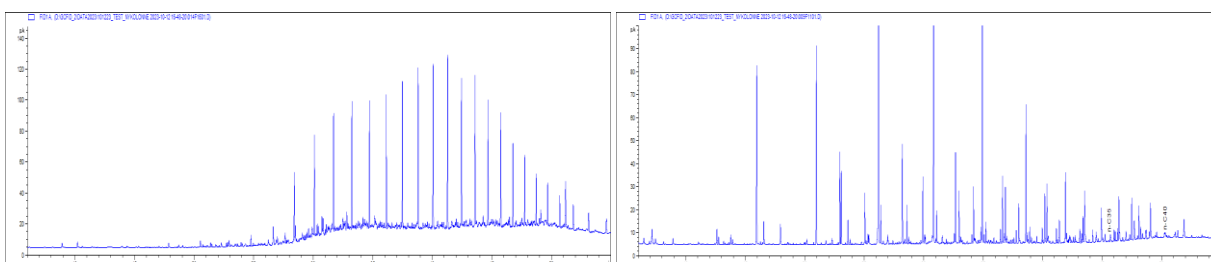
Figur D 1 *SINTEF-ID 2023-4001: Aluminium plater med Coating Tankguard DW: Etter kaldvask til venstre og etter full vaskeprosedyre til høyre.*



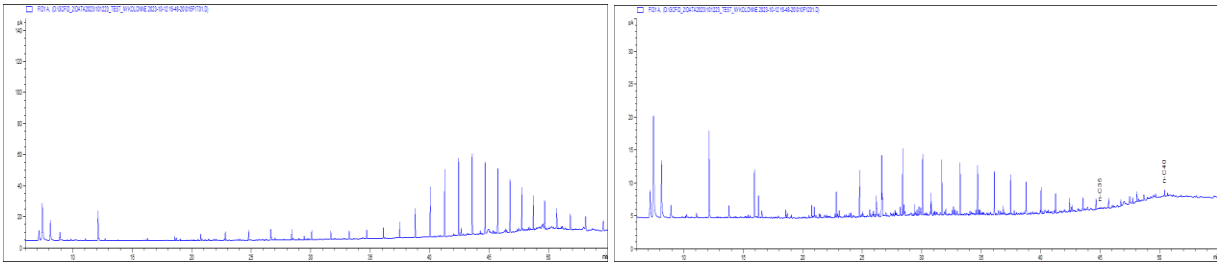
Figur D 2 *SINTEF-ID 2023-4002: Aluminium plater uten coating: Etter kaldvask til venstre og etter full vaskeprosedyre til høyre.*



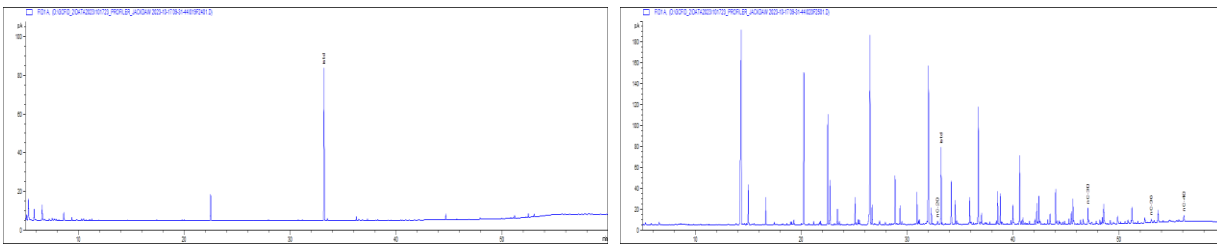
Figur D 3 *SINTEF-ID 2023-4303: Kompositt plater med coating Tankguard DW: Etter kaldvask til venstre og etter full vaskeprosedyre til høyre.*



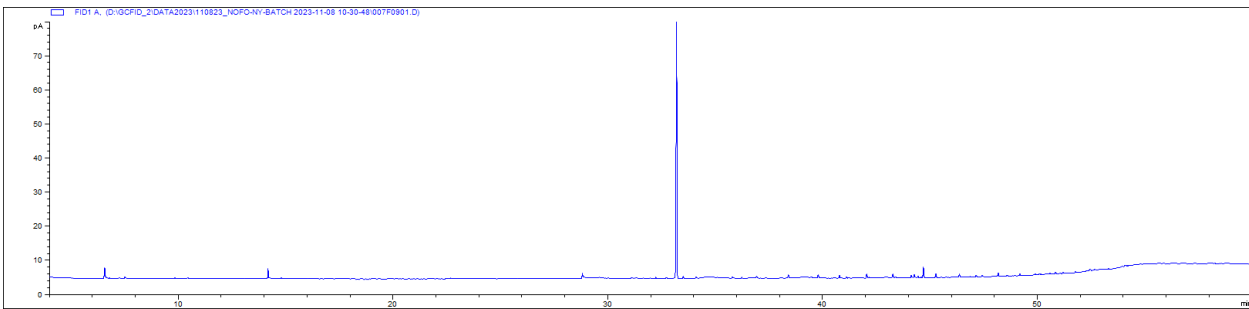
Figur D 4 *SINTEF-ID 2023-4927: Stålplater -Behandlet med Tankguard DW: Etter kaldvask til venstre og etter full vaskeprosedyre til høyre.*



Figur D 5 *SINTEF-ID 2023-4928: Stålplater-Behandlet med Tankguard Plus: Etter kaldvask til venstre og etter full vaskeprosedyre til høyre.*



Figur D 6 *SINTEF-ID 2023-4927: Stålplater-Behandlet med Tankguard DW, blankprøve (markant topp ca. 33 min. er internstandard): Etter kaldvask til venstre og etter full vaskeprosedyre til høyre.*



Figur D 7 *SINTEF-ID 2023-8287: Ny batch med stålplater-Behandlet med Tankguard DW, blankprøve: Fullvasket i vaskerobot (uten olje) vasket av med heksan.*

Vedlegg E Resultater fra PAH fra testplater og utlekkingstester

Resultater fra analyser av PAH fra testplater som har vært påført oljeemulsjon og 16-PAH fra utlekkingstest. Prøver merket "Utlekkingsblank" er vippekar med sjøvann (800 ml), men uten plate, som har stått på vippebordet sammen med prøvene med plater. Dette for å indikere bakgrunnskonsentrasjoner i forsøkshallen der utlekkingstestene ble kjørt og i laboratoriet (lab.blank).

For de øvrige resultatene er det prøver som er merket "uten olje" og "med olje". Prøvene som er merket "uten olje" er plater som ikke ble påført oljeemulsjon før vasking, men som har vært igjennom full vaskeprosess med bruk av SINTEFs vaskerobot.

Tabell E 1 Resultater av 16-PAH fra testplater. Ikke korrigert for instrumentell LOD: 0,003 µg

	Kompositt TG µg/plate	Stål TG Plus µg/plate	Stål TG DW µg/plate	Aluminium µg/plate	Aluminium + TG DW µg/plate
Naftalen	0,00179	0,01558	0,00494	0,002	0,00178
Acenaftalen	0,00019	0,00063	0,00058	0,00021	0,00016
Acenaften	0,00038	0,00132	0,00127	0,00024	0,00045
Fluoren	0,00054	0,01691	0,01928	0,00075	0,00044
Fenantren	0,00324	0,06118	0,10241	0,00423	0,00301
Antracene	0,00046	0,00034	0,00132	0,00047	0,00045
Fluoranten	0,00023	0,00116	0,00291	0,00047	0,00035
Pyren	0,00007	0,0011	0,00121	0,00025	0,00007
Benz[<i>a</i>]antracene	0,00005	0,00044	0,0075	0,00025	0,00006
Krysen	0,00012	0,00112	0,00591	0,00055	0,00015
Benzo[<i>b</i>]fluoranten (BBF)	0,00004	0,00017	0,00092	0,00013	0,00004
Benzo[<i>k</i>]fluoranten (BKF)	0,00003	0,00004	0,00023	0,00005	0,00004
Benzo[<i>a</i>]pyren	0,00007	0,00009	0,00081	0,0003	0,00003
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyren (IN)	0,00004	0,00008	0,00041	0,00022	0,00006
Dibenz[<i>ah</i>]antracene	0,00002	0,00004	0,00359	0,00012	0,00003
Benzo[<i>ghi</i>]perylene (BPE)	0,00005	0,00008	0,00052	0,00022	0,00007

Tabell E 2 Relativ responsfaktor (RRF, normalisert til acenaften-d10) og deteksjonsgrense (LOD, limit of detection) for 16-PAH.

		RRF	LOD (µg/L)	
Naftalen	N	2,231	0,036761	
Acenaftylen	ANY	1,725	0,000426	
Acenaften	ANA	1,107	0,001309	
Fluoren	F	1,280	0,001071	
Fenantren	P	1,865	0,002158	
Antracsen	A	1,625	0,000155	
Fluoranten	FL	1,843	0,000530	
Pyren	PY	1,967	0,000031	
Benz[<i>a</i>]antracsen	BA	1,813	0,000054	
Krysen	C	1,806	0,000087	
Benzo[<i>b</i>]fluoranten	BBF	1,996	0,000070	
Benzo[<i>k</i>]fluoranten	BKF	2,023	0,000252	
Benzo[<i>a</i>]pyren	BAP	1,898	0,000157	
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyren	IN	1,988	0,000101	
Dibenz[<i>ah</i>]antracsen	DBA	1,786	0,000070	
Benzo[<i>ghi</i>]perylene	BPE	1,988	0,000095	

Tabell E 3 Resultater fra analyser av blankprøver. Tilstandsklassenes øvre grenseverdier er gitt.

	God	Moderat	Dårlig	2023-5625	2023-5627	2023-5628	2023-5629
	µg/L	µg/L	µg/L	Lab.blank	Utlekkingsblank 1	Utlekkingsblank 2	Utlekkingsblank 3
Naftalen	2	130	650	0,0120	0,01822	0,03156	0,01788
Acenaftylen	1,28	33	330	0,0001	0,00039	0,00032	0,00025
Acenaften	3,8	3,8	382	0,0005	0,00065	0,00113	0,00066
Fluoren	1,5	34	339	0,0007	0,00112	0,00115	0,00099
Fenantren	0,5	6,7	37	0,0010	0,00249	0,00233	0,00248
Antracen	0,1	0,1	1	0,0001	0,00014	0,00013	0,00016
Fluoranten	0,0063	0,12	0,6	0,0003	0,00055	0,00045	0,00050
Pyren	0,023	0,023	0,23	0,0000	0,00002	0,00002	0,00001
Benz[a]antracen	0,012	0,018	1,8	0,0000	0,00006	0,00005	0,00004
Krysen	0,07	0,07	0,7	0,0000	0,00008	0,00007	0,00005
Benzo[b]fluoranten (BBF)	0,017	0,017	1,28	0,0000	0,00005	0,00002	0,00003
Benzo[k]fluoranten (BKF)	0,017	0,017	0,93	0,0001	0,00021	0,00010	0,00011
Benzo[a]pyren	0,00017	0,027	1,54	0,0000	0,00011	0,00002	0,00006
Indeno[1,2,3-cd]pyren (IN)	0,0027	0,027	0,1	0,0001	0,00009	0,00005	0,00008
Dibenz[ah]antracen	0,0006	0,014	0,17	0,0000	0,00001	0,00003	0,00005
Benzo[ghi]perylene (BPE)	0,00082	0,00082	0,14	0,0001	0,00009	0,00006	0,00008
Sum BBF+BKF+IN+BPE				0,0002	0,0004	0,0002	0,0003
Sum 16-PAH				0,0150	0,0243	0,0375	0,0234

Tabell E 4 Resultater fra analyser av vannprøver fra utlekkings tester på plater av aluminium, med (TG) og uten coating. Plater med og uten oljeemulsjon er testet. Tilstandsklassenes øvre grenseverdier er gitt. Resultatene er ikke korrigert for bakgrunnsverdier for plater uten tilsatt oljeemulsjon.

	God	Moderat	Dårlig	2023-4001-S1	2023-4001-S2	2023-4002-S1	2023-4002-S2
	µg/L	µg/L	µg/L	Aluminium TG uten olje	Aluminium TG med olje	Aluminium uten olje	Aluminium med olje
Naftalen	2	130	650	0,02997	0,01999	0,01745	0,01597
Acenaftylen	1,28	33	330	0,00045	0,00046	0,00043	0,00027
Acenaften	3,8	3,8	382	0,00070	0,00106	0,00083	0,00065
Fluoren	1,5	34	339	0,00247	0,00843	0,00213	0,01205
Fenantren	0,5	6,7	37	0,00772	0,04394	0,00446	0,04013
Antracen	0,1	0,1	1	0,00038	0,00029	0,00012	0,00022
Fluoranten	0,0063	0,12	0,6	0,00102	0,00298	0,00092	0,00376
Pyren	0,023	0,023	0,23	0,00017	0,00126	0,00004	0,00160
Benz[a]antracen	0,012	0,018	1,8	0,00021	0,00056	0,00018	0,00106
Krysen	0,07	0,07	0,7	0,00027	0,00121	0,00021	0,00501
Benzo[b]fluoranten (BBF)	0,017	0,017	1,28	0,00003	0,00012	0,00004	0,00041
Benzo[k]fluoranten (BKF)	0,017	0,017	0,93	0,00014	0,00017	0,00008	0,00020
Benzo[a]pyren	0,00017	0,027	1,54	0,00008	0,00015	0,00003	0,00014
Indeno[1,2,3-cd]pyren (IN)	0,0027	0,027	0,1	0,00006	0,00011	0,00008	0,00019
Dibenz[ah]antracen	0,0006	0,014	0,17	0,00006	0,00002	0,00002	0,00008
Benzo[ghi]perylene (BPE)	0,00082	0,00082	0,14	0,00006	0,00011	0,00006	0,00019
Sum BBF+BKF+IN+BPE				0,0003	0,0005	0,0003	0,0010
Sum 16-PAH				0,0438	0,0809	0,0271	0,0819

Tabell E 5 Resultater fra analyser av vannprøver fra utlekkingstester på plater av stål med TG DW og TG Plus som coating. Plater med og uten oljeemulsjon er testet. Tilstandsklassenes øvre grenseverdier er gitt. Resultatene er ikke korrigert for bakgrunnsverdier for plater uten tilsatt oljeemulsjon.

				2023-4927-S1	2023-4927-S2	2023-4928-S1	2023-4928-S2
	God	Moderat	Dårlig	Stål TG DW uten	Stål TG DW med	Stål TG Plus uten	Stål TG Plus med
	µg/L	µg/L	µg/L	olje	olje	olje	olje
Naftalen	2	130	650	0,17968	0,28996	0,04399	0,91860
Acenaftylen	1,28	33	330	0,02164	0,02720	0,00035	0,00119
Acenaften	3,8	3,8	382	0,00000	0,00284	0,00174	0,00302
Fluoren	1,5	34	339	0,02888	0,07152	0,00153	0,08527
Fenantren	0,5	6,7	37	0,00457	0,09298	0,00241	0,05295
Antracen	0,1	0,1	1	0,00064	0,00109	0,05040	0,08215
Fluoranten	0,0063	0,12	0,6	0,00305	0,00258	0,00130	0,00055
Pyren	0,023	0,023	0,23	0,01104	0,02066	0,00040	0,00046
Benz[a]antracen	0,012	0,018	1,8	0,09193*	0,04054*	0,00035	0,00213
Krysen	0,07	0,07	0,7	0,19334*	0,20643*	0,00626	0,03128
Benzo[b]fluoranten (BBF)	0,017	0,017	1,28	0,00171	0,00094	0,00006	0,00010
Benzo[k]fluoranten (BKF)	0,017	0,017	0,93	0,00034	0,00030	0,00023	0,00039
Benzo[a]pyren	0,00017	0,027	1,54	0,02033*	0,01638*	0,00008	0,00008
Indeno[1,2,3-cd]pyren (IN)	0,0027	0,027	0,1	0,00096	0,00175	0,00048	0,00006
Dibenz[ah]antracen	0,0006	0,014	0,17	0,00082*	0,07234*	0,00006	0,00014
Benzo[ghi]perylene (BPE)	0,00082	0,00082	0,14	0,00014	0,00016	0,00044	0,00006
Sum BBF+BKF+IN+BPE				0,0031	0,0032	0,0012	0,0006
Sum 16-PAH				0,5591	0,8477	0,1101	1,1784

* Stålplate med Tankguard DW har enkeltkomponenter med høyere konsentrasjoner enn for de andre platene testet. Denne batchen ansees som ikke representativ og ble derfor ikke evaluert i resultatkapittel 5 (Tabell 5-2 og Tabell 5-3).

Tabell E 6 Resultater fra analyser av vannprøver fra utlekkingstester på plater av kompositt med TG coating. Plater med og uten oljeemulsjon er testet. Tilstandsklassenes øvre grenseverdier er gitt. Resultatene er ikke korrigert for bakgrunnsverdier for plater uten tilsatt oljeemulsjon.

				2023-4303-S1	2023-4303-S2
	God	Moderat	Dårlig	Kompositt TG uten olje	Kompositt TG med olje
	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Naftalen	2	130	650	0,02852	0,02273
Acenaftylen	1,28	33	330	0,00072	0,00089
Acenaften	3,8	3,8	382	0,00031	0,00195
Fluoren	1,5	34	339	0,00374	0,01905
Fenantren	0,5	6,7	37	0,00573	0,06480
Antracen	0,1	0,1	1	0,00014	0,00017
Fluoranten	0,0063	0,12	0,6	0,00044	0,00213
Pyren	0,023	0,023	0,23	0,00007	0,00058
Benz[a]antracen	0,012	0,018	1,8	0,02069*	0,00250
Krysen	0,07	0,07	0,7	0,00012	0,00105
Benzo[b]fluoranten (BBF)	0,017	0,017	1,28	0,00003	0,00017
Benzo[k]fluoranten (BKF)	0,017	0,017	0,93	0,00011	0,00014
Benzo[a]pyren	0,00017	0,027	1,54	0,00009	0,00007
Indeno[1,2,3-cd]pyren (IN)	0,0027	0,027	0,1	0,00016	0,00017
Dibenz[ah]antracen	0,0006	0,014	0,17	0,00001	0,00005
Benzo[ghi]perylene (BPE)	0,00082	0,00082	0,14	0,00012	0,00017
Sum BBF+BKF+IN+BPE				0,0004	0,0007
Sum 16-PAH				0,0610	0,1166

*Kompositt TG uten olje har høyere verdi enn tilsvarende plate uten olje og betraktes som en uteligger.

Vedlegg F Spesifikasjon av dyse

"Spraying Systems ¼" MEG nozzle no. 25065", med flatt spraymønster på 25 °sprayvinkel. Tabell under viser at dysen gir en leveranse: ca. 10 liter i minuttet ved 45 bar.

Nozzle Size		Pressure (bar)																							
	Ø	3	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	175	200	225	250	300	400	500
01	0,59	0,4	0,7	1,0	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,3	3,5	3,8	4,4	4,9
015	0,71	0,6	1,0	1,5	1,8	2,1	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,7	3,8	4,0	4,2	4,3	4,5	4,8	5,1	5,4	5,9	6,7	7,5
02	0,84	0,8	1,4	2	2,5	2,8	3,2	3,5	3,7	4,0	4,2	4,5	4,7	4,8	5,0	5,3	5,4	5,6	5,9	6,3	6,7	7,0	7,7	8,9	9,9
025	0,94	1,0	1,6	2,5	3,1	3,5	4,0	4,3	4,7	5,0	5,3	5,6	5,9	6,1	6,4	6,6	6,9	7,1	7,5	8,0	8,5	9,0	9,9	11,4	12,7
03	1,03	1,2	2,0	3,1	3,7	4,3	4,8	5,3	5,7	6,1	6,3	6,8	7,1	7,4	7,7	8,0	8,3	8,6	9,0	9,6	10,2	10,7	11,8	13,5	15,1
035	1,10	1,4	2,5	3,6	4,2	4,9	5,5	6,0	6,5	7,0	7,4	7,8	8,2	8,6	8,9	9,2	9,5	9,8	10,3	11,0	11,7	12,3	13,8	15,5	17,8
04	1,21	1,6	2,8	4,1	5,2	5,9	6,6	7,3	7,8	8,4	8,9	9,4	9,8	10,3	10,7	11,1	11,5	11,9	12,4	13,3	14,1	14,8	16,3	18,7	20,9
045	1,26	1,8	3,1	4,5	5,5	6,4	7,1	7,8	8,4	9,0	9,6	10,2	10,5	10,9	11,4	11,8	12,2	12,6	13,2	14,1	15,0	15,8	17,4	19,9	22,3
05	1,33	2,0	3,5	5,1	6,2	7,1	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	11,3	11,8	12,4	12,9	13,4	13,8	14,3	14,9	16,0	16,9	17,9	19,7	22,6	25,3
055	1,39	2,2	3,7	5,6	6,8	7,8	8,7	9,6	10,3	11,1	11,8	12,4	13,0	13,6	14,1	14,7	15,2	15,7	16,4	17,5	18,6	19,6	21,7	25,0	28,0
06	1,46	2,4	4,1	6,1	7,4	8,6	9,6	10,4	11,3	12,1	12,8	13,6	14,3	14,9	15,5	16,0	16,7	17,2	18,0	19,2	20,4	21,5	23,7	27,1	30,3
065	1,52	2,6	4,3	6,6	8,0	9,3	10,4	11,3	12,3	13,2	14,0	14,7	15,4	16,1	16,8	17,4	18,0	18,6	19,4	20,8	22,0	23,2	25,6	29,3	32,7
07	1,57	2,8	5,0	7,1	8,6	10,0	11,2	12,2	13,2	14,1	15,0	15,8	16,6	17,3	18,0	18,7	19,3	20,0	20,9	22,3	23,7	25,0	27,1	31,3	35,0
075	1,63	3,0	5,3	7,6	9,3	10,7	12,0	13,1	14,2	15,2	16,1	16,9	17,7	18,5	19,3	20,0	20,7	21,4	22,4	23,9	25,3	26,7	29,4	33,7	37,7
08	1,68	3,2	5,6	8,2	9,8	11,3	12,7	14,0	15,1	16,1	17,1	18,0	18,9	19,7	20,5	21,3	22,0	22,8	23,8	25,5	27,0	28,5	31,4	35,9	40,2
085	1,73	3,4	6	8,7	10,4	12,1	13,5	14,8	16,0	17,1	18,1	19,1	20,0	20,9	21,8	22,6	23,4	24,1	25,3	27,0	28,6	30,2	34,5	39,8	44,5
09	1,78	3,6	6,5	9,2	11,1	12,8	14,3	15,7	17,0	18,0	19,2	20,2	21,2	22,1	23,0	23,9	24,7	25,5	26,7	28,6	30,3	31,9	35,1	40,2	45,0
10	1,88	3,9	7,0	10,2	12,3	14,2	16,0	17,4	18,9	20,1	21,4	22,5	23,6	24,6	25,6	26,6	27,6	28,5	29,8	31,8	33,7	35,6	39,2	44,9	50,2
11	1,96	4,3	7,8	11,2	13,4	15,5	17,3	19,0	20,5	22,0	23,3	24,5	25,7	26,9	28,0	29,1	30,1	31,1	32,5	34,7	36,8	38,8	43,4	50,1	56,0
12	2,05	4,7	8,4	12,3	14,6	16,9	18,9	20,8	22,4	24,0	25,4	26,8	28,1	29,4	30,6	31,7	32,8	33,9	35,4	37,9	40,2	42,4	46,7	53,4	59,8
13	2,13	5,1	9,5	13,3	15,9	18,3	20,5	22,5	24,3	26,0	27,5	29,0	30,4	31,8	33,1	34,4	35,6	36,7	38,4	41,1	43,6	45,9	50,5	57,8	64,7
14	2,21	5,5	10,2	14,3	17,1	19,7	22,1	24,2	26,1	28,0	29,6	31,3	32,8	34,2	35,6	37,0	38,3	39,5	41,4	44,3	46,9	49,4	55,0	63,5	71,0
15	2,30	5,9	10,8	15,3	18,5	21,3	23,9	26,1	28,3	30,2	32,1	33,8	35,3	36,9	38,4	39,9	41,3	42,6	44,6	47,7	50,6	53,3	58,7	67,2	75,2
20	2,66	7,9	14	20,5	24,7	28,5	31,9	34,9	37,8	40,3	42,7	45,1	47,2	49,3	51,3	53,2	55,1	56,9	59,5	63,6	67,5	71,1	78,2	89,6	100,0
30	3,25	11,8	21,1	31,0	37,0	42,7	47,8	52,4	56,6	60,5	64,2	67,6	70,9	74,0	77,1	80,0	82,8	85,5	89,4	95,6	101,0	107,0	118,0	149,0	151,0
40	3,76	15,8	28,0	41,0	49,4	57,0	63,7	69,8	75,4	80,7	85,5	90,2	94,6	98,8	103,0	107,0	110,0	114,0	119,0	127,0	135,0	143,0	157,0	198,0	202,0
50	4,28	19,7	35,3	51,0	61,5	71,0	80,0	87,0	94,5	102,5	107,0	112,5	118,0	123,0	128,0	133,0	138,0	142,5	149,0	159,0	168,5	178,0	196,0	224,5	251,0

Flow (lpm)

Vedlegg G Rengjøringsprosedyre for Helen – LK 7297

Det forutsettes at oljeemulsjon er pumpet ut av lasterom før man starter med rengjøringsprosedyren. Nødvendig utstyr:

- Høytrykkspyler med tilgang på varmt vann (opptil 80 °C)
- Personlig verneutstyr
- Hjelm
- Hørselvern
- Vernebriller
- Ansiktsvern
- Kjemikaliehansker
- Åndedrettsvern
- Vernesko
- Beskyttelsesdrakt

Før rengjøring starter må man sikre tilstrekkelig oksygenivå i lasterommene. Åpne lasteromslukene, og la dem stå i åpen posisjon til nødvendig oksygenivå er oppnådd.

Rengjøring del 1

1. Luft lasterommet for å sikre tilstrekkelig oksygenivå før man entrer lasterommet.
2. Ta på nødvendig verneutstyr.
3. Bruk høytrykkspyler (kaldt vann) til å grovrengjøre lasterom.
4. Spray ublandet Unitor Seaclean Plus direkte på overflatene, og la dette virke i minimum 30 minutter.
5. Bruk høytrykkspyler med temperatur mellom 60-80 °C for å rengjøre lasterommet. Fjern sloppvann underveis i rengjøringsprosessen.

Rengjøring del 2

1. Håndspray Unitor Aquabreak PX direkte på overflatene i lasterommet, ublandet eller blandet med 1-5 deler vann. La virke i 20-30 minutter, og hold overflatene fuktig under hele virkningsperioden. For å sikre at produktet forblir på vertikale flater, kan man benytte Unitor Foam Agent før man sprayer på Aquabreak PX.
2. Bruk høytrykkspyler for å rengjøre lasterommet etter virkningsperioden. Fjern sloppvann underveis i rengjøringsprosessen.

Godkjenning

Etter rengjøring del 1 og del 2 er gjennomført skal rengjøring godkjennes av tredjepartsfirma. Ved underkjent rengjøring gjennomføres rengjøringsprosedyren på nytt.

Vedlegg H Rengjøring av tanker om bord på oljevern fartøy benyttet til mellomlagring av oljeemulsjon

Forskrift om bruk av fartøy i oljevern, §10 (4) sier: Før fartøyet tar opp sin ordinære drift, skal lasterom eller tanker som har mellomlagret oljeemulsjon om bord, være tilfredsstillende rengjort og godkjent av tredjepartsfirma.

Det forutsettes at oljeemulsjon er pumpet ut av lasterom før man starter med rengjøringsprosedyren. Rengjøring av tanker gjennomføres ved kai og rengjøringen vil foretas av en profesjonell aktør. Tømming og videre håndtering av vaskevann ivaretas av et profesjonelt firma og denne prosedyren tar derfor ikke for seg dette. I forhold til HMS så henvises det til den profesjonelle aktørs egne prosedyrer.

Forslag til personlig verneutstyr

- Hjelm med lys
- Hørselvern
- Vernebriller
- Ansiktsvern
- Kjemikaliehansker
- Åndedrettsvern
- Vernesko
- Beskyttelsesdrakt

Før rengjøring starter må man sikre tilstrekkelig oksygeninnivå i lasterommene. Åpne lasteromslukene, og la dem stå i åpen posisjon til nødvendig oksygeninnivå er oppnådd. Ta på nødvendig verneutstyr. Høytrykkspyler med tilgang på kaldt og varmt vann (opptil 60-80 °C).

Målsetting

Rengjøringsprosedyren har til hensikt å beskrive en rengjøringsprosess for å tilbakeføre fartøyenes tank eller lasterom til ordinært bruk etter mellomlagring av oljeemulsjon. Når tankene er rengjort etter en oljevernaksjon må rengjøringen kontrolleres av et tredjepartsfirma. Rengjøringsprosedyren er delt inn i 3 trinn.

Trinn 1: Forvask uten rengjøringsmiddel

Målet med en forvask (grovvask) uten rengjøringsmiddel, er å få fjernet det synlige laget med tykk emulsjon på veggene. Bli dette gjort på en god måte vil man kun sitte igjen med en tynn oljefilm som er veggfuktende. Denne oljefilmen vil kunne være vanskelig å se visuelt (avhenger av oljens egenfarge).

- Bruk høytrykkspyler (kaldt vann) til å grovrengjøre lasterom for å fjerne all synlig emulsjon.
- Det er viktig å komme til alle overflater, spesielt viktig i hjørner, bak strukturer etc.
- Vaskevann som inneholder rester av olje fjernes fra tank/rom under rengjøring.

Merknad: Dersom det viser seg vanskelig å fjerne all synlig emulsjon med kaldt vann, anbefales bruk av varmt vann (60–80 °C). Varmt vann vil øke effekten av forvasken, da høy temperatur gjør emulsjonen mindre viskøs og mer flytende og dermed lettere å fjernes fra veggene.

Trinn 2: Hovedrengjøring med oljebasert rengjøringsmiddel

Målet med hovedrengjøringen med oljebasert rengjøringsmiddel, er å få fjernet det usynlige laget med oljeemulsjon.

- Håndspray Unitor Seaclean Plus eller tilsvarende i henhold til leverandørens beskrivelse. Typisk dosering er 0,05–0,1 liter pr m² vegg. La rengjøringsmiddelet virke i minimum 30 minutter før veggene spyles med varmt vann.
- Bruk høytrykkspyler med temperatur mellom 60–80 °C for å rengjøre lasterommet.
- Det er viktig å komme til alle overflater, spesielt viktig i hjørner, bak strukturer etc.
- Vaskevann som inneholder rester av olje fjernes fra tank/rom under rengjøring.

Merknad: Dersom virkning av det oljebaserte rengjøringsmiddelet ikke er tilfredsstillende kan det spyles med varmt vann før påføring av oljebasert rengjøringsmiddel på oljefilmen. Spyling med varmt vann vil føre til at oljefilmen "mykes opp" slik at rengjøringsmiddelet fester seg bedre til oljefilmen, og dermed øke vaskeeffekten av rengjøringsmiddelet.

Trinn 3: Sluttrengjøring med vannbasert rengjøringsmiddel

Målet med sluttrengjøringen er å fjerne rester av oljebasert rengjøringsmiddel.

- Håndspray Unitor Aquabreak PX eller tilsvarende sprayer direkte på overflatene i lasterommet i henhold til leverandørens beskrivelse. Typisk dosering er blandet konsentrat (0,05 – 0,1 liter pr m² vegg) eller eventuelt fortennet med 1-5 deler vann (0,1–0,5 liter pr m² vegg). La virke i 20–30 minutter, og hold overflatene fuktig under hele virkningsperioden.
- Bruk høytrykkspyler (kaldt vann) for å rengjøre lasterommet etter virkningsperioden.
- Vaskevann som inneholder rester av olje fjernes fra tank/rom under rengjøring.

Godkjenning

Etter at rengjøringstrinn 1, 2 og 3 er gjennomført, skal renhet av tanken godkjennes av et tredjepartsfirma. Se prosedyre for "Testing av renhet etter rengjøring av tanker benyttet til mellomlagring av oljeemulsjon om bord på oljevern fartøy". Dersom rengjøring ikke blir godkjent gjentas trinn 2 og 3 i prosedyren før testen utføres på nytt.

Vedlegg I Testing av renhet etter rengjøring av tanker benyttet til mellomlagring av oljeemulsjon om bord på oljevern fartøy

Introduksjon

Forskrift om bruk av fartøy i oljevern, §10 (4) sier: "Før fartøyet tar opp sin ordinære drift, skal lasterom eller tanker som har mellomlagret oljeemulsjon om bord, være tilfredsstillende rengjort og godkjent av tredjepartsfirma". Mattilsynet har per i dag ingen andre krav til renhetskriterier av lagringstanker om bord på fiskefartøy enn at de skal være visuelt rene og luktfrie. SINTEF har derfor utført et prosjekt med bl.a. mål om å komme med forslag til grenseverdier og måle parametere for rengjøring av tanker basert på annet relevant regelverk.

Målsetting

Målsetting med testing av renhet er å sikre samt dokumentere at fartøyets tanker er blitt tilfredsstillende rengjort i henhold til foreslåtte krav i rapport "Rengjøring av tanker benyttet til mellomlagring av oljeemulsjon om bord på oljevern fartøy", og da kan tilbakeføres til ordinært bruk etter mellomlagring av oljeemulsjon.

De foreslåtte krav er satt med hensyn til spesifikke oljekomponenter THC⁵ og 16-PAH. Testing av renhet gjennomføres av et tredjepartsfirma. I forhold til HMS så henvises det til tredjeparts egne prosedyrer. Tredjepartsfirma forholder seg til fartøyets prosedyrer for arbeids som utføres om bord, som eksempelvis entring av tanker, rom mv.

Forslag til personlig verneutstyr

- Hjelme med lys
- Fallsikringsutstyr
- Vernebriller
- Åndedrettsvern
- Vernesko
- Beskyttelsesdrakt
- Bruk av egnede engangshansker for å unngå kryss-kontaminering ved prøvetaking

Medbrakt utstyr for prøvetaking og renhetstest (pr. tank)

- Ramme av f.eks. teflon eller polyetylen på 15x15 cm brukes for å definere eller avgrense et bestemt vaskeareal. Alternativ kan tape eller tusj benyttes for markering av det spesifikke arealet uten at løsningsmiddel kommer i kontakt med tapen/tusj.
- Bilsomvatt⁶ som er ferdigbakt eller renset og pakket i små "Zip-posere". Minimum 10 slike Zip-posere med 3 eller flere Bilsomvatt biter. I stedet for Bilsomvatt kan andre typer glassull-materialer⁷ brukes så fremst de ikke har bakgrunnsverdier som kan forstyrre analysene og at de tåler heksan (løsemiddel). Materialer bør være ferdig renset eller bakt på forhånd, og bør pre-analyseres for ev. bakgrunnsverdier. Alternativt kan ev. "svabere" som er egnet for prøvetaking av oljefilm benyttes som passer til prøveglass, men krav til materiale som beskrevet over må i varetas.

⁵ Renset ekstrakt vha. fast-fase ekstraksjon (SPE) for polare forbindelser før kvantifisering omtales her som totale hydrokarboner (THC).

⁶ Lauscha Fiber International GmbH, Artikkel no.: 242 CABSO GLAMA

⁷ AnalAR NORMAPUR, glass wool, superfine, VWR art. nr. 85774.290 (1kg). Glassull, Hech, superfine, VWR art.nr. 519-3102 (1kg)

- Heksan (pro-analyse-kvalitet), 250 ml i en tett teflonflaske, som også kan kobles om til en "spruteflaske". Teflon spruteflaske 250 ml⁸. Rødtopp med tefloninnlegg⁹.
- Glassvials¹⁰ (40-ml) minimum 10 stk. med påklistret etikett eller klistrelapper for merking og identifisering av prøvene.
- Engangshansker¹¹ (minimum 10 par).
- Stor klyp i metall (unngå plastmateriale).
- Diverse rekvisita: Tørkepapir, skrivesaker, ekstra merkelapper, Zip-posere, innpakkingsutstyr for videreforsendelse av prøver til eksternt laboratorium for analyse.

Det anbefales at det tilrettelegges en liten prøvetakingskoffert /-kit med ferdigpakket utstyr nok for prøvetaking de antall tanker som skal testes.

Prøvetakingsprosedyre

- Minimum 5 arealområder i hver tank pekes ut for prøvetaking. Viktig å ta høyde for områder i tanken som kan ha vært vanskelig tilgjengelig under rengjøringsprosessen (f.eks. hjørner, bak strukturer i tak og gulv). Ta prøver i ulike høyder da nivået av emulsjon i tanken kan variere.
- Dersom det finnes representative eller tilsvarende tanker om bord i fartøyet som ikke har blitt benyttet til mellomlagring av emulsjon, vil en prøve av vegg fra en slik tank kunne gi en indikasjon på bakgrunnsverdier av tankens renhet før lagring av emulsjon (referanse).
- Bruk engangshansker for å unngå kontaminering ved prøvetaking.
- Ved hjelp av f.eks. en stor metall-klype tørkes overflaten¹² grundig av med minimum 3 stk. dotter Bilsomvatt, eller tilsvarende materiale, fuktet med heksan (fra spruteflasken). Unngå at hanskene kommer i berøring med den heksan-fuktede Bilsomvatten.
- Overflatearealet tørkes av i tre retninger: 1) på skrå ene veien, 2) på skrå andre veien, 3) fra topp til bunn, samt langs kantene av rammen (unngå å komme borti rammen/markør).
- Etter hver av-tørking samles Bilsomvatt-bitene i en og samme 40-ml glassvial og korkes.
- Det tilsettes ca.10 ml heksan (ca. 20 vol% av glasset). Tilsats av heksan bør gjøres etter prøvetaking slik at man ser at heksanløsning dekker Bilsomvattene i glassvial.
- Glassvial ristes kraftig, merkes, nummereres for påfølgende *in-situ* visuell vurdering om ekstraktet er farget av olje (se avsnitt for vurdering av renhet, nedenfor).

Prosedyren ovenfor gjennomføres på minst fire andre arealområder i hver tank (totalt min.5 områder). Ramme og klype spyles av med heksan mellom av de definerte prøvetakingsområdene, for å unngå krysskontaminering. Prøver av heksan og glassull-materiale til prøvetaking er anbefalt for kontroll på bakgrunnsverdier.

⁸ VWR art.nr. 215-8122

⁹ VWR art.nr. 201-0002

¹⁰ Teknolab art nr. JG9-089

¹¹ Nitril/neoprene, Microflex modell 93-260, engangshansker uten pudder. VWR produktnummer: 112-4641

¹² Overflaten tørkes av med et trykk mot veggflaten som kan tilsvares med å skrive for hånd mot veggflaten, dvs. ikke nødvendig med et svært hardt trykk.

Analysér av prøver for vurdering av renhet

- **Nivå 0:** Mattilsynets krav: Ingen prøvetaking, kun kontroll: "Lukte rent, ser rent ut". Dvs. at det ikke er synlig oljeemulsjon på vegger, hjørner, tak, gulv eller bak strukturer etc. Dersom dette ikke er tilfredsstillende, er dette tilstrekkelig til å si at veggene ikke er rene nok og at rengjøringsprosessen bør gjøres på nytt. Dersom tredjepart godkjenner iht. Nivå 0 er tanken godkjent etter dagens krav fra Mattilsynet.
- **Nivå 1:** Gjøres *in-situ*¹³ på fartøyet: Visuell vurdering av heksan-ekstraktet. Dette gjøres fortrinnsvis i et lyst rom mot en hvit bakgrunn. Prøven sammenlignes med glassvial med 10 ml ren (pro-analyse) heksan. Dette må dokumenteres fotografisk. Kriteria: Dersom ekstraktet av prøven viser fargeforskjell i forhold til blankprøven, er dette tilstrekkelig til å si at veggene ikke er rene nok og at rengjøringen bør gjøres på nytt og bedre. Dersom fargenyanseskjell i ekstraktene ikke er synlig, bør prøven analyseres kromatografisk (Nivå 2a,b) for spesifikk kvantifisering av THC og 16-PAH for dokumentasjon på renhet.
- **Nivå 2a:** Ekstrakter sendes til analyse på GC-FID¹⁴ for kvantifisering av total mengde olje (THC) pr. areal på veggene. Kriteria: <0,1 mg THC/prøve (15x15 cm).
- **Nivå 2b:** Ekstrakter sendes til analyse på GC-MS¹⁵ for kvantifisering av 16-PAH (pr. areal på veggene). Kriteria: Konsentrasjon (mengde) av 16-PAH lavere enn beskrevet i tabell under:

16-PAH	µg/prøve*
Naftalen	20
Acenaftalen	12,8
Acenaften	38
Fluoren	15
Fenantren	5
Antracene	1
Fluoranten	0,063
Pyren	0,23
Benz[<i>a</i>]antracene	0,12
Krysen	0,7
Benzo[<i>b</i>]fluoranten	0,17
Benzo[<i>k</i>]fluoranten	0,17
Benzo[<i>a</i>]pyren	0,17
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>] pyren	0,027
Dibenz[<i>ah</i>]antracene	0,006
Benzo[<i>ghi</i>]perylene	0,0082

*Grenseverdier (konsentrasjon) basert på areal 15x15 cm.

Dersom det blir besluttet at prøvene fra samme tank fra f.eks. 5 områder slås sammen til en stk. prøve for å redusere antall prøver for analyser, må konsentrasjonskriteriene som angitt over multipliseres tilsvarende 5x for å få riktige grenseverdier for både THC og 16-PAH.

Forsendelse av prøver: Ved forsendelse til eksternt laboratorium, er det viktig å påse at sporbarhet ("Chain of Custody") med hensyn til merking, pakking og forsendelse av prøver er ivarettatt. I **laboratoriet:** Ekstrakter fra prøvetaking anbefales å bli rensert opp før kvantifisering av THC og 16-PAH for å fjerne eventuelle rester av polare forbindelser som kan forstyrre analysene. Eksempel på rensemetode er fast-fase ekstraksjon (SPE) med florisil eller silica. Analyseprosedyrer og metoder: Laboratoriets interne prosedyrer (SOP).

¹³ Wikipedia: In situ er en latinsk frase som betyr på stedet (in = i, situs = beliggenhet).

¹⁴ Gasskromatografi-flammeionisasjonsdetektor

¹⁵ Gasskromatografi-massespektrometri



TEST KIT WALL WASH

The TEST KIT WALL WASH is a complete test kit for performing a hydrocarbon test, PTT time test, chloride test, pH test, an acid wash colour test and stainless steel passivation test.

FEATURES & BENEFITS

- Packed in a UN-approved heavy-duty polyethylene box for safe storage
- Weight: 25.2 kg
- Dimensions: 60 x 40 x 38 cm

The TEST KIT WALL WASH consists of the following:

- Lab Grade Methanol – 8045 (2.5 litre glass bottle)
- Lab Grade D.I. Water (5 litre)
- Potassium Permanganate Crystals – 0.1 gram (5 ampoules)
- Chloride Standard Solution (500 ml)
- Sulphuric Acid Concentrate (500 ml)
- Hydrochloric Acid Concentrate (500 ml)
- Standard Solution (250 ml)
- Silver Nitrate – 5% Solution (30 ml drop bottle)
- Palladium Chloride Reagent (30 ml drop bottle)
- pH Strips – range 0-14 (100 pcs)
- Cotton Wool
- Filter Paper – folded – 100 pcs (Whatman)
- Latex Gloves (100 pcs)
- Shoe Covers (100 pcs)
- Squirt Bottles – 500 ml
- Funnel – Round
- Funnel – Flat Sided
- Pipette – plastic 3ml (10 pcs)
- Shaking Cylinders (2 pcs)
- Measuring Cylinders (2 pcs)
- Nessler Tubes (2 pcs)
- Volumetric Flask
- Pipette – glass 1 ml
- Pipette – glass 5 ml
- Pipette – glass 10 ml
- Instruction Manual

