

**Vår saksbehandler**

komkapt (p) Knut Moe, knmoe@mil.no
+47 55 50 28 68, 540 2868
FMA/SSU-LED/STRAT UTVSEK

Vår dato

2025-02-21

Vår referanse

2024/042880-003/FORSVARET/ 872

Tidligere dato

2025-02-11

Tidligere referanse

2025/526-1

Til

Kystverket
Postboks 1502
6025 ÅLESUND
NORGE

Kopi til

Forsvarets forskningsinstitutt
Forsvarsstaben
Forsvarets operative hovedkvarter
Sjøforsvaret

Bistand fra Forsvarsmateriell i forbindelse med kartlegging av U-864 i 2025

1 Bakgrunn

Kystverket anmoder i tidligere referanse om svar på en rekke spørsmål knyttet til undersøkelsen av ubåtvraket U-864 utenfor Fedje. Undersøkelsen er planlagt sommer/høst 2025.

Forsvarsmateriell (FMA) har gjennomgått spørsmålene grundig.

Et helt vesentlig grunnlag for vår gjennomgang vedrørende våpen- og ammunisjonslast og plassering i U-864 er rapporten fra Dr. Axel Niestlé datert 26. november 2024.^A Denne rapporten ble overlevert Kystverket under møtet i Bergen 30. januar. Historikeren Dr. Niestlé regnes som en av verdens største spesialister på granskning av ubåtkrigføringen, og har gjort en imponerende sammenstilling fra offisielt kildemateriale. Han har gitt FMA tillatelse til å videresende sin rapport til Kystverket og andre involvert i arbeidet med U-864.

Kildematerialet i rapporten er hentet i tyske og internasjonale krigsarkiver, tyske ordrer, utrustnings- forsynings- og ammunisjonsplaner for ubåtkrigføringen, «Monsoon Load» samt loggført radiokommunikasjon mellom tyske og japanske myndigheter forut for toktet til U-864.¹ Også autentiske krigsdagbøker og autentiske arkivmateriale etter U-876 styrker funnene til Dr. Niestlé og hans rapport for U-864, da disse to ubåtene hadde samme type skrog, utrustning og oppdrag.

Rapporter og undersøkelser som har vært benyttet tidligere, etter at ubåtvraket U-864 ble funnet i 2003, har ikke i særlig grad kunnet vise til autentisk kildemateriale.

¹ «Monsoon Load» var kodeord for tyske leveranser av krigsviktig materiell til Japan.

Postadresse

Postboks 800 Postmottak

2617 Lillehammer
Norge

Besøksadresse

Grev Wedels plass 1

0151 OSLO
Norge

Sivil telefon

/

Militær telefon

0510 3003

Epost/ Internett

postmottak.forsvarsmateriell@
mil.no

www.forsvarsmateriell.stat.no

Organisasjonsnummer

NO 916 075 855

Vedlegg

2 Drøfting

2.1 Kort om oppdraget til U-864

Standing War Order # 60 av november 1944 beskrev torpedolasten for tyske ubåter i siste del av WW II. Men fra høsten 1944 ble U-864 Type IX D2 utrustet iht. til en «Dual-purpose role» som kombinert strids- og transport-ubåt. Det betyr at torpedolasten ble betydelig redusert ift. ordinær stridspatrulje til fordel for transport av teknologi og råvarer til aksepartner Japan, samt materiellforsyning til tyske baser i Østen.

Oppdrag for U-864: Sørge for at logistikk og passasjerer kommer trygt frem til destinasjonen.

Midler: Egen offensiv kapasitet og selvforsvar.

U-båter av type IX D2 hadde originalt 12 utvendige kontainere for reservetorpedoer. Torpedoer oppbevart i utvendige kontainere var av typen G7a(TI). Torpedoer i utvendige kontainere var ikke armert eller stridsklare fordi tennapparater ikke var montert. Av hensyn til tekniske og vedlikeholdsmessige årsaker kunne ikke elektriske torpedoer oppbevares utenfor trykkskroget.

På grunn av den økende lufttrusselen i denne fasen av krigen var U-864 ombygd med «quick diving upper deck» konfigurasjon på forskipet, og med snorkel Type 1. Dette medførte at seks kontainerne var fjernet fra forskipet for å ivareta funksjonaliteten «quick diving upper deck» skulle gi. Som følge av «quick diving upper deck» formskrog og «Dual purpose role» ble de seks gjenværende kontainere på akterskipet benyttet som logistikk-kontainere og oppbevaring av nedfellbar snorkel Type 1.

Fra 1944 og i 1945 var ubåtene svært utsatte og enklere mål å oppdage og bekjempe for de allierte. Et eksempel er introduksjonen av 3 cm X-bånd radaren, som til og med kunne oppdage bruk av snorkel. Trusselen på overflaten var stor, men den største trusselen var fra fly. U-864 ble derfor utrustet med ekstra luftvernartilleri i form av kontrolltårn med oppsettet TURM IV, og ekstra luftvernammunisjon. Overhengende lufttrussel og overflatetrussel medførte at opphold på overflaten måtte begrenses til et absolutt minimum. Det å ta inn i skroget reservetorpedoer lagret i ytre konteinerne ville medført rigging av løfte/transportutstyr på dekk, for så å ta torpedoen ut av kontaineren, flytte torpedoen til lasteluke, for så å rigge om til å fire den ned i skroget. Risikoen ved en slik omfattende og tidkrevende prosess var selvfølgelig altfor stor og helt uaktuelt i et så viktig transportoppdrag. Fokus var frakt av krigsviktig last til det fjerne Østen, samtidig som man måtte unngå å bli oppdaget.

I forbindelse med et opphold på et verft i Settin mellom 19. oktober og 7. november 1944, kommer det frem av krigsdagboken til U-864 at det skulle monteres kontainere for «Monsoon load». «Monsoon load» var et kodeord for tyske leveranser til Japan. Dette medførte at de seks kontainerne på akterskipet, som opprinnelig var ment for reservetorpedoer, ble gjort om til transport av cargo.

2.2 Spørsmål fra Kystverket – med svar fra Forsvarsmateriell

2.2.1 Operasjonelle spørsmål

Spørsmål som ønskes besvart av forsvarssektoren er rettet mot to hovedområder i forbindelse med gjennomføring av undersøkelser av vrakdelene under det planlagte toktet:

- Operasjonelle begrensninger som bør settes for undersøkelser av vrakdelene ut fra risiko for detonasjon av eksplosiver.
- Informasjon om eksplosiver om bord i U-864 – type eksplosiver, mengder og tilstand.

Svar fra FMA: I prinsipp bør operasjonelle begrensninger settes av Forsvaret. Koplingen til faren for detonasjon av eksplosiver gir likevel FMA anledning til, på fagteknisk grunnlag, å redegjøre for hva som må og hva som ikke må gjøres med hensyn til detonasjonsfare.

Prinsipielt anbefaler FMA at Kystverket ikke må gjennomføre undersøkelser som fører til unødige og ukontrollert bevegelse av vrak. Dette for å minimere risiko for detonasjoner og omkast av kvikksølv til vannsøylen og sedimenter, og samtidig redusere faren for mulig tap av utstyr under undersøkelsene.

Type og mengder med ammunisjon fremgår av Dr. Niestlés rapport.

2.2.2 Inspeksjon og håndtering av vrakdelene

Spørsmål fra Kystverket:

- 1) Kan mini-ROV benyttes innvendig i vrakdelene uten risiko forbundet med eksplosiver?

FMA's forutsetning for besvarelsen: Mini-ROV skal ikke berøre eller flytte på ammunisjonen.

Svar fra FMA: Det er ingen ammunisjonsrisiko forbundet med bruk av mini-ROV i vrakdelene.

Spørsmål fra Kystverket:

- 2) I hvilken grad kan vrakdelene beveges på i forbindelse med undersøkelsene, eksempelvis rulles eller tiltes uten at det medfører risiko forbundet med eksplosiver?

Svar fra FMA: Det hersker uorden i vrakdelene etter torpederingen. FMA anbefaler at vrakdelene ikke rulles eller tiltes. Det vil si at vrakdelene må stabiliseres i samme vinkel som nå. Rulling/tilting kan medføre at gjenstander kommer i klem eller utsetter ammunisjon for friksjon eller trykk. Vrakdelene må løftes mest mulig rett opp og eventuelt flyttes langs bunnen for tilgang til kjølkasser på begge sider.

Spørsmål fra Kystverket:

- 3) Vil det være mulig å bore hull i trykkskroget inn til torpedorommet for å inspisere torpedolasten (basert på plassering ut fra tegninger)? Hvis ja, hvilke forhåndsregler og tiltak må iverksettes? Hvis nei, bes det om en begrunnelse for at dette frarådes.

Svar fra FMA: Nei – man bør ikke bore hull i trykkskroget inn til torpedorommet for å inspisere torpedolasten. Torpedoene må ikke forstyrres eller beveges/trykkes på ifm. arbeid på sjøbunnen. Eventuell boring og punktering av trykkskroget vil medføre tilførsel av sjøvann og organisk materiale inn til torpedorommene og torpedorørene (omgivelsesvanntrykket er på 16 bar). Dette vil medføre at forringelsen øker på ammunisjon som er lagret i romseksjonene, herunder forringelse i torpedoer på dørkplatene, i torpedorørene og i løse tennapparater. Tilførsel av sjøvann i vraket kan resultere til ubalanse og tilting av vrakdelen (slik som tidligere med akterskipet). Man vet jo i prinsippet heller ikke hva man borer i eller kan komme borti. Krigshodenes tennapparater innehar ukjent følsomhet etter 80 år. FMA tar utgangspunkt i økt følsomhet. FMAs råd er: Ikke utsett torpedoene for mekaniske påkjenninger. Ikke skap ytterligere forringelser

FMA mener Kystverket må forholde seg til overleverte skipstegninger som beskriver torpedolasten i antall, type torpedoer, løse tennapparater og plassering mht. trykkskrogspant. Torpedoene må ikke forstyrres eller beveges/trykkes på ifm. arbeid på sjøbunnen. Eventuell boring i trykkskroget vil medføre tilførsel av sjøvann og organisk materiale inn til torpedorommene og torpedorørene (omgivelsesvanntrykket er på 16 bar). Dette vil medføre at forringelsen øker på ammunisjon som er lagret i romseksjonene, herunder forringelse i torpedoer på dørkplatene, i torpedorørene og i løse tennapparater.

Skipstegningene viser at det er lagret to torpedoer på dørkplatene i fremre torpedorom, og fire torpedoer ladet i de fire forre torpedorørene. Akterut er det ladet to torpedoer i torpedorørene. Torpedoer i torpedorør har tennapparater montert. Dette innebærer at det totalt er åtte torpedoer i vrakdelene, jf. vedlagt rapport fra Dr. Niestlé.

De to torpedoene lagret i fremre torpedorom kan ha vært utsatt for sjøvann i 80 år. Eventuell ammunisjon og materiell i akter torpedorom har vært utsatt for sjøvann i mer enn 10 år etter Kystverkets punktering av skroget i 2014. Torpedoer som utsettes for sjøvann vil korrodere svært raskt. I den grad skroget i forskipet fortsatt er tett, vil det være av stor verdi å opprettholde et «optimalt» miljø for disse lengst mulig for å forhindre ytterligere forringelse. Torpedoer som er ladet i torpedorørene har de beste forutsetningene for å være i god behold, torpedorørene var de mest robuste beholderne utfra kjent materialbruk (bronse/kobberlegeringer).

Spørsmål fra Kystverket:

- 4) Vil det være mulig å etablere tilgang til torpedorør og eventuelle torpedoer via baug-lem for å fastslå type torpedo?

Svar fra FMA: Det er vanskelig å forstå utbytte eller verdi av slike inngrep, da man uansett bør basere seg på det som er etablert som overveiende sannsynlig torpedolast, jf. Dr. Niestlé.

Åpning av baug-lem vil gi tilførsel av sjøvann og organisk materiale i torpedorørene. Dette starter og akselererer forringelse av torpedoene, og bør ikke gjennomføres.

Ved åpning av baug-lem vil man ikke kunne skille torpedomodellene G7a(TI) eller G7e(TIII) fra hverandre i og med at disse torpedoene har påmontert «nesemontert» tennapparat. Det samme gjelder for G7es(TV) og G7es(TXI) torpedoene som har toppmonterte tennapparater (tilsvarende vurdering gjelder også for torpedorørene i akterskipet).

2.2.3 Eksplosiver og ammunisjon

Spørsmål fra Kystverket:

- 1) Er det av interesse, og vil det være mulig, å gjennomføre en inspeksjon av logistikk-containerer på akterskipet under treverket på dekk og sjekke innholdet av disse? Hva vil være en anbefalt fremgangsmåte for å undersøke containeren med tanke på at denne kan inneholde torpedolast? For å få tilgang til logistikk-containerer vil det være mulig å fjerne treverket på dekk over containeren med en arbeids- ROV. Deretter kan en micro-ROV benyttes for videre inspeksjon.

Svar fra FMA: Det har ingen hensikt å punktere logistikk-kontainere eller rive opp kontainere for å verifisere innholdet. Kontainerne inneholder cargo og ikke torpedoer. Om det mot formodning skulle være lagret G7a(TI) torpedoer i kontainerne utgjør det ingen risiko i og med at tennapparatene ikke er montert. Logistikk-kontainerne (fire gjenværende totalt på akterskipet) kan løsnes og heves forsiktig opp til overflaten, gjerne ved kutting av de fire bolthodene. Inspeksjon og verifisering kan deretter foretas om ønskelig (innholdet kan også ha stor krigshistorisk verdi).

Teknisk beskrivelse av kontainere: De fire tilsynelatende hele kontainerne på akterskipet er sylindriske, og er laget av hydronalium (aluminium-magnesium-legering) med en indre diameter på 680 mm. Den fysiske styrken er lik trykkskroget til ubåten. I den ene enden har de en kuleformet bunn, den andre enden er lukket med et avtakbart lokk utstyrt med en gummipakning, som presses mot røret med muttere for å få det trykktett. Hver beholder har en tappekran i bunnen for drenering av vann og en ventil for utlufting. Hver logistikk-kontainer er festet til underlaget med fire 1-tommers innfestingsskruer. Alle kontainerne er utstyrt med løfteøyer. Hver kontainer er også utstyrt med en dekkplate av hydronalium på nivå med det øvre dekket. Hydronalium er svært motstandsdyktig mot korrosjon fra sjøvann. Derfor er det mulig at kontainerne om bord på U-864 fortsatt er i perfekt stand selv etter 80 år på havbunnen. Hvis gummipakningene ikke har forråtnet, er det all grunn til å tro at en eller alle fortsatt er vanntette. Den femte kontaineren på babord side midtskips ser ut til å være delt i to.

Spørsmål fra Kystverket:

- 2) Det ble foreslått i møtet 30. januar å undersøke logistikk-container BB ved bruddåpning av forskipet med hensyn til om denne er intakt eller ødelagt. Er det spesielle forhold som må hensyntas ved denne operasjonen?

Svar fra FMA: Nei, kontaineren har ikke eksplosiv last. Om ønskelig inspiseres eventuelt innholdet forsiktig, men vi tror ikke dette vil gi noen merverdi for heving av kvikksølv.

Spørsmål fra Kystverket:

- 3) Forutsatt visuell tilgang inn i torpedorommet, er det av interesse å undersøke om tennapparatet er montert i torpedoer som ligger lagret i torpedorommet og ikke oppbevares separat. Er det spesielle forhold som må hensyntas ved denne operasjonen?

Svar fra FMA: Det er ikke montert tennapparater på lagrede torpedoer i forskipet fordi tennapparat settes inn rett før torpedorør lades.

FMA anbefaler ikke visuell tilgang til torpedorum. Dette har ingen formål som sikrer tilgang til kjølkassene for fjerning av kvikksølv.

Om Kystverket likevel insisterer på visuell tilgang til fremre torpedorum er FMAs råd klart – ikke rør, registrer posisjoner for funn, registrer endringer i stabilitet, korrosjon og om mulig type torpedo på dørken.

Spørsmål fra Kystverket:

- 4) Er det mulig, nødvendig eller ønskelig å heve torpedoer som blir funnet i vrakdelene for nærmere undersøkelser av tilstanden på disse? Er dette i så fall noe Forsvaret kan gjennomføre i forbindelse med toktet i 2025, og hva trengs i så fall av spesialutstyr?

Svar fra FMA: Dette er et operativt spørsmål for Forsvaret både hva angår om det er mulig og hva som trengs av utstyr.

FMA mener likevel – nei. Torpedoene kan være i varierende tilstand, og krigshodene til de ulike typer torpedoer er forskjellige med ulik følsomhet på eksplosivene. Hvis en torpedo skal heves må den først lokaliseres inne i trykkskroget på dørk (som vi har frarådet) eller i torpedorør. Deretter må det etableres tilkomst (tilstrekkelig åpning i form- og trykkskrog, eventuelt åpning i torpedorør) for å ta den ut og videre heves. Dette kan være praktisk vanskelig hvis torpedoene er sterkt korrodert.

FMA mener dette er en unødvendig operasjon og risiko som ikke gir noe utbytte nå, og bør ikke gjennomføres for å få opp kvikksølv. Senere kan det vurderes om det er hensiktsmessig å fjerne torpedoer for sikker detonasjon på anvist plass.

Spørsmål fra Kystverket:

- 5) Er det stedlige undersøkelser som kan gjøres av torpedoene dersom tilkomst til en torpedo etableres? Med stedlige menes her enten i den posisjon som torpedoen lokaliseres, eller at den flyttes til et sted på sjøbunnen i nærheten av vrakdelene.

Svar fra FMA: Eventuell flytting av lokalisert torpedo er et operativt spørsmål for Forsvaret.

FMA mener likevel – ikke rør, identifiser type og registrer posisjon. Dette er en unødvendig operasjon som ikke gir noe utbytte, og bør ikke gjennomføres i fasen for å få opp kvikksølv. Torpedoenes tilstand er varierende og kan ligge i oppløste deler.

Senere, om mulig, visuelt verifisere torpedotyper/modell. Torpedoene er i varierende tilstand og med ulike typer krigshoder. Følsomheten på eksplosivene er varierende. Hvis torpedoer skal flyttes eller heves må de først lokaliseres før de hentes ut og fraktes til anvist plass for uskadeliggjøring. Torpedoene i forskipet befinner seg inne i trykkskroget på dørkplatene (2) og i torpedorørene (4), og to i torpedorørene på akterskipet. Hvis torpedoer skal hentes ut av torpedorum i forskipet må det rives et større hull, deretter må trolig svært korrodert torpedoer løftes ut av torpedorummet.

Spørsmål fra Kystverket:

- 6) Hva vil undersøkelser av tilstand på torpedoer kunne gi av svar, utover det vi vet i dag?

Svar fra FMA: Visuell verifikasjon kan gi opplysninger om torpedoenes tilstand og modell, og kan bidra til å bekrefte antatt posisjon i vrakdelene. Visuell verifikasjon endrer ikke FMAs tilrådninger om håndtering av torpedoene.

2.2.4 Sedimentene

Spørsmål fra Kystverket:

- 1) Er det risiko forbundet med ammunisjonen ifm. håndtering av sedimenter rundt vraket, for eksempel ved mudring og graving? Hvis ja, beskriv hvilke prosedyrer som må etableres og som må være gjeldende under denne type operasjoner.

Svar fra FMA: Det er lite sannsynlig for at det befinner seg ammunisjon tett inntil vrakdelene. Men det kan være mindre mengder ammunisjon som ble omkastet over et større område av sjøbunnen ved senkningen, og som kan befinne seg i ulike dybder i sedimentet. Magasin nummer 1 ble sprengt bort og detonerte eller ble omkastet i vannsøylen. Funnet ammunisjon eller løse brannrør som uheldigvis kan bli sugd opp til overflaten, kan håndteres der med akseptabel risiko. Funnet ammunisjon på bunnen kan gripes med ROV robotarm og legges i kurver, og heises opp for håndtering. Kompetent personell følger med på masser som blir sugd opp til overflatefartøyet.

3 Konklusjon og anbefaling

Forsvarsmateriell har vurdert Kystverkets spørsmål grundig. Besvarelsene er bredt forankret i FMAs fagmiljøer for våpen og ammunisjon, og fagmiljøet for ammunisjonssikkerhet.

For U-864s ammunisjonsbeholdninger viser FMA til vedlagte rapport fra Dr. Axel Niestlé. FMA har på bakgrunn av rapporten markert og innplassert våpen og ammunisjon i autentiske skipstegninger, med referanse til skipets spantinndelinger. Rapporten til Dr. Niestlé er styrket etter funnet av referanser til tekst i U-864 krigsdagbøker, tyske ordrer og «Monsoon Load». Rapporten styrkes ytterligere av krigsdagbøkene tilhørende U-876, med tyske ordrer etc. U-876 hadde samme type «quick diving upper deck», oppdrag og ammunisjonslast i 1945 som U-864. Kystverket bør derfor feste lit til Dr. Niestlés rapport.

Hovedkonklusjonen er at Kystverket ikke må utsette vrakrestene for rulling eller tilting av hensyn til ammunisjonssikkerheten. Vrakdelene bør derfor løftes forsiktig vertikalt fra den posisjon de har for tilgang til kjølkassene. Det må av hensyn til ammunisjonssikkerheten ikke bores inn i trykkskrog eller torpedorør. Dette vil medføre inntrengning av sjøvann og organisk materiale som vil akselerere forringelsen av ammunisjon i vrakdelene, og derved øke ammunisjonsrisiko.

Med hilsen

Øyvind Johan Kvalvik (e.f.)
generalmajor
assisterende direktør

Stein Håvard Bergstad
flaggkommandør
sjef Maritime kapasiteter

Dokumentet er elektronisk godkjent, og har derfor ikke håndskreven signatur.

^A Vedlegg: UR-Report No 002/2024: Ammunition carried aboard U 864 during its final patrol in February 1945.



FORSVARSMATERIELL

1 av 3

Vår saksbehandler

komkapt (p) Knut Moe, knmoe@mil.no
+47 55 50 28 68, 540 2868
FMA/SSU-LED/STRAT UTVSEK

Vår dato

2025-06-20

Vår referanse

2024/042880-007/FORSVARET/2ÅR/ 872

Tidligere dato

2025-05-19

Tidligere referanse

Kystverket/2025/526-7

Til

Kystverket
Postboks 1502
6025 ÅLESUND
Norge

Kopi til

Forsvarets forskningsinstitutt
Forsvarets operative hovedkvarter
Forsvarsstaben
Sjøforsvaret

Bistand fra Forsvarsmateriell i forbindelse med kartlegging av U-864 i 2025

1 Bakgrunn

Kystverket oversendte 19. mai i år elleve nye spørsmål til forsvarssektoren for undersøkelser ifm. tokt 2 senere i år, og om den endelige løsningen for håndtering av kvikksølv. Opprinnelig svarfrist ble satt til 30. juni i år.

Siden de tre spørsmålene knyttet til tokt 2 sener i år hastet mest, er det enighet med Kystverket om at disse kan besvares innen 20 juni i år. De åtte siste spørsmålene blir etter avtale med Kystverket besvart innen 22. august.¹

2 Drøfting

Kystverket har redegjort for hva de ønsker svar på for tokt 2 innen to områder. Spørsmålene er om hhv. tilgang til kjølkasser under tokt 2 og avdekking av innhold i kjølkassene.

Tilgang til kjølkasser

For å kunne vurdere mulighetsrom, kompleksitet, gjennomførbarhet og kostnader ved å hente ut kvikksølvbeholdere og/eller flytende kvikksølv av kjølkassene, så skal det på tokt 2 testes ut ulike metoder for å:

- sikre tilkomst til kjølkassene
- avdekke om det er kvikksølvbeholdere i kjølkassene eller om disse er tomme eller fylt med ordinær ballast
- hente ut evt. hele kvikksølvbeholdere eller flytende kvikksølv i kjølkasse.

¹ Epost fra Kystverket 2025-06-16, kl. 1006.

Postadresse

Postboks 800 Postmottak

2617 Lillehammer
Norge

Besøksadresse

Grev Wedels plass 1

0151 OSLO
Norge

Sivil telefon

/

Militær telefon

0510 3003

Epost/ Internett

postmottak.forsvarsmateriell@mil.no
www.forsvarsmateriell.stat.no

Organisasjonsnummer

NO 916 075 855

Vedlegg

En slik operasjon må samtidig gjennomføres slik at operasjonen ivaretar nødvendige sikkerhetsregler ift. antatt last av eksplosiver i U-864. Nedenfor er noe spørsmål knyttet til tokt 2, og operasjonsstegene i), ii) og iii) nevnt over. Spørsmålene skal besvares slik:

- Svar på spørsmål.
- Kildehenvisning til gjeldende dokumentasjon og/eller operasjonelle erfaringer (f.eks. angi hyppighet/frekvens for evt. hendelser).
- Forslag til avbøtende tiltak for at forespurte operasjon skal kunne gjennomføres.

Avdekke innhold i kjølkassene

For å kunne avdekke om det er kvikksølvbeholdere i de enkelte kjølkasser har det under markedsdialogen gjennomført i forkant av anskaffelsesprosessen ifm. tokt 1 og tokt 2, vært presentert ulike løsninger som kan generaliseres til følgende to ulike tilnærminger og som tenkt utprøvd på tokt 2:

- a. Grave/mudre vekk masser slik at kjølkassene gjøres tilgjengelige for en WROV som kan fjerne platene på kjølkassene slik at innholdet i kjølkassen kan inspiseres. Det må trolig graves/mudres store mengder masser (flere hundre m³) for å få tilgang bare til noen av kjølkassene.
- b. Benytte «kikkhulls-verktøy» ved først å bore en «brønn» gjennom sedimentene og deretter et hull i platene på kjølkassen for så å føre inn et videokamera som kan filme innsiden av kjølkassen.

2.1 Spørsmål 1 (til kulepunkt a.) – med svar fra Forsvarsmateriell:

Når så store mengder masse fjernes, så kan det være at vraket gradvis legger seg over mot den siden det graves i fra. Vil dette medføre noen utfordringer for lasten av eksplosiver?

Årsakssammenheng må beskrives, sannsynlighet for detonasjon anslås, samt konsekvens. Hva kan utføres av risikoreduserende tiltak?

Svar: Masser må fjernes skånsomt slik at ammunisjonen i vrakdelene ikke blir utsatt for brå bevegelser og store akselerasjoner. Risikoreduserende tiltak kan være å benytte vertikale støttepæler som forankres i sjøbunnen for å unngå bevegelser i vrakdelene.

Årsaken er at ammunisjonen er følsom for støt og friksjon. En foreløpig risikovurdering tilsier at tiltaket kan gjennomføres med akseptabel risiko, forutsatt at ovennevnte risikoreduserende tiltak iverksettes.

2.2 Spørsmål 2 (til kulepunkt b.) – med svar fra Forsvarsmateriell:

Er det noen forhold ved bruk av kikkhulls-teknikk for inspeksjon av kjølkasser som kan påvirke eksplosiver om bord? Årsakssammenheng må beskrives, sannsynlighet for detonasjon anslås, samt konsekvens. Hva kan utføres av risikoreduserende tiltak?

Svar: Det er ingen ammunisjon i kjølkassene. Kikkhull inn i kjølkassene kan derfor ikke påtreffe ammunisjon.

Det som imidlertid kan påvirke ammunisjon i vrakdelene er om det rugges (brå bevegelser og store akselerasjoner) på vrakdelene for tilkomst til kjølkassene. Da kan ammunisjonen bli utsatt for støt og/eller friksjon. En foreløpig risikovurdering tilsier at tiltaket kan gjennomføres med lav risiko dersom man har kontroll på stabiliteten.

Se også svar på spørsmål nr. 1.

2.3 Spørsmål 3 (til kulepunkt a og b.) – med svar fra Forsvarsmateriell:

For de operasjonene som er skissert over (pkt. a. og b.), vil det ha noen praktisk betydning for risikovurderingen om Kystverket på tokt 1 får avdekket type og antall torpedoer som er i vraket (torpedorum og torpedorør), eller om det ikke blir avdekket ifm. tokt 1?

Svar: Tokt 1 ble avsluttet lenge før svarfristen gikk ut, og før heldagsmøtet 11. juni i år.

Gjennomgangen av tokt 1 under møtet 11. juni ga ingen informasjon om identifisering av torpedoer i torpedorum eller i torpedorør.

Forsvarsmateriell viser som tidligere til oversendt rapport fra Dr. Niestlé i vår rapport datert 21. februar 2024.

3 Kildehenvisning og relevant empiri

Operasjonelle erfaringer med tilsvarende aktivitet knyttet til ubåtvrak som planlegges her, er vanskelig å dokumentere. Det har vært gjennomført et antall hevinger og opphugging av ubåtvrak i tiden etter krigen, men da var formålet primært opprydning og avhending, uten at erfaringer fra håndteringen av ammunisjon nødvendigvis ble loggført.

I nyere tid er det få relevante saker å finne, men vi har f.eks. heving av U-534 i Kattegat på 1990-tallet, hvor vi har hatt dialog med EOD-miljøet i Søværnet og fått oversendt rapporter og informasjon fra operasjonen.

Forsvarsmateriell har uansett ikke vært i stand til å fremskaffe data om uønskede hendelser knyttet til denne type aktivitet. FMA har derfor ikke empiri på uønskede hendelser som kan benyttes i vår risikovurdering. Anbefalinger nedenfor gis på bakgrunn av mer generelle ammunisjonstekniske- og sikkerhetsmessige forhold og kunnskap om eksplosive krigsrester.

Anbefalt arbeidsmetodikk tilsier at man bør starte med den vrakdelen som har minst netto eksplosivinnhold (NEI) for å etablere erfaring. Akterskipet inneholder kun 18,2 % av den totale NEI i forskipet.

4 Konklusjon

5 Konklusjon og anbefaling

Forsvarsmateriell har gjennomgått spørsmålene og konkluderer som følger:

Spørsmål 1: Tiltaket kan gjennomføres med akseptabel risiko. For å unngå detonasjoner som følge av støt eller friksjon, stabiliser vrakdelene og unngå brå bevegelser og store akselerasjoner. Benytt gjerne støttepillarer for stabilisering.

Spørsmål 2: Tiltaket kan gjennomføres med lav risiko. Det er ikke ammunisjon i kjølkassene. Kikkhull for å inspisere kjølkassene er uproblematisk så lenge forholdregler som nevnt ovenfor i spørsmål 1 ivaretas.

Spørsmål 3: Tiltaket er historie, og har ingen relevans for tokt 2.

Forsvarsmateriell anbefaler at tiltak iverksettes på akterskipet først.

Med hilsen

Øyvind Johan Kvalvik (e.f.)
generalmajor
assisterende direktør

Kay Gørbitz Juvik
kommandør
stabssjef Maritime kapasiteter

Dokumentet er elektronisk godkjent, og har derfor ikke håndskreven signatur.



1 av 2

Vår saksbehandler
komkapt (p) Knut Moe, knmoe@mil.no
+47 55 50 28 68, 540 2868
FMA/SSU-LED/STRAT UTVSEK

Vår dato
2025-08-28

Vår referanse
2024/042880-008/FORSVARET/2ÅR/ 872

Tidligere dato
2025-02-11

Tidligere referanse
Kystverket/2025/526-7¹

Til

Kopi til

Forsvarsdepartementet
Kystverket
Nærings- og fiskeridepartementet

Forsvarets forskningsinstitutt
Forsvarsstaben
Sjøforsvaret
SJØ/MAR/MDK

Bistand fra Forsvarsmateriell i forbindelse med kartlegging av U-864 i 2025

1 Bakgrunn

Forsvarsmateriell (FMA) støtter etter oppdrag fra Forsvarsdepartementet Kystverkets arbeid i forbindelse med ubåtvraket U-864. Støtten omfatter hvordan ammunisjon og ammunisjonssikkerhet påvirker ulike løsningsalternativer.

2 Drøfting

Kystverket har gjennom tidligere referanser inkludert tidligere referanse b fremmet en rekke spørsmål og problemstillinger knyttet til håndteringen av ubåtvraket. FMA har formelt besvart Kystverkets oppdrag fortløpende jf. tidligere referanse c og d. Etter avtale med Kystverket fikk de åtte siste spørsmålene fra tidligere referanse b ny svarfrist 29. august.² På et heldagsmøte i Kystverket 11. juni i år kom Kystverket med ytterligere informasjon som vi har innarbeidet i vår rapport^A, og i risikovurderingen^B.

FMA har tidligere fremsendt til Kystverket detaljtegninger av U-864 i PDF-format med oversikt over hva som befant seg hvor av ammunisjon med betydning for oppdraget. Det er beskrevet flere detaljer om ammunisjonen om bord i U-864 i vedlegget^C.

Forsvarsmateriell har fremskaffet mye ny informasjon om ammunisjonen om bord og om ammunisjonssikkerhet som ikke tidligere har vært kjent eller benyttet. Av særlig interesse er bl.a. det faktum at krigshodene på torpedoene i torpedorørene befinner seg utenfor ubåtens trykkskrog. Også risiko for detonasjon ved ytre påvirkning og selvdetonasjon av gamle krigsrester blir beskrevet i rapportens, vedlegg A.

Forsvarsmateriell har valgt å fokusere på og benytte de tre samme hovedalternativene som Ekspertutvalget vurderte i 2022. All ny informasjon FMA har frembragt er sammen med tidligere

¹ b) Kystverket/2025-05-19/2025/526-7, c) FMA/2025-02-21/2024/042880-3/872, d) FMA/2025-06-20/2024/042880-7.² E-post fra Kystverket 2025-06-16.

Postadresse Postboks 800 Postmottak	Besøksadresse Grev Wedels plass 1	Sivil telefon /	Epost/ Internett postmottak.forsvarsmateriell@m il.no	Vedlegg 3
2617 Lillehammer	0151 OSLO		www.forsvarsmateriell.stat.no	
Norge	Norge	Militær telefon 0510 3003	Organisasjonsnummer NO 916 075 855	

besvarelser forhold som fremtvinger nye risikovurderinger. I risikovurderingen, vedlegg B, er det benyttet en metodikk anbefalt av bl.a. Terje Aven m. fl. og oberstløytnant Geir Petter Novik.³

Risikovurderingene tar høyde for registrerte uønskede hendelser med årsak, risikoreduserende tiltak, grad av usikkerheter og hvor god bakgrunnskunnskap FMA har for vurderingene. Risikovurderingen munner ut i en risikomatrise for hvert av de tre hovedalternativene.

Risikovurderingen viser at alternativet heving av vrak med last er det alternativet med minst risiko.

Alternativer med tildekking, uten først å fjerne torpedoer, er de alternativene med høyest risiko. Dette skyldes risiko for sympatiooverføring ved detonasjon av ladede torpedoer i torpedorørene, påført ved mekaniske støt og annen ytre påvirkning. Flere studier viser også at ytre påvirkning og eller kjemiske endringer i sprengstoffene over tid kan medføre kraftige detonasjoner. I et evighetsperspektiv vil indre kjemiske prosesser i sprengstoffene være en økende risiko for detonasjoner. Både i for- og akterskipet er det i torpedorørene torpedoer med toppmonterte tennapparater innmontert. Disse tennapparatene etablerer en direkte tennkjede inne i krigshoder i G7es(TV) torpedoer.

3 Konklusjon

Forsvarsmateriell har etter oppdrag fra Forsvarsdepartementet, og med spesifisering av oppdrag fra Kystverket, gjennomført analyser av hvordan ammunisjon og ammunisjonssikkerhet påvirker ulike løsningsalternativer for håndtering av U-864.

Med hilsen

Øyvind Johan Kvalvik (e.f.)
generalmajor
assisterende direktør

Stein Håvard Bergstad
flaggkommandør sjef Maritime kapasiteter

Dokumentet er elektronisk godkjent, og har derfor ikke håndskreven signatur.

^A Vedlegg: Rapport om hvordan ammunisjonssikkerhet påvirker ulike alternativer for håndtering av kvikksølv i ubåtvraket U-864 og forurensede sedimenter ved vraket.

^B Vedlegg: Risikovurdering av ammunisjon og ammunisjonssikkerhet.

^C Vedlegg: Ammunisjonsbeholdning i Kriegsmarines Type IX D2 ubåt, U-864.

³ Aven, et. al. 2017, og dr. ph.d. oberstløytnant Geir Petter Novik, Forsvarsstaben og Forsvarets forskningsinstitutt.

Unntatt offentlighet

Vedlegg A



FORSVARSMATERIELL

Rapport om hvordan ammunisjonssikkerhet påvirker ulike alternativer for håndtering av kvikksølv i ubåtvraket U-864 og forurensede sedimenter ved vraket

Haakonssvern/Raufoss, 2025-08-28

Forord

Det er et samfunnsoppdrag for Forsvarsmateriell å yte støtte til det sivile samfunn.

Forsvarsmateriell har i samsvar med oppdrag fra Forsvarsdepartementet og Kystverket, og etter anbefaling fra Ekspertutvalget, etablert ny risikofaglig kunnskap om ammunisjonssikkerhet i ubåtvraket U-864.¹ Anvendelse av ny kunnskap vil bedre kunne belyse risikoforståelse for håndtering av ammunisjon, og hvilken betydning ammunisjonssikkerhet har for spredning av kvikksølv fra vrakdelene.

Denne rapporten er Forsvarsmateriells bidrag til å styrke Nærings- og fiskeridepartementets og Kystverkets kunnskapsgrunnlag for valg av varig og bærekraftig løsning for videre håndtering av ubåtvraket U-864.

Forsvarsmateriell har under arbeidet blant annet avdekket nye og vesentlige forhold med ammunisjon og ammunisjonssikkerhet som har stor betydning for risikovurderingene:

- krigshodet på de seks torpedoene i torpedorørene er utenfor ubåtens trykkskrog kun elektrisk
 - drevne torpedoer, ikke dampdrevne helt annet tennapparat, med annen montering i
 - krigshodet enn tidligere antatt på minst fire av torpedoene
- kunnskap om udetonerte eksplosive krigsrester synes oversett.²
- Forsvarsmateriell har benyttet de samme tre hovedalternativene som Ekspertutvalget vurderte i sin risikovurdering. Forsvarsmateriell vil påpeke at våre risikovurderinger er gjennomført med varierende grad av usikkerhet og bakgrunnskunnskap, noe som også fremgår tydelig i risikomatrisene for hvert av de tre hovedalternativene.

En sikker og ryddig håndtering av de avdekkede forholdene om ammunisjon og ammunisjonssikkerhet vil, sammen med øvrige tiltak Kystverket måtte iverksette for å minimere spredningen av kvikksølv, bidra til en bærekraftig, god og varig løsning for håndtering av U-864.

Stein Håvard Bergstad
flaggkommandør
sjef Forsvarsmateriell Maritime Kapasiteter

Innhold

Sammendrag.....	3
1 Arbeidsgruppens oppnevning og sammensetning, oppdrag og arbeid.....	5
1.1 OPPNEVNING OG SAMMENSETNING	5
1.2 OPPDRAG	6
1.3 KORT OM FORSVARMATERIELLS ARBEID	8
2 Status	9
2.1 KILDEBRUK	9
2.2 TIDLIGERE ARBEID OG DELTAKELSE FRA FORSVARSSEKTOREN.....	9
2.3 ARBEID UTFØRT AV FORSVARMATERIELL	11
3 Udetonert krigsammunisjon og ammunisjon om bord på U-864.....	12
3.1 OM UDETONERT AMMUNISJON OG EKSPLOSIVE KRIGSRESTER.....	12
3.1.1 Generelt.....	12
3.1.2 Om selvdetonasjon	13
3.1.3 Om svartsvane-hendelser	13
3.2 AMMUNISJON I KRIEGSMARINE OG OM BORD PÅ U-864.....	14
3.2.1 Ammunisjon i Kriegsmarine	14

¹ Anbefaling fra Ekspertutvalgets rapport, s. 9,

² ScienceDirect april 2023 om «Bedre beslutningsgrunnlag ved å styrke risikovurderingene av udetonert ammunisjon og eksplosive krigsrester».

3.2.2	Sympatioverføring – torpedodetonasjoner	15
3.3	MER OM AMMUNISJONSTYPER OM BORD PÅ U-864.....	16
3.3.1	Torpedoer.....	16
3.3.2	SC50 Flybomber.....	16
3.3.3	Demoleringsladninger	17
3.3.4	Artilleriammunisjon.....	17
3.3.5	Samlet ammunisjonsoversikt med lokalisering og NEI.....	17
4	Bakgrunn for risikovurderinger.....	19
5	Risikovurdering for hvert hovedalternativ.....	20
5.1	RISIKOVURDERING ALTERNATIV 1, TILDEKKING AV VRAK MED LAST OG FORURENSET SJØBUNN21	5.2
	RISIKOVURDERING ALTERNATIV 2, HEVING AV LAST (KVIKKSØLV) OG DERETTER TILDEKKING AV VRAK OG SJØBUNN.....	23
5.3	RISIKOVURDERING ALTERNATIV 3, HEVING AV VRAK MED LAST OG DERETTER TILDEKKING AV SJØBUNN	24
5.4	VURDERING AV ALTERNATIVENE.....	24
5.1.1	Alternativ 1, tildekking av vrak med last og forurenset sjøbunn	24
5.1.2	Alternativ 2, heving av last (kvikksølv) og deretter tildekking av vrak og sjøbunn	25
5.1.3	Alternativ 3, heving av vrak med last og deretter tildekking av sjøbunn	25
5.1.4	Øvrige kommentarer.....	25
	anbefaling.....	26
	Konklusjon og	
		26
	Kilder og forkortelser.....	27

Sammendrag

Forsvarsmateriell har under sjef Maritime kapasiteter etablert en bredt sammensatt arbeidsgruppe med fagkompetanse på våpen og ammunisjon, ubåtskrog og ammunisjonssikkerhet. Arbeidsgruppens oppnevning, sammensettning, oppdrag (mandat) og arbeid er redegjort for i rapportens kapittel 1.

Forsvarsmateriell redegjør i kapittel 2 for status før vi fikk oppdraget fra Forsvarsdepartementet høsten 2024. Kapittelet beskriver hvordan manglende kildebruk feilaktig har påvirket arbeid og anbefalinger i tidligere rapporter. Videre redegjøres for hvordan Forsvarsmateriell har gått frem for å løse oppdraget med ny kunnskap vi har innhentet, blant annet basert på tilgjengelig kildemateriale fra krigsarkiver og andre offisielle kilder.

I kapittel 3 beskrives ammunisjon om bord på U-864. Mer detaljert om de ulike torpedomodeller og annen ammunisjon er beskrevet nøyere i vedlegg C, som er utarbeidet av kapteinløytnant Håvard Hovdet (Sjøforsvarsstaben), med støtte av Rune Birger Nilsen. Av ny kunnskap Forsvarsmateriell har benyttet om krigsammunisjon fra andre verdenskrig er doktoravhandlingen til oberstløytnant dr. ph.d. Geir Petter Novik, samt noen av hans vitenskapelige artikler sammen med andre spesialister. Andre viktige bidrag fra nye studier er både kunnskap om svartsvanehendelser og The British Geological Survey's rapport i 2005 om 47 spontane undervannsekspløsjoner med gammel krigsammunisjon i perioden 1992-2004.³ Også sveitseren dr. Axel Niestlé har bidratt betydelig med sin granskning av tyske, britiske og amerikanske krigsarkiver. Nærmere om svartsvane-hendelser, oberstløytnant dr. Noviks rapporter og dr. Niestlés rapporter nedenfor i kapittel 3.

I kapittel 4 gis bakgrunn og metode for utarbeidelse av risikovurderinger. Forsvarsmateriell har valgt å følge anbefalinger fra oberstløytnant dr. Novik og en analysemodell som anbefalt i boken Risikoanalyse – prinsipper og metoder, Aven et al.⁴ Metoden innebærer at risikoanalysen viser sluttresultatet i en risikomatrise. Risikomatrisen tar hensyn til usikkerhet og bakgrunnskunnskap for

³ G. Ford, L. Ottermöller, and B. Baptite, Analysis of Explosions in the BGS Seismic Database in the Area of Beaufort's Dyke, 1992-2004 (British Geological Survey, 2005).

⁴ Risikoanalyse – prinsipper og metoder, med anvendelse, Aven, Røed og Wiencke, 2017.

hvert alternativ, og hver uønsket hendelse som er analysert. Kapittelet viser også hvilke kriterier som er lagt til grunn, inndeling av ammunisjon etter små, medium og store eksplosiver, inndeling av skala for risiko, risikoreduserende tiltak og grad av usikkerhet, samt fargekode for bakgrunnskunnskap for de ulike vurderingene.⁵

Resultatet av risikovurderingene fra vedlegg B presenteres i kapittel 5 i en risikomatrise for hvert av de tre hovedalternativene som er vurdert. Risikomatrixene viser resultatet etter at risikoreduserende tiltak er iverksatt. I likhet med Ekspertutvalget har Forsvarsmateriell vurdert tre ulike hovedalternativer som bakgrunn for vår risikovurdering. Hovedalternativene er:

1. tildekking av vrak med last og forurenset sjøbunn
2. heving av last (kvikksølv) og deretter tildekking av vrak og sjøbunn
3. heving av vrak med last og deretter tildekking av sjøbunn.

I kapittel 5 beskrives videre de aktiviteter og hendelser som vurderes å være i rød kategori (høy risiko) og gul kategori (middels risiko) i tekst under risikomatrixene for hvert av de tre hovedalternativene. Deretter gjennomføres en vurdering av risikoen for hvert av de tre alternativene. Alternativ 3, heving av vrak med last, har lavest risiko. I pkt. 5.3 beskrives nærmere forholdsregler og risikoreduserende tiltak som bør iverksettes for alternativ 3.

I kapittel 6 presenterer Forsvarsmateriell vår konklusjon og anbefaling. Alternativet heving av vrak med last medfører minst risiko for spredning av kvikksølv, også i et evighetsperspektiv. Videre anbefaler FMA at det ikke gjennomføres noen form for tildekking av vrak eller vrakdelene før torpedoer er fjernet fra vrakdelene.

Følgeskrivets vedlegg B: Risikovurdering av ammunisjon og ammunisjonssikkerhet, U-864.
Følgeskrivets vedlegg C: Ammunisjonsbeholdning i Kriegsmarine Type IX D2 ubåt, U-864.

1 Arbeidsgruppens oppnevning og sammensetning, oppdrag og arbeid

1.1 Oppnevning og sammensetning

I oppdragsbrev nr. 15 (2024) fra Forsvarsdepartementet (FD) til Forsvarsmateriell (FMA) ble FMA gitt i oppdrag å støtte Kystverket med nødvendig kompetanse for kartlegging av vrakrestene etter ubåten U-864.⁶ Anmodningene fra Kystverket til FD om bistand er knyttet til tilstand og plassering av ammunisjon i vrakdelene. Dette har betydning for hvilke skader ammunisjonen kan påføre miljøet ved ulike løsningsalternativer.

Forsvarsmateriell fordelte oppdraget til FMA Maritime kapasiteter (FMA MARKAP). Grunnet oppdragets kompleksitet og omfang opprettet sjef FMA MARKAP i november 2024 en prosjektgruppe med spesialister både fra FMA MARKAP som fagmyndighet maritimt materiell, herunder torpedoer, og fra FMA Land- og Felleskapasiteter Ammunisjonssikkerhet (FMA LAND/FELLESKAP AMMSEK) som fagmyndighet ammunisjonssikkerhet og risikovurderinger knyttet til ammunisjonssikkerhet.

Til å lede arbeidet oppnevnte sjef FMA MARKAP kommandørkaptein (p) Knut Moe som kontaktperson overfor Kystverket. Nøkkelkompetanse med historisk arkiv og dyp teknisk fagkompetanse om maritimt krigsmateriell, spesielt om torpedoer, ble etter avtale med sjef Sjøforsvaret hentet fra Sjøforsvarsstaben (SST). Etter at arbeidet startet ble det også nødvendig å innhente FMAs fremste tekniske ekspert på ubåtskrog for å vurdere hvordan belastninger på formkrog og trykkskrog ved tildekking kan påvirke torpedoer i torpedorørene og annen ammunisjonen i vrakdelene.

Arbeidsgruppen, ofte benevnt AG U-864 i denne rapporten, fikk følgende sammensetning:

- kommandørkaptein (p) Knut Moe, FMA Strategisk styring og utvikling. FMAs kontaktperson til Kystverket. Tidligere stabssjef i FLO/SJØ, FLO Materielldivisjonen og tidvis i FMA

⁵ Se inndelingen av små, medium og store eksplosiver i risikovurderingen, vedlegg B og i pkt. 4 nedenfor.

⁶ Forsvarsdepartementet 12. november 2024, 24/01158-33, DocuLive referanse 2024042880-1. ⁷

FLO: Forsvarets logistikkorganisasjon.

MARKAP, samt sjef FLO Investeringsdivisjonen på Haakonssvern.⁷ Fem år medlem av FDs programledelse for sjøsystemer og Forsvarets spesialstyrker. FoU- og fortifikasjonsoffiser i Forsvarsbygg med hovedansvar for mottiltak mot våpenvirkninger. Utdannet bl.a. ved Sjøkrigsskolen operativ linje (realfaglig studieretning), Sjøforsvarets stabsskole del 1, Kungliga Militärhögskolan (siv.ing. nivå og stabsskole del 2) og innen militær operasjonsanalyse ved Cranfield University, Royal Military College of Science • orlogskaptein (p) Rune Birger Nilsen, FMA MARKAP Teknologi og design, med oppdrag fra sjef Maritime kapasiteter om å støtte Knut Moe i møter med Kystverket. Utdannet bl.a. ved våpenteknisk linje på Sjømilitære korps (1980 kullet). Nasjonalt Langkurs/Teknisk Elektronikk- og Våpen, stabsskole del 1, høyskole navigasjon, utdannet kanonér med varierende sjø og landtjeneste. Har på privat side arbeidet med saker som relateres til vanndirektivet • senioringeniør Hans Øiom, FMA LAND/FELLESKAP AMMSEK, leder faggruppe for håndteringssikkerhet i AMMUNISJONSSEKSJONEN. Utdanning ved Hærens ingeniørhøyskole 77-80, diverse påbygging i fortifikasjon, våpenvirkninger, dynamisk respons, samfunnssikkerhet og risikoanalyse. Siden 1987 forestått kvantitative risikovurderinger for ammunisjonsikkerhet og implementering av metoder og verktøy. Deltatt i og ledet NATO- og internasjonale fora innenfor fagområdet

- senioringeniør Ann Leni Haugstad Fladvad, FMA LAND/FELLESKAP AMMSEK. Har Master i materialteknologi fra NTNU, Trondheim. Tidligere kvalitetsingeniør hos NAMMO. Akkreditert Sertifisert Risk Manager (Norsk Sertifisering). Pågående master studie på UIS, risikostyring og sikkerhetsledelse
- kommandørkaptein (m) Svein Ove Strandos, FMA MARKAP MTI MS-SEK, sjef for seksjon maritime spesialsystem. Har bachelor marinteknisk drift fra Vestfold tekniske skole. Langkurs fra Marinens jegervåpen, Krigsskolen i Hæren, tidligere maskinmester på flere fartøy i Sjøforsvaret, også under NATO-kommando. Har flere år som operatør ved Minedykkerkommandoen (MDK), herunder også INTOPS i Afghanistan og deltatt på de tre første skarpe minerydderoperasjonene i Østersjøen. Har arbeidet som nordsjødykker. Hatt flere ledende stillinger ved MDK og ved Dykker og froskemannsskolen, arbeidet som prosjektleder nytt dykkerfartøy til Marinen • orlogskaptein Tor Egil Hansen, innledningsvis FMA LAND/FELLESKAP AMMSEK, nåværende stilling skjernet. Er utdannet ammunisjonsoffiser, Explosive Ordnance Disposal (EOD), Improvised Explosive Device Disposal (IEDD) Operator Master. Jobbet i ammunisjonsbransjen siden 1989. Vært sjef for eksplosivverkstedet på Vestlandet sjøforsvarsdistrikt og fyrverker samme sted. Har vært ammunisjonsinspektør fra 1998 og sjef for forsvarssektorens ammunisjonsinspektører fra 2013-2025. Har INTOPS-erfaring fra Libanon, Kypros, Cadiz, Afghanistan, Irak, Jordan etc.
- kapteinløytnant Håvard Hovdet, Sjøforsvarsstaben/Avdeling for sikkerhet og Kvalitet. Høgskoleingeniør (elektronikk) og utdanning fra Sjøkrigsskolen, Nasjonalt Langkurs/Teknisk Elektronikk- og Våpen, Nasjonalt Logistikkurs, metodestudie fra stabsskole, samt utdanning innen risikostyring og revisjon. 36 år i Sjøforsvaret, med våpenteknisk tjeneste fra Kystartilleriets Undervannsforsvar (torpedobatterier, kontrollerbare minefelt og minekontrollfartøy, instruktør ved våpenskole), med praksis på bla. eks-tyske torpedoer. Lang erfaring innen sikkerhetsstyring med utvikling og drift av styringssystemer/dataverktøy. Privat nærmere 20 års erfaring med innsamling av historisk materiale fra arkiver og ulike fagmiljøer i inn- og utland, med fokus på bla. tekniske studier av tyske undervannsvåpen fra 2. verdenskrig. Parallelt engasjement i venneforening for Museum vest/Herdla museum med drift og vedlikehold av tidligere Herdla torpedobatteri (vedlikehold av eks-tysk torpedomateriell, historiske foredrag og omvisninger)
- kommandørkaptein Jostein Støldal, FMA MARKAP, konstruksjonsmyndighet maritime spesialsystemer og -båter. Marineingeniør, sivilingeniør og MSc i Naval Architecture fra Chalmers tekniska högskola. Post Graduate Course innen Submarine Design fra University College London (UCL). Ubåtspesifikk tjeneste fra 1987-2012, herunder 3 år som inspektør for ubåt skrog- og maskinsystemer og 7 år som konstruksjons- og sertifiseringsansvarlig UVB. 12 år som medlem av NATO Submarine Escape and Rescue Working Group, 4 år som stabsoffiser øvelser og operasjoner i International Submarine Escape and Rescue Liasson

Office (ISMERLO) i Norfolk USA. I perioden 2019-2022 valgt som Chairperson International Naval Safety Association (INSA). Tjeneste i 2 år som Driftssjef og Sjef Systemavdeling FMA/MARKAP. Har gjennomgått sjefskurs ved Forsvarets Høgskole, stabsskole del 2 og er sertifisert prosjektleder i Forsvaret

- faglig bistand fra pensjonert børsemaker Geir Kvale som har over 40 år tjeneste ved våpenverkstedene i Sjøforsvarets forsyningskommando (SFK) og FLO.

I tillegg har AG U-864 fortløpende konsultert forsker og oberstløytnant dr. Geir Petter Novik, og benyttet vitenskapelige rapporter om udetonert ammunisjon og eksplosive krigsrester, herunder hans doktoravhandling. Underveis har også AG U-864 konsultert dr. Axel Niestlé i arbeidet, i tillegg til å ha benyttet hans rapport UR-report No 002/2024 datert 24. november 2024.

1.2 Oppdrag

Forsvarsdepartementet konkretiserte oppdragsbrev nr. 15 (2024) til Forsvarsmateriell om støtte til Kystverket slik:

«Kystverket har anmodet om at Forsvarsdepartementet bistår med ammunisjon- og eksplosivkompetanse i vurdering av tilstand på og plassering av ammunisjon i vrakdelene. Formålet er å sikre at undersøkelsen og sluttrapporten er grundig underbygget og med autoritet.»

Sluttrapporten Kystverket skal levere til Nærings- og fiskeridepartementet (NFD) skal gi en vurdering av om man bør gå videre med heving av kvikksølv før tildekking av vraket og forurenset sjøbunn, eller om man bør gå rett til tildekking.⁷

Likelydende oppdrag som fra FD til FMA ble gitt til Forsvaret i oppdragsbrev nr. 104 (2024). Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) var kopiadressat i brevet fra FD, uten oppdragsbrev.

Den 11. februar 2025 ga Kystverket oppdrag direkte til FMA, Forsvaret og FFI om å besvare en rekke spørsmål innen 24. februar. Oppdraget ble formulert slik:

«Spørsmål som ønskes besvart av forsvarssektoren er rettet mot to hovedområder i forbindelse med gjennomføring av undersøkelser av vrakdelene under det planlagte toktet:

- Operasjonelle begrensninger som bør settes for undersøkelser av vrakdelene ut fra risiko for detonasjon av eksplosiver.
- Informasjon om eksplosiver om bord i U-864 – type eksplosiver, mengder og tilstand.»⁸

Spørsmålene Kystverket ville ha besvart ble ytterligere detaljert i oppdragsbrevet. FMA avga svar til Kystverket 21. februar 2025, forankret på toppnivå ved assisterende direktør FMA og sjef FMA MARKAP.⁹

I oppdragsbrevet 11. februar 2025 ga Kystverket i tillegg følgende anmodning om leveranse:

«Dersom det gjennomføres særskilte risikovurderinger knyttet til problemstillingene, bes disse vedlagt.»

AG U-864 valgte å se denne siste del av oppdraget fra Kystverket 11. februar i sammenheng med e-post fra Kystverket 8. januar 2025 om presisering av oppdraget vedrørende ammunisjon i vrakdelene på U-864.¹⁰

I presiseringen av oppdraget 8. januar heter det i pkt. 3.1:

«Det skal ikke utredes andre alternative tiltak utover å heve kvikksølv og dekke til vrakdelene. Om Forsvaret og/eller FMA mener at heving av kvikksølv før tildekking av vraket og forurenset sjøbunn, eller tildekking alene, ikke er tilrådelig på grunn av forholdet med ammunisjonen, må dette påpekes, begrunnes og så langt som mulig dokumenteres.

⁷ Jf. bestilling fra NFD til Kystverket i Prop. 104 S (2023-2024).

⁸ Brev fra Kystverket 11. februar 2025, med referanse 2025/526-1. DocuLive referanse 2024042880-2.

⁹ Brev til Kystverket 21. februar 2025, DocuLive referanse 2024042880-3.

¹⁰ E-post fra Kystverkets prosjektleder, seniorrådgiver Lill Veronika Benjaminsen, 8. januar 2025.

Eventuelle andre tiltak på og rundt vrakdelene er en politisk beslutning som avhenger av en rekke forhold. Det kreves en særskilt bestilling fra NFD før en slik utredning eventuelt kan starte.»¹¹

Videre er følgende presisert 8. januar om oppdraget i pkt. 3.4:

«Forsvaret og FMA bes om å bistå med å skaffe oversikt over ny forskning knyttet til risiko forbundet med ammunisjonen som har ligget vått slik ammunisjonen om bord i U-864. Informasjonen må begrunnes og dokumenteres».

Den 19. mai 2025 kom nok et oppdrag fra Kystverket om bistand fra forsvarssektoren.¹² I tillegg til tidligere utredninger, informasjon og møter fremmer Kystverket ytterligere elleve spørsmål som ønskes besvart innen 30. juni 2025. Den opprinnelige fristen er senere endret, slik at de tre første spørsmålene, som er rettet mot tokt 2 senere i år, ble besvart 20. juni. De neste åtte spørsmålene er rettet mot det endelige miljøtiltaket på U-864, også vurdert i et evighetsperspektiv.¹³

Besvarelsen på alle elleve spørsmålene tas inn i rapporten nedenfor og innarbeides i den endelige risikovurderingen i vedlegg B.

Flere av vurderingene om ammunisjon og ammunisjonssikkerhet i oppdragene og presiseringene fra Kystverket er omfattende, komplekse og dels tidkrevende å utrede. Under heldagsmøtet med Kystverket 11. juni kom ytterligere nye opplysninger på bordet, opplysninger som Kystverket ikke hadde delt med oss tidligere. Den 18. juli 2025 fikk vi oversendt en rapport om tildekking fra Det Norske Veritas Germanischer Lloyd (DNV GL), en rapport som også har betydning for våre vurderinger.

AG U-864s arbeid med denne rapporten har derfor tatt noe mer tid enn opprinnelig planlagt. Grunnet oversendt tilleggsinformasjon har Kystverket gitt FMA ny svarfrist 29. august i år.¹⁴

1.3 Kort om Forsvarsmateriells arbeid

Forsvarsmateriell og AG U-864 viser respekt for at hensynet til miljøet forårsaket av lekkasjer fra kvikksølvlasten, og at berging av mest mulig kvikksølv er det overordnede målet. Det er viktig å fastslå at ammunisjonen om bord i vrakdelene, og vurdering av ammunisjonssikkerheten ved ulike handlemåter for fjerning av kvikksølv, vil påvirke varig løsning for fjerning av kvikksølv.

AG U-864 har innhentet mye ny informasjon som ikke har vært benyttet tidligere for vurdering av ammunisjonslasten på U-864 og ammunisjonssikkerhet. I tillegg har spesielt tre viktige eksterne rapporter i betydelig grad bidratt til våre faglige vurderinger: dr. Axel Niestlé's rapport fra 24.

- november 2024,¹⁵
- rapport publisert på ScienceDirect i april 2023 om «Bedre beslutningsgrunnlag ved å styrke risikovurderingene av udetonert ammunisjon og eksplosive krigsrester»,¹⁶ og
- oberstløytnant dr. Geir Petter Noviks doktoravhandling om kompleks risikohåndtering av eksplosive krigsrester.¹⁸

I tillegg har AG U-864 gjennomført analyser av det vi har funnet publisert av tidligere rapporter og informasjon delt av Kystverket for oppdraget. Vi har også benyttet Håvard Hovdets og Rune Birger Nilsens grundige rapport om ammunisjonsbeholdningen til U-864 (vedlegg C).

Dr. Axel Niestlé regnes som en av verdens fremste forskere på ubåtkrigføringen under andre verdenskrig.¹⁷ Dr. Niestlé's rapport viser at U-864 var utrustet med helt andre torpedomodeller og antall enn tidligere rapporter viser til. Torpedokrigshodenes tennapparater på flere av torpedoene har

¹¹ Vår uthevning i kursiv.

¹² Brev fra Kystverket 19. mai 2025 med deres referanse 2025/526-7. DocuLive referanse 2024042880-4.

¹³ Ibid.

¹⁴ E-post fra Kystverket 22. august 2025.

¹⁵ Dr. Axel Niestlé, UR-Report No 002/2024: Ammunition carried aboard U 864 during its final patrol in February 1945. Rapporten ble også vedlagt FMAs brev til Kystverket 21. februar 2025, DocuLive referanse 2024042880-3.

¹⁶ Geir P. Novik, Eirik B. Abrahamsen og Morten Sommer, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106065>.¹⁸

Geir Petter Novik, Complex risk management in explosive-contaminated areas: Explosive remnants of war, University of Stavanger, 2023.

¹⁷ Se bl.a. om historikeren dr. Axel Niestlé på nettstedet www.uboot-archiv.de med flere.

en annen konstruksjon, montering og følsomhet enn beskrevet i tidligere rapporter. I tillegg ble det like før avgang fra Bergen lastet SC50 flybomber om bord. Informasjonen om flybomber fremkommer ikke av tidligere rapporter.

I sum medfører ny informasjon innhentet av AG U-864 behov for en revurdering av tidligere rapporters beskrivelser av ammunisjonsrisiko. Derfor fremmer FMA i denne rapporten helt nye risikovurderinger, basert på ny kunnskap om våpen- og ammunisjonslasten om bord.

Forsvarsmateriell har også gjort skrogtekniske analyser som ikke er vurdert tidligere, og som gjenspeiles i risikovurderingen (vedlegg B).

Arbeidet i AG U-864 har vært gjennomført dels ved en rekke møter på Teams/PEXIP mellom medlemmene på Haakonsvern og Raufoss, dels individuelle bidrag, og ved en to-dagers samling på Ulven leir. I tillegg har flere i arbeidsgruppen nedlagt betydelig arbeid på fritiden og i ferier. Alle som har bidratt har gjennom hele utredningsperioden skjøttet sin hovedfunksjon i stilling.

2 Status

2.1 Kildebruk

Ekspertutvalgets rapport bærer preg av ikke å ha benyttet tilgjengelig kildemateriale. Også tidligere utredninger fra Det Norske Veritas (DNV) med flere, viser mangelfull bruk av kilder. Beklageligvis har svak og upresis anvendelse av kilder vært gjennomgående helt fra vraket av U864 ble funnet av KNM «Tyr» 22. februar 2003. Manglende innhenting av kunnskap om ammunisjonstyper og -modeller, og om eksplosivens innhold om bord på U-864, er blant forhold som har medført feilaktige anbefalinger og konklusjoner i tidligere rapporter. Det samme gjelder manglende fagkunnskap om U-864s konstruksjon, med «quick diving upper deck»-konfigurasjon på fordekket for å kunne dykke raskt under lufttrussel. Denne konfigurasjonen reduserer mulig antall logistikk-kontainere utvendig til kun å omfatte inntil seks, på akterdekk og midtskips. I sum har disse feilaktighetene og manglende bruk av kilder senere blitt en følgefeil som har «smittet» fra rapport til rapport.

Forsvarsmateriell har gransket formelle kilder grundig. Dette omfatter bl.a. åpne krigsarkiver i Tyskland, Storbritannia og USA, i tillegg til flere publiserte rapporter. Kystverket og deres bestillinger hos DNV med flere har stort sett forholdt seg til kildemateriell fra andre ubåter og med annen oppdragsspesifikasjon enn for U-864. Det kan også synes som om det er festet for stor tillit til den tidligere ubåtkapteinen på U-861, Jürgen Oesten, og hans berettelser om full torpedokrigslast.

FMA og AG U-864 har i henhold til oppdraget og regjeringens utredningsinstruks innhentet ny informasjon om ammunisjon og ammunisjonssikkerhet fra eksterne kilder og rapporter. Kunnskapen nye rapporter gir oss påvirker alle tidligere risikovurderinger om ammunisjonssikkerhet. FMA mener vår rapport fremmer avgjørende kunnskap for ikke å bidra til uønsket eller mer spredning av kvikksølv. Nyervervet kunnskap medfører også et sterkt behov for å studere tidligere anbefalinger, anvendte metoder, risikovurderinger og konklusjoner med nye øyne.

Som påpekt i e-post til Kystverket 10. desember 2024 var de fleste, om ikke alle, kildene som rapporten fra ScienceDirect oppgir, tilgjengelige for Ekspertutvalget.¹⁸ Også Kystverket og deres konsulenter burde ha benyttet åpne kilder i langt større grad.

2.2 Tidligere arbeid og deltakelse fra forsvarssektoren

Det har opp gjennom årene vært gjort adskillige forsøk på å støtte Kystverket med fagpersoner fra forsvarssektoren, som oftest personell fra FFI og MDK. Fagmyndighet maritimt materiell har etter det vi har funnet ut aldri vært formelt involvert før senhøstes 2024, etter at Forsvarsdepartementet sendte oppdrag nr. 15 (2024) til Forsvarsmateriell.

Flaggkommandør (p) Geir Kilhus, som var sjef for teknisk divisjon i Sjøforsvarets forsyningskommando og senere sjef FLO MARKAP i perioden fra 2001-2013, bekrefter at fagmyndighet maritimt materiell ikke har vært forespurt om bistand fra Kystverket vedrørende

¹⁸ E-post fra FMAs kontaktperson Knut Moe, 10. desember 2024.

håndtering av U-864 i hans tid som sjef.¹⁹ Også Forsvarsmateriells kontaktperson var i en årrekke fra år 2000 til han gikk av med pensjon i 2017 fast medlem av ledergrupper i SFK, FLO SJØ, FLO Materielldivisjonen, FLO/Investeringsdivisjon og FMA MARKAP uten at spørsmål om støtte til Kystverket om ammunisjon og ammunisjonssikkerhet vedrørende U-864 var på dagsorden. Likevel har enkeltpersoner engasjert seg sterkt, som avdøde kommandørkaptein Hans Kristian Kjelstrup. Hans initiativer var personlig, og ikke i regi av fagmyndigheten.

Forsvarsstaben anbefalte i desember 2009, etter at regjeringen i januar 2009 besluttet å heve vraket, et samarbeidsprosjekt finansiert av Kystverket.²⁰ Meningen var at ressurser fra MDK, FLO, Forsvarets operative hovedkvarter (FOH) og Kystvakten skulle delta.²¹ Fagmyndighet logistikk, herunder fagmyndighet maritimt materiell, var den gangen organisert i FLO. Det ser ut til at et formelt samarbeid i regi av FD, finansiert av Kystverket, trolig aldri så dagens lys. Uansett var ikke fagmyndighet maritimt materiell involvert.

Forsvarssektorens daværende fagmyndighet på ammunisjonssikkerhet i 2019, FMA Felleskapasiteter, ble først forespurt av Forsvaret, ikke Kystverket, om bistand til risikovurdering av gjenværende ammunisjon i ubåten U-864.²² Besvarelsen fra FMA til Kystverket om sannsynlighet for detonasjon ved håndtering av ammunisjon (rydding av eksplosive gjenstander) var basert på publiserte empiriske data fra Department of Defense Explosives Safety Board, Technical paper-14. Siden ca. 80 % av disse ulykkene som er grunnlag for TP-14 er scenarier med brann, er sannsynligheten for håndteringsulykker under vann på ene siden redusert. På andre siden er usikkerheten med ammunisjongjenstandene større i dag på grunn av aldring og at teknisk sikkerhet i WW2 ammunisjon er lavere enn TP-14 grunnlaget. Arbeid under vann med fjernstyrt utstyr innebærer også mindre kontroll over operasjonen, slik at uhellsfrekvensen i sum i 2019 ble antatt å være om lag som for generell ammunisjonshåndtering ved en ryddeoperasjon.

Konsekvenser vil være avhengig av graden av fjernstyring og eksponering av mannskap. Sannsynlighet for omsetning av ammunisjon i urørt vrak ble anslått å være meget lav.

Det fremgikk i fagmyndighet ammunisjonssikkerhets svar til Kystverket i 2019 at Forsvarsmateriell trenger mer presis informasjon om vrakdelenes tilstand, om ammunisjonen og om operasjoner tenkt gjennomført for å gjøre mer kvalitative vurderinger.²³ Mer presis informasjon for videre vurderinger ble etter det vi kjenner til ikke mottatt.

Ekspertutvalgets rapport påpeker på s. 57 at «Forsvarsmateriell har vurdert sannsynligheten for detonasjon på nytt i 2019 og bekrefter i stor grad de vurderinger som ble lagt til grunn i 2008.» Ekspertutvalget tok informasjonen fra Kystverket som fullverdig, uten å ta kontakt med andre fagmyndigheter i FMA, som fagmyndighet maritimt materiell. Utvalget støttet seg fullt og helt på DNVs og Rambølls rapporter, MDKs vurderinger og utsagn fra FOHs personell.

DNVs rapporter i 2008 og senere, og Rambøll i 2019, konkluderer med et stort antall torpedoer om bord da ubåten ble senket. DNV sier i sin tekniske rapport om eksplosiver at det var forventet full våpenlast om bord, det vil si 27 torpedoer av typen G7a(TI) og G7e(TIII).²⁴ Dette har senere vist seg ikke å stemme.

DNV har i samme rapport likevel fremholdt et viktig forhold i sammendraget:

«Fjerning av eksplosiver fra U-864 er vurdert å være en rutineoperasjon av Forsvaret. Eksplosivene er vurdert å ikke kunne selvdetonere under heving.»

Det er et faktum, som tidligere aldri ser ut til å ha vært vurdert, at store deler av torpedorørene og krigshodene faktisk befinner seg utenfor ubåtens trykkskrog, både forut og akterut. Dette faktum vil

¹⁹ Telefonsamtale mellom Geir Kilhus og Knut Moe 13. mai 2025. Flaggkommandør (p) Geir Kilhus regnes internt som en person med «elefanthukommelse».

²⁰ Regjeringen.no, pressemelding nr. 06/2009 fra regjeringen Stoltenberg II, datert 29. januar 2009.

²¹ Forsvarsstaben, DocuLive referanse 2009/040765-2, 11. desember 2009.

²² Brev fra Kystverket til Forsvaret 30. april 2019 med referanse 2012/2377-59 (DocuLive referanse 2019/018112-1). Videre fra Forsvaret ved Forsvarsstaben til Forsvarsmateriell 20. august 2019, med kopi til Kystverket, DocuLive referanse 2019/018112-2.

²³ Forsvarsmateriell 23. September 2019, DocuLive referanse 2019/018112-3.

²⁴ Det Norske Veritas, Study No. 2: Explosives, Report No. 23916-2 revision 2, 2008-07-04.

måtte medføre endringer i risikovurderinger av belastninger på krigshoder og tennapparater ved alternativer for tildekking, delvis tildekking eller fylling med «grout».²⁵ Kun de to torpedoene lagret på toppdørken i forre torpedorum befinner seg inne i trykkskroget. Også tennapparatene til disse torpedoene er lagret i forre torpedorum. Detaljer om tennapparater er beskrevet i vedlegg C.

Ekspertutvalget hevdet at tidligere håndtering av torpedoer og annen type ammunisjon har vært undervurdert. Videre mente utvalget at innen olje- og gassindustrien vil både kortsiktig miljørisiko og operasjonell risiko være på uakseptabelt nivå for mannskapet om bord på overflatefartøy ved hevingsalternativet. Utvalgets akseptanskriterier for risikonivå ved ulykker med alvorlig konsekvens er ikke beskrevet eller vedlagt deres rapport.

Etter det vi kjenner til er det ikke registrert ulykker når MDK har ryddet gammel krigsammunisjon i sjø. Heller ikke under fjerning av torpedoer med høy følsomhet fra vrakene etter KNM Oslo og KNM Helge Ingstad ble det registrert ulykker.

Det ble av en gruppe med offiserer, tidligere ansatte i forsvarssektoren og den tyske sivilingeniøren Wolfgang Lauenstein, levert en privat høringsuttalelse på Ekspertutvalgets rapport 18. januar 2023. Arbeidet ble utført på fritiden, og ble ledet av orlogskaptein Rune Birger Nilsen. Noen av deltakerne i denne høringen er også med i AG U-864, nå som tjenestegjørende med ledelsesforankret oppdrag. Flere av observasjonene, beskrivelser og konklusjoner i Nilsens høringsuttalelse var basert på mye av den samme informasjonen Ekspertutvalget faktisk satt med, men som utvalget ikke benyttet. Nilsens høringsuttalelse kunne ikke den gang med sikkerhet fastslå hvilke modeller av torpedoer og tennapparater som befant seg om bord, men risikoer og forholdsregler knyttet til de ulike modellene ble beskrevet. NFD ser ikke ut til å ha benyttet seg av Nilsens høringsuttalelse eller noen av rådene og anbefalingene fra andre høringssvar.

Sjef FMA MARKAP oppnevnte etter oppdraget fra FD en arbeidsgruppe i november 2024, AG U864. AG U-864 har innhentet mye ny kunnskap og informasjon som ikke har vært benyttet tidligere. FMA og AG U-864 gjør derfor selvstendige analyser og vurderinger uavhengig av Nilsens tidligere arbeidsgruppe. Arbeidet i FMA er dessuten tilført nye medlemmer, med særlig kompetanse på ammunisjonssikkerhet og ubåtskrog. Derfor vil Forsvarsmateriell kunne levere denne rapporten med vedlegg fristilt fra Nilsens tidligere arbeid.

2.3 Arbeid utført av Forsvarsmateriell

Forsvarsmateriell og AG U-864 viser som nevnt respekt for at hensynet til miljøet forårsaket av lekkasjer fra kvikksølvlasten, og at berging av mest mulig kvikksølv er det overordnede målet. Alt arbeid utført av AG U-864 har kun til hensikt å styrke kunnskapsgrunnlaget for NFD og Kystverkets valgmuligheter for videre håndtering av vrakrestene.

Forsvarsmateriell har tidligere fortløpende besvart Kystverkets oppdrag innen angitte frister med forankring i Forsvarsmateriells ledelse. Denne rapporten med vedlagte risikovurdering gir et samlet svar på alle spørsmålsstillinger FMA er forelagt i skriv og under møter med Kystverket.

Faren for uønsket spredning av kvikksølv, utover det som allerede ble spredt ved senkningen av U-864, har nøye sammenheng med hvordan ammunisjon og eksplosiver om bord var plassert i vrakdelene. Gjenværende ammunisjonen i vrakdelene har igjen sammenheng med hvordan deler av ammunisjon sannsynligvis detonerte ved torpederingen og havnet i sedimentene.

Denne rapporten utreder risikoen ved håndtering av ammunisjon. Ammunisjonssikkerheten vil være styrende for å unngå ytterligere spredning av kvikksølv, uavhengig av hvilken løsning som NFD og Kystverket velger.

AG U-864 har søkt og innhentet ny informasjon om våpen, hvilken mengde ammunisjonen, ammunisjonstyper og modeller som måtte befinne seg om bord da U-864 ble senket 9. februar 1945. AG U-864 har også innhentet informasjon om plasseringen av ammunisjonen om bord. Videre har vi analysert hvilke risikomomenter ammunisjonsbeholdningen har å si for ulike alternativer for håndtering av kvikksølv i vrakdelene og i sedimentene på havbunnen. Dette omfatter også vurderinger

²⁵ «Grout», «grouting», en form for injeksjonsmasse bestående av miks av sement, sand og vann. Kystverket 19. mai 2025, med referanse 2025/526-7, s. 7.

av skrogstyrke på formskrog og trykkskrog, og effekten av at krigshodene i torpedoer som er ladet i torpedorørene fysisk befinner seg utenfor trykkskroget.

Det viktigste grunnlaget for ny informasjon om ammunisjonen om bord og ammunisjonssikkerhet er som nevnt historikeren dr. Axel Niestlé's rapport fra 24. november 2024, rapporten publisert på «ScienceDirect» april 2023 om «Bedre beslutningsgrunnlag ved å styrke risikovurderingene av udetonert ammunisjon og eksplosive krigsrester», samt doktoravhandlingen til oberstløytnant dr. Novik.

Rapporten til dr. Niestlé med kildehenvisninger ble vedlagt FMAs brev til Kystverket 21. februar 2025.²⁶ Dr. Niestlé's rapport gir en langt mer presis og verifisert dokumentasjon av ammunisjonsbeholdningen på U-864 enn benyttet i alle tidligere rapporter, herunder om antall torpedoer og torpedomodeller med tilhørende tennapparater.

Rapporten fra ScienceDirect april 2023 ble som nevnt sendt på e-post fra Knut Moe til alle involverte i oppdraget fra FD, inklusive også Kystverket og deres tilknyttede konsulenter 10. desember 2024.²⁷

Basert på oppdragene fra FD og Kystverket, inklusive Kystverkets presiseringer av oppdraget 8. januar 2025, har FMA gjennomført grundige analyser som har resultert i våre risikovurderinger. I risikovurderingene er de tre hovedalternativene ekspertutvalget benyttet lagt til grunn:

1. tildekking av vrak med last og forurensset sjøbunn
2. heving av last (kvikksølv) og deretter tildekking av vrak og sjøbunn
3. heving av vrak med last og deretter tildekking av sjøbunn.

Vi følger prinsippene i rapportene fra ScienceDirect og i Aven et.al. (2017), og har med dette som bakgrunn gjennomført en dypere analyse og vurdering av hovedalternativene ovenfor. Se mer om arbeidet med risikovurderingene i kapittel 4 nedenfor.

3 Udetonert krigsammunisjon og ammunisjon om bord på U-864

3.1 Om udetonert ammunisjon og eksplosive krigsrester

3.1.1 Generelt

Forsvarsmateriell har benyttet et utvalg av studiene til oberstløytnant dr. Geir Petter Novik om risikovurderinger av udetonert ammunisjon og eksplosive krigsrester som basiskunnskap og underlag for utarbeidelse av risikovurderinger. Også en rapport fra The British Geological Survey har gitt mye nyttig informasjon (BGS 2005).²⁸

Forskning tyder på at aldrende eksplosiv ammunisjon kan bli stadig mer følsom for ytre stress. Generelt viser prøver av aldrende ammunisjon større spredning i prøveutfall enn for nye eksplosiver. Primæreksploder vurderes som mer følsomme for ytre påkjenninger enn sekundære eksplosiver, og kan lett detonere ved påvirkning av et relativt svakt mekanisk støt, varme, gnister og/eller friksjon. Denne følsomheten må være dimensjonerende for eventuell håndtering. Fuktighet kan medføre at stoffer reagerer med hverandre på en måte som er vanskelig å forutsi. Studier har vist at tilstedeværelsen av fuktighet, sammen med andre faktorer, kan bidra til en økning i slagfølsomheten. Fukt påskynder ofte en slik prosess, men vannfuktet eksplosivt stoff er oftest likevel mindre sensitivt enn tørt stoff. Det er derfor vesentlig at eksplosive rester og gjenstander ikke tillates å tørke ut ved håndtering.

Det er kjent at eksplosive sammensetninger som inneholder ammoniumnitrat kan få endrede egenskaper når de er forurensset med små mengder metaller, eller når de kommer i kontakt med metaller. Disse metallene kan reagere kjemisk med ammoniumnitrat, danne komplekse salter og kjemiske forbindelser.

²⁶ DocuLive referanse 2024042880-3.

²⁷ Se fotnote 20 ovenfor.

²⁸ G. Ford, L. Ottermöller, and B. Baptite, Analysis of Explosions in the BGS Seismic Database in the Area of Beaufort's Dyke, 1992-2004 (British Geological Survey, 2005).

Mest fremtredende risiko for uønskede detonasjoner i sjø er ytre påvirkning i form av mekaniske påvirkninger som støt og eller friksjon. Også lyn, elektrostatiske utladninger eller brann kan forårsake uønskede detonasjoner i landdeponier, men er ikke like relevant for vrakdelene fra U864.

Andre detonasjon kan oppstå som et resultat av terrorhandling, sabotasje eller annen kriminalitet.

En detonasjon av en konsentrert ladning i vann gir et grunnsjokk som kan være inntil 10 ganger sterkere enn samme eksplosivmengde brukt i en salve til fjellsprenkning. BGS 2005- rapporten bekrefter dette, jf. også Gitterman og Shapira etter studier av undervannsdetonasjoner i Dødehavet.²⁹ Også en rapport om “Allied and Enemy Explosives” understøtter dette, og sier i tillegg at undersjøiske sjokkbølger har større hastighet i vann enn i luft, og med mye høyere trykk, men med kortere varighet. Dette medfører at nærdetonasjoner under vann er svært skadelig for stålplatene i skipsskrog.³⁰

3.1.2 Om selvdetonasjon

Det er også kjent at gammel krigsammunisjon kan selvdetonere. Et økende antall spontane detonasjoner er rapportert ved aldrende ammunisjon, muligens som følge av forringede tekniske og eller kjemiske egenskaper i sprengstoffene. Kjemiske reaksjoner har også bidratt til sensitive blandinger som høyst sannsynlig har ført til detonasjon ved liten mekanisk påvirkning. Gammelt krutt har selvantent på grunn av lavt stabilisatorinnhold. Det kan ikke utelukkes at det samme kan skje i sjø med gammelt krutt, men det er mindre sannsynlig.

Rapporten fra The British Geological Survey (BGS 2005) bekrefter at konvensjonell ammunisjon foretar spontane eksplosjoner og detonasjoner på sjøbunnen i nærheten av ammunisjonsdumpingsområder, også uten forklaring. Men registreringene av detonasjonene skiller ikke på intenderte detonasjoner og tilfeller der man ikke vet årsaken. Det er dermed ikke entydige data på hendelsesfrekvens eller hva som har detonert.

Det kan ikke utelukkes at selvdetonasjon kan forårsake omrøring av kvikksølv i sedimentene rundt vrakdelene etter U-864. Arbeidsgruppen ser de seks ladede torpedoene i torpedorørene som viktigst å vurdere i risikovurderingen av selvdetonasjon i de tre hovedalternativene.

3.1.3 Om svartsvane-hendelser

Også såkalte «Svartsvane-hendelser» kan oppstå, som kjennetegnes ved at detonasjon kan skje spontant med eller uten ytre stimuli. Hendelser kan skje uten at årsakene nødvendigvis kan identifiseres. Svartsvane-hendelser blir imidlertid ofte oversett eller ignorert som risiko og utelatt fra risikovurderinger. Derfor bør alltid svartsvane-hendelser vurderes.

Svartsvane-hendelser kategoriseres i tre kategorier:

1. Den første kategorien, nemlig de ukjente ukjente, består av hendelser som er helt utenkelige og ukjente for det vitenskapelige samfunnet og som derfor er fraværende i risikovurderingen
2. Den andre kategorien, det vil si de ukjente kjente, omfatter hendelser som ikke fanges opp av den aktuelle risikovurderingen, enten fordi risikovurdereren ikke kjenner dem eller fordi de ikke har gjort tilstrekkelig grundige vurderinger
3. Den tredje kategorien omfatter hendelser som inntreffer til tross for at den eller de som vurderer risiko vurderte sannsynligheten for at hendelsen skulle inntreffe som ubetydelig.³¹

3.2 Ammunisjon i Kriegsmarine og om bord på U-864

I risikovurderingen er ammunisjonen om bord i U-864 inndelt etter små, medium og store eksplosiver. Bakgrunnen for inndelingen i de tre kategoriene er basert på netto eksplosivinnhold (NEI):

- små eksplosiver med NEI opp til 1 kg, som i risikovurderingen er definert som signalammunisjon, ammunisjon til linekastere/maskingevær/maskinpistoler/pistoler, håndgranater

²⁹ G. Ford, L. Ottermöller, and B. Baptite, Analysis of Explosions in the BGS Seismic Database in the Area of Beaufort's Dyke, 1992-2004 (British Geological Survey, 2005), pkt. 2 andre avsnitt, og Gitterman and Shapira, 2001.

³⁰ Allied and Enemy Explosives, 1946, s. 11.

³¹ Fritt oversatt fra doktoravhandlingen til oberstløytnant dr. Geir Petter Novik.

og løse/enkle granater til luftvernkanoner³² • medium eksplosiver med NEI fra 1 kg opp til 50 kg, som i risikovurderingen er definert som flybomber, artilleriammunisjon (granater til sjømålskanon og magasiner/kasser med granater til luftvernkanoner), demoleringsladninger og løse tennapparater til torpedoer • store eksplosiver med NEI over 50 kg er torpedokrigshoder.

Ammunisjon og annen logistikk var i utgangspunktet gjort sjøklart for oppdraget om bord på U864. Etter torpederingen hersker det kaos. Rulling og rykk eller endring av vinkel (krenkning) på vrakdelene kan føre til at ammunisjon kommer i klem eller at det oppstår friksjon, med detonasjoner som følge.

Mekaniske slag, støt eller friksjon anser AG U-864 som den største faren for omsetning av ammunisjonen. Friksjon vil utgjøre en fare sammen med støt hvis vrakdelene ikke håndteres varsomt. Aldring og kjemisk tilstand, spesielt i krigshodene, kan medvirke til ustabil sprengstoff og forhøyet usikkerhet for detonasjoner ved ytre påvirkning eller selvdetonasjoner. Tildekking vil kunne medføre at den delen av torpedorørene som ligger utenfor trykkskroget, men innenfor formskroget, bøyes ned. En torpedodetonasjon i et torpedorør, forut eller akterut, vil føre til sympatiooverføring mellom samtlige torpedoer som er ladet i torpedorørene i den enkelte vrakdel. Mer om sympatiooverføringer nedenfor i pkt. 3.2.2.

Ladede torpedoer kan være upåvirket av sjøvann og ligge tørt eller delvis tørt. Dette har stor betydning for ammunisjonens følsomhet. Også ammunisjon i ammunisjonsmagasin #2 kan ligge tørt. Detonasjoner kan oppstå enkeltvis i ammunisjonsmagasin # 2, uten store konsekvenser.

3.2.1 Ammunisjon i Kriegsmarine

I denne rapporten benytter vi millimeter på luftvernartilleriets kaliber og ammunisjon, mens det i originale tyske dokumenter benyttes centimeter. På artilleriammunisjon ≥ 10 cm benytter vi centimeter for kaliber og tilhørende ammunisjon.

Kriegsmarine benyttet 41 ulike høyeksplosiver i hovedladningene i sine undervannsvåpen, som besto av ulike varianter med betegnelsen Schießwolle (SW) med et nummer bak (1-41). SWkombinasjonene har «stygge» og til dels giftige blandinger med hexanitrodeiphenylamine, trinitrotulen, ammoniumnitrat og eller aluminiumspulver i varierende grad. Sprengstoffet i tennladninger for torpedoer består av pentaerythrittetranitrat («penta», pentritt, PETN), normalt i pulverform presset til en fast konsistens. Detonatorer for torpedoer kom i minst to varianter, avhengig av om de ble avsatt mekanisk med tennstempel eller elektrisk. Sprengstoffet utgjorde i begge tilfeller ca. 1 g knallvikksølv og 0,5 g tetra nitro metyl nilin («tetra») i detonatorene.

For drivladninger kan nedbrytningen gå så raskt at den til slutt fører til dannelsen av tilstrekkelig varme til å forårsake spontan antennelse. Sannsynligheten for selvdetonasjon i ammunisjon vil selvsagt være avhengig av flere faktorer, som type, mengde, struktur, materiale, kjemisk sammensetning, ytre miljø osv. Og selv om risikoen for selvdetonasjon i de fleste tilfeller anses som lite sannsynlig, kan de potensielle konsekvensene være ekstreme. Forskning indikerer at gammel ammunisjon både kan bli stadig mer følsom for ytre stress og ofte har viset seg å detonere spontant uten menneskelig interaksjon.

Flybomber inneholder amatol. Skulle det være flybomber igjen i en vrakdel eller i sedimentene må endringer i amatolens egenskaper hensyntas i videre vurderinger. Endringer i amatolens egenskaper kan oppstå ved kontakt med metalloverflater over tid. I tillegg til å være reaktive mot jern, kan blandinger av amatol i nærvær av fuktighet også reagere med metaller som kobber, messing, bronse og bly, og danne farlig følsomme forbindelser.

3.2.2 Sympatiooverføring – torpedodetonasjoner

Det kan forventes at et av krigshodene i et av torpedorørene i samme skrogseksjon vil kunne detonere, enten som følge av ytre påvirkning ved tildekking, eller ved selvdetonasjon uten ytre påvirkning over tid. Høyest risiko er knyttet til G7es(TV) torpedoene med toppmonterte tennapparater. Detonerer et krigshode i et av torpedorørene vil detonasjonen sannsynligvis medføre sympatiooverføring til torpedoene i de andre torpedorørene. Det er fire ladede torpedoer i forskipet og to ladede torpedoer i

³² Se også vedlegg B for definisjoner i risikovurderingen, vedlegg C for detaljer om hver type ammunisjon om bord.

akterskipet. Med ladede torpedoer menes at tennapparat er innmontert og at torpedoene befinner seg inni torpedorørene.

Massedetonasjoner eller sympatiooverføringer vurderes ikke å kunne opptre i annen ammunisjon enn torpedoer ladet i torpedorørene. Ammunisjon i kategorien små eller middels eksplosiver kan likevel detonere enkeltvis, men utgjør trolig ikke en strukturell eller operasjonell risiko, eller risiko for sympatiooverføringer. Mer om dette i risikovurderingen, og i risikomatrisen i kapittel 5 nedenfor.

I forskipets fire torpedorør er det ca. 1100 kg NEI. I torpedorommet i forskipet er det i tillegg to reservetorpedoer på toppdørken og tennapparater til disse, i alt ca. 560 kg NEI. Tennapparater til reservetorpedoer er ikke innmontert. Det forventes ikke at reservetorpedoene i forskipet kan detonere ved sympatiooverføring fra detonasjon i torpedorørene.

I akterskipets to torpedorør er det torpedoer med ca. 550 kg NEI. Også her er tennapparatene innmontert.

Effekten av en detonasjon med sympatiooverføring vil medføre et grunnsjokk. Om forskipet da raser eller glir utover støttefyllingen kan dette medføre uønsket omrøring av forurensede masser og spredning av kvikksølv. Jordskjelv kan også føre til omrøring av ustabile leirmasser og gi utglidning. Effekten av jordskjelv ble ikke presentert av Ekspertutvalget i deres rapport. Sjokket fra små og middels ladninger berører et mindre volum av sedimentene og vil gi mindre risiko for omrøring av kvikksølv og utglidning. Fra detonasjon av store ladninger vil grunnsjokk kunne være den største årsaken til utglidning.

Den mulig planlagte tildekkingen over vrakdelene, jf. rapporten fra DNV GL, vil ved sympatiooverført detonasjon ikke være tilstrekkelig for å forhindre gjennomtrengning av detonasjonsbølgen og dannelse av krater ved noen av de to vrakdelene.³³ Vi tar her kun utgangspunkt i ladningsvekten i krigshodene i torpedorørene i for- og akterskipet, ikke annen gjenværende ammunisjon som f.eks. i ammunisjonsmagasin # 2 i forskipet. Dekningstykkelser beregnes etter formelen $C=1,2*Q^{0,3}$, hvor C er nødvendig dekningstykkelser for å hindre

gjennombrudd av eksplosjonsgassene og derav følgende kraterutkast, og Q ladningsvekten målt i NEI.³⁶ Faktoren 1,2 er en konstant for beregning av nødvendig dekningstykkelser i fjell. For den dekningsmassen DNV GL anbefaler vil faktoren i formelen ovenfor være større enn 1,2. Nødvendig dekningstykkelser for forskipet alene, om tildekkingen hadde vært fjell, overskrider beregningene i DNV GL rapporten med mer enn faktor tre. Med en kraftig detonasjon ved sympatiooverføring i torpedorørene vil selv en tildekking med ca. 2,9 meter masse, jf. oversendt rapport fra Kystverket, trolig heller ikke være tilstrekkelig for å sikre mot utglidning av forskipet.³⁴

Formelen fra reglementet for ammunisjonstjenesten vil medføre behov for svært store dekningstykkelser over vrakdelene om torpedoene ikke fjernes fra torpedorørene. Om så store dekningstykkelser vil være praktisk mulig å gjennomføre, kan ikke FMA ta stilling til. Det er imidlertid sannsynlig at utlegging av så store dekningsmasser, langt mer enn i rapporten oversendt fra DNV GL, vil kunne øke sannsynligheten for betydelig mer ytre påvirkning på skrog og på tennapparatene, og derved også sprengstoffene i krigshodene. Store dekningsmasser vil derfor kunne medføre uønsket detonasjon med ytterligere spredning av kvikksølv.

3.3 Mer om ammunisjonstyper om bord på U-864

Vedrørende ammunisjonstyper om bord på U-864 anser Forsvarsmateriell rapporten fra dr. Axel Niestlé som dekkende. AG U-864 har ettergått kildene til dr. Niestlé. De oppgitte kildene i rapporten fremstår som et troverdige faktaunderlag, med flere referanser som er ikke tidligere er fremlagt i andre rapporter. AG U-864 korrigerer dog at det skal være toppmontert tennapparat Pi 4c, ikke Pi 4b, som ble benyttet på G7es(TV) torpedoer.

Forholdsregler må tas ved direkte og indirekte håndtering av ammunisjon.

³³ DNV GL 12. mai 2014, Design av tildekking og kontroll med utlegging, s. 26.

³⁶ Reglementet for ammunisjonstjenesten – fellesbestemmelser, pkt. 16.2.2.

³⁴ Design av tildekking fra DNV GL datert 12. mai 2014, oversendt fra Kystverket først 18. juli 2025.

FMA viser også til detaljert oversikt over antall og utplassering av ammunisjon i skipstegningene. Skipstegninger i A0-format av Kriegsmarine U-Boot Type IX D1 og IX D2 ble overlevert Kystverket under møtet 30. januar, og senere også oversendt til Kystverket elektronisk i PDF-format.

AG U-864 antar at det ligger lite ammunisjon i sedimentene tett inntil vrakdelene. Ammunisjonen som ble slynget ut av U-864 ifm. torpederingen, høyt opp i vannsøylen, har truffet sjøbunnen et stykke unna vrakdelene, og er spredt omkring over et større område.

3.3.1 Torpedoer

Jf. dr. Niestlé var U-864 utrustet med åtte torpedoer om bord da ubåten ble senket. Seks torpedoer var ladet i torpedorørene, henholdsvis fire i torpedorørene forut og to i torpedorørene akterut.

Opplysningene fremstår som presise og samsvarer med oppdragets art og karakter.

I torpedorørene forut var fordelingen av torpedoer mest sannsynlig to stk. G7es(TV) og to stk.

G7e(TIIIa Fat2). Videre var to stk. G7e(TIIIa Fat2) lagret på torpedodørken i torpedorommet forut.

Mest sannsynlig var det ladet to stk. G7es(TV) i torpedorørene akterut.

G7es(TV) torpedoene har tennapparat Pi 4c med mekanisk tennmekanisme toppmontert.

Tennladningen, som består av 400 gram pentritt med to detonatorer, er montert inne i selve hovedladningen. Det er derfor etablert en direkte tennkjede inne i krigshodet, noe som innebærer at om detonator og/eller tennladningen detonerer, vil hovedladningen detonere. Slik detonasjon kan skje enten ved ytre påvirkning i form av mekanisk støt sjokk, friksjon, eller klem, eller som selvdetonasjon over tid uten ytre påvirkning. Selvdetonasjon er beskrevet ovenfor i pkt. 3.1.2.

Torpedo G7e(TIIIa Fat2) har nesemontert tennapparat Pi 2. Før armering befinner tennladningen med 300 gram presset pentritt seg utenfor krigshodet, noe som medfører at tennkjeden under normale forhold er brutt. Sannsynligheten for detonasjon av krigshodet i G7e(TIIIa Fat2) anses derfor som mindre sannsynlig enn for G7es(TV), men kan ikke utelukkes.

3.3.2 SC50 Flybomber

Kort tid før avgang ble det besluttet av myndigheter over skipssjefens nivå at U-864 skulle frakte et ikke dokumentert antall flybomber til Djakarta. Av hensyn til fartøyets trim ble SC50 flybombene trolig sjøsikret og stuert i kasser med to og to i den midtre seksjonen av skipet. Alternativt ble flybombene sjøsikret og stuert uten oppbevaringskasser. Det kan ikke utelates at SC50 flybombene ble lagret i andre seksjoner enn i den midtre seksjonen, men det er lite trolig. Høyeksplosivet amatol inngår trolig som en komponent i sprengladningen. Trolig er ikke tenner/detonator innmontert. Siden det ikke er funnet flybomber til nå, antas det at flybombene detonerte, eller de ble omkastet ifm. at torpedoen fra HMS «Venturer» traff U-864 relativt midtskips.

3.3.3 Demoleringsladninger

For demolering ved eventuelle fiendtlig forsøk på overtakelse av ubåten, hadde U-864 et antall demoleringsladninger som raskt kunne monteres og omsettes ifm. evakuering.

Demoleringsladningene ble sjøsikret og stuert i proviantstoren i forskipet. Demoleringsladninger kan også være lagret i andre seksjoner. Tenner/detonator er ikke montert på demoleringsladningene.

3.3.4 Artilleriammunisjon

3.3.4.1 Brannrør

Det er stor variasjon på egenskapene til de ulike artillerigranatene og granatenes brannrør.

Brannrørene har anslags-, forsinkelses- og selvødeleggelsesfunksjoner. Ammunisjon til 10,5 cm kanonen vurderes som mest risikofylt å håndtere av artilleriammunisjonen. Funnet ammunisjon med brannrør skal håndteres som blindgjengere.

3.3.4.2 10,5 cm artilleriammunisjon

Sprenggranater som ble lagret utvendig nær kanonen detonerte eller ble omkastet som følge av torpederingen. Det ble lagret 10,5 cm ammunisjon i ammunisjonsmagasin #1, men magasinet er sprengt bort. Det ble muligens lagret et mindre antall 10,5 cm ammunisjon i ammunisjonsmagasin #2., som er intakt. 10,5 cm ammunisjonen kan inneholde sporlys.

3.3.4.3 37 mm luftvernammunisjon

Det ble lagret klipset spreng- og panserbrytende enhetspatroner «ready for use» i trykktette konteinere i akterkant av den doble 37 mm M42 luftvernkanonen, og i ammunisjonsmagasin #2. Ammunisjonen inneholder sporlys- og brannsatser.

3.3.4.4 20 mm luftvernammunisjon

Det ble lagret spreng- og panserbrytende enhetspatroner «ready for use» i 20 skudds kassetter i trykktette konteinere utvendig, i bakkant av de to doble 20 mm C/38 kanonene. Disse ble trolig sprengt under torpederingen, eller omkastet sammen med enhetspatroner som ble lagret i kontrolltårnet. Det ble også lagret enhetspatroner i ammunisjonsmagasin #1 og #2 i forskipet. Ammunisjonsmagasin #1 ble som nevnt ovenfor «blåst bort» ved torpederingen. 20 mm luftvernammunisjonen inneholder sporlys- og brannsatser.

3.3.4.5 Ammunisjon til hånd- og avdelingsvåpen

Det ble lagret ammunisjon til hånd- og avdelingsvåpen flere steder i U-864. Hvor mye som er igjen, og hvor mye som ble slynget ut eller omkastet innvendig i vrakdelene ved torpederingen er uvisst. Det er sannsynlig at en god del av denne ammunisjonen befinner seg på sjøbunnen eller i sedimentene, spredd ut over et stort område vekk fra vrakdelene.

3.3.4.6 Pyroteknisk ammunisjon

Det ble lagret pyroteknisk ammunisjon rundt om på fartøyet. En del ammunisjon ble sprengt eller omkastet ifm. torpederingen. Håndtering av ammunisjonen over vann må ta hensyn til ammunisjonen inneholder fosfor.

3.3.5 Samlet ammunisjonsoversikt med lokalisering og NEI

I tabellen nedenfor listes den samlede ammunisjonsbeholdningen som AG U-864 antar var om bord da ubåten startet toktet sitt siste tokt 9. februar 1945. I netto eksplosivinnhold har vi ikke tatt med netto eksplosivinnhold fra mulige SC50 flybomber i beregningen, selv om det kan være noen lokalisert i ammunisjonsmagasin # 2.

Seksjonen midtskips ble knust og spredd sammen med ammunisjonsmagasin # 1 da torpedoen fra HMS «Venturer» traff ubåten relativt midtskips. Vi antar derfor at flybombene som var midtskips eller i ammunisjonsmagasin # 1 detonerte i det U-864 ble senket. Alternativt kan de eventuelle udetonerte flybomber ha blitt spredd utover et stort område ved vrakdelene, men rapporter fra Kystverket viser at de ikke har funnet flybomber på bunnen eller i sedimentene.

Tabell 1 nedenfor er en redigert versjon hentet fra ammunisjonsvedlegget, vedlegg C, kapittel 11.

LOKASJON	AMMUNISJONSType	ANTALL	NEI
Baugtorpedorom -Ladet i torpedorør IIV	Torpedokrigshoder til: 2 stk. G7es(TV) 2 stk. G7e(TIIIa Fat II)	2 stk. Type Kb med tennapparat Pi 2 2 stk. Type Ke med tennapparat Pi 4c	Ca. 1100 kg høyeksplosiver og ca. 1,5 kg pentritt
Baugtorpedorom -Ligger på dørkplatene rett bak torpedorørene	Torpedokrigshoder til: 2 stk. G7e(TIIIa Fat II)	2 stk. Type Kb med tennapparat Pi 2	Ca. 560 kg høyeksplosiver
Baugtorpedorom	Løse tennapparater til torpedokrigshoder	2 stk. Pi 4c 2 stk. Pi 2	Ca. 1,5 kg pentritt
Forre WC, rett i akterkant av baugtorpedorom	Løse tennapparater til torpedokrigshoder	2 stk. Pi 4c eller Pi 2	Ca. 1 kg pentritt
Proviantlager	5 bokser med demoleringsladninger	24 stk. Sprengbüchse A 12 stk. Sprengpatrone A	36 kg høyeksplosiver (kan være mer).

Magasin #2	Ammunisjon til artilleri og avdelingsvåpen (kan også inneholde håndgranater, flybomber og detonatorer)	Usikkert, men sannsynlighet for store NEI-verdier	Usikkert, ca. 2760 kg NEI, kan også inneholde noe 10,5 cm ammunisjon og flybomber
Magasin #1	Ammunisjon til artilleri og avdelingsvåpen (kan også inneholde håndgranater, flybomber og detonatorer).	Usikker beholdning, men opprinnelig sannsynlighet for store NEI-verdier	Usikkert, ca. 1790 kg NEI (merk: Sannsynlig at ammunisjonen ble slynget ut ifm. torpederingen)
Offisersmesse	3 bokser 7.92 mm til MG 81Z	540 patroner	Usikker (minimal NEI)
Oppbevaringsrom i akterkant av 10,5 cm sjømålskanon på fordekk	Enhetspatroner til 10,5 cm SK C/32	32 patroner i beredskapskogger, klargjort til bruk	Ca. 45 kg NEI (merk: Sannsynlig at ammunisjonen ble slynget ut ifm. torpederingen)
Oppbevaringsrom i akterkant av dobbel 3,7 cm luftvernkanon på tårnplattform	Enhetspatroner til 3,7 cm Flak M42	38 klips á 5 patroner klargjort til bruk, i beredskapsbeholder	Ca. 250 kg NEI
Hekk torpedorum	2 bokser med tennmekanismer for demoleringsladninger	24 x Zt.Z.9 detonatorer	Svært lite NEI
Hekk torpedorum	Løse tennapparater til torpedokrigshoder	2 stk. Pi 4c	Ca. 1 kg pentritt
LOKASJON	AMMUNISJONSTYPE	ANTALL	NEI
Hekk torpedorum -Ladet i torpedorør VVI	Torpedokrigshoder til: 2 stk. G7es(TV)	2 stk. Type Ke med tennapparat Pi 4c	Ca. 550 kg NEI, høyeksplosiver og ca. 1 kg pentritt

Tabell 1 viser oversikt over ammunisjonsbeholdningen til U-864, med unntak av flybomber SC50.

4 Bakgrunn for risikovurderinger

Forsvarsmateriell benytter i denne rapporten en risikoanalysemodell for gjennomgang av ammunisjonssikkerheten på eksplosive rester som også tar hensyn til usikkerhet og bakgrunnsinformasjon. Risiko er et grunnleggende begrep i risikostyring og beslutningsprosess. I henhold til NS 5814:21 og Aven et.al. (2017) defineres risiko som en kombinasjon av konsekvenser og usikkerhet knyttet til en uønsket hendelse (C, U).³⁵ Her innebærer usikkerheten at man ikke kan forutsi med visshet om en hendelse vil inntreffe, eller hvilke konsekvenser den vil ha dersom den skjer. Risiko er dermed ikke bare en måling av sannsynlighet, men også en måling av den underliggende bakgrunnskunnskapen (K) og styrken av denne kunnskapen (SK).

Ved kalkulasjon av risiko vurderes typisk faktorer som sannsynlighetene (P), konsekvensene (C), samt bredden av faglig bakgrunnskunnskap og usikkerhet. Risiko kan derfor beskrives som et produkt av disse elementene, og formålet med risikoanalysen er å kartlegge, beskrive og visualisere dette risikobilde for å understøtte beslutningsprosesser.

En risikoanalyse består av tre hovedfaser; planlegging, risikovurdering og risikohåndtering. En grundig analyse skal ikke bare tilfredsstille myndighetskrav, men også utnytte potensialet for å

³⁵ NS 5814:21, Norsk Standard 5814, Krav til risikovurderinger, Standard Norge, 2021. Aven et.al., se fotnote nr. 4.

identifisere initiatører, forstå årsakssammenhenger og konsekvenser, og dermed gi et pålitelig beslutningsgrunnlag. I denne sammenheng er det viktig å ta hensyn til usikkerhetene og den bakgrunnskunnskap som påvirker vurderingene, slik at analyseresultatene blir så realistiske og kostnadseffektive som mulig. Vurdering av kosteffektivitet er i denne sammenheng utenfor FMAs mandat.

I risikovurderingen er følgende parametere og verdier lagt til grunn:

- anvendte kriterier med forklaring og tallverdier for sannsynlighet anvendte kriterier
- med forklaring og tallverdier for konsekvens ved miljøskader, personskader og materiellskader
- anvendte kriterier med forklaring og tallverdier (skala) for risiko og sannsynlighet
- forutsetninger om eksplosiver, torpedoer, artilleri og skrogkonstruksjoner med betydning for ammunisjonshåndteringen og derav miljøsikkerheten er beskrevet for hver delaktivitet under alternativene er uønskede hendelser, årsak, risikoreduserende tiltak på sannsynlighet og konsekvens pr. uønsket hendelse, samt en vurdering av bakgrunnskunnskap og usikkerhet for analysen lagt inn med nummerhenvisning
- avslutningsvis er det utarbeidet en to-faktor risikomatrix for hvert av de tre alternativene med delaktiviteter, med nummerhenvisning til hvor i regnearket kriterier, vurdering og beregning av sannsynlighet og konsekvens er å finne. Flere detaljer om innholdet i risikomatrixene nedenfor i kapittel 5.

Risikoverdier og kriterier for fargekoder i risikomatrixen er forklart som følger:

Verdi	Kriterie	Forklaring
1-4	Grønn kategori/ lav risiko	Aktivitet kan gjennomføres, men risikoreduserende tiltak kan vurderes
4-10	Gul kategori/ middels risiko	Aktivitet bør ikke gjennomføres uten tiltak. Rutiner og tiltak bør kvalitetssikres og ev. forbedres
10-25	Rød kategori/ høy risiko	Aktivitet bør ikke gjennomføres

5 Risikovurdering for hvert hovedalternativ

Nedenfor i pkt. 5.1 til 5.3 vises en risikomatrix fra risikovurderingen i vedlegg B for de tre hovedalternativene:

- tildekking av vrak med last og forurenset sjøbunn heving av last
- (kvikksølv) og deretter tildekking av vrak og sjøbunn heving av vrak
- med last og deretter tildekking av sjøbunn.

De tre risikomatrixene viser risikoer etter risikoreduserende tiltak.

I forklaringen under risikovurderingene i punkt 5.1 til 5.3 nedenfor har vi beskrevet vurderingen av rød kategori/høy risiko, med aktiviteter som ikke bør gjennomføres, og gul kategori/middels risiko hvor aktiviteter ikke bør gjennomføres uten tiltak. Risikoreduserende tiltak bør kvalitetssikres og eventuelt forbedres. Grønne aktiviteter kommenteres ikke nærmere utover beskrivelsen i selve risikovurderingen for det enkelte alternativ i risikovurderingen. Grønne aktiviteter kan gjennomføres, men også disse aktivitetene kan ha risikoreduserende tiltak som beskrevet, eller som må vurderes eller forbedres.

Punktnummer inne i firkanten i risikomatrixene nedenfor viser til hvilken identifisert risiko, uønsket hendelse og årsak i risikovurderingen tallet er hentet fra. Ringens størrelse rundt henvisningen viser økende grad av usikkerhet, større ring viser større usikkerhet. Fargekoden bak ringen viser hvor god bakgrunnskunnskap FMA har for vurderingen, hvor grønn bakgrunn i matrixen viser til god bakgrunnskunnskap, oransje bakgrunn viser til medium bakgrunnskunnskap og blå bakgrunn viser til svak bakgrunnskunnskap for vurderingen.

Risikomatrixen for alternativ 1-3 nedenfor er produktet av sannsynlighet * konsekvens vurdert etter uønskede hendelser og kriterier beskrevet innledningsvis i risikovurderingen.

5.1 Risikovurdering alternativ 1, tildekking av vrak med last og forurenset sjøbunn

RISIKOMATRISSE (R), Alternativ 1							
			SANNSYNLIGHET (S)				
			Usannsynlig	Mindre sannsynlig	Sannsynlig	Meget sannsynlig	Svært sannsynlig
			1	2	3	4	5
KONSEKVENNS (K)	Ubetydelig	1	1	2	3	4	5
	Mindre alvorlig	2	2	4	6 3.5.2	8 5.4	10
	Alvorlig	3	3	6	9 5.5	12	15
	Meget alvorlig	4	4	8	12	16	20 5.1 5.2 5.3
	Svært alvorlig/ katastrofalt	5	5 6.1	10 5.6 2.6.1	15 3.6.1 3.3	20	25 2.6.2 3.6.2

Usikkerhet	
1	
2	
3	
4	
5	

Bakgrunnskunnskap
God
Medium
Svak

Figur 1, risikomatrise ved alternativ 1 – tildekking av vrak med last og forurenset sjøbunn

Risikovurderingene i de røde feltene med høy risiko ovenfor og gule feltene med medium risiko er gjennomført med varierende usikkerhet og bakgrunnskunnskap.

Alle markerte uønskede hendelser i risikomatrisen er etter risikoreduserende tiltak som er beskrevet i risikovurderingen for sannsynlighet og eller konsekvens.

Risikovurderingene i de røde feltene med høy risiko ovenfor er:

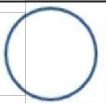
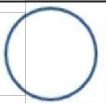
- uønsket hendelse 3.6.2 detonasjon av store eksplosiver på lang sikt ved total tildekning, årsak jordskjelv medfører støt/friksjon, kombinert med økt følsomhet i eksplosivene uønsket hendelse 2.6.2 detonasjon av store eksplosiver på lang sikt, ved delvis tildekning, årsak jordskjelv medfører støt/friksjon, kombinert med økt følsomhet i eksplosivene uønsket hendelse 5.1 detonasjon av store eksplosiver ved fylling av «grout» i torpedorom og torpedorørens utside inne i trykkskroget før tildekning, endrer trimmen og belastningen på U-864 og underlaget, årsak nedbøyning av torpedorørene mellom trykkskrog og formskrog og omsetning av tennapparat og detonasjon av store eksplosiver
- uønsket hendelse 5.2 detonasjon av store eksplosiver ved fylling av «grout» i torpedorom og torpedorørens utside inne i trykkskroget før tildekning, forskjellige setninger i massene, årsak nedbøyning av torpedorørene mellom trykkskrog og formskrog og omsetning av tennapparat og detonasjon av store eksplosiver
- uønsket hendelse 5.3 detonasjon av store eksplosiver ved fylling av «grout» i torpedorom og torpedorørens utside inne i trykkskroget før tildekning, årsak ufullstendig fylling av hulrom medfører kollaps av formskroget med omsetning av tennapparat og store eksplosiver
- uønsket hendelse 3.6.1 detonasjon av store eksplosiver på lang sikt ved total tildekning, årsak støt og induert friksjon fra skrog og dekkmasser, kombinert med økt følsomhet i eksplosivene
- uønsket hendelse 3.3 umiddelbar detonasjon av store eksplosiver ved total tildekning, årsak trykkskroget utsettes for støt som overføres til/medfører friksjonskrefter i ammunisjonen
- uønsket hendelse 2.3 umiddelbar detonasjon av store eksplosiver ved delvis tildekning, årsak trykkskroget utsettes for støt som overføres til/medfører friksjonskrefter i ammunisjonen
- uønsket hendelse 2.6.1 detonasjon av store eksplosiver på lang sikt ved delvis tildekning, årsak støt og induert friksjon fra skrog og dekkmasser, kombinert med økt følsomhet i eksplosivene
- uønsket hendelse 5.6 umiddelbar detonasjon av store eksplosiver ved fylling av «grout» i

torpedorom og torpedorørenes utside inne i trykkskroget før tildekking, årsak kjemisk reaksjon/varmeutvikling fra herding av «grouten».

Risikovurderingene i de gule feltene med middels risiko ovenfor er:

- uønsket hendelse 5.5 umiddelbar detonasjon av medium eksplosiver ved fylling av «grout i torpedorom og torpedorørenes utside inne i trykkskroget før tildekking, årsak kjemisk reaksjon/varmeutvikling fra herding av «grouten»
- uønsket hendelse 5.4 umiddelbar detonasjon av små eksplosiver ved fylling av «grout» i torpedorom og torpedorørenes utside inne i trykkskroget før tildekking, årsak kjemisk reaksjon/varmeutvikling fra herding av «grouten»
- uønsket hendelse 3.5.2 detonasjon av medium eksplosiver på lang sikt ved total tildekning, årsak jordskjelv medfører støt/friksjon, kombinert med økt følsomhet i eksplosivene
- uønsket hendelse 6.1 ammunisjon detonerer spontant, årsak endring av eksplosivenes kjemiske reaksjoner over tid. Risiko redusert til gul ved fjerning av ammunisjon.
-

5.2 Risikovurdering alternativ 2, heving av last (kvikksølv) og deretter tildekking av vrak og sjøbunn
Metodikken for oppbygging av risikoanalysen nedenfor, med angivelse av usikkerhet, bakgrunnskunnskap, og risikoreduserende tiltak er som for alternativ 1 ovenfor.

RISIKOMATRISSE (R), Alternativ 2							Usikkerhet		Bakgrunnskunnskap				
			SANNSYNLIGHET (S)					1		God			
			Usannsynlig	Mindre sannsynlig	Sannsynlig	Meget sannsynlig	Svært sannsynlig				2		Medium
			1	2	3	4	5						
KONSEKVENSS (K)	Ubetydelig	1	1	2	3	4	5	4 <th rowspan="6"></th> <th rowspan="6"></th>					
	Mindre alvorlig	2	2	4	6 10.5.2	8	10	5					
	Alvorlig	3	3	6	9 7.2	12	15						
	Meget alvorlig	4	4	8	12 7.3	16	20						
	Svært alvorlig/ katastrofalt	5	12 5	10	15 10.6.1 10.3	20	25 10.6.2						

Figur 2, risikomatrise ved alternativ 2 – heving av last (kvikksølv) og deretter tildekking av vrak og sjøbunn

Risikovurderingene i de røde feltene med høy risiko ovenfor er:

- uønsket hendelse 10.6.2 detonasjon av store eksplosiver på lang sikt ved utlegging av tildekningsmasser på U-864 for- og akterskip, årsak jordskjelv medfører støt/friksjon, kombinert med økt følsomhet i eksplosivene
- uønsket hendelse 10.6.1 detonasjon av store eksplosiver på lang sikt ved utlegging av tildekningsmasser på U-864 for- og akterskip, årsak støt og industert friksjon fra skrog og dekkmasser, kombinert med økt følsomhet i eksplosivene
- uønsket hendelse 10.3 umiddelbar detonasjon av store eksplosiver på lang sikt ved utlegging av tildekningsmasser på U-864 for- og akterskip, årsak trykkskroget og andre løse deler utsettes for støt som overføres til/medfører friksjonskrefter i ammunisjonen
- uønsket hendelse 7.3 umiddelbar detonasjon av store eksplosiver ved rulling av skroget av U864 for å komme til kvikksølv, årsak trykkskroget og andre løse deler utsettes for støt som overføres til/medfører friksjonskrefter i ammunisjonen.

Risikovurderingene i de gule feltene med middels risiko ovenfor er:

- uønsket hendelse 7.2 umiddelbar detonasjon av medium eksplosiver ved rulling av skroget av U-864 for å komme til kvikksølv, årsak trykkskroget og andre løse deler utsettes for støt som overføres til/medfører friksjonskrefter i ammunisjonen
- uønsket hendelse 10.5.2 umiddelbar detonasjon av medium eksplosiver på lang sikt ved utlegging av tildekningsmasser på U-864 for- og akterskip, årsak jordskjelv medfører støt/friksjon, kombinert med økt følsomhet i eksplosivene
- uønsket hendelse 12.1 ammunisjon detonerer spontant, årsak endring av eksplosivenes kjemiske reaksjoner over tid. Risiko reduseres til gul ved fjerning av ammunisjon.

5.3 Risikovurdering alternativ 3, heving av vrak med last og deretter tildekking av sjøbunn

Metodikken for oppbygging av risikoanalysen nedenfor, med angivelse av usikkerhet, bakgrunnskunnskap, og risikoreduserende tiltak er som for alternativ 1 ovenfor.

RISIKOMATRISE (R), Alternativ 3							Usikkerhet		Bakgrunnskunnskap				
			SANNSYNLIGHET (S)					1		God			
			Usannsynlig	Mindre sannsynlig	Sannsynlig	Meget sannsynlig	Svært sannsynlig				2		Medium
			1	2	3	4	5						
KONSEKVENS (K)	Ubetydelig	1	1	2	3	4	5	4					
	Mindre alvorlig	2	2	4	6	8	10						
	Alvorlig	3	3	6	9	12	15						
	Meget alvorlig	4	4	8	12	16	20						
	Svært alvorlig/ katastrofalt	5	18 5	10	15	20	25						

Figur 3, risikomatrikse ved alternativ 3 – heving av vrak med last og deretter tildekking av sjøbunn

Risikovurderingene i det gule feltet med middels risiko ovenfor er:

- uønsket hendelse 18.1 ammunisjon detonerer spontant, årsak endring av eksplosivenes kjemiske reaksjoner over tid.

5.4 Vurdering av alternativene

5.4.1 Alternativ 1, tildekking av vrak med last og forurenset sjøbunn

Alternativ 1 fremstår som det alternativet hvor risikoen for detonasjoner fra store og middels eksplosiver er høyest med tanke på skade på miljøet ved spredning av kvikksølv. Dette omfatter alle former for tildekking, helt eller delvis, samt fylling av «grout» i vrakdelene.

En rekke faktorer påvirker Forsvarsmateriells vurdering. Krigshodene til seks torpedoeer befinner seg utenfor trykkskroget. Nedbøyning av torpedorør, og skjev belastning og friksjon på krigshoder med ustabil sprengstoff etter mer enn 80 år, medfører høy risiko for detonasjon.

Endring i vrakdelenes stabilitet ved tildekking og fylling av «grout» i torpedorør og rundt torpedorør i trykkskroget vil øke risikoen for detonasjoner med ytre påvirkning i form av mekaniske støt og friksjon. Beregninger og referanser i kapittel 3 viser at anbefalt tildekking ikke er tilstrekkelig for å unngå kraterdannelser ved detonasjon av torpedoeer med sympatioverføringer. I tillegg vil det dannes grunnsjokk sammenlignbart med lokalt jordskjelv med om lag styrke 3. Et slikt grunnsjokk vil dessuten øke risikoen for utgliding av forskipet fra støtrefyllingen. Alt i alt vil alternativ 1 medføre høy risiko for økt spredning av kvikksølv.

Forsvarsmateriell fraråder alle alternativer for tildekking uten først å ha fjernet store og middels store eksplosiver fra vrakdelene. Frarådingen er basert både på ammunisjonsfaglig og skrogteknisk grunnlag.

5.4.2 Alternativ 2, heving av last (kvikksølv) og deretter tildekking av vrak og sjøbunn

Alternativ 2 fremstår som det alternativet hvor risikoen for detonasjoner fra store og middels eksplosiver er nest høyest med tanke på skade på miljøet og spredning av kvikksølv. Mange av risikomomentene er de samme som for tildekking med tanke på mekaniske støt og friksjon, med påfølgende detonasjon og fare for utgliding av forskipet.

Fordelen med alternativ 2 sammenlignet med alternativ 1 er at kvikksølvet fjernes fra vrakrestene like over sjøbunnen, og på sjøbunnen, før vrakdelene med torpedoeer i torpedorørene varsomt legges tilbake på uforurenset sjøbunnen.

Forsvarsmateriell fraråder alle former for tildekking uten først å ha fjernet torpedoer fra vrakdelene. Frarådingen er basert på ammunisjonsfaglig og skrogteknisk grunnlag.

5.4.3 Alternativ 3, heving av vrak med last og deretter tildekking av sjøbunn

Alternativ 3 fremstår som det alternativet hvor risikoen for detonasjoner av store og middels eksplosiver er lavest.

Alternativ 3 vil medføre at risikoen for fremtidig kvikksølvforurensning bortfaller om både kvikksølvlasten og torpedoer fra vrakdelene fjernes fra forurensede sedimenter og sjøbunn, og håndteres. Når vrakdelene heves og torpedoer fjernes må alle risikoreduserende tiltak benyttes og eventuelt forbedres.

Alternativ 3 baseres på anerkjente militære EOD-prosedyrer (Explosive Ordnance Disposal) hvor den overordnede tilnærmingen innebærer å stabilisere vrakdelene mest mulig i deres nåværende posisjon på havbunnen, før de heves langsomt og kontrollert. Hvert enkelt steg i prosessen skal risikovurderes og godkjennes før det utføres, særlig når det gjelder operasjoner som kan innebære mekanisk belastning og økt eksplosjonsfare. Beskyttelse mot eksterne risikofaktorer, som lekkasje av kvikksølv, må integreres i EOD-prosedyrene. På denne måten sikres det at den samlede risikoen for involvert personell til enhver tid holdes innenfor akseptable rammer.

Erfaring fra Forsvaret viser at moderne EOD-metoder er trygge, og at kvalifisert personell gjennomfører desarmering av tilsvarende våpen på jevnlig basis i Norge. Arbeidet utføres på grunnlag av gjennomprøvde og solide prosedyrer, utarbeidet av eksperter innen fagområdet.

Operatøren som tildeles hevingsoppdraget må, i nært samarbeid med EOD-avdeling og fagmiljø for rensing og oppsamling av kvikksølv, velge metode for stabilisering og heving. Det er viktig først å stabilisere vrakdelene med samme slagside og posisjon som vrakdelene har mot sjøbunnen og sedimentene, gjerne med en form for krybbe, for å unngå detonasjoner påført ved ytre påvirkning. Deretter, når stabilitet er oppnådd, kan det bores hull høyt i trykkskroget for å klargjøre fester for heving. Neste steg vil være å lage et vern mot lekkasje av kvikksølv. Ved heving må rykk og napp unngås for å unngå mekaniske støt eller friksjon som kan påvirke de ladede torpedoene i torpedorørene. Heving må forgå varsomt. Operatøren har også ansvar for å gjennomføre egne risikovurderinger, tilpasset alle involverte aktørers roller i operasjonen. Torpedoene må håndteres og uskadeliggjøres på et egnet sted etter heving, basert på EOD-operatørens egne risikovurderinger. Deretter kan eventuell forurensning av sjøbunn tildekkes.

Etter Forsvarsmateriells vurdering representerer alternativ 3 den eneste bærekraftige løsning, også i et evighetsperspektiv. Tilrådingen er basert på ammunisjonsfaglig og skrogteknisk grunnlag.

Forsvarsmateriell anbefaler derfor at alternativ 3, heving av vrak med last og deretter tildekking av sjøbunn, iverksettes.

5.4.4 Øvrige kommentarer

Det vil være mest hensiktsmessig å starte heving av akterskipet før forskipet, fordi det er vesentlig mindre NEI i akterskipet. I akterskipet er det dessuten kun to torpedoer ladet i torpedorørene, og reserve tennapparater i torpedorommet. Totalt er det ca. 815 kg NEI i akterskipet.

I forskipet er det fire torpedoer ladet i torpedorørene, to torpedoer lagret på dørken i torpedorommet, samt at det også er lagret tennapparater i torpedorommet. Det er i tillegg forventet at ammunisjonsmagasin # 2 er intakt. I forskipet er det ca. 4400 kg NEI igjen etter at ammunisjonsmagasin # 1 ble «blåst ut» ifm. torpederingen.

Det kan ikke utelukkes at det blant de 8 torpedoene i vrakdelene var et lite antall torpedoer av modellen G7es(TXI). G7es(TXI) torpedoene var en forbedret versjon av torpedo G7es(TV). G7es(TXI) har Pi 4c mekanisk tennapparat toppmontert, samme tennapparat som i torpedo G7es(TV). Dette innebærer at om det skulle være torpedoer av modellen G7es(XI) i vrakdelene, vil risiko ved håndtering av vrakdelene og torpedoer være den samme som for torpedomodellen G7es(TV).

Selv om vrakdelene så å si blir tømt for kvikksølv, befinner det seg mer enn 100 tonn bly og annet giftig mikset avfall i vrakdelene som kan bli spredd ut i vannsøylen ved torpedodetonasjoner.

FMA har ikke vurdert økonomiske og administrative konsekvenser av alternativene for håndtering av U-864, da dette er utenfor vårt mandat.

6 Konklusjon og anbefaling

Forsvarsmateriell har etter oppdrag fra Forsvarsdepartementet, og med spesifisering av oppdrag fra Kystverket, gjennomført analyser av hvordan ammunisjon og ammunisjonssikkerhet påvirker ulike løsningsalternativer for håndtering av U-864.

Kilder

- Aven, Røed og Wiencke, Risikoanalyse – prinsipper og metoder, med anvendelse, 2017.
- Det Norske Veritas, Salvage of U864 – Technical Report – Supplementary Studies, Report 23916 No 1-12, 2008-07-04.
- DNV GL AS, Vedlegg V0.02, Miljøtiltak ved vraket av U-864, Design av tildekking og kontroll av utlegging, 12. mai 2014.
- Dr. Axel Niestlé, UR-Report No 002/2024: Ammunition carried aboard U 864 during its final patrol in February 1945.
- Ekspertutvalgets rapport, Løsninger for U-864, ubåtvraket utenfor Fedje i Vestland, 2022.
- Geir P. Novik, Eirik B. Abrahamsen og Morten Sommer, ScienceDirect, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106065>.
- Geir Petter Novik, Complex risk management in explosive-contaminated areas: Explosive remnants of war, University of Stavanger, 2023.
- Norges Miljøvernforbund, høringssvar til ekspertutvalgets rapport, 27. januar 2023.
- Rambøll Norge, U864 Ny informasjon om kvikksølv og ny teknologi for heving av last, 27. mars 2019.
- Regjeringen.no, U-864 skal heves, pressemelding regjeringen Stoltenberg II, 29. januar 2009.
- Reglement for ammunisjonstjenesten – Fellesregler, Forsvarsmateriell 2017.
- Rune Birger Nilsen, Høringsuttalelse U-864, 18. januar 2023.
- Studies of underwater explosions in the Dead Sea, Gitterman and Shapira, 2001.
- UNITECH subsea, kommentarer til Ekspertutvalgets rapport, 16. januar 2023.
- Vedlegg B, Risikovurdering av ammunisjon og ammunisjonssikkerhet, alternativ 1-3, med risikomatrise.
- Vedlegg C, Ammunisjonsbeholdning i Kriegsmarine Type IX D2 ubåt, U-864, Håvard Hovdet og Rune Birger Nilsen, 2025.

Forkortelser

BGS	The British Geological Survey
DNV	Det Norske Veritas
DNV GL	Det Norske Veritas Germanischer Lloyd
dr.	doctor, f.eks. i titler: dr.med., dr.philos
EOD	Explosive Ordnance Disposal, eksplosivrydding
et.al.	«et alii», fra latin, betyr «og andre»
FD	Forsvarsdepartementet
FFI	Forsvarets forskningsinstitutt
FMA	Forsvarsmateriell
FMA MARKAP	Forsvarsmateriell Maritime kapasiteter
FST	Forsvarsstaben
IEDD	Improvised Explosive Devise Disposal
MDK	Minedykkerkommandoen
NFD	Nærings- og fiskeridepartementet
NEI	Netto eksplosivinnhold
ph.d.	philosophiae doctor (doktorgrad)

Verdi	Kriterie	Forklaring
1	Usannsynlig	Det er ingen grunn til å forvente at hendelsen oppstår
2	Mindre sannsynlig	Det er liten grunn til å forvente at hendelsen oppstår
3	Sannsynlig	Det anses like sannsynlig som usannsynlig at hendelsen oppstår
4	Meget sannsynlig	Det er god grunn til å forvente at hendelsen oppstår
5	Svært sannsynlig	Det må forventes at hendelsen vil oppstå

Verdi	Kriterie	Forklaring
1	Ubetydelig	Legebehandling er ikke nødvendig
2	Mindre alvorlig	Legetilsyn eller behandling
3	Alvorlig	Skade eller traume som ikke setter liv i fare
4	Meget alvorlig	Krever umiddelbar medisinsk behandling, men liv er ikke truet
5	Svært alvorlig/ katastrofalt	Liv kan være truet, varige alvorlige ettervirkninger eller mulig dødsfall
Verdi	Kriterie	Forklaring
1	Ubetydelig	Skade eller feil som ikke påvirker funksjon og utbedring kan utsettes
2	Mindre alvorlig	Skade eller feil som kan utbedres "on site" med egne ressurser
3	Alvorlig	Skade som begrenser bruk av materiellet
4	Meget alvorlig	Materiell er ikke operativt
5	Svært alvorlig/ katastrofalt	Tap av materiell

Verdi	Kriterie	Forklaring
1-4	Grønn kategori/ lav risiko	Aktivitet kan gjennomføres, men risikoreducerende tiltak kan vurderes
4-10	Gul kategori/ middels risiko	Aktivitet bør ikke gjennomføres uten tiltak. Rutiner og tiltak bør kvalitetssikres og ev. forbedres
10-25	Rød kategori/ høy risiko	Aktivitet bør ikke gjennomføres

Anvendte kriterier for Sannsynlighet og Konsekvens og vurdering av Risiko

Sannsynlighet

Merknader

For å estimere sannsynlighet for at identifiserte hendelser/farer oppstår kreves det god kunnskap (empiri/statistikk) om sammenlignbare hendelser over tid. For håndtering av U-864 mht. ammunisjonsrelaterte farer finnes det lite - om noe - data å forholde seg til (i alle fall som er lett tilgjengelig). Det er av den grunn nær umulig å kvantifisere sannsynlighet med realistiske verdier. Angitte kriterier er derfor mer eller mindre subjektive vurderinger basert på faglig kunnskap om aktuell ammunisjon. Gitt at risikovurderingen gjennomføres på ulike alternative tilnærminger for håndtering av vraket (Tildekking, Heving, Flytting) med samme metode for vurdering, vil resultatet bli en relativ objektiv sammenligning av alternativene mer enn faktisk vurdering av det enkelte alternativ.

Konsekvens

Miljøskader

Verdi	Kriterie	Forklaring
1	Ubetydelig	Ubetydelig skade og kort restitusjonstid
2	Mindre alvorlig	Mindre skade og kort restitusjonstid
3	Alvorlig	Mindre skade og lang restitusjonstid
4	Meget alvorlig	Langvarig skade og lang restitusjonstid
5	Svært alvorlig/ katastrofalt	Svært langvarig og ikke reversibel skade

Personskader

Materiellskader

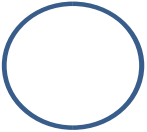
Merknader

Kriteriene er utledet fra Sjøforsvarets og Forsvarsmateriell Maritime kapasiteters kriterier for Operational Risk Management (ORM). I foreliggende risikovurdering er det ikke skilt spesifikt mellom skadekategoriene, da det ikke foreligger tilstrekkelig informasjon om evt. metoder som kan bli benyttet ifm. håndtering av vraket iht. alternativene som er lagt til grunn (Tildekking, Heving av last og Heving av vrak): F.eks. vil risiko for personell bli eliminert hvis arbeid med vraket på bunnen kun utføres med fjernstyrt utstyr.

Risiko

Merknader

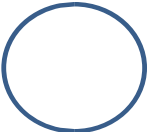
Det er risikoverdi med etablerte risikoreduserende tiltak (R2) som legges til grunn for vurdering av om delaktivitet kan gjennomføres. Risiko må (re)vurderes fortløpende ila. pågående aktivitet mht. evt. endrede kriterier (eks. vær/vind og oppståtte uønskede hendelser).

Usikkerhet	
1	
2	
3	
4	
5	

Bakgrunnskunnskap
God
Medium
Svak

RISIKOMATRISE (R), Alternativ 1

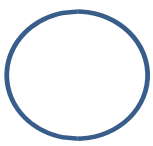
			SANNSYNLIGHET (S)				
			Usannsynlig	Mindre sannsynlig	Sannsynlig	Meget sannsynlig	Svært sannsynlig
			1	2	3	4	5
KONSEKVENSENS (K)	Ubetydelig	1	1	2	3	4	5
	Mindre alvorlig	2	2	4	6 3.5.2	8 5.4	10
	Alvorlig	3	3	6	9 5.5	12	15
	Meget alvorlig	4	4	8	12	16	20 5.1 5.2 5.3
	Svært alvorlig/ katastrofalt	5	5 6.1	10 5.6 2.6.1	15 3.6.1 3.3	20	25 2.6.2 3.6.2

Usikkerhet	
1	
2	
3	
4	
5	

Bakgrunnskunnskap
God
Medium
Svak

RISIKOMATRIZE (R), Alternativ 2

Vedlegg B - Risikovurdering - Forsvarsmateriell										Utsatt offentliggjort 2. september 2024		
	Prosjekt		Sted		Haukelivsmuseet/Raufoas		Bidragsytere:		Rune Birger Nilsen (FMA MARKAP), Svenn Ole Strandnes (FMA MARKAP), Jonatan Støvlund (FMA MARKAP), Tor Egil Hansen (FMA LANDKAP), Hans Olm (FMA LANDKAP), Ann Lene Fladvad (FMA LANDKAP), Håvard Hovdet (SØ SST)			
	Fagområde		Dato		8/20/2025							
	Hovedaktivitet		Ansvarelig		Knut Moe (FMA SSU)							
Identifisert risiko												
Delaktivitet	Utsikret hendelse	Årsak	S-1 Utsikret hendelse	S-2 Utsikret hendelse	S-3 Utsikret hendelse	S-4 Utsikret hendelse	S-5 Utsikret hendelse	S-6 Utsikret hendelse	Tiltak		Kommentar	
									Reduserer I	Reduserer K		
13. Hove skogstog av U-864 med last	13.1. Utsidderbar detonasjon av små eksplosiver*	U-864 etter feil i vedmontering. Når skogstog heves kan trykkløst og/eller iverksett forstyrrelse i vedmontering. Strukturer på torpedoen som er utsatt for trykkløst (i form av torpedoen) kan bli skadet eller rive, og det kan oppstå trykkløst i ledningene.	2	2	4	m	1	1	1	1	1	
	13.2. Utsidderbar detonasjon av medium eksplosiver*	U-864 etter feil i vedmontering. Når skogstog heves kan trykkløst og/eller iverksett forstyrrelse i vedmontering. Strukturer på torpedoen som er utsatt for trykkløst (i form av torpedoen) kan bli skadet eller rive, og det kan oppstå trykkløst i ledningene.	2	3	4	m	1	1	1	1	1	
	13.3. Utsidderbar detonasjon av store eksplosiver*	U-864 etter feil i vedmontering. Når skogstog heves kan trykkløst og/eller iverksett forstyrrelse i vedmontering. Strukturer på torpedoen som er utsatt for trykkløst (i form av torpedoen) kan bli skadet eller rive, og det kan oppstå trykkløst i ledningene.	2	4	4	m	1	1	1	1	1	
14. Kontrollert rulling av luftbårne (slåmmer) blant annerledesystemer i vedmontering av U-864 i forbindelse med heving	14.1. Utsidderbar detonasjon av små eksplosiver*	Denne påvirkning i form av støt og trykkløst fra dekkene.	1	2	3	m	1	1	1	1	1	
	14.2. Utsidderbar detonasjon av medium eksplosiver*	Denne påvirkning i form av støt og induert trykkløst fra dekkene.	2	2	3	m	1	1	1	1	1	
	14.3. Utsidderbar detonasjon av store eksplosiver*	Denne påvirkning i form av støt og induert trykkløst fra dekkene.	2	4	3	m	1	1	1	1	1	Det anses 3-væres BMS spasse for at det berøres stor eksplosiv vedmontering.
15. Utløsing av feldingsmønstre på vedmontering av U-864 for- og etterpå U-864	15.1. Utsidderbar detonasjon av små eksplosiver*	Denne påvirkning i form av støt og trykkløst fra dekkene.	1	1	3	m	1	1	1	1	1	
	15.2. Utsidderbar detonasjon av medium eksplosiver*	Denne påvirkning i form av støt og induert trykkløst fra dekkene.	1	2	3	m	1	1	1	1	1	
	15.3. Utsidderbar detonasjon av store eksplosiver*	Denne påvirkning i form av støt og induert trykkløst fra dekkene.	2	4	3	m	1	1	1	1	1	
	15.4. Detonasjon av store eksplosiver* på lang tid	U-864 etter feil i vedmontering kombinert med økt feldingsmønstre i eksplosivene.	1	3	4	m	1	1	1	1	1	Det anses 3-væres BMS spasse for at det berøres stor eksplosiv vedmontering.
	15.5. Detonasjon av store eksplosiver* på lang tid	U-864 etter feil i vedmontering kombinert med økt feldingsmønstre i eksplosivene.	1	3	4	m	1	1	1	1	1	Det anses 3-væres BMS spasse for at det berøres stor eksplosiv vedmontering.
16. Tilskottet substat, torpedoen eller torpedoen handling	16.1. Kriminell (stort) organisasjon eller fremmede staten utøver eller av bevisningen av vedmontering i den berørte 3. og 4. og 5. og 6. og 7. og 8. og 9. og 10. og 11. og 12. og 13. og 14. og 15. og 16. og 17. og 18. og 19. og 20. og 21. og 22. og 23. og 24. og 25. og 26. og 27. og 28. og 29. og 30. og 31. og 32. og 33. og 34. og 35. og 36. og 37. og 38. og 39. og 40. og 41. og 42. og 43. og 44. og 45. og 46. og 47. og 48. og 49. og 50. og 51. og 52. og 53. og 54. og 55. og 56. og 57. og 58. og 59. og 60. og 61. og 62. og 63. og 64. og 65. og 66. og 67. og 68. og 69. og 70. og 71. og 72. og 73. og 74. og 75. og 76. og 77. og 78. og 79. og 80. og 81. og 82. og 83. og 84. og 85. og 86. og 87. og 88. og 89. og 90. og 91. og 92. og 93. og 94. og 95. og 96. og 97. og 98. og 99. og 100. og 101. og 102. og 103. og 104. og 105. og 106. og 107. og 108. og 109. og 110. og 111. og 112. og 113. og 114. og 115. og 116. og 117. og 118. og 119. og 120. og 121. og 122. og 123. og 124. og 125. og 126. og 127. og 128. og 129. og 130. og 131. og 132. og 133. og 134. og 135. og 136. og 137. og 138. og 139. og 140. og 141. og 142. og 143. og 144. og 145. og 146. og 147. og 148. og 149. og 150. og 151. og 152. og 153. og 154. og 155. og 156. og 157. og 158. og 159. og 160. og 161. og 162. og 163. og 164. og 165. og 166. og 167. og 168. og 169. og 170. og 171. og 172. og 173. og 174. og 175. og 176. og 177. og 178. og 179. og 180. og 181. og 182. og 183. og 184. og 185. og 186. og 187. og 188. og 189. og 190. og 191. og 192. og 193. og 194. og 195. og 196. og 197. og 198. og 199. og 200. og 201. og 202. og 203. og 204. og 205. og 206. og 207. og 208. og 209. og 210. og 211. og 212. og 213. og 214. og 215. og 216. og 217. og 218. og 219. og 220. og 221. og 222. og 223. og 224. og 225. og 226. og 227. og 228. og 229. og 230. og 231. og 232. og 233. og 234. og 235. og 236. og 237. og 238. og 239. og 240. og 241. og 242. og 243. og 244. og 245. og 246. og 247. og 248. og 249. og 250. og 251. og 252. og 253. og 254. og 255. og 256. og 257. og 258. og 259. og 260. og 261. og 262. og 263. og 264. og 265. og 266. og 267. og 268. og 269. og 270. og 271. og 272. og 273. og 274. og 275. og 276. og 277. og 278. og 279. og 280. og 281. og 282. og 283. og 284. og 285. og 286. og 287. og 288. og 289. og 290. og 291. og 292. og 293. og 294. og 295. og 296. og 297. og 298. og 299. og 300. og 301. og 302. og 303. og 304. og 305. og 306. og 307. og 308. og 309. og 310. og 311. og 312. og 313. og 314. og 315. og 316. og 317. og 318. og 319. og 320. og 321. og 322. og 323. og 324. og 325. og 326. og 327. og 328. og 329. og 330. og 331. og 332. og 333. og 334. og 335. og 336. og 337. og 338. og 339. og 340. og 341. og 342. og 343. og 344. og 345. og 346. og 347. og 348. og 349. og 350. og 351. og 352. og 353. og 354. og 355. og 356. og 357. og 358. og 359. og 360. og 361. og 362. og 363. og 364. og 365. og 366. og 367. og 368. og 369. og 370. og 371. og 372. og 373. og 374. og 375. og 376. og 377. og 378. og 379. og 380. og 381. og 382. og 383. og 384. og 385. og 386. og 387. og 388. og 389. og 390. og 391. og 392. og 393. og 394. og 395. og 396. og 397. og 398. og 399. og 400. og 401. og 402. og 403. og 404. og 405. og 406. og 407. og 408. og 409. og 410. og 411. og 412. og 413. og 414. og 415. og 416. og 417. og 418. og 419. og 420. og 421. og 422. og 423. og 424. og 425. og 426. og 427. og 428. og 429. og 430. og 431. og 432. og 433. og 434. og 435. og 436. og 437. og 438. og 439. og 440. og 441. og 442. og 443. og 444. og 445. og 446. og 447. og 448. og 449. og 450. og 451. og 452. og 453. og 454. og 455. og 456. og 457. og 458. og 459. og 460. og 461. og 462. og 463. og 464. og 465. og 466. og 467. og 468. og 469. og 470. og 471. og 472. og 473. og 474. og 475. og 476. og 477. og 478. og 479. og 480. og 481. og 482. og 483. og 484. og 485. og 486. og 487. og 488. og 489. og 490. og 491. og 492. og 493. og 494. og 495. og 496. og 497. og 498. og 499. og 500. og 501. og 502. og 503. og 504. og 505. og 506. og 507. og 508. og 509. og 510. og 511. og 512. og 513. og 514. og 515. og 516. og 517. og 518. og 519. og 520. og 521. og 522. og 523. og 524. og 525. og 526. og 527. og 528. og 529. og 530. og 531. og 532. og 533. og 534. og 535. og 536. og 537. og 538. og 539. og 540. og 541. og 542. og 543. og 544. og 545. og 546. og 547. og 548. og 549. og 550. og 551. og 552. og 553. og 554. og 555. og 556. og 557. og 558. og 559. og 560. og 561. og 562. og 563. og 564. og 565. og 566. og 567. og 568. og 569. og 570. og 571. og 572. og 573. og 574. og 575. og 576. og 577. og 578. og 579. og 580. og 581. og 582. og 583. og 584. og 585. og 586. og 587. og 588. og 589. og 590. og 591. og 592. og 593. og 594. og 595. og 596. og 597. og 598. og 599. og 600. og 601. og 602. og 603. og 604. og 605. og 606. og 607. og 608. og 609. og 610. og 611. og 612. og 613. og 614. og 615. og 616. og 617. og 618. og 619. og 620. og 621. og 622. og 623. og 624. og 625. og 626. og 627. og 628. og 629. og 630. og 631. og 632. og 633. og 634. og 635. og 636. og 637. og 638. og 639. og 640. og 641. og 642. og 643. og 644. og 645. og 646. og 647. og 648. og 649. og 650. og 651. og 652. og 653. og 654. og 655. og 656. og 657. og 658. og 659. og 660. og 661. og 662. og 663. og 664. og 665. og 666. og 667. og 668. og 669. og 670. og 671. og 672. og 673. og 674. og 675. og 676. og 677. og 678. og 679. og 680. og 681. og 682. og 683. og 684. og 685. og 686. og 687. og 688. og 689. og 690. og 691. og 692. og 693. og 694. og 695. og 696. og 697. og 698. og 699. og 700. og 701. og 702. og 703. og 704. og 705. og 706. og 707. og 708. og 709. og 710. og 711. og 712. og 713. og 714. og 715. og 716. og 717. og 718. og 719. og 720. og 721. og 722. og 723. og 724. og 725. og 726. og 727. og 728. og 729. og 730. og 731. og 732. og 733. og 734. og 735. og 736. og 737. og 738. og 739. og 740. og 741. og 742. og 743. og 744. og 745. og 746. og 747. og 748. og 749. og 750. og 751. og 752. og 753. og 754. og 755. og 756. og 757. og 758. og 759. og 760. og 761. og 762. og 763. og 764. og 765. og 766. og 767. og 768. og 769. og 770. og 771. og 772. og 773. og 774. og 775. og 776. og 777. og 778. og 779. og 780. og 781. og 782. og 783. og 784. og 785. og 786. og 787. og 788. og 789. og 790. og 791. og 792. og 793. og 794. og 795. og 796. og 797. og 798. og 799. og 800. og 801. og 802. og 803. og 804. og 805. og 806. og 807. og 808. og 809. og 810. og 811. og 812. og 813. og 814. og 815. og 816. og 817. og 818. og 819. og 820. og 821. og 822. og 823. og 824. og 825. og 826. og 827. og 828. og 829. og 830. og 831. og 832. og 833. og 834. og 835. og 836. og 837. og 838. og 839. og 840. og 841. og 842. og 843. og 844. og 845. og 846. og 847. og 848. og 849. og 850. og 851. og 852. og 853. og 854. og 855. og 856. og 857. og 858. og 859. og 860. og 861. og 862. og 863. og 864. og 865. og 866. og 867. og 868. og 869. og 870. og 871. og 872. og 873. og 874. og 875. og 876. og 877. og 878. og 879. og 880. og 881. og 882. og 883. og 884. og 885. og 886. og 887. og 888. og 889. og 890. og 891. og 892. og 893. og 894. og 895. og 896. og 897. og 898. og 899. og 900. og 901. og 902. og 903. og 904. og 905. og 906. og 907. og 908. og 909. og 910. og 911. og 912. og 913. og 914. og 915. og 916. og 917. og 918. og 919. og 920. og 921. og 922. og 923. og 924. og 925. og 926. og 927. og 928. og 929. og 930. og 931. og 932. og 933. og 934. og 935. og 936. og 937. og 938. og 939. og 940. og 941. og 942. og 943. og 944. og 945. og 946. og 947. og 948. og 949. og 950. og 951. og 952. og 953. og 954. og 955. og 956. og 957. og 958. og 959. og 960. og 961. og 962. og 963. og 964. og 965. og 966. og 967. og 968. og 969. og 970. og 971. og 972. og 973. og 974. og 975. og 976. og 977. og 978. og 979. og 980. og 981. og 982. og 983. og 984. og 985. og 986. og 987. og 988. og 989. og 990. og 991. og 992. og 993. og 994. og 995. og 996. og 997. og 998. og 999. og 1000. og 1001. og 1002. og 1003. og 1004. og 1005. og 1006. og 1007. og 1008. og 1009. og 1010. og 1011. og 1012. og 1013. og 1014. og 1015. og 1016. og 1017. og 1018. og 1019. og 1020. og 1021. og 1022. og 1023. og 1024. og 1025. og 1026. og 1027. og 1028. og 1029. og 1030. og 1031. og 1032. og 1033. og 1034. og 1035. og 1036. og 1037. og 1038. og 1039. og 1040. og 1041. og 1042. og 1043. og 1044. og 1045. og 1046. og 1047. og 1048. og 1049. og 1050. og 1051. og 1052. og 1053. og 1054. og 1055. og 1056. og 1057. og 1058. og 1059. og 1060. og 1061. og 1062. og 1063. og 1064. og 1065. og 1066. og 1067. og 1068. og 1069. og 1070. og 1071. og 1072. og 1073. og 1074. og 1075. og 1076. og 1077. og 1078. og 1079. og 1080. og 1081. og 1082. og 1083. og 1084. og 1085. og 1086. og 1087. og 1088. og 1089. og 1090. og 1091. og 1092. og 1093. og 1094. og 1095. og 1096. og 1097. og 1098. og 1099. og 1100. og 1101. og 1102. og 1103. og 1104. og 1105. og 1106. og 1107. og 1108. og 1109. og 1110. og 1111. og 1112. og 1113. og 1114. og 1115. og 1116. og 1117. og 1118. og 1119. og 1120. og 1121. og 1122. og 1123. og 1124. og 1125. og 1126. og 1127. og 1128. og 1129. og 1130. og 1131. og 1132. og 1133. og 1134. og 1135. og 1136. og 1137. og 1138. og 1139. og 1140. og 1141. og 1142. og 1143. og 1144. og 1145. og 1146. og 1147. og 1148. og 1149. og 1150. og 1151. og 1152. og 1153. og 1154. og 1155. og 1156. og 1157. og 1158. og 1159. og 1160. og 1161. og 1162. og 1163. og 1164. og 1165. og 1166. og 1167. og 1168. og 1169. og 1170. og 1171. og 1172. og 1173. og 1174. og 1175. og 1176. og 1177. og 1178. og 1179. og 1180. og 1181. og 1182. og 1183. og 1184. og 1185. og 1186. og 1187. og 1188. og 1189. og 1190. og 1191. og 1192. og 1193. og 1194. og 1195. og 1196. og 1197. og 1198. og 1199. og 1200. og 1201. og 1202. og 1203. og 1204. og 1205. og 1206. og 1207. og 1208. og 1209. og 1210. og 1211. og 1212. og 1213. og 1214. og 1215. og 1216. og 1217. og 1218. og 1219. og 1220. og 1221. og 1222. og 1223. og 1224. og 1225. og 1226. og 1227. og 1228. og 1229. og 1230. og 1231. og 1232. og 1233. og 1234. og 1235. og 1236. og 1237. og 1238. og 1239. og 1240. og 1241. og 1242. og 1243. og 1244. og 1245. og 1246. og 1247. og 1248. og 1249. og 1250. og 1251. og 1252. og 1253. og 1254. og 1255. og 1256. og 1257. og 1258. og 1259. og 1260. og 1261. og 1262. og 1263. og 1264. og 1265. og 1266. og 1267. og 1268. og 1269. og 1270. og 1271. og 1272. og 1273. og 1274. og 1275. og 1276. og 1277. og 1278. og 1279. og 1280. og 1281. og 1282. og 1283. og 1284. og 1285. og 1286. og 1287. og 1288. og 1289. og 1290. og 1291. og 1292. og 1293. og 1294. og 1295. og 1296. og 1297. og 1298. og 1299. og 1300. og 1301. og 1302. og 1303. og 1304. og 1305. og 1306. og 1307. og 1308. og 1309. og 1310. og 1311. og 1312. og 1313. og 1314. og 1315. og 1316. og 1317. og 1318. og 1319. og 1320. og 1321. og 1322. og 1323. og 1324. og 1325. og 1326. og 1327. og 1328. og 1329. og 1330. og 1331. og 1332. og 1333. og 1334. og 1335. og 1336. og 1337. og 1338. og 1339. og 1340. og 1341. og 1342. og 1343. og 1344. og 1345. og 1346. og 1347. og 1348. og 1349. og 1350. og 1351. og 1352. og 1353. og 1354. og 1355. og 1356. og 1357. og 1358. og 1359. og 1360. og 1361. og 1362. og 1363. og 1364. og 1365. og 1366. og 1367. og 1368. og 1369. og 1370. og 1371. og 1372. og 1373. og 1374. og 1375. og 1376. og 1377. og 1378. og 1379. og 1380. og 1381. og 1382. og 1383. og 1384. og 1385. og 1386. og 1387. og 1388. og 1389. og 1390. og 1391. og 1392. og 1393. og 1394. og 1395. og 1396. og 1397. og 1398. og 1399. og 1400. og 1401. og 1402. og 1403. og 1404. og 1405. og 1406. og 1407. og 1408. og 1409. og 1410. og 1411. og 1412. og 1413. og 1414. og 1415. og 1416. og 1417. og 1418. og 1419. og 1420. og 1421. og 1422. og 1423. og 1424. og 1425. og 1426. og 1427. og 1428. og 1429. og 1430. og 1431. og 1432. og 1433. og 1434. og 1435. og 1436. og 1437. og 1438. og 1439. og 1440. og 1441. og 1442. og 1443. og 1444. og 1445. og 1446. og 1447. og 1448. og 1449. og 1450. og 1451. og 1452. og 1453. og 1454. og 1455. og 1456. og 1457. og 1458. og 1459. og 1460. og 1461. og 1462. og 1463. og 1464. og 1465. og 1466. og 1467. og 1468. og 1469. og 1470. og 1471. og 1472. og 1473. og 1474. og 1475. og 1476. og 1477. og 1478. og 1479. og 1480. og 1481. og 1482. og 1483. og 1484. og 1485. og 1486. og 1487. og 1488. og 1489. og 1490. og 1491. og 1492. og 1493. og 1494. og 1495. og 1496. og 1497. og 1498. og 1499. og 1500. og 1501. og 1502. og 1503. og 1504. og 1505. og 1506. og 1507. og 1508. og 1509. og 1510. og 1511. og 1512. og 1513. og 1514. og 1515. og 1516. og 1517. og 1518. og 1519. og											

1	
2	
3	
4	
5	

Bakgrunskunnskap
God
Medium
Svak

RISIKOMATRIZE (R), Alternativ 3