

1 V11 Alternativ 3 – metode 4 Kutte

1.1 Innledning

Dette dokumentet er et vedlegg til rapporten «Kystverkets vurderinger og anbefalinger etter undersøkelse og kartlegging av U-864 2025-26 fra august 2026. Vedlegget beskriver i detalj hovedstegene i gjennomføring av alternativ 3 Heving av last der metode 4 Kutte benyttes og utdyper informasjon som er gitt i hovedrapporten der kun metode 1b Grave er presentert i detalj.

For henvisninger til kapitler i hovedrapporten er dette angitt. For henvisninger til andre vedlegg og dokumenter i dette vedlegget gjelder listen med vedlegg og dokumenter i Kystverkets hovedrapport.

1.2 Overordnet om metoden

Metoden innebærer at for- og akterseksjonen av vraket kuttes i et antall mindre deler. De deler som inneholder kjølkasser med kvikksølv heves opp fra sedimentene og flyttes over i en container med nødvendige innretninger for å ivareta strukturell integritet av vrakseksjonen, og tiltak for at frittflytende kvikksølv som lekker ut kan samles opp under løftet. Deretter heves container med vrakdel opp til et fartøy. De deler som inneholder torpedoer blir liggende igjen på sjøbunnen. Etter at disse vrakdelene og flytende kvikksølv fra vraket er berget, tildekkes de gjenværende vrakdelene og den forurensede sjøbunnen omkring med rene masser og det bergede kvikksølvet stabiliseres og deponeres.

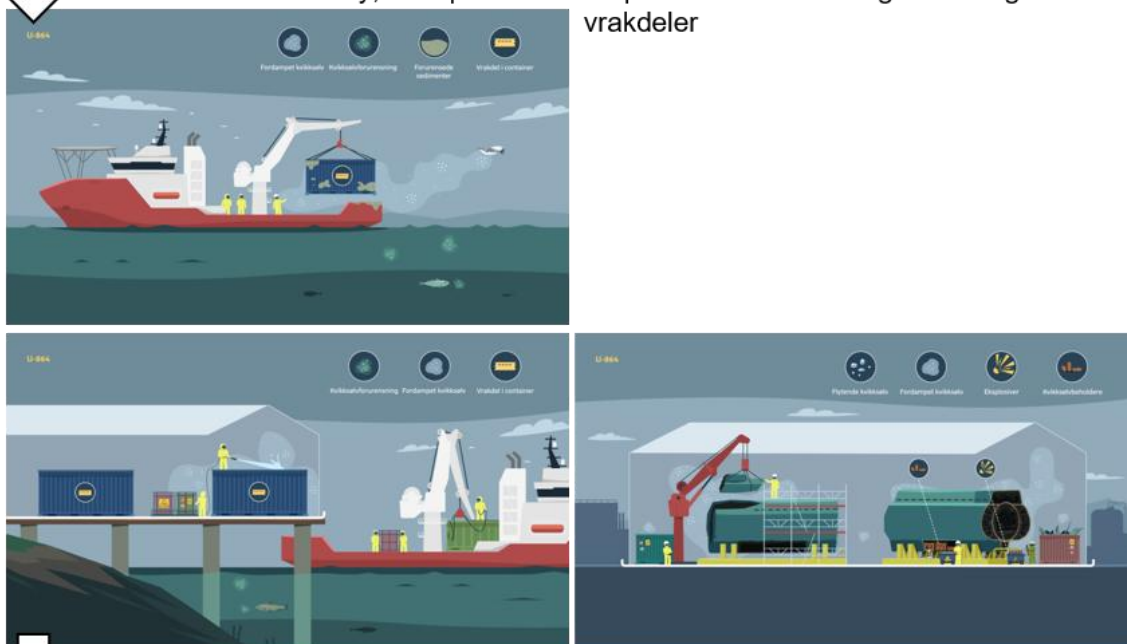
Figuren nedenfor viser illustrasjoner av de første to stegene som operasjonen.

Steg 1:

Kutte og heve vrakdeler med kjølkasser. Suge opp evt. dammer med kvikksølv

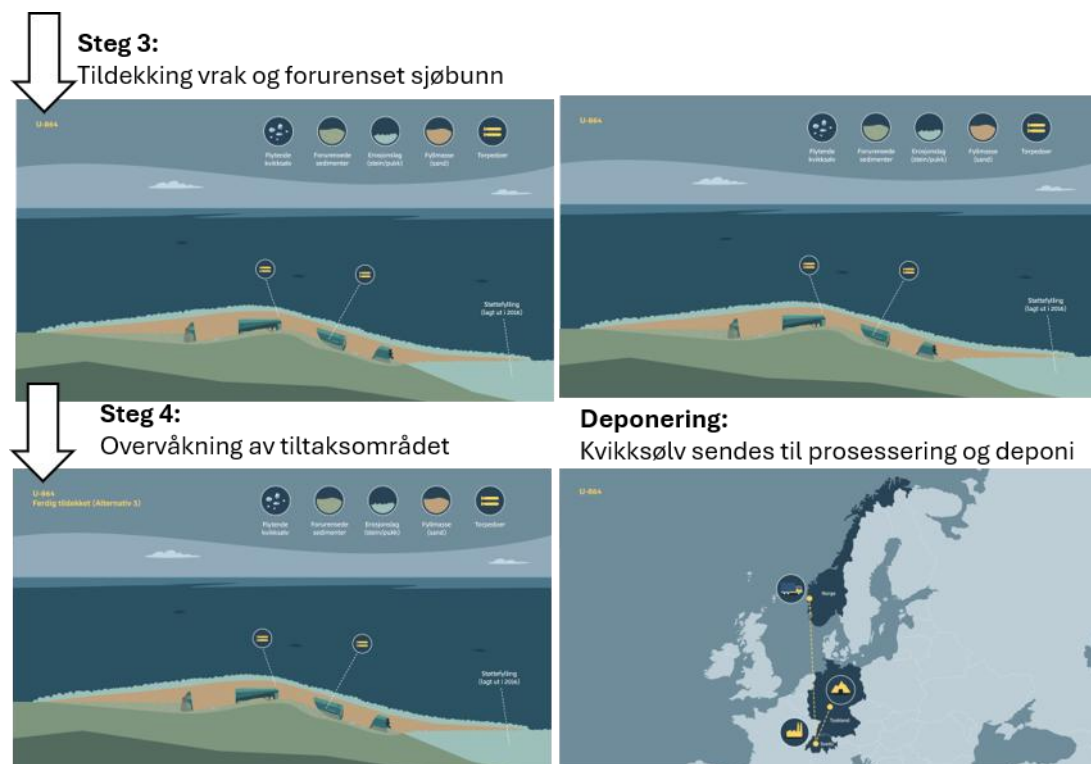
**Steg 2:**

Vrakdeler løftes til fartøy, transport til mottak på land for håndtering av last og av vrakdeler



Figur 1 Alternativ 3 Heving av last og tildekking av vrak og forurenset havbunn - Prinsippskisse av tiltakets første to steg basert på metode 4 Kutte. De øvrige stegene er presentert i etterfølgende illustrasjoner.

Den første fasen av alternativ 3 Heving av last omfatter steg 1 og 2 og. Etterfølgende fase, som er steg 3 i figuren nedenfor vil inneholde de samme tiltak og fremgangsmåte som er beskrevet i alternativ 1 Tildekking. Ut over dette kommer overvåkning av tiltaksområdet i steg 4 og videre håndtering av kvikksølvlast der dette skal stabiliseres og deponeres av kvikksølv og håndtering av annet avfall.



Figur 2 Alternativ 3 Heving av last og tildekking av vrak og forurenset havbunn - Prinsippskisse av tiltakets steg 3 og 4 basert på metode 4 Kutte. I tillegg kommer en prosess med transport av kvikksølv for stabilisering og sluttdeponering i utlandet.

I det etterfølgende er hvert steg av operasjonen presentert med en illustrasjon som visualiserer på en forenklet måte hvilke operasjoner som gjennomføres, og miljøpåvirkningen aktivitetene medfører. De ulike arbeidsoperasjoner i steget er tekstlig beskrevet, og det gis en kvalitativ beskrivelse av hvordan miljøet påvirkes av aktivitetene med fokus på spredning av kvikksølvforurensning. Miljøpåvirkningen er vurdert både i en normalsituasjon, og ved en ekstraordinær hendelse som følge av en detonasjon av torpedoer.

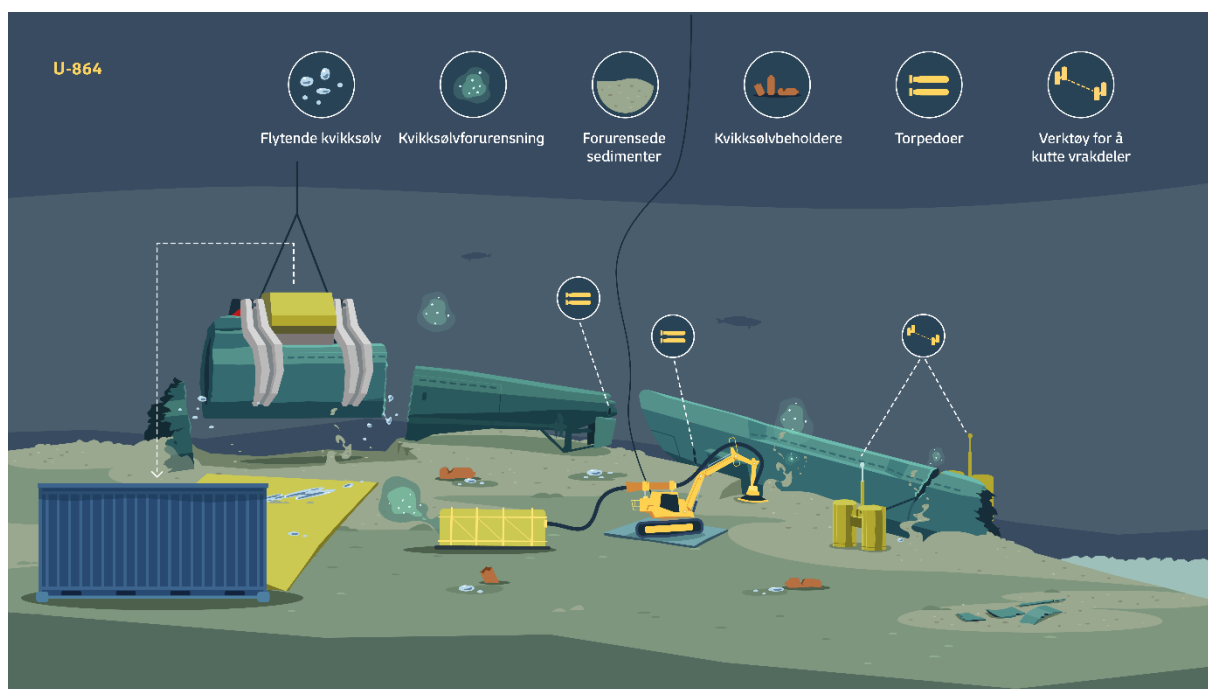
Ved bruk av denne metoden vil det være risiko for eksponering av kvikksølvforurensning til vann, luft og land da kvikksølvlasten skal fraktes til land for videre håndtering av kvikksølv og annet farlig avfall som lasten i kjølkamrene inneholder.

1.3 Steg 1 – Kutte vrakseksjoner, heve vrakdeler og suge opp evt. fritt flytende kvikksølv

Operasjon

Det første steget av operasjonen omfatter følgende trinnvise operasjoner:

- Fjerning av sedimenter for at kuttemaskin (DWS) skal kunne installeres i rett posisjon og dybde for at kutting skal kunne skje helt ned til underkant av kjølkassen
- Installasjon av kuttemaskin
- Kutting av vrakseksjonen i fastsatte snitt
- Etablering av matte eller duk på sjøbunn for oppsamling av fritt flytende kvikksølv som kan lekke ut fra kjølkassene ved løfting over i container
- Løfting av seksjon over i en container
- Oppsamling av fritt flytende kvikksølv i grop i sjøbunn etter at en seksjon er løftet opp
- Stabilisering av seksjoner som ikke skal heves før tildekking





Figur 3 Illustrasjoner av Steg 1. Øverste bilde viser graving av sedimenter for plassering av kuttemaskin ved fremre del av forseksjon, en kuttemaskin som kutter ved bakre del av forseksjon, og løfting av ferdig kuttet seksjon fra ubåtens akterseksjon ut av sedimentene og over i en container på sjøbunnen. Duk for oppsamling av fritt flytende kvikksølv som kan komme fra kjølkassene er illustrert. Nederste bilde viser en maskin som suger opp fritt flytende kvikksølv fra grop i sjøbunnen etter at seksjon er løftet opp.

Miljøpåvirkning i en normalsituasjon

I denne fasen vil det være risiko for eksponering av kvikksølvforurensning til sjø ved arbeider på sjøbunn ved fjerning av sedimenter, kutting og løfting av vrakseksjoner og ved oppsamling av fritt flytende kvikksølv.

For å etablere fundamentering for riggen for diamantsagwire må det mudres i sedimenter som er svært forurensede. Det kan i tillegg antas at ødelagte kvikksølvflasker befinner seg rett utenfor kjølkassene og at en del kvikksølv har rent ut og ligger i hulrom og masser ved kjølkassene. Dette gjør at arbeidet med å mudre i disse massene øker risiko for spredning av kvikksølv både til vann og til sjøbunnen omkring som i verste fall vil kunne spres utover dagens tiltaksområde. Erfaringer fra Tokt 2b, der det ble mudret frem til kjølkassene viste miljøovervåkingen at mudringen førte til betydelig spredning av kvikksølv ved mudring av i størrelsesorden 45 m³ sedimenter for å gi tilkomst til i størrelsesorden 6 m av kjølkassen.

Ved saging av vrakdelene vil kuttene måtte plasseres i skott som deler kjølkassen for å unngå å treffe kvikksølvbeholdere. Det vil være krevende å unngå dette og i tillegg vil det forventes å være frittflytende kvikksølv i kjølkassene som vil gi utlekking av kvikksølv under selve sagingen.

Kvikksølvbeholdere og frittflytende kvikksølv som pumpes opp vil plasseres i et lukket system på sjøbunnen (mellomlager). Vrakdeler med kvikksølvlast som hentes ut vil måtte plasseres over i en containerløsning som ivaretar den strukturelle integriteten av vrakdelen og med tett bunn som forhindrer frittflytende kvikksølv å forsvinne ut til sjø. Det vil være betydelig risiko for spredning av kvikksølv under denne operasjonen.

Miljøpåvirkning ved ekstraordinære hendelser

FFI beskriver i sin rapport /V24/ sannsynligheten for en detonasjon som følge av arbeider med vraket som lav, forutsatt at arbeidene gjennomføres kontrollert og uten å påføre vraket kraftige mekaniske belastninger. Vrakdelene må utstyres med bevegelsessensorer slik at uønskede bevegelser av vrakdelene varsles om og der nødvendig stabiliserende tiltak iverksettes før operasjonen kan fortsette.

Dersom en slik hendelse skulle inntreffe under gjennomføringen av tiltaket, vil konsekvensen kunne være skade på utstyr og spredning av kvikksølvforurensede sedimenter. Omfanget av en slik spredning er imidlertid usikkert.

1.4 Steg 2- Vrakdeler løftes til fartøy, transport til mottak på land for håndtering av last og av vrakdeler

I dette steget løftes vrakdeler opp til fartøy i tette containere for å transporteres til et mottak på land for videre håndtering.

Operasjon

Det andre steget av operasjonen omfatter følgende trinnvise operasjoner:

- Containere med vrakdeler og beholdere med fritt flytende kvikksølv som er fjernet fra sjøbunnen løftes opp fra sjøbunnen og om bord på fartøyet
- Ved mottak på land rengjøres containere og beholdere utvendig for sedimenter og kvikksølvforurensning
- Vrakdelen løftes ut av container og sedimenter inne i vrakdelene fjernes gradvis der det foretas en kartlegging og håndtering av eksplosiver og levninger
- Kjølkasser åpnes og innhold tas ut for videre håndtering
- Håndtering av vrakdeler i tråd med fastsatte krav og planer.





Figur 4 Illustrasjoner av Steg 2. Øverste bilde viser løfting av en container med vrakdel om bord på fartøyet. Containeren løftes om bord på en «skitten sone» for rengjøring utvendig. Det vil være risiko for eksponering av kvikksølvforurensning til sjø, luft og til personell i denne delen av operasjonen. Midterste bilde viser mottak ved landanlegg av kvikksølvlast i form av containere med vrakdel og beholdere med frittflytende kvikksølv. Nederste bilde viser til høyre en vrakseksjon der det fjernes eksplosiver/ammunisjon og kvikksølvbeholdere som tas ut av kjølkassen. Vrakseksjon til venstre dekommisjoneres etter at alt innhold er fjernet og håndtert.

Miljøpåvirkning i en normalsituasjon

I denne fasen vil det være risiko for å forurenses med kvikksølv til sjø, luft og land. Frem til kvikksølvlasten tas om bord på fartøyet vil det være størst risiko for eksponering av kvikksølvforurensning til sjø. Når kvikksølvlasten er om bord på fartøyet vil det være en risiko

for eksponering av kvikksølv til luft ved fordamping og til personell om bord på fartøyet. Denne risikoen vil øke dersom det skal gjøres arbeid med vrakdeler eller last om bord (for eksempel omlasting eller sortering). Minst risiko vil være knyttet til mindre volum konsentrert kvikksølvlast som kan isoleres i tette beholdere. Når containeren er løftet fra fartøy til mottak på land vil det være risiko for eksponering av kvikksølvforurensning til luft og til land, og videre til resipient, samt til personell som håndterer kvikksølvlasten.

Avhengig av i hvilken form og tilstand kvikksølvlasten hentes opp (i beholdere, frittflytende kvikksølv, forurensede vrakdeler, kvikksølvforurensede sedimenter inne i vrak eller kjølkasser) vil det være ulike behov for videre bearbeiding for å skille forurensede masser, vann og andre materialer fra frifase kvikksølv. Dette bør gjøres på et egnet anlegg for håndtering og behandling av vrakdeler og forurensede masser. Her må det iverksettes en rekke avbøtende tiltak for å hindre spredning til luft og vann og eksponering til personell som jobber med dette. Under dette arbeidet vil det være konstant risiko for spredning og eksponering, men som kan reduseres betydelig gjennom riktige tiltak. Miljørisikoen knyttet til denne fasen er vurdert som relativt høy fordi det kan skje direkte eksponering til mennesker og fordi eventuell spredning til miljøet omkring vil kunne være til jord, sedimenter og vann nærmere kysten og på grunt vann sammenlignet med nåværende vrakposisjon.

Denne spredningen må reduseres gjennom fysiske tiltak slik at mengde av kvikksølv som spres er innenfor de krav som settes til mottakets utslippsbegrensninger og vilkår for drift.

Miljøpåvirkning ved ekstraordinære hendelser

Da torpedolast ikke tas opp ved denne metoden, vil detonasjonsrisiko ikke være til stede annet enn fra ammunisjon og andre eksplosiver som kan befinne seg inne i vrakdeler som tas opp. Risiko for detonasjon av disse kategorier anses som meget lav ifølge FFI-rapporten /V24/.

Det vil imidlertid kunne oppstå uønskede hendelser som vil kunne ha betydelige konsekvenser i form av eksponering av kvikksølv til mennesker og miljø som beskrevet ovenfor. Dette må forebygges gjennom egnede prosedyrer og tiltak hos de parter som har ansvaret for håndtering av kvikksølvlasten.

1.5 Steg 3: Tildekking vrak og forurenset sjøbunn

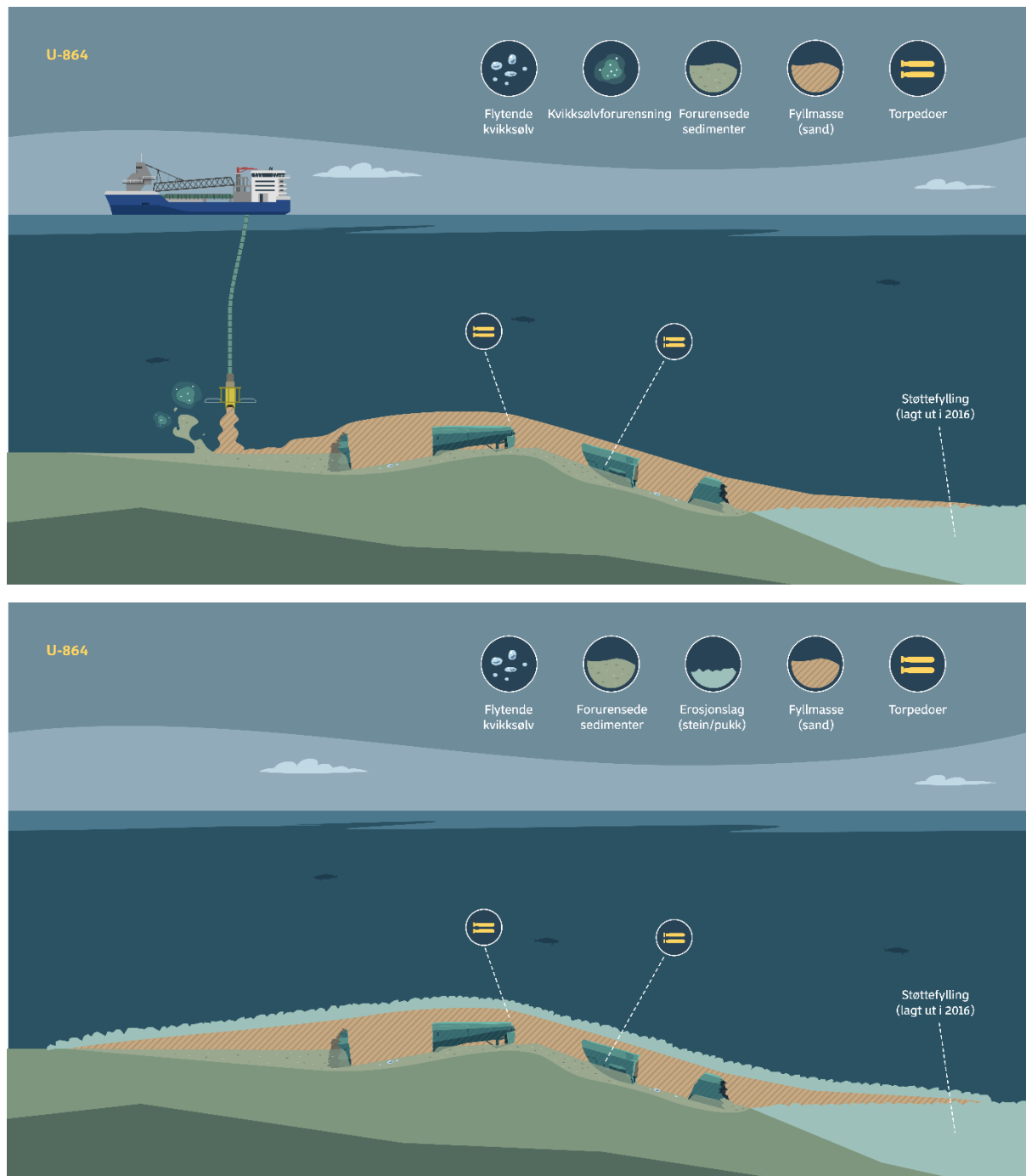
Operasjon

I det første steget legges det ut rene finkornede masser (sand) rundt vrakdelene. Deretter tildekkes området over vrakdelene og ut i et område for å isolere forurensede sedimenter fra det marine miljøet. Det vises til figur i kapittel 2.3 i hovedrapporten som viser tiltaksområdet.

Utlekkingen gjennomføres ved bruk av et spesialisert fartøy (rock dumper) som kontrollert fører ned rene masser til tiltaksområdet gjennom et fleksibelt rør. Tildekningen bygges opp lagvis, og utleggingen rundt vrakdelene må gjennomføres skånsomt slik at massene legger seg tett inntil vraket og fyller synlige hulrom på ubåtvrakets dekk (keisingen) og ved bruddåpningene. Etter at sandlaget er lagt ut vil det legges ut et lag med puk/stein for å minimere utvaskingen av masser som følge av bølger og havstrømmer. Det benyttes tilsvarende fartøy som i steg 1. I et fremtidig forprosjekt bør det vurderes om også innsiden av vraket skal fylles med masser (sand). Hensikten vil være å redusere muligheten for

friksjon og brå bevegelser dersom vrakdelene over tid kollapse pga. korrosjon og tyngden fra overliggende masser.

Figuren nedenfor viser to situasjonsbilder for hhv. en operasjon med utlegging av lag med fine masser og en situasjon der erosjonslaget er ferdig lagt ut.



Figur 5 Illustrasjoner av Steg 3. Øverste bilde viser utlegging av finkornede masser, mens nederste bilde viser ferdig utlagt erosjonslag.

Miljøpåvirkning i en normalsituasjon

Miljøpåvirkningen vil være tilsvarende som for Alternativ 1 Tildekking for dette steget. Denne beskrivelsen er tatt inn nedenfor for komplettethet og lesbarhet av dette vedlegget.

Det må forventes noe oppvirvling av sedimenter ved utlegging av det første sandlaget, særlig i områdene nær vrakdelene hvor forurensningsnivåene er høyest. Etter hvert som tildekkingen bygges opp, vil kontakten med de forurensede sedimentene reduseres, og spredningen avta. Erfaringene fra utleggingen av støttefyllingen i 2016 viser at slik utlegging gir begrenset spredning av forurensede sedimenter. Sedimentene nær vrakdelene er imidlertid mer forurenset enn områdene som tidligere ble dekket av støttefyllingen, og noe høyere spredning må derfor forventes.

Samlet vurderes spredningen av kvikksølvforurensede sedimenter i dette steget med tildekking å være vesentlig mindre enn i foregående steg av operasjonen.

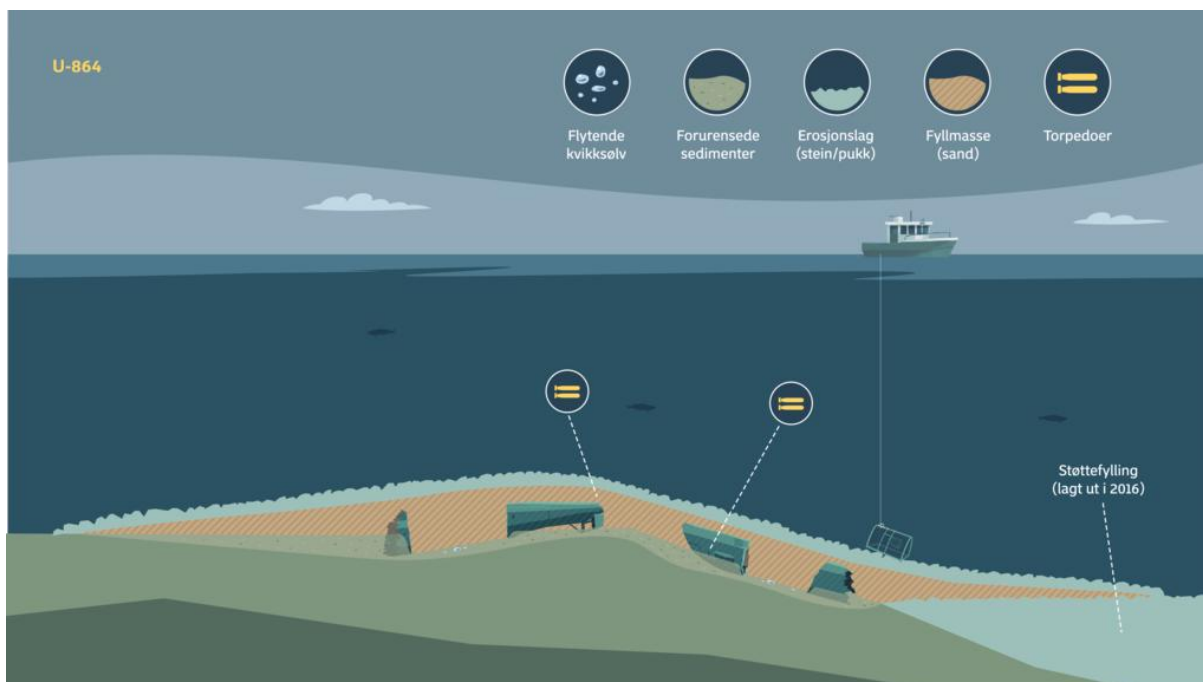
Miljøpåvirkning ved ekstraordinære hendelser

FFI beskriver i sin rapport /V24/ sannsynligheten for en detonasjon som følge av utlegging av tildekkingsmasser som lav, forutsatt at tildekkingen gjennomføres kontrollert og uten å påføre vraket kraftige mekaniske belastninger. Dersom en slik hendelse skulle inntreffe under gjennomføringen av tiltaket, vil konsekvensen kunne være skade på utstyr og spredning av kvikksølvforurensede sedimenter. Omfanget av en slik spredning er imidlertid usikkert og vil blant annet avhenge av hvor langt tildekkingsarbeidet har kommet når hendelsen inntreffer.

1.6 Steg 4: Overvåkning av tiltaksområdet

Operasjon

I etterkant av fullført tiltak vil tiltaksområdet overvåkes for å sikre at tiltaket har hatt ønsket effekt. Overvåkingen forventes å være i form av årlig fangst av fisk og skalldyr der det måles innholdet av kvikksølv i en periode på fem år. Figuren nedenfor viser et situasjonsbilde med prøvetaking gjennom fangst av fisk og krabber for etterfølgende analyser.



Figur 6 Illustrasjoner av Steg 4. Overvåkning av tiltaksområdet etter sluttført tiltak

Miljøpåvirkning i en normalsituasjon

Det forventes ikke utlekking av kvikksølv fra tildekningen som er målbar hverken i et kort- eller i et langsiktig perspektiv. Selve overvåkingen medfører ikke spredning av kvikksølv. Dersom operasjonen klarer å heve en stor andel av kvikksølvet i vraket vil dette kunne redusere risiko knyttet til alle spredningsmekanismene under og etter tildekkingen.

Miljøpåvirkning ved ekstraordinære hendelser

Det kan ikke utelukkes at torpedoene i vrakdelene på lang sikt kan bli utsatt for hendelser som i teorien kan føre til detonasjon, eksempelvis på grunn av korrosjon, kollaps av vrakstrukturen eller andre ytre påvirkning. FFI vurderer imidlertid sannsynligheten som lav for at torpedoer detonerer i et langsiktig perspektiv.

FFI har videre gjennomført simuleringer av konsekvensen av en mulig detonasjon etter tildekkingen er etablert. I rapporten opplyser de om at analysene viser at spredningen av kvikksølv i hovedsak forventes å være lokal og betydelig mindre (flere størrelsesordener) enn ved torpederingen i 1945. Omfanget vil være avhengig av tildekkingens tykkelse og utforming.

Simuleringene viser også at det er mulig å designe tildekkingen slik at den tåler en detonasjon der spredningen tilnærmelsesvis kan unngås. En mulig detonasjon vil kunne registreres gjennom overvåkingen som NORSAR kontinuerlig gjennomfører, og der varsler kan bli formidlet til rett etat for å igangsette undersøkelser og eventuelt avbøtende tiltak. Det vil i prinsippet være mulig å utbedre en skade på tildekkingen gjennom etablering av ny tildekking, men dette vil kreve nye geotekniske og miljøtekniske vurderinger.

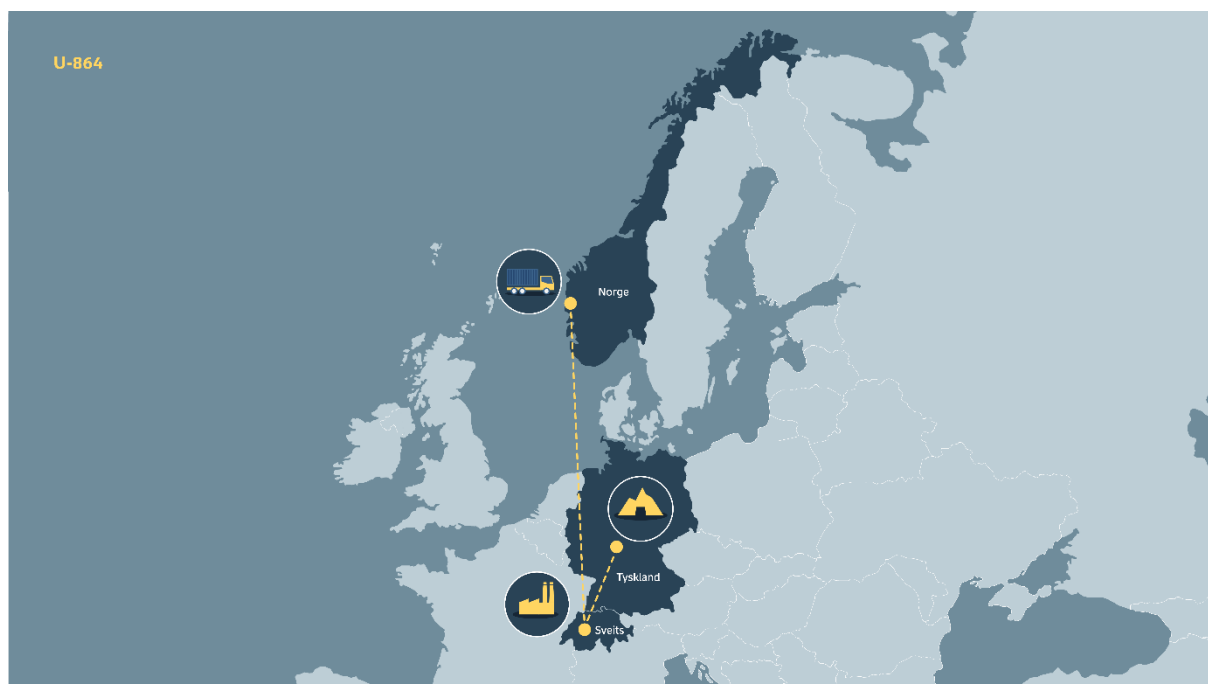
1.7 Deponering av kvikksølv

Operasjon

Fra mottaksanlegget på land med nødvendig forbehandling av kvikksølvlasten, må kvikksølvet fraktes til godkjent spesialisert sluttbehandlingsanlegg for kvikksølv og videre til et deponi. I tillegg må forurensede vrakdelar og forurensede sedimenter håndteres og deponeres på egnet deponi. Transport til behandling og deponi vil antagelig skje med lastebil og mulig om bord på et skip på deler av strekningen.

Denne aktiviteten omfatter følgende operasjoner:

- Lasting av kvikksølvlast på lastebil for transport fra forbehandlingsanlegg i Norge
- Lasting av forurensede vrakdelar og sedimenter og transport til deponi
- Transport av kvikksølvlast (metallisk flytende kvikksølv) fra Norge til mottakerland for stabilisering av kvikksølvet. Mottakerland er ikke bestemt, men aktuelle land kan være Sveits eller Tyskland.
- Videre transport av stabilisert kvikksølv til deponi i mottakerland. Mottakerland er ikke fastlagt, men et aktuelt land kan være Tyskland der det er etablert denne type deponier.



Figur 7 Illustrasjoner av transport av kvikksølv og mulige mottakerland for hhv. stabilisering og deponering

Miljøpåvirkning i en normalsituasjon

I denne fasen vil det være risiko for å forurense med kvikksølv til sjø, luft og land avhengig av transportmetode. I utgangspunktet skal transporten kunne foregå uten vesentlig spredning av kvikksølv, forutsatt at det ikke skjer noen uhell.

Kvikksølvlasten forutsettes pakket og emballert og transporten merket etter ADR-direktivet som omfatter transport av farlig avfall i Europa.

Miljøpåvirkning ved ekstraordinære hendelser

Det vil alltid være en risiko for ekstraordinære uønskede hendelser ved håndtering av farlige stoffer som eksponering til mennesker og/eller omgivelser. Det vil kunne oppstå hendelser i form av trafikkuhell eller andre uønskede hendelser ved lossing og lasting av kvikksølvlasten underveis på transportruten eller ved anlegget som skal prosessere eller deponere kvikksølv.

Ved behandlingsanlegget sørger man for å få overført kvikksølv til fast form ved å blande det med svovel slik at kvikksølv stabiliseres som sinober (HgS). Tidligere var det lov å sluttdeponere flytende kvikksølv, men det er i dag ikke tillat. Slike behandlingsanlegg kan ha utslipp av kvikksølv til både luft og vann, men normalt kun i svært lave mengder dersom anlegget er riktig utformet og driftes etter de krav som er fastsatt av nasjonale myndigheter.

Fra behandlingsanlegget fraktes det stabiliserte kvikksølv (HgS), som nå er i fast form, til et deponi. Anlegg for sluttdeponering finnes for eksempel i tidligere saltgruver i Tyskland. Det er svært lav miljørisiko ved å deponere stabilisert kvikksølv i saltgruver. HgS er svært lite løselig i vann og kjemisk stabilt under reduserende forhold og kvikksølvs mobilitet blir drastisk redusert når det foreligger som HgS sammenlignet med når det er elementært. I tillegg har saltgruver svært lav permeabilitet (nesten tett) og det er normalt ikke fritt vann i saltgruver.