

Heving eller tildekking?

En samfunnsøkonomisk analyse av mulige tiltak for å hindre kvikksølvutslipp fra ubåt U-864

Hanne Dypdahl, Ingeborg Rasmussen og Haakon Vennemo

Vista Analyse

Dokumentdetaljer

Vista Analyse AS	Rapport nummer 2011/2
Rapporttittel	Heving eller tildekking? En samfunnsøkonomisk analyse av mulige tiltak for å hindre kvikksølvutslipp fra ubåt U-864
ISBN	978-82-8126-015-3
Forfatter	Hanne Dypdahl, Ingeborg Rasmussen og Haakon Vennemo
Dato for ferdigstilling	19. januar 2011
Prosjektleder	Ingeborg Rasmussen
Oppdragsgiver	Kystverket
Tilgjengelighet	Offentlig - www.vista-analyse.no
Publisert	18.januar 2011
Nøkkelord	Samfunnsøkonomisk analyse, kostnads-virkningsanalyse miljørisiko, kvikksølv, ubåt, U-864

Forord

Vista Analyse har i samarbeid med Holte Consulting og NGI bistått Kystverket i utarbeidelsen av alternativanalysen i konseptvalgutredningen for håndtering av U-864. Grunnlaget for den samfunnsøkonomiske analysen i konseptvalgutredningen dokumenteres i denne rapporten.

Utredningen inngår i grunnlaget som skal gjennomgå en ekstern kvalitetssikring i forbindelse med den øvrige kvalitetssikringen (KS1) av Kystverkets konseptvalgutredning for håndtering av U-864.

Arbeidet med den samfunnsøkonomiske analysen har vært gjennomført i nært samarbeid med Espen Eek, NGI og Marie Sigmundsdatter Stølen, Holte Consulting. NGI har som en del av arbeidet med konseptvalgutredningen utarbeidet en miljørisikoanalyse som grunnlag for alternativanalysen for U-864. Dette arbeidet har en sentral plass i den samfunnsøkonomiske analysen. Holte Consulting har utarbeidet en usikkerhetsanalyse som har gitt inngangsdataene for kostnadssiden i den samfunnsøkonomiske analysen.

Utredningen er gjennomført på oppdrag fra Kystverket. Hans Petter Laahne Mortensholm har vært Kystverkets kontaktperson, og også bistått med nøkkelkompetanse i utredningsarbeidet.

Utredningen er gjennomført uten bindinger og står for Vista Analyses ansvar. Vi takker våre samarbeidspartnere og oppdragsgiver for alle bidrag og et godt samarbeid.

19 januar 2011

Ingeborg Rasmussen

Prosjektleder

Vista Analyse AS

Innhold

Forord.....	2
Sammendrag og anbefalinger.....	5
1 Innledning.....	9
1.1 Bakgrunn.....	9
2 Alternativer.....	12
2.1 Innledning.....	12
2.2 Nullalternativet.....	12
2.3 Prosjektalternativer.....	13
2.3.1 Alternativ 1.....	13
2.3.2 Alternativ 2.....	13
2.3.3 Alternativ 3.....	14
3 Samfunnsøkonomisk analyse.....	15
3.1 Metode.....	15
3.2 Miljørisiko.....	17
3.2.1 Verste utfallscenario: Eksplosjon av sprengladninger.....	19
3.2.2 Nullalternativet: Ingen tiltak.....	20
3.2.3 Alternativ 1: Tildeking.....	23
3.2.4 Alternativ 2: Heving av hele vraket og tildeking av sedimenter.....	26
3.2.5 Alternativ 3: Heving av kvikksølvbeholdere i vraket og tildeking av vrak og sediment.....	29
3.2.6 Samlet vurdering av miljørisikoen – alle alternativene.....	31
3.3 Kostnadssiden.....	32
3.3.1 Forutsetninger.....	32
3.3.2 Kostnadsinndeling.....	33
3.4 Usikkerhetsanalyse.....	37
3.4.1 Forventningsverdier.....	39
3.4.2 Systematisk usikkerhet.....	40
3.5 Samfunnsøkonomiske kostnader.....	43
3.6 Ikke-prissatte virkninger.....	44
3.6.1 Miljørisiko og andre miljøeffekter.....	45
3.6.2 Operasjonell risiko – effekter for personell og målrealisering.....	47
3.6.3 Andre eksterne effekter.....	48
3.6.4 Oppsummering og samlet vurdering av ikke prissatte effekter.....	49
3.7 Opsjoner og fleksibilitet.....	50
3.8 Rangering av tiltaksalternativene basert på kostnads-virkningsanalysen.....	52
3.9 Anbefalt alternativ kontra nullalternativet.....	53
4 Tidligere vurderinger av U-864.....	55
5 Konklusjoner og anbefalinger.....	57
6 Referanser.....	60
Vedlegg 1: Utelatt alternativ.....	62

Tabeller:

Tabell 3.1 Forventningsverdi og usikkerhetsspenn for konseptalternativene	40
Tabell 3.2 Usikkerhetsintervall for systematisk usikkerhet	41
Tabell 3.3 Tornadodiagram for systematiske usikkerheter for hhv. alternativ 0, 1, 2 og 3	42
Tabell 3.4 Samfunnsøkonomiske kostnader	44
Tabell 3.5 Kortsiktig miljørisiko – Betydning, omfang og rangering av alternativene	46
Tabell 3.6 Langsiktig miljørisiko – Betydning, omfang og rangering av alternativene	46
Tabell 3.7 Operasjonell risiko for personell – Betydning, omfang og rangering av alternativene	47
Tabell 3.8 Eksterne effekter på lokalmiljøet – Betydning, omfang og rangering av alternativene	49

Figurer:

Figur 3.1 Fremtidig miljørisiko i nullalternativet	21
Figur 3.2: Utforming av et tildekkingslag	23
Figur 3.3: Framstilling av miljørisiko ved tildekking. Kilde: NGI (2010)	24
Figur 3.4 Skjematisk framstilling av miljørisiko ved heving. Kilde: NGI (2010)	28
Figur 3.5 Skjematisk framstilling av miljørisiko i alternativ 3. Kilde: NGI (2010)	30
Figur 3.6 Kostnadsposter – generisk prosjektnekbrytingsstruktur	34
Figur 3.7: Sentrale kostnadsposter for hvert alternativ. Grunnkalkyle inkludert skattefinansieringskostnad. Tall i millioner kroner.	34
Figur 3.8 Usikkerhetsfaktorer ved gjennomføring av tiltak	38
Figur 3.9 Tornadodiagram for hhv. alternativ 0, 1, 2 og 3. Kilde: Holte Consulting (2011)	39
Figur 3.10 Akkumulert sannsynlighetskurve for hhv. Alternativ 0, 1, 2 og 3. Kilde: Holte Consulting (2011)	40

Sammendrag og anbefalinger

Tiltak for å håndtere forurensningen fra U-864 Vraket av den tyske ubåten U-864 ble funnet utenfor Fedje i Hordaland i 2003. Vraket inneholder store mengder metallisk kvikksølv (anslagsvis 67 tonn). Regjeringen varslet i Prop. 81 S (2009–2010) om at det skulle igangsettes en forstudie om håndtering av U-864. I denne rapporten presenteres den samfunnsøkonomiske analysen av alternativene som ligger til grunn for alternativanalysen i konseptvalgutredningen Kystverket har utarbeidet på oppdrag fra Fiskeri- og kystdepartementet.

Målet med den videre oppfølgingen av U-864 er i følge Regjeringen å redusere miljørisikoen knyttet til kvikksølvforurensning. Følgende alternativer er vurdert:

- Nullalternativet: Ingen tiltak
- Alternativ 1: Tildekking
- Alternativ 2: Heving av hele vraket og tildekking av forurensede sedimenter
- Alternativ 3: Heving av kvikksølvbeholdere i vraket og tildekking av vrak og forurensede sedimenter.

Politisk bestemt at miljøtilstanden skal bedres

Tidligere utredninger har konkludert med at området rundt vraket er sterkt forurenset og at det er behov for å gjennomføre tiltak. Det er en uttalt politisk målsetting å gjennomføre tiltak knyttet til U-864 for å bedre miljøtilstanden og å redusere miljørisikoen i tilknytning til vraket, vrakets last og det forurensede område rundt vraket. I den samfunnsøkonomiske analysen er det derfor ikke stilt spørsmål ved behovet for tiltak, eller gjennomført analyser med det formål å verdsette nyttesiden av å innfri målene som er satt for tiltaket.

Kostnads-virkningsanalyse

Den samfunnsøkonomiske analysen er gjennomført som en kostnads-virkningsanalyse. I en kostnads-virkningsanalyse beregnes kostnadene ved de ulike alternativene, mens nytten behandles kvalitativt. Denne type metodikk er nødvendig i situasjoner hvor det ikke er mulig å prissette nytteeffekter, og hvor effektene ikke er helt identiske.

Begrunnelsen for å velge en kostnads-virkningsanalyse er at det viktigste nytteelementet, miljørisikoen, vanskelig lar seg prissette. Nytttevirkningene er dessuten ikke helt identiske for alle alternativene. Selv om de langsiktige miljøeffektene – forutsatt en vellykket gjennomføring – ikke varierer mellom alternativene, vil miljørisikoen på kort sikt variere betydelig. Det samme gjelder den operasjonelle sikkerheten under gjennomføringen. Rangeringen av alternativene må dermed baseres på en avveining mellom de prissette kostnadene og nytteeffektene ved alternativene, der nytteeffektene i all hovedsak er basert på kvalitative vurderinger.

Nullalternativet

I nullalternativet videreføres dagens situasjon, dvs at ubåtvraket vil

innfrir ikke krav til miljøstandard

ligge uten at det gjennomføres tiltak. Dersom miljøovervåkingen skulle vise økt kvikksølvspredning eller andre uønskede hendelser i forbindelse med vraket skulle oppstå, vil tildekking inngå i en beredskapsplan som kan iverksettes på kort varsel (innen 1-2 år). Vrakseksjonen er identifisert som en risiko med potensielle skadevirkninger for miljøet på kort og lang sikt.

Et betydelig område er klassifisert som sterkt forurensset, og det er påvist opptak av kvikksølv i bunnlevende organismer. Uten tiltak vil ikke miljøtilstanden bedres vesentlig. Det er liten sannsynlighet for at det vil skje en naturlig tildekking over tid, og verdien av å vente anses som lav. Det er også fare for økt spredning og utlekking i fremtiden. Dette skyldes først og fremst at skråningen der fremparten av ubåten ligger har dårlig stabilitet, slik at det skal lite til av forstyrrelser før det skjer en utglidning. Nullalternativet forventes dermed ikke å realisere de fastsatte miljøtilstandsmålene.

Miljøriskoen står sentralt i vurderingen

Miljøriskoen er en sentral del av beslutningsgrunnlaget for håndteringen av U-864. Miljøriskoen vurderes ut fra de forventede miljøeffektene av tiltakene ved en normal, planlagt gjennomføring, samt risikoen som er identifisert for hvert av alternativene (dvs. mulige negative hendelser som kan inntreffe).

De tre prosjektalternativene innebærer ulik miljørisiko på kort og lang sikt, men alle gir en tilfredsstillende målrealisering dersom operasjonen er vellykket gjennomført.

Lavest kostnader i alternativ 1

Samlede kostnader for tiltaksalternativene ligger mellom 650 (alternativ 1) og 1370 millioner kroner (alternativ 2). Sammenlignet med nullalternativet gir de tre prosjektalternativene samlede kostnader på hhv. 420 millioner, 1140 millioner og 890 millioner kroner. Tallene er basert på forventningsverdier, og beregnet som nåverdi 2010. Beregningene er basert på grove estimat og anslag, og det er stor usikkerhet knyttet til kostnadene. Det viktigste er imidlertid å fremstille størrelsesforholdet mellom alternativene.

Nullalternativet er basert på en videreføring av dagens miljøovervåking, og består kun av kostnadsposten driftskostnader, dvs. langtidsovervåking. Disse kostnadene påløper også i de andre alternativene, og er forutsatt å være uavhengig av hvilket tiltak som gjennomføres. Det som skiller alternativene er derfor kostnader knyttet til selve operasjonen, samt eventuelt etterarbeid og prosjektkostnader.

Forutsatt at det skal iverksettes tiltak er kostnadene totalt sett lavest i alternativ 1. Dette skyldes i hovedsak at hevingsoperasjonene er betydelig dyrere å gjennomføre, samtidig som det påløper kostnader til etterarbeid (deponering og transport av vrak, kvikksølvbeholdere og mudrede masser). Også

prosjektkostnadene er høyere for alternativ 2 og 3.

Hevingsalternativet har størst miljørisiko på kort sikt

Risikoanalysen, samt tidligere vurderinger, gir en klar indikasjon på at heving av U-864 har størst miljørisiko på kort sikt. Dette kommer blant annet som følge av omfanget av operasjonen, mengden arbeid på bunnen og forflytning av vraket. Ved tildekking vil vraket i liten grad påvirkes, slik at det vil være langt mindre risiko for spredning av kvikksølv.

Den største miljørisikoen i alternativ 1-3 er knyttet til selve arbeidet med tildekking og/eller heving. For tildekkingsalternativet vil det foregå vesentlig mindre arbeid på havbunnen og dermed mindre oppvirling av forurensede masser enn ved hevingsalternativet.

Hevingsalternativet er derfor forventet å gi mer spredning av kvikksølv under operasjonen enn tildekkingsalternativet. Hevingsalternativet innebærer også vesentlig høyere risiko for uønskede hendelser som kan medføre ytterligere spredning av kvikksølv.

Minst operasjonell risiko i tildekkingsalternativet

Tildekkingsalternativet er også vurdert å ha større sannsynlighet for en vellykket gjennomføring enn hevingsalternativet, som omfatter en rekke komplekse operasjonssteg. Også når det gjelder feil eller uforutsette problemer ved operasjonen, er tildekkingsalternativt vurdert å være langt mer fleksibelt, samtidig som personellet er mindre utsatt for risiko. Totalt sett har derfor tildekkingsalternativet lavere kompleksitet og lavere operasjonell risiko enn hevingsalternativene.

Miljørisikoen på lang sikt ikke vesentlig forskjellig mellom alternativene

Dersom hevingen er vellykket utført og den resterende forurensningen dekkes til, vil miljørisikoen på lang sikt være borte. Dette er ansett å være en viktig faktor for befolkningens opplevelse av trygghet. Tidligere gjennomførte analyser konkluderer med at tildekking gir en effektiv isolering og er et evigvarende miljøtiltak. NGI (2010) bekrefter denne konklusjonen. Selv ved en vellykket heving vil derfor miljøgevinsten på sikt ikke være vesentlig større enn ved kun å tildekke vrak og havbunn. En heving av hele vraket vil imidlertid fjerne trusselbildet slik at selve forurensningskilden fjernes selv om ikke de forurensede sedimentene kan fjernes.

Andre ikke prissatte effekter

I tillegg til miljørisikoen, er tiltakenes fleksibilitet, operasjonell risiko/gjennomførbarhet, personellsikkerhet og eksterne effekter i lokalmiljøet vurdert. De ikke prissatte effektene trekker, med ett vesentlig unntak, til fordel for alternativ 1, og styrker dermed dette alternativet som anbefalt tiltak.

Unntaket er knyttet til lokalbefolkningen. Heving av hele vraket har tidligere stått frem som det foretrukne alternativet for lokalbefolkningen. Miljø- og matvaresikkerhet, og trygghet for at

kvikksølvforurensninger ikke skal true miljø og helse er viktig for lokalbefolkningen. I denne utredningen er dette hensynet ivaretatt gjennom å ta utgangspunkt i tidligere politiske vedtak der det er vist at det er en (politisk) betalingsvillighet for å gjennomføre tiltak, for derigjennom å ivareta befolkningens behov for matvaresikkerhet og et rent miljø på kort og lang sikt. Objektive risikovurderinger av miljøtilstanden og miljørisikoen på kort og lang sikt er vurdert, der befolkningens helse og ønske om et rent miljø på lang kort og lang sikt er vektlagt. Hvorvidt det også skal legges vekt på befolkningens opplevelse av langsiktig trygghet for helse og miljø utover det som følger av objektive risikovurderinger er en politisk vurdering.

Konklusjon og anbefaling

Samtlige alternativer innfrir langsiktige mål

Det viktigste nytteelementet i dette prosjektet – miljørisikoen på lang sikt - er vurdert å være tilnærmet lik i samtlige tre tiltaksalternativer. Forutsatt at gjennomføringen er vellykket, vil derfor alle tiltaksalternativene innfri målene.

Høyere kostnader og større kortsiktig miljørisiko i alternativ 2 og 3

Det er imidlertid store kostnadsforskjeller, hvor alternativ 2 og 3 er i størrelsesorden 3 ganger dyrere enn alternativ 1. Tildekkingsalternativet har samtidig lavest risiko for spredning, lavest personellrisiko og størst sannsynlighet for en vellykket gjennomføring. Omfanget og konsekvensene av uforutsette hendelser under en operasjon er vesentlig større for hevingsalternativene. En oppsummering av de viktigste effektene og nåverdien av de samfunnsøkonomiske kostnadene er vist i tabellen under.

Effekter i forhold til nullalternativ	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3
Miljøtilstand (dvs lav miljørisiko)	+++	+++	+++
<ul style="list-style-type: none"> • Lang sikt • Kort sikt 	(-)	---	--
Risiko for personell	0	--	-
Håndtering av levninger	0	+	0
Eksterne effekter på lokalmiljøet	0	0	0
Samfunnsøkonomisk kostnad i forhold til nullalternativ	420 mill	1040 mill	890 mill

Alternativ 1 anbefales

Totalt sett fremstår derfor alternativ 1 som det gunstigste alternativet både sett i forhold til prissatte og ikke prissatte effekter.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Tiltak og mål knyttet til U-864

Regjeringen varslet i Prop. 81 S (2009-2010) at det skulle igangsettes en forstudie om håndtering av ubåtvraket U-864 utenfor Fedje i Hordaland. Forstudien skulle inneholde følgende fire alternativer: Nullalternativet, tildekking, heving og et alternativ der heving og tildekking kombineres. Nullalternativet skulle tjene som et referansealternativ som de andre konseptene kunne sammenliknes med. Det understrekes samtidig at Regjeringen vurderer det som viktig å få gjort nødvendige tiltak for å håndtere forurensningen fra U-864, og at målet med den videre oppfølgingen av U-864 er å redusere miljørisikoen knyttet til kvikksølvforurensningen.

Alternativanalyse

I denne rapporten presenteres den samfunnsøkonomiske alternativanalysen i forstudien. Resultatene fra analysen ligger til grunn for alternativanalysen i Kystverkets konseptvalgutredning (KVU). Alternativanalysen er en del av det samlede beslutningsgrunnlaget for konseptvalget, som består av fire dokumenter:

- Behovsanalyse
- Strategidokument
- Kravdokument
- Alternativanalyse

Alternativanalysen bygger på de tre første dokumentene. Innholdet i de øvrige KVU-dokumentene beskrives kort nedenfor.

Behov

Regjeringen har i flere sammenhenger understreket at det er viktig å få gjort nødvendige tiltak for å håndtere forurensningen fra U-864, og at målet med den videre oppfølgingen er å redusere miljørisikoen knyttet til kvikksølvforurensningen.

Det prosjektutløsende behovet følger dermed av generelle miljø- og velferds mål og den identifiserte miljørisikoen ved U-864. Ubåtvraket med tilhørende forurensninger og miljøgifter er identifisert som en risiko med potensielle skadevirkninger for miljøet og befolkningen på kort og lang sikt. Dette har utløst et behov for å håndtere vraket og den potensielle miljørisikoen.

Det prosjektutløsende behovet for håndtering av U-864 kan operasjonaliseres til et behov for en god miljøtilstand i et langsiktig perspektiv. Dette dekker behovet for mattrygghet for befolkningen, rene råvarer til næringslivet i området og et helsemessig trygt miljø i vrakets influensområde.

Mandat og samfunns mål

Samfunns målet er forankret i det prosjektutløsende behovet og rammene som er satt for konseptvalgutredningen gitt gjennom politiske vedtak og mandatet for utredningen.

Mandatet for konseptvalgutredningen gir følgende mål:

Målsetningen med prosjektet er å håndtere kvikksølvforurensningen knyttet til U-864 slik at miljørisikoen reduseres mest mulig. Prosjektet skal videre bidra til at forurensningsnivået i sjømat, vannsøylen og i sedimentene fra dette området ligger på nivå tilsvarende det som er typisk for den nordlige delen av Nordsjøen.

Mandatet fastsetter ikke noe konkret mål for hvilken miljørisiko som forventes oppnådd gjennom tiltaket, men sier tydelig at miljørisikoen skal reduseres i forhold til dagens situasjon. For å konkretisere samfunns- og effektmål for tiltaket er miljørisikoen vurdert i forhold til risiko og mål på tilsvarende områder i samfunnet.

Mandatet gir heller ikke noen føringer med hensyn til prioritering av langsiktig miljørisiko og en eventuelt økt miljørisiko ved gjennomføringen av tiltaket. Denne type problemstillinger er derfor lagt til alternativanalysen der ulike hensyn på kort og lang sikt veies i forhold til hverandre.

Samfunns målet i Kystverkets konseptvalgutredning er definert på følgende måte:

Miljøet rundt U-864 er og forblir som det som er typisk for kyststrømmen på Vestlandet.

Effektmål

Effektmål er et uttrykk for den direkte effekten av tiltaket. Effektmålene er avledet av samfunns målet. Kystverket har definert følgende tre effektmål for tiltaket:

1. Kvikksølvnivået i vannsøylen og i de øvre sediment fra dette området skal være på samme nivå som det typiske for kyststrømmen på Vestlandet.
2. Områder utenfor tiltaksområdet skal ikke påvirkes av kvikksølvforurensning som kan gi varige målbar forurensning som overstiger det som er typisk for kyststrømmen på Vestlandet.
3. Gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i fisk og skalldyr fra vrakposisjonen skal være på samme nivå som er typisk for kyststrømmen på Vestlandet. Reduksjonen av kvikksølvkonsentrasjon i fisk og skalldyr vil ta noe mer tid og må følges opp med overvåkingsdata.

Alternativer, krav og

Kravene er i stor grad avledet av behov og mål, og gir overordnede

mulighetsrom

kravspesifikasjoner for U-864 uavhengig av løsningsalternativene.

Kravdokumentet beskriver i liten grad forhold som er egnet for kvantifisering. Kravene har derfor i hovedsak fungert som betingelser, slik at hvert av konseptalternativene er utformet slik at de forventes å tilfredsstillere kravene som er utarbeidet for gjennomføring av tiltak.

Kravene har lagt føringer på utformingen av alternativene

I utformingen av de enkelte løsningsalternativene er kravet til miljørisiko på lang sikt prioritert. I samtlige alternativer legges det derfor opp til en *langsiktig* miljøovervåking av området for å sikre at avbøtende tiltak gjennomføres dersom miljøtilstanden ikke tilfredsstillende til en hver tid gjeldende krav samfunnet setter til området. Det gjelder også for nullalternativet.

For å ivareta kravet som er satt til miljørisiko *på kort sikt* er det lagt opp til miljøovervåking under gjennomføringen av tiltaksalternativene som sikrer at fastsatte akseptkriterier innfris med størst mulig sikkerhet (Kystverket, 2011). Inkludert i dette ligger en beredskap ved gjennomføring av tiltak som innebærer at avbøtende tiltak øyeblikkelig kan iverksettes dersom uforutsette hendelser fører til brudd på fastsatte miljøkrav eller akseptkriterier. Det kan likevel ikke utelukkes at det oppstår hendelser som gjør at akseptkriteriene eller miljøkravene brytes på kort sikt. Miljørisikoen på kort sikt varierer mellom alternativene, men samtlige alternativer med tilhørende beredskap og miljøovervåking *forventes* å innfri kravene som er satt til kortsiktig miljørisiko.

Alternativene inklusive den valgte gjennomføringsløsning er vurdert som beste tilgjengelig løsning innenfor hvert alternativ gitt dagens kunnskap og teknologi, og målene som er satt for tiltaket. De utredede alternativene dekker dermed mulighetsrommet gitt av kravet om at tiltaket skal kunne gjennomføres med tilgjengelig teknologi og de foreliggende usikkerhetene med hensyn til mengde kvikksølv, vrakets og beholdernes tilstand, geotekniske forhold og miljørisikoen med tilhørende registrerte forurensninger i nåsituasjonen.

2 Alternativer

2.1 Innledning

Prosjektalternativer og nullalternativet

I dette kapitlet beskrives de alternative konseptvalgene i forbindelse med U-864. Alternativene for tiltak forutsetter et sammenligningsgrunnlag, som er situasjonen dersom prosjektet ikke gjennomføres. Dette omtales som nullalternativet.

Kravene har gitt føringer for utformingen av alternativene

Regjeringen definerer i Prop. 81 S (2009–2010) at følgende fire alternativer skal utredes: Nullalternativet, tildekking, heving og et alternativ der heving og tildekking kombineres.

Med utgangspunkt i tidligere utredninger, samt utredninger foretatt som en del av konseptvalgutredningen, er hvert av de definerte konseptalternativene utformet slik at de forventes å tilfredsstillere kravene som er utarbeidet for gjennomføring av tiltak.

Utelatte alternativ

I utformingen av konseptalternativene er det vurdert flere løsningsvarianter under hvert alternativ enn det som er utredet i denne alternativanalysen. De utelatte variantene ligger innenfor mulighetsrommet som er utredet, men representerer løsninger som er vurdert som dårligere gitt de avdekkede behovene, målene og kravene fastsatt i Konseptvalgutredningen (Kystverket, 2011). En oversikt over utelatte varianter og alternativer er gitt i vedlegg 1.

2.2 Nullalternativet

Situasjonen dersom prosjektet ikke gjennomføres

Nullalternativet beskriver situasjonen dersom prosjektet ikke gjennomføres. Dette er identisk med en videreføring av dagens situasjon, hvor vrakdeler og forurensede sedimenter ikke utsettes for fysiske inngrep.

Dagens miljøovervåking videreføres på samme nivå som i dag, med en mer omfattende overvåking og undersøkelse av vrak og miljø hvert femte år. Miljøundersøkelsene inkluderer overvåking av fisk og skalldyr. Det er forutsatt at det utarbeides en beredskapsplan og at tiltak gjennomføres dersom miljøovervåkingen viser en vesentlig dårligere miljøtilstand enn i dag, eller andre uønskede hendelser inntreffer. Tildekking er per i dag den beredskapsløsningen som raskest kan iverksettes.

2.3 Prosjektalternativer

Tre alternativer

I tillegg til nullalternativet er tre alternative tiltak vurdert:

- Alternativ 1: Tildekking av hele vraket og de forurensede sedimentene.
- Alternativ 2: Heving av hele vraket og tildekking av forurensede sedimenter.
- Alternativ 3: Heving av kvikksølvbeholdere i vraket og tildekking av vrak og forurensede sedimenter.

2.3.1 Alternativ 1

Tildekking av vraket og de forurensede sedimentene

Tiltaket består i å dekke til vraket og de forurensede sedimenter med egnede masser for å forhindre spredning og transport av miljøgifter fra sedimentene til omgivelsene. Tildekkingen skal danne en fysisk barriere, slik at levende organismer ikke kommer i kontakt med det forurensede sedimentet. Tildekkingen skal også redusere utlekkingen av kvikksølv fra sedimentet til vannet over sedimentet.

Etter tiltaket er gjennomført vil området bli fulgt opp med nødvendig miljøovervåking. Dersom overvåkingen skulle vise utlekking av kvikksølv utover fastsatte grenser, vil avbøtende tiltak i form av ytterligere tildekking bli gjennomført. Det er lagt opp til samme langsiktige miljøovervåking som i nullalternativet. I alternativet er det forutsatt at det ikke er behov for avbøtende tiltak.

2.3.2 Alternativ 2

Heving av hele vraket

Heving av vrakdeler fra U-864 innebærer at synlige vrakrester løftes fra sjøbunnen til overflaten og renses ved godkjent mottak. Metallisk kvikksølv som tas ut av skipets kjøll, deler av vraket som ikke lar seg rense for kvikksølv og forurenset sediment som følger med vraket vil bli deponert. Gjenværende sedimentforurensing etter hevingen av vraket må i tillegg håndteres ved å mudre og deponere de forurensede sedimentene eller ved å dekke til sedimentet med rene masser. I det utredede alternativet er det valgt en løsning der heving kombineres med tildekking. Kombinasjonen heving og mudring er vurdert, men utelatt som variant (se vedlegg 1 for nærmere begrunnelse). Etter tiltaket er gjennomført vil området bli fulgt opp med nødvendig miljøovervåking.

Vrakseksjonene vil bli fraktet til godkjent mottaksanlegg. Gjenværende eksplosiver må fjernes av kvalifisert personell, og eventuelle levninger vil tas hånd etter gjeldende retningslinjer.

2.3.3 Alternativ 3

Heving av kvikksølvbeholdere

Alternativet med heving av last kan betraktes som en kombinasjon av alternativ 1 og alternativ 2, der hevingen begrenses til heving av kvikksølvbeholdere, mens det resterende vraket blir liggende. Etter lasten er hevet vil vraket og forurensede sedimenter tildekkes. Også i dette alternativet er mudring forkastet til fordel for tildekking (se vedlegg 1). Det vil imidlertid være behov for mudring for å skaffe tilkomst til kjølen, samt "hot-spot"-mudring¹ av det mest forurensede området etter at lasten er hevet. Etter tiltaket er gjennomført vil området bli fulgt opp med nødvendig miljøovervåking.

Alternativet kan inkludere heving av eventuelle levninger dersom dette teknisk sett lar seg gjennomføre med tilgjengelig utstyr. Det er ikke beregnet eventuelle merkostnader i tilknytning til funn og heving av levninger.

¹ Hot-spot mudring innebærer mudring av de mest forurensede områdene, forutsatt å være et 50*50*1m område rundt vraket. Mudringen antas være nødvendig for å begrense skadevirkningene av tiltakene som gjennomføres.

3 Samfunnsøkonomisk analyse

3.1 Metode

Forankring i Finansdepartementets veileder

Den samfunnsøkonomiske analysen av alternativene er gjennomført i henhold til retningslinjene i Finansdepartementets veileder (Finansdepartementet, 2005).

I en samfunnsøkonomisk analyse brukes priser som reflekterer de realøkonomiske kostnadene ved å benytte ressurser i et prosjekt. Utgangspunktet er at alle ressurser har en alternativ anvendelse. Kalkulasjonsprisene i en samfunnsøkonomisk analyse skal derfor reflektere alternativverdien av ressursene som brukes.

Tre typer analyser

Samfunnsøkonomiske analyser gjennomføres normalt i form av en av tre hovedtyper analyser:

- Nyttekostnadsanalyser
- Kostnadseffektivitetsanalyser
- Kostnads-virkningsanalyser

Nyttekostnadsanalyser (NKA) er den mest eksplisitte metoden for beregning av samfunnsøkonomisk lønnsomhet av tiltak. En NKA er en beregning av *prissatt nytte og kostnader* av et tiltak sammenlignet med situasjonen hvis tiltaket ikke gjennomføres (nullalternativet).

Kostnadsanalyser

For noen typer tiltak er det mulig å verdsette kostnadssiden ved tiltakene, mens det er store problemer knyttet til verdsettingen av nytten. I slike situasjoner er *kostnadseffektivitetsanalyser* og *kostnads-virkningsanalyser* aktuelle alternativer. Gjennom kostnadseffektivitetsanalysene beregnes hvilke tiltak som minimerer kostnadene ved å oppnå et gitt mål. Målet tas da som gitt, og underlegges ikke noen verdsetting.

Kostnads-virkningsanalyser er beslektet med kostnadseffektivitetsanalyser. Slike analyser benyttes ved sammenligning av tiltak som er rettet mot samme problem, men der virkningene av tiltakene ikke er helt like. Her suppleres beregningen av kostnadene ved tiltakene med en kvalitativ vurdering av nyttevirkingene.

Kostnads-virkningsanalyse i dette prosjektet

Miljøriskoen og de langsiktige miljøeffektene vil være de viktigste nytteelementene i dette prosjektet. Disse lar seg vanskelig prissette, og en NKA med vesentlige deler av nytten inkludert er derfor ikke mulig å gjennomføre.

Man kan argumentere for at det dominerende nytteelementet i

dette prosjektet – de langsiktige miljøeffektene – ikke er vesentlig forskjellig mellom alternativene, og at en kostnadseffektivitetsanalyse derfor hadde vært hensiktsmessig. Uavhengig av hvilket alternativ som blir valgt er det forutsatt at sjøbunnen etterlates i en tilstand der kvikksølvet fra U-864 er gjort tilnærmet utilgjengelig for vannlevende organismer. Den langsiktige miljørisikoen vil derfor ikke være vesentlig forskjellig.

På kort sikt varierer imidlertid miljørisikoen betydelig mellom alternativene, samtidig som den operasjonelle sikkerheten og muligheten for en vellykket gjennomføring er forskjellig.

Den metoden som vurderes best egnet er derfor en *kostnads-virkningsanalyse*.

Prissatte og ikke-prissatte effekter

Gjennom kostnads-virkningsanalysen vil rangeringen av alternativene baseres på en avveining mellom de prissatte kostnadene og nytteeffektene ved alternativene, der nytteeffektene i all hovedsak behandles kvalitativt. De mest sentrale nytteeffektene er kortsiktig og langsiktig miljøtilstand.

Usikkerhetsanalyse

Som en del av alternativanalysen er det gjennomført en usikkerhetsanalyse for investeringskostnadene knyttet til hvert enkelt alternativ. Usikkerhetsanalysen gjennomgås i kap. 3.4. Forventningsverdiene fra usikkerhetsanalysen er brukt som inngangsdata i den samfunnsøkonomiske analysen.

Systematisk risiko behandlet gjennom sikkerhets-ekvivalenter

Den systematiske risikoen er beregnet direkte i usikkerhetsanalysen og følger av den stokastiske spredningen knyttet til de systematiske usikkerhetselementene. I nåverdiberegningene er derfor den risikofrie diskonteringsrenten (2%) benyttet.

Retningslinjene for samfunnsøkonomisk konseptvurdering tilsier at man skal kondensere systematisk usikkerhet om en størrelse ned til størrelsens sikkerhetsekvivalent, der sikkerhetsekvivalenten er det sikre beløpet som for samfunnet er ekvivalent med den usikre størrelsen. I den samfunnsøkonomiske kalkylen skal man derfor ikke operere med kostnadsintervaller, men med ekvivalente punktestimater. Ekvivalente punktestimater betyr at punktestimaterne tar høyde for og bygger inn i seg den underliggende systematiske usikkerheten.

Slike ekvivalente punktestimater for kostnader vil i alminnelighet ligge lavere enn forventede kostnader. I mange prosjekter er det vanlig å legge til grunn et høyere beløp enn forventet dersom en skal sette inn ett tall som representerer en usikker kostnadspost. Slik skal man altså ikke gjøre det i samfunnsøkonomisk analyse.

Resultatet forstås enklest ved å tenke på at et alternativ til

sikkerhetsekvivalent som metode, er å legge et risikotillegg til renta. Kostnadsdiskontering til for eksempel fire prosent gir lavere neddiskontert kostnad enn til to prosent. For å oppnå samme effekt via endringer i telleren (sikkerhetsekvivalenter) må sikkerhetsekvivalenten ligge lavere enn forventet kostnad.

Et annet element til forståelse er at en kostnad som svinger positivt med avkastningen på nasjonalformuen vil med alt annet likt bidra til å redusere prosjektets avkastning i tilstander der avkastningen på nasjonalformuen er høy. Slik sett er systematisk usikkerhet om kostnader isolert sett et bidrag til lavere samfunnsrisiko. Det tilsier at sikkerhetsekvivalenten ligger lavere enn forventet kostnad.

Miljørisikoen er det viktigste resultatmålet

Miljørisikoen er sentral for tiltakets målrealisering, og er den viktigste nytteeffekten i den samfunnsøkonomiske analysen. Kapittel 3.2 gir derfor en grundig beskrivelse av miljørisikoen og hvordan denne varierer mellom alternativene. I kapittel 3.3 sammenfattes kostnadene, mens de ikke-prissatte effektene, inklusive miljørisikoen, vurderes i kapittel 3.6.

3.2 Miljørisiko

**Kvikksølv-
forurensning fra
ubåtvraket**

Vraket av U-864 ble lokalisert i 2003. Ubåten, som hadde en last med 60-70 tonn kvikksølv, ligger på 150 meters dyp. Undersøkelser viser at en del av kvikksølvet har havnet på sjøbunnen, men det er ikke kjent hvor mye av kvikksølvet som befinner seg i stålflasker og hvor mye som ligger fritt inne i ubåtens kjøleseksjon.

Vrakseksjonen er identifisert som en risiko med potensielle skadevirkninger for miljøet på kort og lang sikt. Ubåtvraket er en kilde til forurensning av omkringliggende sedimenter, der miljøgiften kvikksølv representerer den alvorligste trusselen.

I dette kapitlet beskrives miljørisikoen knyttet til hvert av de fire alternativene. Det drøftes hvilken risiko som er knyttet til å la vraket ligge slik det gjør i dag, hvordan denne risikoen vil kunne utvikle seg i et evighetsperspektiv, og hvordan de ulike tiltakene vil påvirke den langsiktige miljørisikoen. Videre pekes det på mulige uønskede hendelser som kan føre til økt spredning av kvikksølv under en eventuell operasjon og etter at tiltak er gjennomført, og således påvirker den kortsiktige miljørisikoen.

Kapitlet er basert på en miljørisikoanalyse gjort av Norges Geotekniske Institutt (NGI) som en del av Kystverkets konseptvalgutredning (NGI, 2010). Tidligere undersøkelser av spredning av kvikksølv fra området i dag (NIVA, 2005), samt modellering av spredning ved ulike hendelser knyttet til håndtering av U-864 (DNV 2008d), danner grunnlaget for analysen

Klifs veileder for risikovurdering av forurensede sedimenter beskriver metoder for vurdering av miljørisiko, og omfatter tre sider av risikobildet (SFT, 2007):

- Risiko for spredning av miljøgifter
- Risiko for økosystemet
- Risiko for human helse

**Risiko =
Sannsynlighet x
konsekvens**

Miljørisiko defineres som produktet av sannsynligheten for at en hendelse inntreffer og konsekvensen av denne hendelsen dersom den inntreffer. Miljørisikoen vurderes følgelig som signifikant dersom sannsynligheten er høy og/eller konsekvensene anses som alvorlige, eller eventuelt at begge størrelser er moderat høye/alvorlige.

**Konsentrasjonen og
utlekkingen av
kvikksølv er
styrende for øko- og
humanrisikoen**

For å beskrive miljørisikoen knyttet til U-864 er spredning av kvikksølv fra vraket og området omkring brukt som parameter. Utviklingen av kvikksølvkonsentrasjonen i porevannet i sedimentet, samt spredning av kvikksølv til vannmassene omkring, utgjør en risiko direkte ved at det er styrende for eksponeringen og opptaket av kvikksølv i bunnlevende organismer (økologisk risiko), og ved at mennesker kan komme i kontakt med kvikksølvforurensningen gjennom inntak av fisk og skalldyr fra vrakposisjonen (humanrisiko). Ved vurdering av miljørisiko knyttet til de ulike alternativene er det antatt at øko- og humanrisikoen er proporsjonal med utlekkingen.

De fire alternativene vil gi ulik mengde spredning av kvikksølv på kort og lang sikt, og dermed ulik risiko for skader på bunnfauna og potensiell humanrisiko.

Dersom vraket av U-864 ligger stabilt, vil spredningen være proporsjonal med porevannskonsentrasjonen. Tiltak på sjøbunnen kan derimot gi økt spredning av kvikksølvforurensede sedimenter under selve operasjonen. På lengre sikt vil forurensningen bli redusert, forutsatt at tiltaket er vellykket. Økt kortsiktig spredning er derfor den største miljørisikoen knyttet til heving og tildekking.

**Miljørisikoen på lang
sikt er nært knyttet
til størrelsen på det
forurensede
området**

Utlekking fra forurenset sediment skjer hele tiden, og miljørisikoen på lang sikt er derfor nært knyttet til størrelsen på det forurensede området. Dersom det inntreffer en hendelse som øker kvikksølvspreddingen, kan dette bidra til forurensning av større områder, eller til at allerede forurensede områder får høyere konsentrasjon av kvikksølv. Dette vil igjen bidra til større utlekking, og dermed forhøyet miljørisiko på lang sikt. I kapittel 3.2.1 beskriver vi konsekvensene dersom det verste utfallet inntreffer, som vil være eksplosjoner av sprengladninger i ubåten. Det kan skje under alle de fire alternativene.

De følgende avsnittene gir en nærmere beskrivelse av miljørisikoen

knyttet til hvert av alternativene. Som en illustrasjon har vi for hvert alternativ laget en figur som viser sannsynlig utvikling av miljørisikoen, samt mulige uønskede hendelser som kan føre til økt spredning. Kvikksølvspredningen er kvantifisert i de tilfellene det eksisterer data eller det har vært mulig å estimere spredning basert på de data som finnes.

3.2.1 Verste utfallscenario: Eksplosjon av sprengladninger

Liten sannsynlighet for eksplosjon, men alvorlige konsekvenser

Hendelser som utløser eksplosjon av sprengladninger kan ses på som et verst tenkelig utfall i alle alternativene. Basert på tidligere studier og vurderinger gjort av NGI vil vi her gi en kort beskrivelse av konsekvensene dersom dette skulle skje. En mer utfyllende gjennomgang er gitt i NGI (2010).

U-864 var på krigsoppdrag da den ble senket, og det forventes at den hadde med seg tilnærmet maksimal våpenlast. En eksplosjon av en torpedo eller annet sprengstoff i vraket kan føre til at nye kvikksølvbeholdere skades og at kvikksølv spres over et større område.

Sannsynligheten for en eksplosjon av en torpedo er kun vurdert som teoretisk i risikoanalysen av heving og tildekking (DNV 2008). Konsekvensene av en eksplosjon er imidlertid så alvorlige at miljørisikoen vurderes som signifikant.

For å si noe om hva som kan skje ved en eksplosjon, har NGI (2010) brukt torpederingen i 1945 som et referansegrunnlag. Mengden kvikksølv i sedimentet er i dag anslått til 0,9-20 tonn (DNV 2008d), og er derfor det beste estimatet på hva som ble spredt ved denne hendelsen. Det forurensede området er i dag på 30 000 m². Det er ikke tegn til naturlig tildekking som følge av sedimentasjon av rent materiale i området, og det er derfor ingen grunn til å tro at det forurensede området har vært vesentlig større like etter torpederingen (se vurdering gjort av NGI, 2010).

NGI (2010) har vurdert ulike forhold som gjør at miljøkonsekvensene ved en eksplosjon i fremtiden kan bli verre eller mindre enn ved torpederingen i 1945. Spesielt vil strømforholdene være av betydning, samtidig som små finstoffpartikler med kvikksølv bundet på seg vil kunne spres lengre med strømmen, og dermed over et større område.

Verste utfall kan gi en årlig fluks på 40 kg kvikksølv

På bakgrunn av dette er det vurdert som et verst tenkelig utfall av en eksplosjon at et område på 120 000 m² forurenses (dette tilsvarer et område med dobbelt så stor radius som dagens forurensede område), med en årlig fluks på 40 kg kvikksølv (Hg).

Disse effektene av en eksplosjon vil være relevante i alle alternativene, men hendelser som kan utløse en eksplosjon vil

varierte fra alternativ til alternativ.

3.2.2 Nullalternativet: Ingen tiltak

Utlekking og miljørisiko i nå-situasjonen

Så lenge vraket og sedimentet ligger stabilt, vil utlekking fra forurenset sediment, eller fra vrakdelene og ødelagte beholdere på sjøbunnen, være den viktigste mekanismen for spredning av kvikksølv til vannet omkring og organismer i nærheten.

Norsk Institutt for vannforskning, NIVA, har kartlagt kvikksølvkonsentrasjonen i sedimentene rundt ubåtvraket (se NIVA 2005b og NIVA 2006a). Resultatene tyder på at overflatesedimentene nær vraket er sterkt forurenset med kvikksølv, mens sedimentene utenfor en radius på 200-300 meter fra vraket er markert forurenset. Det forurensete området er på ca 30 000 m², hvorav 18 000 m² er klassifisert som meget sterkt forurenset (etter Klifs klassifisering av forurenset sediment, se Klif 2007).

Årlig utlekking på 3-4 kg kvikksølv

Utlekking av kvikksølv fra sedimentene er målt til å være 33 000-120 000 ganger høyere enn utlekking fra referansesediment (NIVA 2005). Dersom dette er representativt for det forurensete området, vil utlekkingen tilsvare 4 kg kvikksølv hvert år. Dette estimatet stemmer godt overens med DNV sine beregninger gjort i forbindelse med vurdering av tildekkingsalternativet (DNV 2008a). Her ble mengden utlekket kvikksølv beregnet til 3 kg per år. En nærmere oversikt over kvikksølvkonsentrasjoner og beregninger er gitt i NGI (2010).

Opptak av kvikksølv i bunnlevende organismer

Når det gjelder bioakkumulering av kvikksølv, har NIVA gjennomført tester med to ulike sedimentlevende arter - en flerbørstemark og en nettsnegl. Resultatene viste at organismene akkumulerte 450-1300 ganger mer kvikksølv fra sedimentet nær U-864 enn fra kontrollsediment som ikke var forurenset. Det er også funnet om lag 50 prosent høyere konsentrasjoner av kvikksølv i krabbe like ved vraket sammenlignet med i krabbe fanget 4 sjømil sør og nord for vraket (NIFES 2010).

Dette viser at sedimentet nær U-864 kan gi opptak av kvikksølv i bunnlevende organismer og dermed utgjøre en risiko for opptak i fisk og skalldyr som brukes som menneskeføde.

Uforutsette hendelser kan gi økt spredning

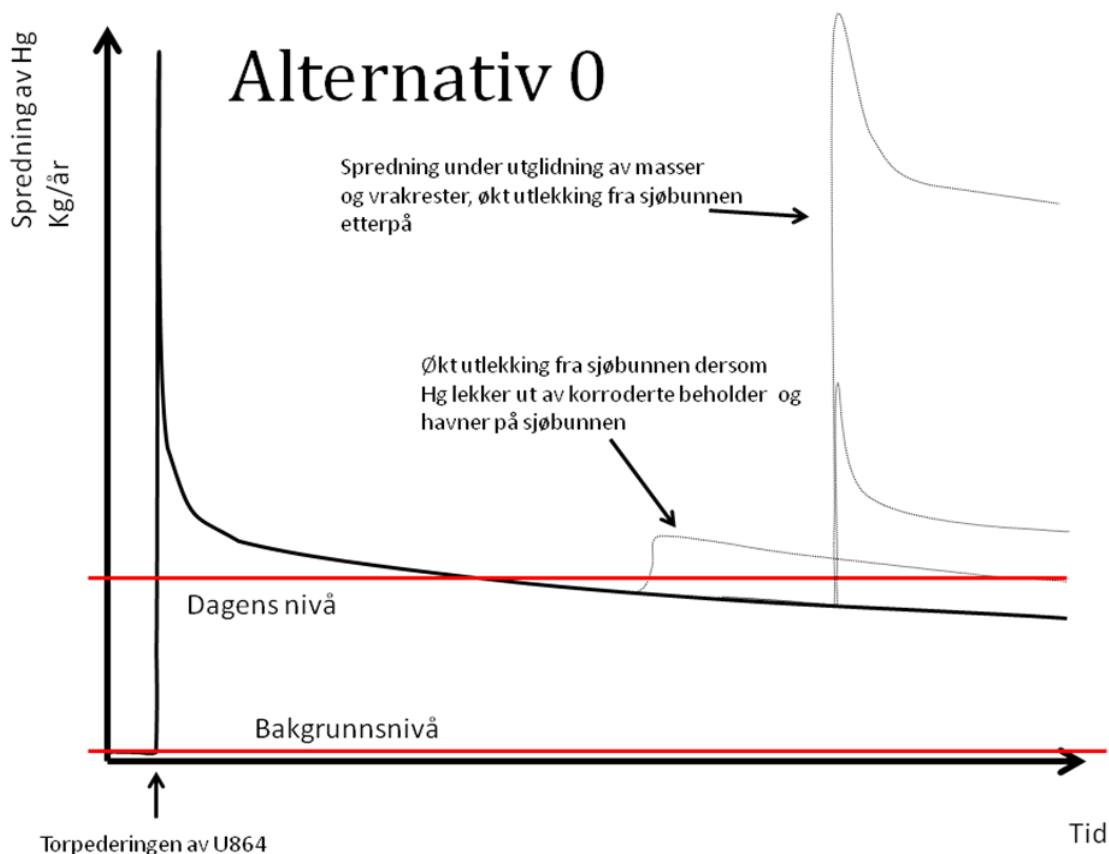
Langsiktig miljørisiko

Hvordan spredningen av kvikksølv fra U-864 og sedimentet omkring vraket vil utvikle seg i et evighetsperspektiv, er avhengig av hvorvidt det inntreffer naturlige (punkt i. nedenfor), eller uønskede (punkt ii. - v.) hendelser. Følgende mekanismer er vurdert som avgjørende for den fremtidige miljørisikoen dersom vraket blir liggende urørt:

- i. Tildekking av forurenset sediment med sedimenterende rene masser.
- ii. Utglidning av sjøbunnen der U-864 ligger.
- iii. Lekkasje av kvikksølv fra beholdere og eksponering til vannet og sedimentet.
- iv. Utlekking av trykkluft fra gassbeholdere.
- v. Verste scenariet: Eksplosjoner av sprengladninger.

Dersom vraket ligger stabilt, og ingen av hendelsene ovenfor inntreffer, vil den fremtidige miljørisikoen være knyttet til utlekking fra forurenset sediment, samt fra vrakdeler og ødelagte beholdere på sjøbunnen (slik som beskrevet i nå-situasjonen). Man antar i en slik situasjon at den årlige spredningen av kvikksølv vil avta (se Figur 3.1), slik at den fremtidige miljørisikoen reduseres. Årsaken til dette er at det mest tilgjengelige kvikksølvet vil lekke ut raskt, slik at denne fraksjonen tømmes først.

Figur 3.1 gir en skematisk framstilling av miljørisiko i nullalternativet.



Figur 3.1 Fremtidig miljørisiko i nullalternativet.

Svart linje viser den mest sannsynlige utviklingen. Grå linjer viser mulige mekanismer som kan gi økt spredning. Kilde: NGI (2010).

Ingen naturlig tildekking	<p>i. <i>Naturlig tildekking av forurenset sediment</i></p> <p>De høye konsentrasjonene målt i sedimentet etter over 60 år, tyder på at tildekkingseffekten med rene masser er begrenset; sannsynligvis fordi det er lav sedimentasjon i området. Gjennomførte modelleringer (se bl.a. DNV 2008) estimerer imidlertid en naturlig reduksjon i utlekking av kvikksølv med tiden (se også Figur 3.1).</p>
Sjøbunnen er svært ustabil og selv små belastninger vil kunne utløse et skred	<p>ii. <i>Utglidning av sjøbunnen</i></p> <p>Geotekniske undersøkelser og vurderinger av området der vrakdelene ligger, viser at skråningen der framparten av ubåten ligger har dårlig stabilitet. Det skal dermed lite til av forstyrrelser før grunnen som denne delen ligger på sklir ut, og skred kan derfor skje også i nullalternativet.</p> <p>En slik utglidning kan forårsakes av blant annet jordskjelv, tråling og rusting av deler av vraket. Det kan føre til lekkasje av kvikksølv fra beholdere som går i stykker, forflytning av forurensete masser nedover skråningen, oppvirvling av forurensete masser og direkte spredning av disse til vannmassene.</p>
Betydelig sannsynlighet for utglidning	<p>Sannsynligheten for et brudd i skråningen er estimert til 1 % (se NGI 2010 for nærmere beregninger). Dersom dette skjer, kan det føre til at et større område forurensetes, og at utlekkingen øker. Fluks fra nytt forurenset areal kan da komme opp i 13 kg Hg/år.</p> <p>Som en verst tenkelig konsekvens kan vi tenke oss at utglidningen fører til en detonasjon av sprenglegemer i vraket. Konsekvensene kan da bli som i verste utfallscenariet beskrevet ovenfor.</p>
Lav risiko for trykkluftfrigjøring	<p>iii. <i>Lekkasje av kvikksølv fra beholdere</i></p> <p>Kvikksølvlasten er sannsynligvis lagret i kjølkassen på U-864. Deler av denne kjølkassen på akterdelen av vraket ligger over sjøbunnen. Ved en gjennomrusting av kvikksølvbeholdere inne i kassen, kan kvikksølv lekke ut og havne eksponert på sjøbunnen. Vi vil da få en høyere konsentrasjonen av kvikksølv i området, slik at også den årlige utlekkingen øker. Fluks fra nytt forurenset areal kan da komme opp i 10 kg Hg/år. Rusting av beholderne vil trolig skje før eller siden, men rust og vrakdelene kan hindre at betydelige mengder kvikksølv lekker ut.</p> <p>iv. <i>Utlekking av trykkluft fra gassbeholdere</i></p> <p>Trykkluft lagret i trykkbeholdere i vraket vil frigjøres når beholderne rustet i stykker. En gasslekkasje vil forårsake større vannsirkulasjon i området omkring lekkasjen. Dette kan føre til raskere utlekking av eksponert kvikksølv i vraket. Utredningen av både heving og tildekking av U-864 i 2008, konkluderte med lav risiko knyttet til frigjøring av trykkluft for disse alternativene (DNV 2008b). Det er derfor rimelig å anta at det samme gjelder dersom</p>

vraket blir liggende slik som i alternativ 0.

Faren for utglidning er vurdert som den største miljøtrusselen

Samlet vurdering av miljørisikoen i nullalternativet

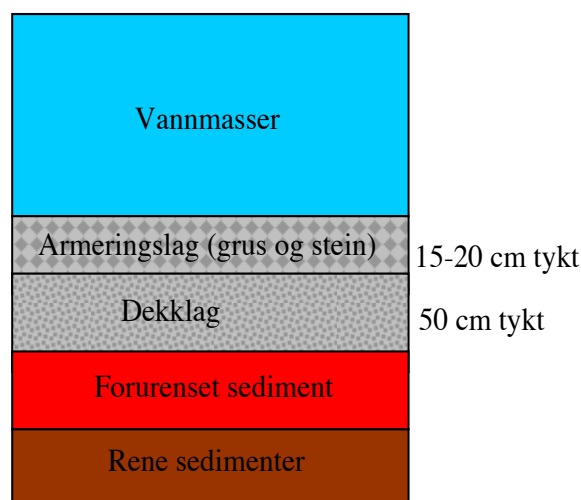
Som en totalvurdering er det antatt at sannsynligheten for disse hendelsene – med ett unntak - er lav, og at miljørisikoen i nullalternativet forventes å være omtrent som på dagens nivå også i fremtiden.

Unntaket er faren for skred, som er vurdert å være på omtrent 1 % vurdert i et evighetsperspektiv. En slik utglidning vil øke risikoen for ytterligere spredning.

3.2.3 Alternativ 1: Tildekking

Dekklaget fungerer som isolasjon

Ved en tildekking av vraket og de forurensede sedimentene, skal de rene massene sørge for å isolere kvikksølvet fra miljøet omkring. Målet med tildekkingen er dermed å redusere spredningen og porevannskonsentrasjonen av kvikksølv i overflatesedimentet. Følgende figur viser den planlagte tildekkingen.



Figur 3.2: Utforming av et tildekkingslag

Spredningsfare knyttet til selve operasjonen, samt diffusjon gjennom dekklaget

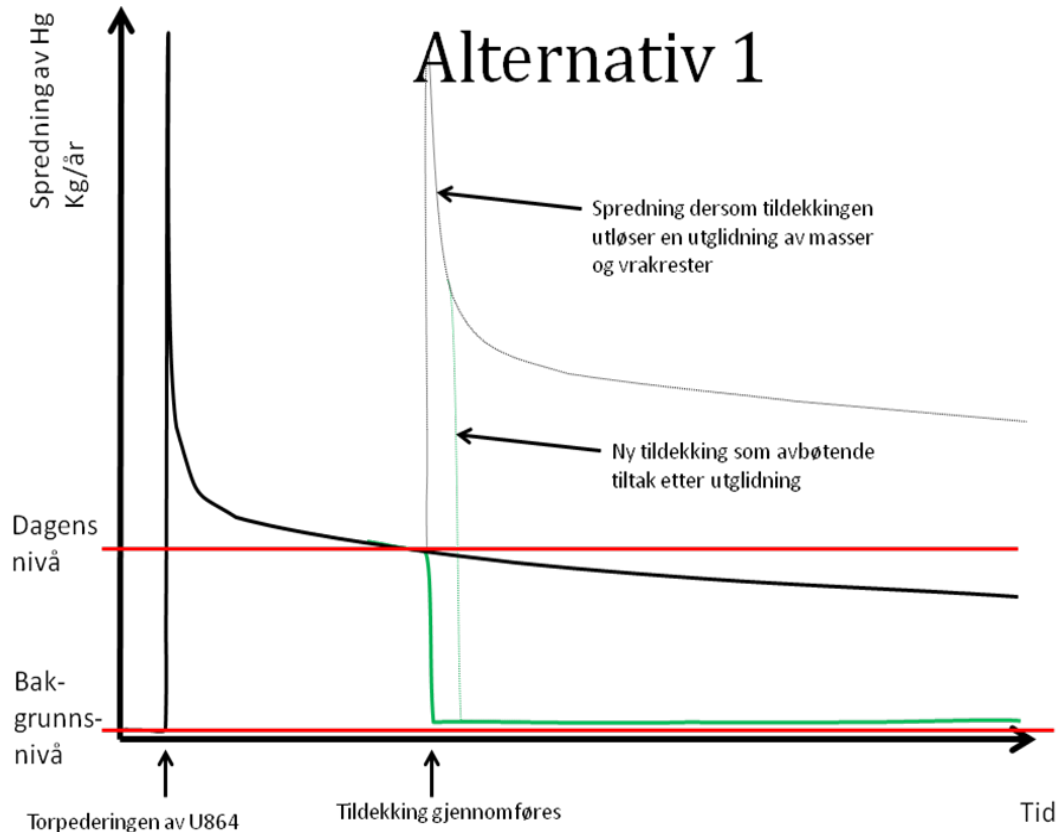
Miljørisikoen ved en eventuell tildekking er knyttet til økt spredning av kvikksølv under selve operasjonen, samt en fare for diffusjon av kvikksølv eller forurenset porevann gjennom dekklaget.

Følgende mekanismer kan påvirke risikoen under arbeidet:

- i. Oppvirvling av forurenset sediment

- ii. Kollaps av vrakdelene
- iii. Utglidning av sjøbunnen som vrakdelene ligger på

Figur 3.3 gir en skjematisk framstilling av miljørisiko i tildekkingsalternativet.



Figur 3.3: Framstilling av miljørisiko ved tildeking. Kilde: NGI (2010)

Svart hel trukket linje viser mest sannsynlige utvikling av nullalternativet. Grønn linje viser mest sannsynlig utvikling under og etter tildekking. Grå linje viser mulig mekanisme som kan gi økt spredning som følge av tildekkingen. Svak grønn linje viser effekt av avbøtende tiltak - ny tildekking etter eventuell utglidning.

- i. *Oppvirvling av forurenset sediment under arbeidet med tildekkingen*

Dekklaget vil dempe spredningen

Ved tildekking av forurenset sjøbunn kan forurensete partikler virvles opp og spres til vannmassene omkring. Omfanget av denne effekten vil avhenge av hvor langt tildekkingsarbeidet er kommet, da mengden rene masser vil dempe spredningen. Det er også mulig å spesifisere utleggingsmetoden slik at oppvirvlingen minimeres. Totalt sett vurderes derfor ikke dette å utgjøre en stor miljørisiko.

Lav risiko knyttet til kollaps av vrakdelere ved tildekking

ii. Kollaps av vrakdelene under arbeidet med tildekkingen
Stor belastning fra tildekkingsmassene kan føre til at vrakdelene deformeres eller kolliderer, slik at kvikksølvbeholdere inne i vraket ødelegges, eller at det i verste fall utløses en eksplosjon av sprengstoff. Disse hendelsene ble vurdert i utredningen av heving og tildekking gjort av DNV i 2008 (DNV 2008b), og rapporten konkluderer med at sannsynligheten for skader som følge av en kollaps under tildekking bare er teoretisk. Konsekvensene av en eksplosjon er imidlertid så alvorlige at miljørisikoen vurderes som signifikant, og bør derfor tas med i vurderingen som et verste utfallscenario.

Dersom ingen eksplosjon utløses vil en kollaps av vraket sannsynligvis bare gi mindre endringer i spredning og utlekking av kvikksølv.

Betydelig sannsynlighet for en utglidning, men tildekkingsmassene vil dempe spredningen.

iii. Utglidning av sjøbunnen under arbeidet med tildekkingen
Som i nullalternativet vil det også ved tildekking være en fare for utglidning av masser og vrakrester, med påfølgende oppvirvling av forurenset sediment og kvikksølv. På grunn av det fysiske arbeidet på sjøbunnen, samt muligheten for feilutlegging, kan sannsynligheten for en utglidning være større i alternativ 1 enn i alternativ 0. Sterkt skrånende bunn, stort vanddyb og sterk strøm kan medføre utfordringer ved utlegging av et dekklag rundt U-864 (NIVA 2006a). Dette kan øke sannsynligheten for feil, og dermed for en utglidning, sammenlignet med nullalternativet.

På den annen side vil tildekkingsmassene bidra til å dempe spredningen, slik at den totale miljørisikoen vil avhenge av hvor langt utleggingsarbeidet er kommet. Dersom utglidningen skjer før det er lagt ut vesentlige mengder dekklag, kan effekten bli tilnærmet som beskrevet i nullalternativet. Ved et tykkere dekklag, vil spredningen, og dermed miljørisikoen, være lavere. Som i nullalternativet forventes størst spredning dersom en utglidning også resulterer i detonasjon av eksplosiver i U-864.

En rimelig tolkning av dette er at det fysiske arbeidet på sjøbunnen kan øke sannsynligheten for en utglidning, mens dekklaget i seg selv vil redusere konsekvensene. Totalt sett er derfor miljørisikoen knyttet til en utglidning mindre forskjellig fra alternativ 0.

Geoteknisk forsvarlig tildekking gir lav risiko for betydelig økning i utlekking

Samlet vurdering av miljørisikoen i alternativ 1 (tildekking)
Den største miljørisikoen i alternativ 1 er den kortsiktige risikoen knyttet til selve arbeidet med tildekkingen. Dersom det gjøres risikoreducerende tiltak og man tar sine forhåndsregler knyttet til geoteknisk stabilitet, vurderes miljørisikoen i dette alternativet å være mindre forskjellig fra nullalternativet.

Tildekkingslaget vil dessuten dempe miljøkonsekvensene dersom det skjer uønskede hendelser, slik at en eksplosjon eller en

utglidning vil få mindre skadevirkninger enn i nullalternativet.

En vellykket tildekking vil oppfylle miljømålene på lang sikt. Effekten av en tildekking vil inntreffe nesten umiddelbart, og dekklaget er å betrakte som et permanent miljøtiltak.

3.2.4 Alternativ 2: Heving av hele vraket og tildekking av sedimenter

Kompleks operasjon En heving av U-864 er en kompleks operasjon som kan medføre uhell og føre til spredning av betydelige mengder kvikksølv. En slik spredning kan vanskeliggjøre effektive miljøtiltak. Dermed kan kvikksølvkonsentrasjon øke også på lang sikt, selv om deler av kvikksølvet er hentet opp.

Hevingsalternativet vil bestå av flere faser som kan gi ulik miljørisiko:

1. Arbeid på sjøbunnen for å forberede heving. Her vil det sannsynligvis inngå mudring for å skaffe tilkomst til og installere utstyr på vraket.
2. Heving av vraket fra sjøbunnen.
3. Transport til deponeringsstedet.
4. Klargjøring av vraket for deponering.
5. Deponering av kvikksølv og forurensede vrakdeler.
6. Tiltak for å redusere risiko knyttet til forurenset sjøbunn etter heving. Det er her to mulige tiltak:
 - a) Mudring og deponering av forurensede sedimenter.
 - b) Tildeking på sjøbunnen.

Den mest kritiske delen knyttet til kvikksølvlekkasje er under heving og transport. I risikovurderingen gjort av DNV i 2008 (se DNV 2008) ble det identifisert 13 scenarier som kunne tenkes å påvirke miljørisikoen ved en heving². Følgende scenarier gir høyest miljørisiko dersom de inntreffer:

Høy sannsynlighet for oppvirvling av sedimenter

Oppvirvling under forberedelser til hevingsoperasjonen

Det er sannsynlig at forberedelsen til heving og selve hevingen vil resultere i betydelig spredning av kvikksølv. Vraket er delvis senket ned i sedimentene (deler av kjølen til ubåten ligger 2-3 meter ned i kompakt leire), og for å kunne heve vraket må det gjøres arbeid på og i havbunnen. Det er forventet at dette arbeidet vil medføre betydelig oppvirvling av sedimenter som kan føre til kvikksølvspreddning utenfor tiltaksområdet.

² Disse hendelsene er nærmere beskrevet i NGI 2010.

Økt risiko for utglidning og kvikksølvspredning i forbindelse med heving

Utglidning av sjøbunnen under arbeidet med heving

Under arbeidet på sjøbunnen vil det også, som i de andre alternativene, være fare for utglidning av sedimenter på sjøbunnen. På grunn av dårlig stabilitet i skråningen der framparten av ubåten ligger, skal det lite fysisk påvirkning til før det utløses et skred. Selve hevingen av vraket øker derfor faren for utglidning sammenlignet med de andre alternativene.

Dersom en av hendelsene ovenfor inntreffer, estimeres en mulig spredning på opptil 10 tonn. Dette kan igjen resultere i en årlig fluks fra det forurensede arealet på 10 kg Hg/år³.

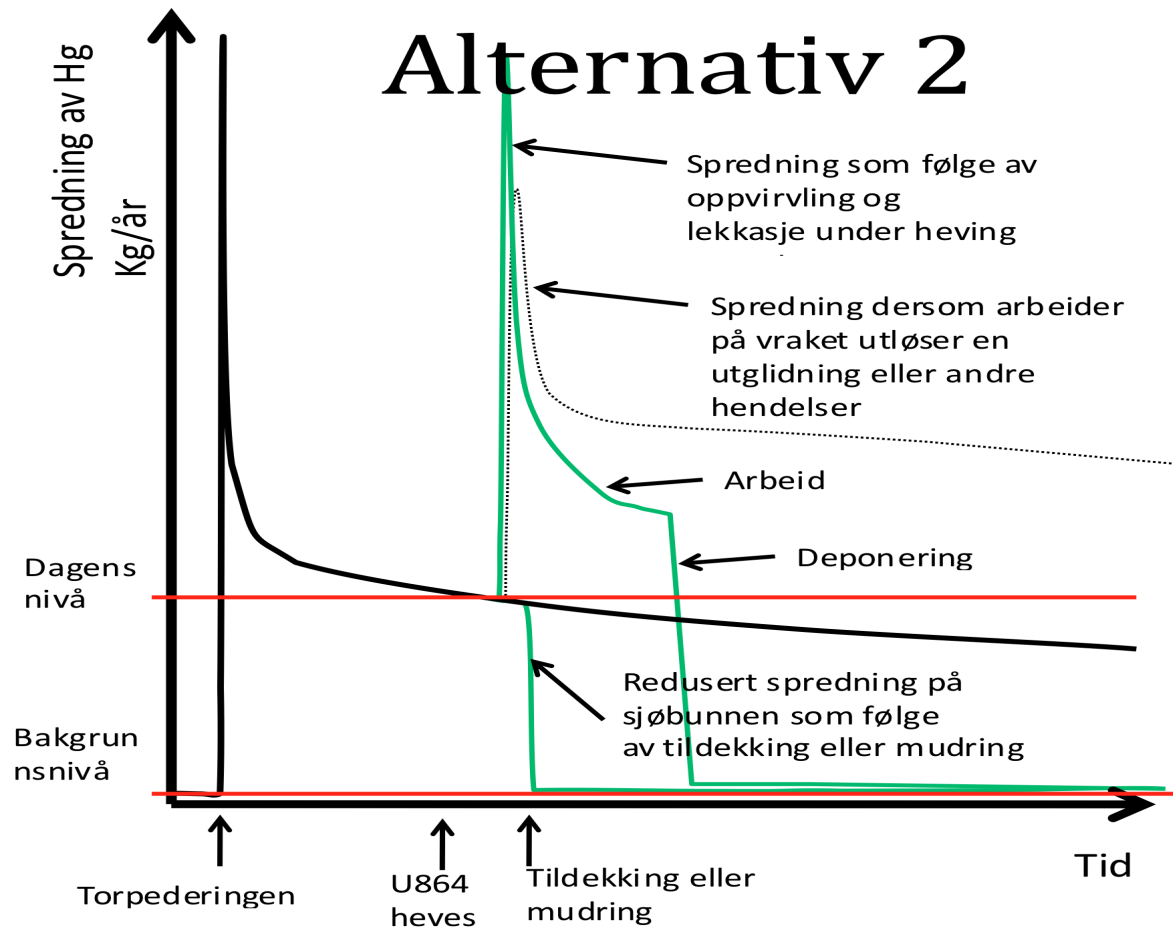
Større konsekvenser av en eksplosjon høyere i vannsøylen

Lekkasje under heving og risiko for detonasjon

Hevingen vil også innebære risiko for lekkasje av kvikksølv fra vraket og for detonasjon av sprenglegemer under hevingen. Miljørisikoen ved en eksplosjon nede på sjøbunnen vil være den samme som i de andre alternativene. Dersom eksplosjonen imidlertid inntreffer nær havoverflaten/høyere i vannsøylen, vil dette kunne føre til spredning over et enda større område (> 120 000 m² som ble anslått i alternativ 1 og 2), med påfølgende høyere utlekking. Som nevnt er imidlertid dette kun vurdert å være teoretisk mulig.

Figur 3.4 viser miljørisikoen knyttet til en heving.

³ En nærmere beskrivelse av spredning og forurenset areal ved hver av disse hendelsen er gitt i NGI 2010.



Figur 3.4 Skjematisk fremstilling av miljørisiko ved heving. Kilde: NGI (2010).

Svart heltrukket linje viser utviklingen av nullalternativet. Grønn linje viser mest sannsynlige utvikling under og etter heving av U-864. Grå linje viser mulige mekanismer som kan gi økt spredning som følge av arbeidet med vraket. Stiplet grønn linje viser effekt av avbøtende tiltak (ny tildeking etter eventuell utglidning).

Tildekking av forurenset sediment etter heving

For å redusere risikoen knyttet til forurenset sjøbunn etter heving, er mudring eller tildeking nevnt som mulige tiltak. Mudring innebærer en stor spredningsfare, og er ansett å ha en høyere miljørisiko enn tildeking (se vedlegg 1). Miljørisikoen knyttet til tildeking etter heving vil være som beskrevet i alternativ 1, bortsett fra at risiko for kollaps eller andre hendelser knyttet til vraket ikke lenger er aktuell.

Fysisk påvirkning av vraket gir større sannsynlighet for uønskede hendelser

Samlet vurdering av miljørisikoen i alternativ 2 (heving)

Alternativ 2 innebærer en betydelig sannsynligheten for hendelser som kan øke miljørisikoen på kort sikt. Vraket er delvis senket ned i sedimentene, og for å kunne heve vraket må det gjøres arbeid på og i havbunnen. Det er forventet at dette arbeidet vil medføre betydelig oppvirvling av sedimentene som kan medføre en

kvikksølvspredning utenfor tiltaksområdet.

Miljørisikoen ved heving er videre knyttet til manglende informasjon om hvor mye av kvikksølvet som befinner seg i intakte stålflasker og hvor mye som ligger fritt inne i ubåtens kjølseksjon. Det er også ukjent hvilken tilstand kvikksølvlasten i kjølen befinner seg i. Så lenge dette er ukjent vet man ikke om en heving vil føre til ukontrollert spredning, med påfølgende forurensning av store bunnarealer.

Dersom gjennomføringen er vellykket, vil miljørisikoen på lang sikt være tilnærmet lik alternativ 1.

3.2.5 Alternativ 3: Heving av kvikksølvbeholdere i vraket og tildekking av vrak og sediment

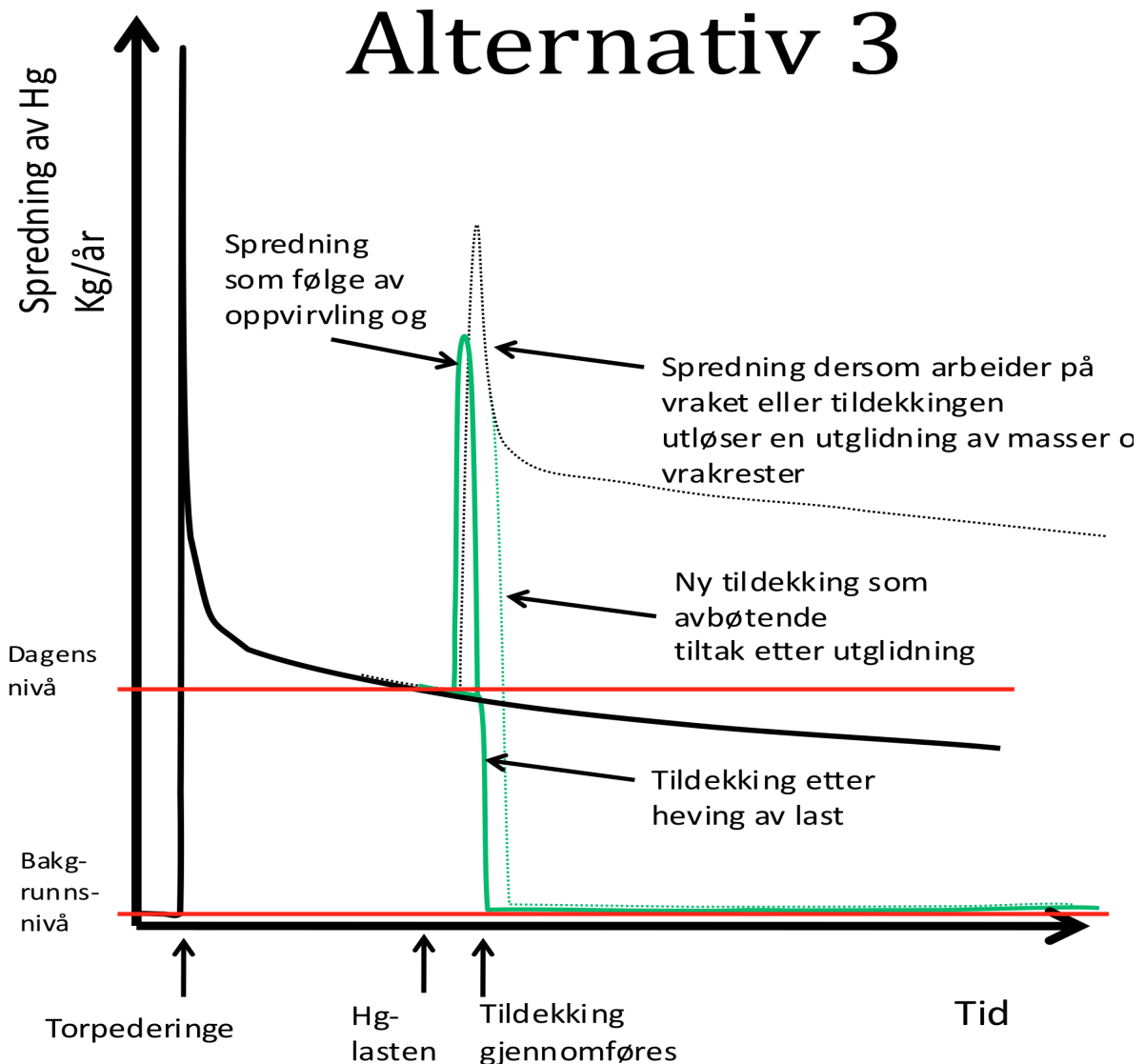
Mindre risiko knyttet til tap av kvikksølv under hevingen sammenlignet med alternativ 2

Flere av spredningsmekanismene i dette alternativet vil være de samme som for heving av hele vraket, men fordi disse delene er mye mindre og sannsynligvis ikke inneholder sprengstoff, vil selve hevingen av lasten utgjøre en lavere risiko. Sannsynligheten for en lekkasje av kvikksølv ved løfting av lasten vil være mindre enn i alternativ 2, mens risikoen for en utglidning vil være omtrent som i de andre alternativene.

Arbeid på sjøbunnen for å få tilgang til kjølen innebærer risiko for spredning

Dersom bare kvikksølvlasten og mindre vrakdeler heves vil det sannsynligvis være nødvendig å gjøre mer omfattende arbeid på sjøbunnen for å skaffe seg tilkomst til lasten. Dette alternativet vil innebære både mudring av forurensede sedimenter helt inntil vraket, samt en eller annen form for forflytning eller rotasjon av vraket. Disse operasjonene vil føre til spredning av forurensede sedimenter til vannmassene.

Figur 3.5 viser miljørisikoen knyttet til heving av last og tildekking av vrak og forurensede sedimenter.



Figur 3.5 Skjematisk fremstilling av miljørisiko i alternativ 3. Kilde: NGI (2010)

Svart hel trukket linje viser mest sannsynlige utvikling av 0-alternativet. Grønn hel trukket linje viser mest sannsynlig utvikling under og etter heving av kvikksølvlasten. Sort stiplet linjer viser mulig mekanismer som kan gi økt spredning som følge av arbeid med vraket. Grønn stiplet linje viser effekt av avbøtende tiltak (ny tildekking etter eventuell utglidning).

Mindre eksponering for kvikksølv og eksplosiver sammenlignet med heving av hele vraket

Både i alternativ 2 og 3 vil det være en menneskelig risiko knyttet til selve arbeidet med hevingen. Denne risikofaktoren er imidlertid mindre i alternativ 3 enn i alternativ 2, fordi færre og mindre farlige deler heves.

Det vil også i dette alternativet være en spredningsrisiko knyttet til håndtering av lasten etter heving. Men på grunn av lavere totalvekt og volum forventes omfanget av dette å være mindre enn ved heving av hele vraket.

Lavere miljørisiko enn i alternativ 2, men høyere enn i alternativ 0 og alternativ 1

Samlet vurdering av miljørisikoen i alternativ 3 (heving av beholdere)

For alternativ 3 forventes mudring før heving av lasten å gi tilsvarende miljørisiko som ved alternativ 2. Sannsynligheten for tap av kvikksølv eller eksplosjon av torpedo er imidlertid mindre ved dette alternativet. Totalt sett vurderes derfor miljørisikoen å være lavere i alternativ 3 enn i alternativ 2. Sammenlignet med alternativ 0 og alternativ 1, anses miljørisikoen å være større.

3.2.6 Samlet vurdering av miljørisikoen – alle alternativene

Risikoanalysen, samt tidligere vurderinger, gir en klar indikasjon på at heving av U-864 har størst miljørisiko på kort sikt. Dette kommer blant annet som følge av omfanget av operasjonen, mengden arbeid på bunnen og forflytning til nye områder. Ved tildekking vil vraket i liten grad påvirkes, slik at det vil være langt mindre risiko for spredning av kvikksølv.

Vesentlig høyere risiko for spredning og uønskede hendelser i hevingsalternativene

Den største miljørisikoen i alternativ 1-3 er knyttet til selve arbeidet med tildekking og/eller heving. Hevingsalternativet er forventet å gi mer spredning av kvikksølv under operasjonen enn tildekkingsalternativet. Hevingsalternativet innebærer i tillegg vesentlig høyere risiko for uønskede hendelser som kan medføre ytterligere spredning av kvikksølv, med påfølgende kritiske konsekvenser på kort sikt. Vraket er delvis senket ned i sedimentene, og for å kunne heve vraket må det gjøres arbeid på og i havbunnen. Det er forventet at dette arbeidet vil medføre betydelig oppvirvling av sedimenter, som igjen kan føre til kvikksølvspredning utenfor tiltaksområdet. Også i alternativ 3 er det høy sannsynlighet for spredning under mudringsarbeidet for å få tilgang til kjølen.

For tildekkingsalternativet vil det foregå vesentlig mindre arbeid på havbunnen og dermed mindre oppvirvling av forurensede masser enn ved hevingsalternativene.

Dersom hevingen er vellykket utført, vil miljørisikoen på lang sikt være redusert til den som følger av allerede forurensede sedimenter. Dette er ansett å være en viktig faktor for befolkningens trygghet. Vår vurdering – samt all tidligere erfaring og analyser – tilsier at tildekking gir en effektiv isolering og er et evigvarende miljøtiltak. Selv ved en vellykket heving vil derfor miljøgevinsten på lang sikt ikke være vesentlig større enn ved kun å tildekke vrak og havbunn. Totalt sett gjør derfor den kortsiktige miljørisikoen at hevingsalternativet kommer dårligst ut.

3.3 Kostnadssiden

Prissatte effekter I og med at det er valgt en kostnads-virkningsanalyse for den samfunnsøkonomiske analysen, er det kun kostnadssiden som er beregnet. Kostnadssiden representerer derfor de prissatte effektene, og inkluderer de vesentligste kostnadspostene brutt ned på elementnivå.

3.3.1 Forutsetninger

Det er benyttet felles forutsetninger i usikkerhetsanalysen og i den samfunnsøkonomiske analysen. Følgende beregningsforutsetninger er lagt til grunn:

Prisnivå Alle verdier er i prisnivå 17. desember 2010. Det er i flere av kostnadspostene benyttet anslag fra utenlandske tilbydere. Ved konvertering til norske kroner er følgende valutakurs benyttet:

- 1 USD = 5,921 NOK
- 1 EUR = 8,000 NOK

Det er videre forutsatt 2% realprisøkning på lønnskostnadene, med 1 % og 2,6 % som alternativer (se Holte Consulting, 2011 om usikkerhetsanalysen). Pga. rentes rente gir 2,6 % like stort kronetillegg som 1 % gir kronefradrag i lønnskostnadene, slik at lønnsfordelingen på denne måten blir symmetrisk rundt 2 %. Dette er en praktisk forenkende forutsetning.

Kalkulasjonsrente Det er lagt til grunn en risikofri realrente på 2 %, i tråd med anbefalinger fra Finansdepartementet⁴.

Investerings-tidspunkt Tiltakene forventes å ha oppstart i 2012, og investeringskostnadene er fordelt på 2012 og 2013. Det er videre forutsatt at overvåkningskostnadene påløper fra operasjonen er ferdig høsten 2013.

Beregningsperiode Det er i dette prosjektet lagt til grunn at tiltakene skal ha effekt i et evighetsperspektiv. Fra kostnadssiden er det imidlertid kun overvåkningskostnader som påløper etter at operasjonen er ferdig utført (forutsatt i 2013). Det er i denne analysen lagt til grunn en beregningsperiode på 100 år ved beregning av nåverdi for overvåkningskostnadene. Miljøovervåkingen vil trolig fortsette også lenger frem i tid, men i og med at kostnadene er like for alle alternativene, vil ikke dette påvirke rangeringen (kostnadsforholdet) mellom alternativene. Etter 100 år er det også grunn til å tro at overvåkingssystemer og lignende revurderes.

⁴ Rundskriv R-109/2005

Skattefinansieringskostnader

I den samfunnsøkonomiske analysen forutsettes ordinær offentlig finansiering. Skattefinansiering som ikke er begrunnet i korreksjon av eksterne effekter medfører forskjeller mellom samfunnsøkonomisk og privatøkonomisk lønnsomhet. Dette bidrar til at samfunnets ressurser styres bort fra den samfunnsøkonomisk beste tilpasningen. I tråd med blant annet rundskriv R-109/2005 fra Finansdepartementet settes skattekostnaden til 20 øre pr. krone. Dette innebærer at nåverdien av netto offentlige utbetalinger belastes med en merkostnad på 20%.

Ettersom tiltak knyttet til U-864 finansieres over offentlige budsjetter, vil alle inntekts- og kostnadselementer som inngår i beregningene påvirke netto offentlige utbetalinger. Skattefinansieringskostnad belastes følgelig samlede netto kostnader i de ulike alternativene.

MVA

Alle kostnader og inntekter i den samfunnsøkonomiske analysen er eksklusiv merverdiavgift.

Grunnkalkyle og forventningsverdier

I oversikten over de mest sentral kostnadselementene (se kap. 3.3.2) er kostnadene basert på grunnkalkylen⁵ og kan ikke summeres opp til forventet verdi. Skattefinansieringskostnader er imidlertid inkludert.

Forventningsverdiene (se kap. 3.4.1) er i tillegg basert på estimatusikkerhet og usikkerhetsfaktorer i prosjektet. Med usikkerhetsfaktorer menes alle forutsigbare og uforutsigbare interne, eksterne og tekniske forhold som kan påvirke prosjektgjennomføringen, mens estimatusikkerhet er usikkerhet i pris og mengde.

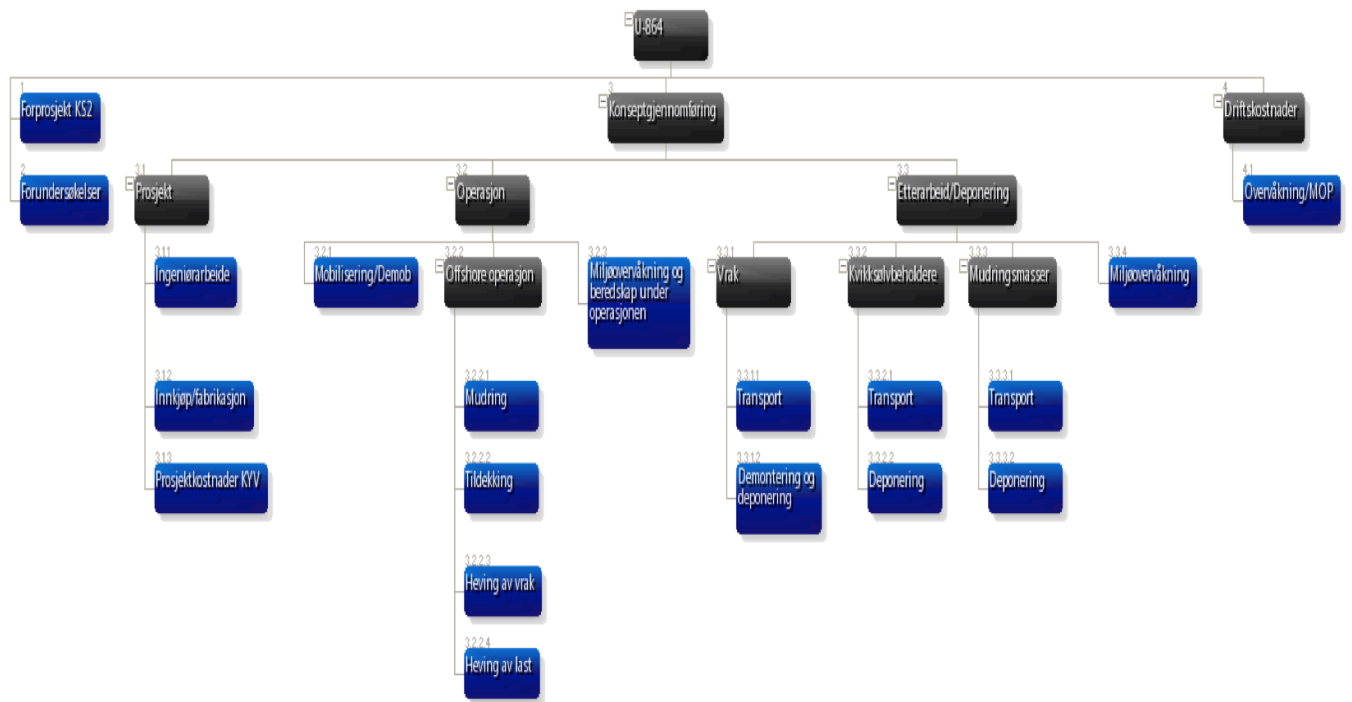
3.3.2 Kostnadsinndeling

Mest sentrale kostnads-komponenter

I dette avsnittet gis en oversikt over de mest sentrale kostnadskomponentene i prosjektet, samt en beskrivelse av hvilke kostnader som i hovedsak skiller alternativene. Beregningsforutsetningene, samt benyttede kilder og dokumentasjon, er hentet fra usikkerhetsanalysen som er utarbeidet i forbindelse med konseptvalgutredningen for U-864 (se Holte Consulting 2011)

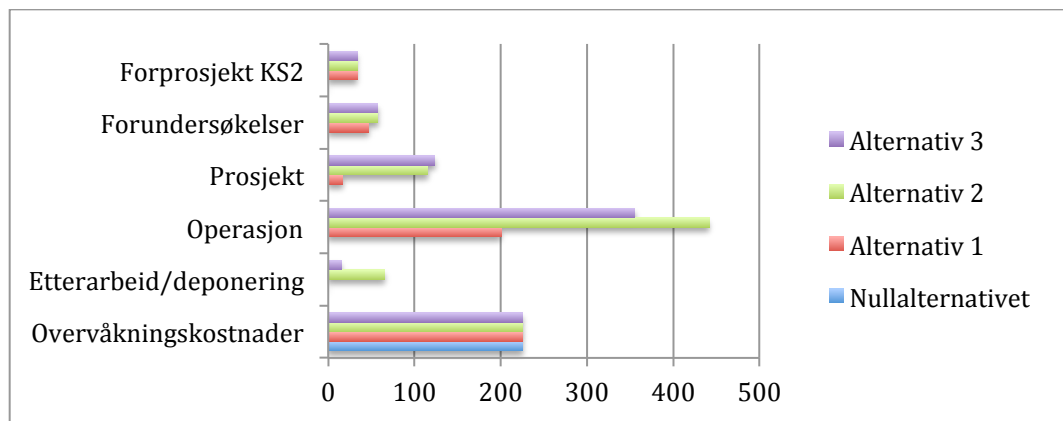
Figur 3.6 gir en oversikt over kostnadspostene i dette prosjektet.

⁵ Grunnkalkylen er definert som den deterministiske summen av sannsynlig kostnad for alle spesifiserte, konkrete kalkyleelementer (kostnadsposter) på analysetidspunktet. Grunnkalkylene inneholder følgelig ikke uspesifiserte kostnader, som i stedet bringes inn i kostnadsbildet gjennom faktorvurderinger i usikkerhetsanalysen.



Figur 3.6 Kostnadsposter – generisk prosjektnedbrytingsstruktur

Hva som er de viktigste kostnadskomponentene skiller seg fra alternativ til alternativ. Figur 3.7 illustrerer de mest sentrale kostnadene for hvert alternativ. Innenfor hver kostnadspost er det ulike underposter, og disse utdypes nærmere nedenfor⁶. Det vesentlige er å fremstille forskjellen mellom alternativene, slik at kostnadsforholdene i denne sammenheng er viktigere enn størrelsesorden.



Figur 3.7: Sentrale kostnadsposter for hvert alternativ. Grunnkalkyle inkludert skattefinansieringskostnad. Tall i millioner kroner.

Kun overvåkningskostnader i

Nullalternativet innebærer en videreføring av dagens situasjon, og består kun av kostnadsposten driftskostnader, det vil si

⁶ For en mer detaljert oversikt over kostnadspostene, se Holte Consulting 2010.

nullalternativet	<p>langtidsovervåkning. Det er antatt at det ikke er behov for forundersøkelser, da det tidligere er gjennomført omfattende undersøkelser av vraket.</p> <p>Per i dag bruker Kystverket 0,4 millioner kroner på overvåkning av fisk og skalldyr hvert år. Det er antatt at det også i fremtiden er behov for årlig overvåkning i denne størrelsesorden, samt en mer omfattende undersøkelse hvert femte år, som er estimert til omtrent 2 millioner kroner.</p> <p>Overvåkningskostnadene er forutsatt å være lik for alle alternativene, mens de resterende kostnadspostene kun gjelder prosjektalternativene (alternativ 1-3).</p>
Forprosjekt	<p>Kostnadsposten Forprosjekt KS2 inkluderer alle kostnader fram til inngått kontrakt (juridisk bistand, undersøkelser av vrak og sjøbunn, samt gjennomføring av KS2). Disse kostnadene er forutsatt å være lik for alle prosjektalternativene.</p>
Forundersøkelser	<p>Forundersøkelser må gjennomføres for alle prosjektalternativene. Hevingsalternativene (alternativ 2 og 3) krever imidlertid flere dager og mer omfattende undersøkelser, slik at kostnadene knyttet til forundersøkelser blir lavest i tildekkingsalternativet.</p>
Konsept-gjennomføring	<p>Selve gjennomføringen av tiltaket er den største kostnadsposten, og dekker følgende underposter (disse postene er gjengitt i Figur 3.7)</p> <ol style="list-style-type: none">1. Prosjekt2. Operasjon3. Etterarbeid/deponering
Prosjektkostnader	<p>Prosjektkostnadene består av ingeniørarbeid, innkjøp og prosjektkostnader for Kystverket. Den siste posten inkluderer behov for eksterne og interne ressurser for gjennomføring av tiltaket (dette omfatter fagekspertene innen områder som miljø, juss, geoteknikk, HMS, marine operasjoner, samt prosjektledelse).</p> <p>Prosjektkostnadene er klart lavest i tildekkingsalternativet. Dette skyldes i hovedsak behov for større innkjøp og høyere prosjektkostnader for Kystverket i hevingsalternativene. Også ingeniørkostnadene før operasjonen settes i gang er betydelig høyere i alternativ 2 og 3.</p>
Kostnader knyttet til	<p>Kostnader knyttet til selve operasjonen er den største kostnadsposten i gjennomføringsfasen for alle tiltaksalternativene.</p>

selve operasjonen Dette omfatter mobilisering/demobilisering⁷, offshore operasjon og miljøovervåkning og beredskap under operasjonen.

Overvåkning under operasjonen er nødvendig for alle tiltakene, og kostnadene knyttet til dette er anslått å være lik for alle alternativene.

Selve offshoreoperasjonen inkluderer arbeid med tildekking, heving og eventuell mudring. Uavhengig av hvilket alternativ som velges er det nødvendig med tildekking av de forurenkede sedimentene. I hevingsalternativet er det antatt at man kan halvere mengde grus dersom vraket fjernes, da støttefylling kan reduseres vesentlig. Ved heving av last vil det imidlertid være behov for like mye tildekking som i alternativ 1, da det fremdeles vil være forurensing igjen i sjøbunnen etter tiltak er gjennomført. Kostnader knyttet til tildekking utgjør derfor en stor andel av offshore-kostnadene også i alternativ 3.

For alternativ 2 og 3 (heving av vrak og heving av last) er det vurdert nødvendig med "hot-spot" mudring⁸ av de mest forurenkede områdene etter utført heving. I tillegg er det nødvendig med tilgjengelig mudringskapasitet under heving av last hvor det skal graves i sedimenter for å få tilgang til kjølen. Kostnader knyttet til mudringstiltak er derfor høyest i alternativ 3.

Totalt sett har alternativ 2 de klart høyeste kostnadene knyttet til selve operasjonen (se Figur 3.7). Dette skyldes i hovedsak det omfattende arbeidet med å heve hele vraket. I tillegg er mobiliseringskostnadene klart høyest i alternativ 2, da det ved heving av last kreves færre og billigere fartøy.

Etterarbeid/ deponering

I alternativ 2 og 3 må det gjøres et omfattende etterarbeid med transport og deponering av vrakdeler, kvikksølvbeholdere og mudringsmasser. I tillegg er det behov for miljøovervåkning under transport av kvikksølvholdig materiale.

I alternativ 2 (heving av vrak) er kostnadene knyttet til dette etterarbeidet betydelig høyere enn ved heving av last. Årsaken til den store kostnadsforskjellen er det omfattende arbeidet med å rive, demontere og deponere selve vraket.

⁷ Mobilisering og demobilisering av de fartøy som er nødvendige for å gjennomføre tiltaket

⁸ Område hvor bunnsedimenter har høy konsentrasjon av forurenkede masser, og hvor det er antatt nødvendig med tiltak for å komme til vraket. Er her definert som et område på 50*50*1 m direkte rundt vrakseksjoner.

3.4 Usikkerhetsanalyse

Det er gjennomført en usikkerhetsanalyse som ligger til grunn for forventningsverdiene som er brukt i den samfunnsøkonomiske analysen⁹. Usikkerhetsanalysen identifiserer usikkerhetsfaktorer i prosjektet og beregner prosjektrelevant usikkerhet.

Estimatusikkerhet

Estimeringen av de enkelte kostnads- og inntektspostene omhandler kun estimatusikkerhet, det vil si usikkerhet i pris og mengde. Denne usikkerheten anslås ved et tripplestimat for de enkelte postene, der det beregnes en "lav", "sannsynlig" og "høy" verdi. Disse verdiene settes slik at de som har gjennomført estimeringen antar at verdier rundt "lav" og "høy" kan inntreffe i ett av ti tenkte tilsvarende tilfeller. "Sannsynlig" er i denne sammenhengen ikke en gjennomsnittsverdi eller en statistisk forventningsverdi, men den verdien man antar vil inntreffe oftest, dersom det ble gjennomført en lang rekke tilsvarende tilfeller. Det statistiske begrepet for dette er modalverdi.

Usikkerhetsfaktorer

Usikkerhet knyttet til estimering av pris og mengder er kun en del av risikobildet. Risiko omfatter også det som kalles usikkerhetsfaktorer, det vil si endringer i prosjektinterne, eksterne eller tekniske forhold som kan påvirke prosjektet direkte eller indirekte. Usikkerhetsfaktorene er kvantifisert ut fra hvilken påvirkning de antas å ha på prosjektets kostnader. Følgende usikkerhetsfaktorer er estimert:

Usikkerhetsfaktor	Definisjon
Uspesifiserte ytelser	Kostnadskonsekvens av uspesifiserte ytelser
Gjennomføringsstrategi og evne	Kostnadskonsekvens av gjennomføringsstrategi og gjennomføringsevne, herunder organisasjonsstruktur, kompetanse, bemanning og kontraktstrategi.
Vær	Kostnadskonsekvens av forsinkelse på grunn av vær
Entreprenørens gjennomføringsevne	Kostnadskonsekvens av entreprenørens kompetanse og gjennomføringsevne.
Teknisk konseptutforming	Kostnadskonsekvenser av valg av teknisk løsning
Operativ løsning	Kostnadskonsekvenser av planlagt operativ løsning for konseptet.
Råvarepriser	Kostnader knyttet til stålpriser og andre råvarepriser
Offshore marked	Kostnadskonsekvens av offshore marked
Teknisk utstyr	Kostnadskonsekvens av nedetid på

⁹ Usikkerhetsanalysen er utarbeidet av Holte Consulting, og ligger som Vedleggsdokument (Usikkerhetsanalyse U-864) til Konseptvalgutredning for håndtering av U-864.

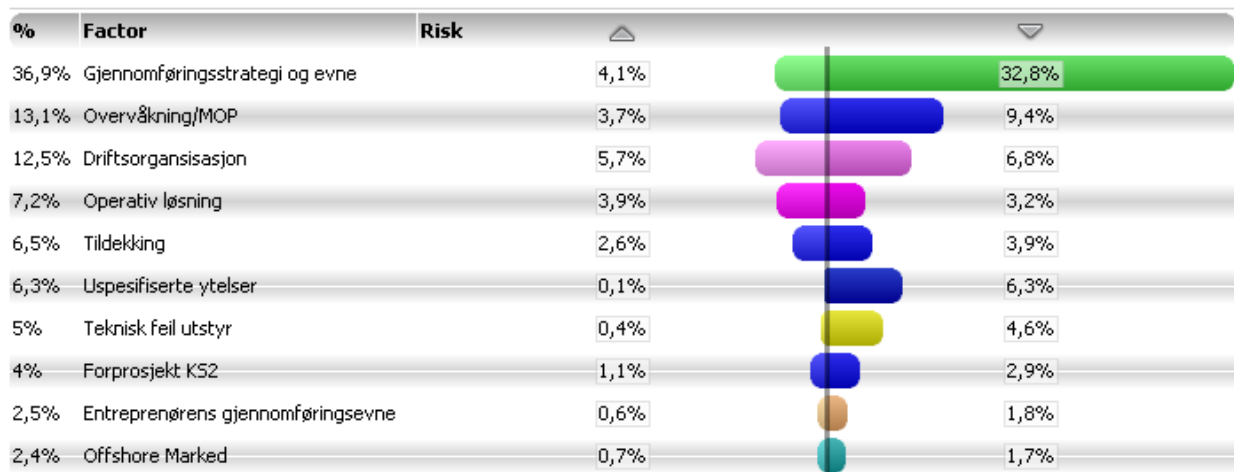
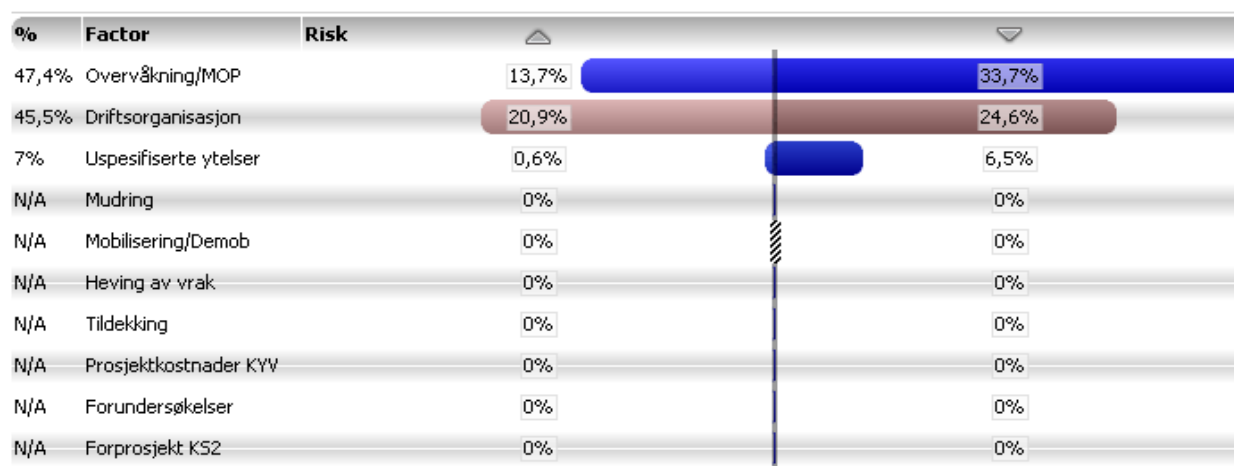
Endringer krav	grunn av teknisk svikt utstyr. Kostnadskonsekvens av endrede krav til omfang av overvåkning under operasjon og transport
Driftsorganisasjon	Kostnadskonsekvens av driftsorganisasjonens kapasitet, kompetanse og organisering.

Figur 3.8 Usikkerhetsfaktorer ved gjennomføring av tiltak

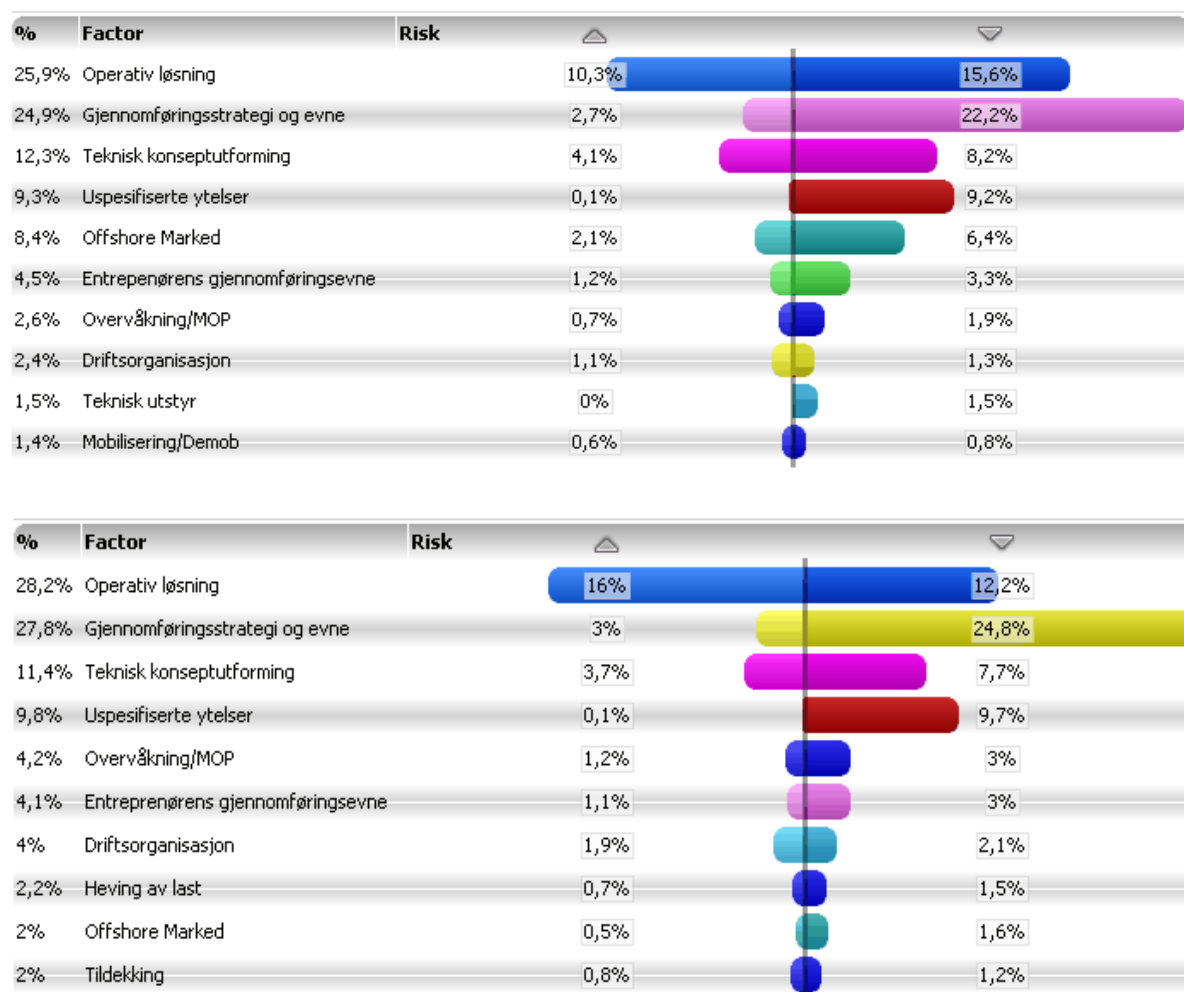
Tornadodiagram

Tornadodiagrammer viser usikkerhetselementene i sortert rekkefølge iht. det enkelte element sitt relative bidrag til totalusikkerheten¹⁰.

Hvilke kostnadsposter som bidrar til usikkerhet varierer mellom de ulike alternativene. I Figur 3.9er det vist et tornadodiagram for hvert alternativ der de horisontale søylene viser mulig bidrag til reduksjon og tillegg i prosent av forventningsverdien.



¹⁰ Diagrammet viser dermed de viktigste bidragene til usikkerhetsspennet. Den vertikale linjen refererer seg til basiskostnaden. Høyre side angir trusler/nedside, mens venstre side angir muligheter/oppside.



Figur 3.9 Tornadodiagram for hhv. alternativ 0, 1, 2 og 3. Kilde: Holte Consulting (2011)

3.4.1 Forventningsverdier

Forventningsverdi Forventningsverdiene er – utover estimatene i grunnkalkylen - basert på estimatusikkerhet og usikkerhetsfaktorer i prosjektet. Med usikkerhetsfaktorer menes alle forutsigbare og uforutsigbare interne, eksterne og tekniske forhold som kan påvirke prosjektgjennomføringen.

Lavest kostnader i alternativ 1 Samlede kostnader for tiltaksalternativene ligger mellom 580 (alternativ 1) og 1270 millioner kroner (alternativ 2). Se Tabell 3.1

Sammenlignet med nullalternativet gir de tre prosjektalternativene samlede kostnader på hhv. 360 mill., 1050 mill. og 760 mill. kroner. Tallene er basert på forventningsverdier, og beregnet som nåverdi 2010.

Kostnadene er totalt sett lavest i tildekkingsalternativet. Dette skyldes i hovedsak at hevingoperasjonene er betydelig dyrere å gjennomføre, samtidig som det påløper kostnader til etterarbeid (deponering og transport av vrak, kvikksølvbeholdere og mudrede

masser). Også prosjektkostnadene er høyere for alternativ 2 og 3.

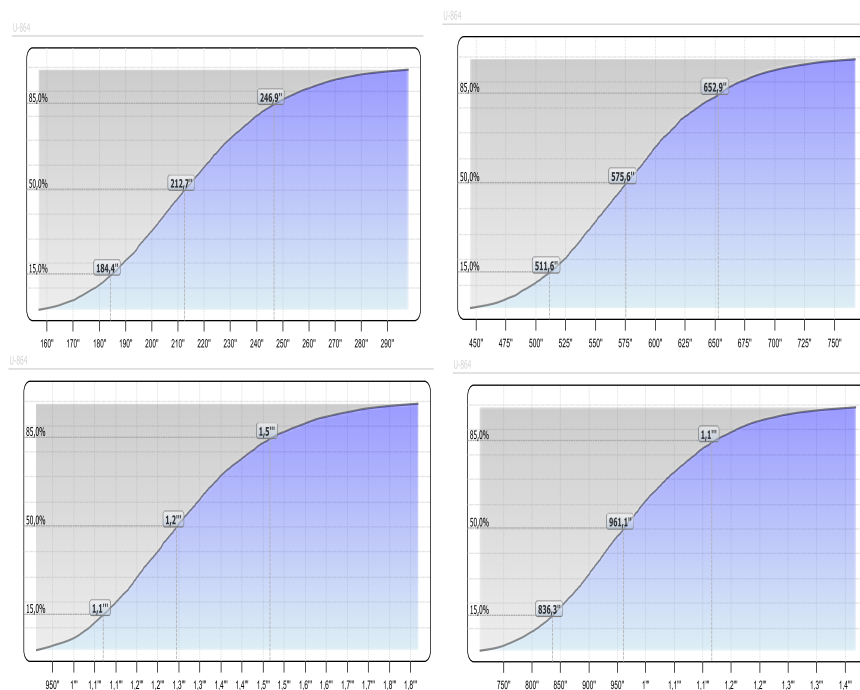
Tabellen under viser forventningsverdien og usikkerhetsspennet for de analyserte konseptene¹¹.

Konsept	P15	P50 (forventningsverdi)	P85
Nullalternativ	170	220	260
Tildekking	500	580	660
Heving av vrak	1060	1 270	1 480
Heving av last	830	980	1 120

Tabell 3.1 Forventningsverdi og usikkerhetsspenn for konseptalternativene

S-kurve

Usikkerhetsspennet kan også illustreres i form av en S-kurve, som angir akkumulert sannsynlighet i prosent (y-aksen) for at den endelige totalcostnaden er lik verdien X (M NOK) eller lavere. Figur 3.1 illustrerer S-kurven for de ulike alternativene.



Figur 3.10 Akkumulert sannsynlighetskurve for hhv. Alternativ 0, 1, 2 og 3. Kilde: Holte Consulting (2011)

3.4.2 Systematisk usikkerhet

Usikkerhetsanalysen gir altså som utfall at tildekkingsalternativet er signifikant billigere enn de to hevingsalternativene i den forstand at

¹¹ Tabellen leses slik at det for eksempel er 15 % sannsynlighet for at totalcostnaden blir 170 M NOK eller lavere i nullalternativet. Forventningsverdien er angitt slik at det er 50 % sannsynlighet for at totalcostnaden blir 220 M NOK eller lavere (i nullalternativet).

P15-85 kostnadsintervall for tildekkingsalternativet i sin helhet ligger godt lavere enn kostnadsintervallet for hevingsalternativene. På den annen side er nullalternativet signifikant billigere enn tildekkingsalternativet. De to hevingsalternativene har overlappende kostnadsintervaller.

Fjerne den usystematiske usikkerheten

Usikkerhetsanalysen omfatter alle typer usikkerhet. Et viktig spørsmål i samfunnsøkonomisk sammenheng er om kostnadsintervallene forholder seg annerledes til hverandre dersom en bare tar hensyn til systematisk usikkerhet. I en samfunnsøkonomisk vurdering ønsker en altså å fjerne usystematisk usikkerhet fra intervallene. Når en fjerner usystematisk usikkerhet vil kostnadsintervallene vanligvis bli snevrere, nettopp fordi noe usikkerhet fjernes. Det betyr at nullalternativet fortsatt vil være signifikant billigst, og tildekkingsalternativet nest billigst, også i samfunnsøkonomisk sammenheng. Det er a priori uklart om de to hevingsalternativene har overlappende kostnadsintervaller i samfunnsøkonomisk sammenheng.

I kapittel 3.1 har vi drøftet Finansdepartementets retningslinjer for behandling av systematisk risiko og hva som menes med å behandle denne risikoen gjennom sikkerhetsekvivalenter i kontantstrømmen. Med dette utgangspunkt kan vi konkludere med at:

- Konklusjonen om at tildekking er signifikant billigere enn heving (og nullalternativet er signifikant billigere enn tildekking) endres ikke
- De sikkerhetsekvivalente kostnadene for alle alternativer reduseres i forhold til forventede størrelser fra usikkerhetsanalysen

Den empiriske betydningen av systematisk risiko

Under systematisk risiko får prosjektene et kostnadsspenn som vist i Tabell 3.2. I disse spennene er ikke skattekostnad med. Tabellen gir således ikke et endelig samfunnsøkonomisk resultat, men den er relevant for spørsmålet om intervallene fortsatt er overlappende. Vi ser at de ikke er overlappende. Vi kan således konkludere at i samfunnsøkonomisk sammenheng er alternativet *Full heving* det signifikant dyreste, og *Tildekking* det signifikant billigste av de tre prosjektalternativene. Nullalternativet er (fortsatt) det signifikant billigste alternativet.

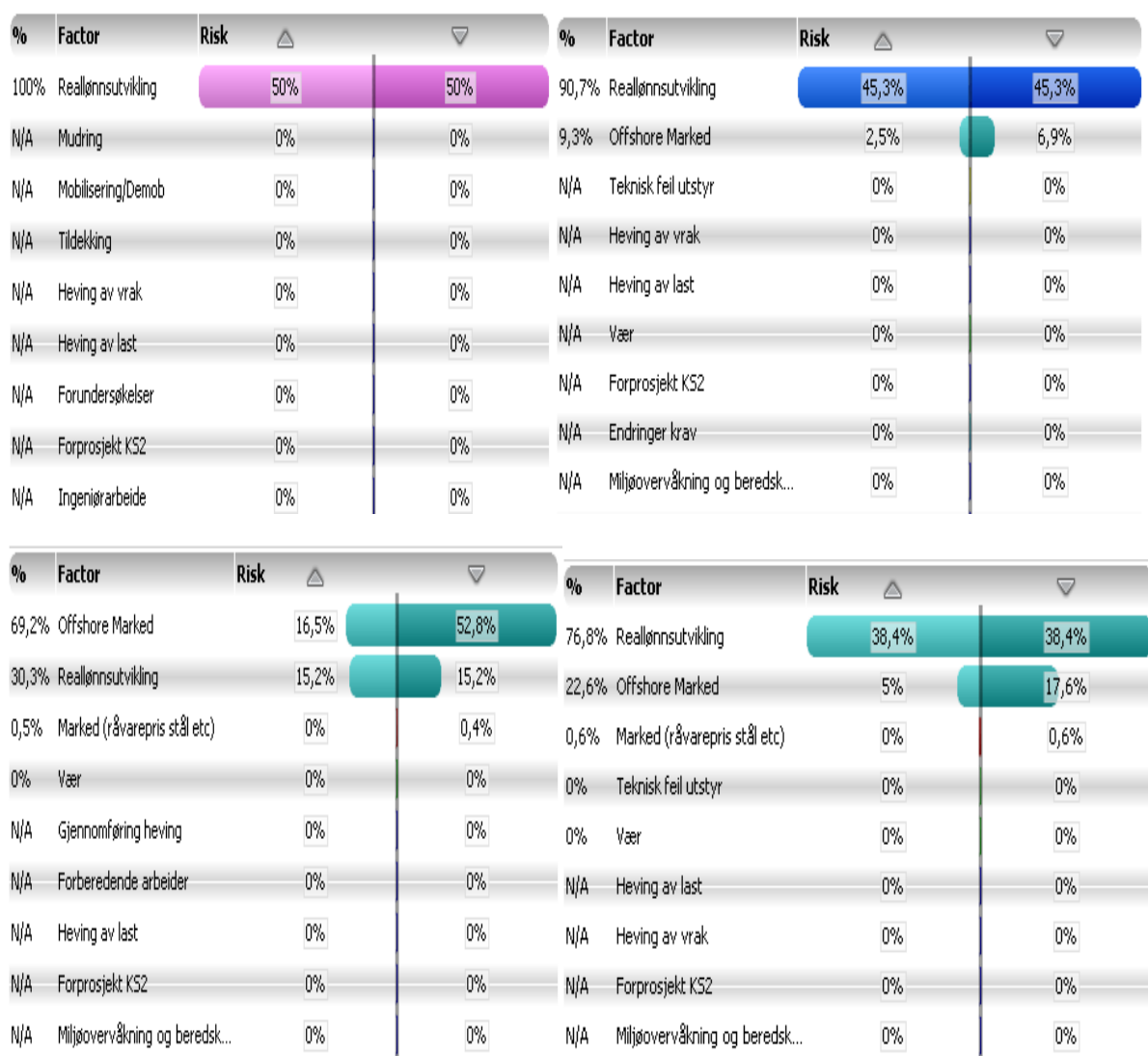
Konsept	P15	P50 (forventningsverdi)	P85
Nullalternativ	185	220	250
Tildekking	540	580	620
Heving av vrak	1120	1 240	1 320
Heving av last	930	970	1 000

Tabell 3.2 Usikkerhetsintervall for systematisk usikkerhet

I realiteten er det enda mindre usikkerhet knyttet til kostnadsrankeringen enn denne tabellen viser. Det skyldes at

usikkerheten som inngår i nullalternativet er knyttet til overvåkingsprogrammet. Den samme usikkerheten er dominerende i de andre alternativene. Ser man på forskjellen mellom alternativer, nettes imidlertid overvåkingsprogrammet ut. Det er liten systematisk usikkerhet knyttet til det som da står igjen som forskjell mellom alternativene. Den viktigste kilden til systematisk usikkerhet bedømmes å være usikkerhet om fremtidig lønnsutvikling. På lang sikt spiller det stor rolle om lønningene stiger som forventet to prosent i året, eller lavere dersom den økonomiske veksten blir lav; eventuelt høyere hvis den blir høy.

Tabell 3.3 viser tornadodiagram for systematisk usikkerhet. Vi ser at reallønnsutviklingen dominerer i alle alternativene, bortsett fra ved heving av hele vraket (alternativ 2). I dette alternativet har offshore markedet, som blant annet har betydning for leierater for skip mv., størst innvirkning.



Tabell 3.3 Tornadodiagram for systematiske usikkerheter for hhv. alternativ 0, 1, 2 og 3

**Sikkerhets-
ekvivalenter**

I vårt lavalternativ er reallønnsveksten 1 prosent i året. Når en neddiskonterer med to prosent i året, innebærer dette at "neddiskontert reallønn i år $t = 0,99 \times$ neddiskontert reallønn år $t-1$ ". Neddiskontert reallønn går altså ned med 1 prosent i året.

Dette resultatet kan sammenliknes med den neddiskonterte reallønningen en ville fått dersom lønnsveksten er 2 prosent, men diskonteringsrenta er 4 prosent. 4 prosent rente er som nevnt normalforutsetningen dersom man skulle velge å håndtere usikkerhet gjennom påslag i renta. Kombinasjonen 2 prosent reallønnsvekst og 4 prosent rente gir at neddiskontert reallønn i år $t = 0,98 \times$ neddiskontert reallønn år $t-1$. Normalforutsetningen for rente gir med andre ord lavere neddiskontert reallønn enn vårt lavalternativ.¹² Det er ikke dermed sagt at normalforutsetningen er riktig, men det gir grunn til ettertanke. Situasjonen er at vi innenfor rammen av prosjektet mangler spesifikk informasjon om kovariansen mellom lønn og den fulle avkastningen på nasjonalformuen. Derfor kan det i fastleggelsen av sikkerhetsekvivalent lønn være grunn til å skjele til de erfaringstallene som ligger i anbefalingen om fire prosent normalrente. På den annen side mener vi det er unaturlig å gå lavere enn nøkkeltallet 0,99, dvs. det er unaturlig at sikkerhetsekvivalent lønn settes lavere enn lavalternativet (som formelt er P15-persentilen i den marginale fordelingen).

Alt i alt velger vi å betrakte den nedre grensen for kostnader i Tabell 3.2 som uttrykk for sikkerhetsekvivalente kostnader før skattefinansieringskostnader.

3.5 Samfunnsøkonomiske kostnader

Alternativverdi

I en samfunnsøkonomisk analyse brukes priser som reflekterer de realøkonomiske kostnadene ved å benytte ressurser i et prosjekt. Utgangspunktet er at alle ressurser har en alternativ anvendelse. De samfunnsøkonomiske kostnadene skal derfor reflektere alternativverdien av ressursene som brukes.

**Skattefinansierings-
kostnader**

Skattefinansiering som ikke er begrunnet i korreksjon av eksterne effekter medfører forskjeller mellom samfunnsøkonomisk og privatøkonomisk lønnsomhet. Dette bidrar til at samfunnets ressurser styres bort fra den samfunnsøkonomisk beste tilpasningen.

Økte budsjettmessige kostnader som følge av et offentlig tiltak må dekkes ved generell beskatning og/eller ved brukerbetaling. Ved skattefinansiering oppstår to typer kostnader: Administrative kostnader og effektivitetstap som følge av økte skatter fordi ressursbruken blir påvirket av skatteøkningen. I den

¹² Forskjellen er egentlig større fordi en rente på fire prosent påvirker alle kostnader, mens lønnsforutsetningen bare påvirker lønnskostnadene.

samfunnsøkonomiske analysen bør vi derfor inkludere en skattekostnad¹³.

Ettersom tiltak knyttet til U-864 finansieres over offentlige budsjetter, vil alle inntekts- og kostnadselementer som inngår i beregningene påvirke netto offentlige utbetalinger.

Skattekostnadene øker de samfunnsøkonomiske kostnadene

De samfunnsøkonomiske kostnadene er oppsummert i Tabell 3.4

Skattefinansieringskostnaden bidrar til en oppjustering av kostnadene med 20 %, slik at den samlede kostnaden for tiltaket blir lik den neddiskonterte summen av de direkte kostnadene for tiltaket, pluss skattekostnaden¹⁴.

Alternativ	Samfunnsøkonomisk kostnad inkludert skattekostnad i millioner kroner (avrundet)
Nullalternativet	230
Alternativ 1	650
Alternativ 2	1370
Alternativ 3	1120

Tabell 3.4 Samfunnsøkonomiske kostnader

3.6 Ikke-prissatte virkninger

Nyttevirkningene ikke prissatt

De prissatte effektene består av de samfunnsøkonomiske alternativkostnadene, mens ulike nyttevirksomheter er fanget opp i de ikke-prissatte effektene.

I behandlingen av ikke-prissatte konsekvenser er det tatt utgangspunkt i Finansdepartementets veileder i samfunnsøkonomiske analyser, avsnitt 4.1. Denne metoden tar utgangspunkt i effektens betydning, omfang og konsekvens. Virkningens betydning og omfang er vurdert etter kategoriene liten – middels – stor, mens samlet konsekvens er en vurdering av tiltakets virkning på det aktuelle området sammenliknet med nullalternativet. Konsekvensen er vurdert med utgangspunkt i en sammenstilling av effektens betydning og omfang.

Følgende ikke-prissatte effekter er identifisert og vurdert:

¹³ Dette innebærer at nåverdien av netto offentlige utbetalinger belastes med en merkostnad på 20%

¹⁴ Formelen vi bruker er samfunnsøkonomisk kostnad = sikkerhetsekvivalent kostnad fra usikkerhetsanalysen + 0,2 x forventet neddiskontert netto offentlig finansieringsbehov. For enkelhets skyld setter vi forventet neddiskontert netto offentlig finansieringsbehov lik med p50-kostnad fra den samfunnsøkonomiske usikkerhetsanalysen.

- Miljørisiko knyttet til kvikksølvforurensninger på kort sikt
- Miljørisiko knyttet til kvikksølvforurensninger på lang sikt
- Andre miljøeffekter
- Operasjonell risiko for personell og betydning for målrealisering
- Behandling av eventuelle levninger
- Eksterne effekter i lokalmiljøet, inkludert befolkningens opplevelse av trygghet for helse og miljø

I en sammenligning av alternativene er det i første rekke interessant å vurdere virkninger som varierer mellom alternativene. I de følgende avsnittene gjennomgår vi de identifiserte virkningene med betydning for prosjektets nytteside. I gjennomgangen har vi samlet de identifiserte virkningene i punktene over i tre hovedkategorier: Miljø, operasjonell risiko, og andre eksterne effekter.

3.6.1 Miljørisiko og andre miljøeffekter

Miljørisikoen er som nevnt det viktigste nytteelementet i prosjektet, og er derfor grundig behandlet i et eget kapittel. Nedenfor gis kun en kort oppsummering av de viktigste resultatene i forhold til miljørisikoen på kort og lang sikt.

Miljørisiko på kort sikt

Den kortsiktige miljørisikoen er knyttet til spredning av kvikksølv under selve tiltaket. Stort vanddyp og sterke bunnstrømmer gjør at miljøkonsekvensene er lite forutsigbare. Samtidig er det en fare for uforutsette hendelser som kan medføre ytterligere spredning.

Alternativ 2 er vurdert å ha størst miljørisiko på kort sikt. Dette kommer blant annet som følge av omfanget av operasjonen, mengden arbeid på bunnen og forflytning til nye områder. I alternativ 3 er det høy sannsynlighet for oppvirvling av kvikksølvforurensede masser under mudringsarbeidet for å få tilgang til kjølen.

Ved tildekking vil vraket i liten grad påvirkes, slik at det vil være langt mindre risiko for spredning av kvikksølv. Alternativ 1 er derfor vurdert å ha lavest miljørisiko på kort sikt.

I alternativ 2 vil det i tillegg være risiko knyttet til å klargjøre vraket for deponering, samt selve deponeringen. De som jobber med vraket vil være eksponert for kvikksølvdamp, samtidig som det er fare for spredning av kvikksølv til atmosfæren, overflatevann og grunnvann. Deponeringen av avfallet fra U-864 forutsettes gjort på et anlegg med tillatelse, kapasitet og kompetanse til å håndtere en slik mengde kvikksølv forsvarlig. Deponeringen vil uansett gi et utslipp til miljøet, men denne effekten er ikke kvantifisert/verdsatt

i tidligere utredninger.

Den kortsiktige miljørisikoen betydning, omfang og konsekvens er oppsummert i følgende tabell der det også er gjort en rangering av alternativene mht denne effekten.

Virkning	Kortsiktig miljørisiko knyttet til kvikksølvforurensninger
Betydning	Stor betydning for målrealisering på kort sikt
Omfang	Potensielt stort omfang dersom det verste utfallscenariet inntreffer, eller andre hendelser med spredningsfare inntreffer under gjennomføring av tiltak.
Konsekvens og rangering	Stor konsekvens på kort sikt dersom mulige uønskede hendelser inntreffer Rangering på kort sikt: Alternativ 0 og 1 er best. Deretter alternativ 3. Alternativ 2 er dårligere enn alternativ 3-
Samlet vurdering av konsekvenser for målrealisering	Hevingsalternativene (alternativ 2 og 3) gir en vesentlig høyere risiko på kort sikt. Nullalternativet fremstår fremstår som det beste alternativet mht kortsiktig miljørisiko. Deretter følger alternativ 1 tildeking.

Tabell 3.5 Kortsiktig miljørisiko – Betydning, omfang og rangering av alternativene

Miljørisiko på lang sikt

Miljørisikoen på lang sikt er knyttet til utlekking av kvikksølv. Det er per i dag estimert en årlig fluks på 3-4 kg kvikksølv. En eventuell tildeking er antatt å redusere utlekkingen med 99,99% i et langtidsperspektiv, og er derfor svært effektiv. Heving av hele vraket vil fjerne forurensningskilden, og dermed miljørisikoen på lang sikt.

På grunn av kompleksiteten i operasjonene, vil det imidlertid kunne inntreffe hendelser som medfører økt spredning, med påfølgende høyere utlekking også på lang sikt. Risikoen for slike hendelser er størst i alternativ 2. Dersom kvikksølv spres under hevingen, vil det kunne være vanskelig å gjennomføre effektive miljøtiltak. Dermed kan utlekkingen øke også på lang sikt, selv om deler av kvikksølvet er hentet opp.

Følgende tabell gir en oppsummering av betydning, omfang og rangering av alternativene mht den langsiktige miljørisikoen:

Virkning	Langsiktig miljørisiko knyttet til kvikksølvforurensninger
Betydning	Stor betydning for målrealisering
Omfang	Potensielt stort omfang dersom hendelser med svært lav sannsynlighet inntreffer
Konsekvens og rangering	Middels konsekvens på lang sikt Rangering på lang sikt: Alternativ 1, 2 og 3 er omtrent like gode. Alternativ 0 er svært mye dårligere.
Samlet vurdering av konsekvenser for målrealisering	Tildeking (alternativ 1) gir en effektiv isolering og er et permanent og evigvarende miljøtiltak, slik at dette vil være et likeverdig alternativ som 2 og 3 mht. den langsiktige miljørisikoen. Nullalternativet er rangert som dårligere.

Tabell 3.6 Langsiktig miljørisiko – Betydning, omfang og rangering av alternativene

Andre miljøeffekter – ingen forskjeller av betydning

Det er ikke funnet andre miljøeffekter av betydning, eller med et omfang som gir grunnlag for rangering mellom alternativene. Det er da forutsatt at tiltakene gjennomføres i hht de utarbeidede akseptkriteriene. I den grad det er andre vesentlige miljøeffekter vil disse i all hovedsak være knyttet til alternativ 2 og 3. Alternativ 2 gir de største miljøutfordringene ved etterbehandling av vrak og last. Dette er imidlertid i hovedsak forutsatt ivaretatt i kostnadsanalysen, delvis i form av at en del av miljøkostnadene er internalisert i prisene, og delvis ved at tiltakene er forutsatt gjennomført i hht akseptkriteriene der kostnadskonsekvensene av kriteriene er ivaretatt i usikkerhetsanalysen.

3.6.2 Operasjonell risiko – effekter for personell og målrealisering

Menneskelig risiko/personell-sikkerhet

Også sikkerheten for personellet vil variere mellom alternativene. Sikkerheten vil være knyttet til personskader under operasjonen, samt eksponering for eksplosiver eller forurensning/kvikksølv damp.

Personellet er vurdert å være mindre utsatt for risiko under en tildekkingsoperasjon enn i hevingsalternativet. Sistnevnte alternativ innebærer en mer kompleks operasjon, og faren for personellskader som følge av kontakt med forurensete elementer, eller ved håndtering og uskadeliggjøring av eksplosiver og trykklufttanker, er kun til stede i hevingsalternativet.

Følgende tabell gir en oppsummering av betydning, omfang og rangering av alternativene med hensyn til risiko for personell ved gjennomføring av tiltak:

Virkning	Operasjonell risiko for personell ved gjennomføring av tiltak
Betydning	Middels til liten betydning utover det som er internalisert i kostnadene
Omfang	Det er forutsatt at tiltaket gjennomføres etter HMS-reglement. Det forventes derfor ikke skadeomfang av betydning ved håndtering av eksplosiver. Sannsynligheten for eksplosjoner som gir skade på mennesker eller involvert personell er vurdert som kun teoretisk. Konsekvensen er imidlertid store slik at risikoomfanget vurderes som relevant. Håndtering av vrak og last etter heving kan eksponere involverte for kvikksølv damp. HMS-reglementet gjør imidlertid at omfanget vurderes som lite
Konsekvens og rangering	Virkningen gjelder kun for alternativ 2 og alternativ 3, der alternativ 2 er rangert som dårligst.

Tabell 3.7 Operasjonell risiko for personell – Betydning, omfang og rangering av alternativene

Operasjonell risiko - betydning for målrealisering

Gjennomførbarhet og operasjonell risiko er delvis prissatt gjennom usikkerhetsanalysen, hvor forhold som tekniske feil og værforhold er tatt i betraktning. Den operasjonelle risikoen vil imidlertid også ha betydning for miljørisikoen (og kanskje også

personellsikkerheten), og disse effektene er sånn sett ikke prissatt.

Tildeckingsalternativet er vurdert å ha størst sannsynlighet for en vellykket gjennomføring. Hevingsalternativet omfatter en rekke komplekse operasjonssteg, samt bruk av større mengde utstyr og fartøy. Også vær- og bølgeforhold vil ha større påvirkning på gjennomførbarheten i alternativ 2.

Totalt sett vurderes derfor alternativ 1 å ha lavest kompleksitet og lavest operasjonell risiko. I og med mesteparten av denne risikoen er ivaretatt i kostnadene eller øvrige ikke-prissatte effekter, er denne effekten ikke tillagt vekt i sammenstillingen av ikke-prissatte effekter.

3.6.3 Andre eksterne effekter

Eksterne effekter i lokalmiljøet

Eksterne effekter i lokalmiljøet kan deles i to typer effekter;

- opplevelse av trygghet og tillit til at dagens miljørisiko er håndtert slik lokalbefolkningen ikke er eksponert for miljø- eller helserisiko fra vraket, verken på kort eller lang sikt.
- Eventuelle eksterne effekter for næringsvirksomhet, og da i første rekke innenfor reiseliv og fiske.

Lokalbefolkningen har ønsket heving

Befolkningen har fram til nå ønsket heving av vraket for å eliminere en potensiell framtidig miljørisiko. Så langt har det vært lite tillit til at tildeckingsalternativet gir de ønskede effektene i et langsiktig perspektiv. Miljørisikoen ved gjennomføring av tiltak, og spredningen av kvikksølv under gjennomføring av tiltak er tillagt mindre vekt i den offentlige debatten som har foregått i lokalbefolkningen. Hvorvidt det skal tas hensyn til lokalbefolkningens opplevelser av langsiktig risiko, og hvordan denne skal veies i forhold til eksponering for økt kortsiktige risiko, er i første rekke et normativt spørsmål.

Objektiv kontra opplevd risiko

Manglende tillit og trygghet i befolkningen vil imidlertid kunne betraktes som en tilleggskostnad for tildeckingsalternativet. Kostnadene ved en eventuell uønsket hendelse ved hevingsalternativet rangeres likevel som større. Usikkerhet om sannsynligheten for hendelser med betydning for den kortsiktige miljørisikoen er vurdert som stor for hevingsalternativet (alternativ 2) og litt mindre for alternativet med heving av last (alternativ 3). Den objektive miljørisikoen for lokalbefolkningen er lavest i alternativ 1. Vi har ikke funnet grunnlag for å kunne rangere eller veie opplevd risiko i forhold til den objektive risikoen. Vurdert i forhold til tiltakets samfunns- og effektmål er det imidlertid kun den objektive miljørisikoen og som er relevant. Hvorvidt befolkningens opplevelse av trygghet og preferanser i forhold til

løsningsvalg skal tillegges vekt, er et politisk spørsmål.

Eksterne effekter for næringsvirksomhet

Eventuell eksterne effekter for lokal næringsvirksomhet kan ha noe betydning, men omfanget er vurdert som lite i en samfunnsøkonomisk forstand. For næringsvirksomheten på Fedje kan det imidlertid ha betydning. Det influerte området vil være avstengt i samtlige alternativer. Tilgjengeligheten til området varierer dermed ikke mellom alternativene. Vilkår for fiskeri- og havbruksnæringer vil påvirkes av miljøtilstanden i området på lang sikt. Tiltakene i alternativ 1, 2 og 3 gir som vist foran tilnærmet samme miljøtilstand på lang sikt, mens nullalternativet forventes å gi en dårligere miljøtilstand, og dermed også en potensiell negativ effekt for fiskeri- og havbruksnæringen på lang sikt. Reiselivsnæringen vil også kunne berøres av miljøtilstanden og forringe verdien av reiselivsproduktet "ren natur".

Følgende tabell gir en oppsummering av betydning, omfang og rangering av alternativene mht eksterne effekter med betydning for lokalmiljøet.

Virkning	Eksterne effekter med betydning for lokalmiljøet
Betydning	Stor betydning for lokalbefolkningen på Fedje, men mindre samfunnsøkonomisk betydning.
Omfang	Omfanget avhenger av mengden kvikksølv som spres. Betydningen for næringsvirksomheten er liten som følge av det i dag er lite næringsvirksomhet i området som berøres.
Konsekvens og rangering	Liten til ubetydelige konsekvens Alternativ 1, 2 og 3 vurderes som likeverdige, mens nullalternativet rangeres som dårligst.

Tabell 3.8 Eksterne effekter på lokalmiljøet – Betydning, omfang og rangering av alternativene

3.6.4 Oppsummering og samlet vurdering av ikke prissatte effekter

Det er i dag knyttet stor skepsis til forurensningsfaren fra U-864. Usikkerhet i forhold til nåværende og fremtidig kvikksølvspredning skaper utrygghet blant lokalbefolkningen. Det er ikke gjort forsøk på å kvantifisere verdien av å redusere denne frykten, da dette er en normativ vurdering.

Forutsatt at gjennomføringen av tiltakene er vellykket, er alle alternativene vurdert å oppfylle resultatmålene. Alle faglige vurderinger og erfaring tilsier at tildekking gir en effektiv og evigvarende isolering, slik at miljørisikoen på lang sikt ikke er vesentlig forskjellig mellom alternativene.

Alternativ 1 kommer best ut i vurderingen av de ikke prissatte effektene

I forhold til den langsiktige miljørisikoen er alternativene – gitt at operasjonen er vellykket – vurdert som likeverdige (alle tiltakene vurderes å gi effektiv beskyttelse mot kvikksølv).

Utover dette trekker de ikke prissatte effektene, med ett vesentlig

unntak, til fordel for alternativ 1, og styrker dermed dette alternativet som anbefalt tiltak.

Unntaket er knyttet til lokalbefolkningens tillit. Her trer heving av hele vraket frem som det foretrukne alternativet. Hvorvidt denne verdien skal tas hensyn til er en politisk vurdering, og er derfor ikke ytterligere vektlagt i konklusjonen.

3.7 Opsjoner og fleksibilitet

Opsjonsverdi

En opsjonsverdi oppstår ved at beslutningstaker på et beslutningstidspunkt velger å ha flere alternativer åpne, for senere å velge ett alternativ eller avgrense beslutningsalternativene. Verdien i dette ligger i at man har muligheten til å endre kurs om det skulle dukke opp ny informasjon, eller ny teknologi, som tilsier det. I dette tilfelle kan det være at miljørisikoen og/eller kostnadene knyttet til et av alternativene endres vesentlig som følge av bedre teknologi.

I prinsippet kan en opsjonsverdi beregnes ved å estimere nåverdien av et prosjekt for ulike iverksettelsespunkt og tilstander. Denne type beregninger er ikke funnet relevante for dette prosjektet. Det er gjennomført søk for å kartlegge antall kvikksølvbeholdere med beliggenhet. Det vurderes ikke som sannsynlig at det vil fremkomme mer informasjon om mengde kvikksølv uten at det gjennomføres svært omfattende forundersøkelser. I de to hevingsalternativene er det lagt opp til dels omfattende forundersøkelser som muligens kan gi mer informasjon om mengde, gjenværende kvikksølvbeholdere, samt beholdernes tilstand og plassering. Beslutningen om en eventuell videre operasjon kan da endres. Muligheten til å tilpasse endelig beslutning om løsningsalternativ til resultatene av forundersøkelsen gir en beslutningsfleksibilitet som kan gi alternativene en merverdi ved at risikoen reduseres.

Fleksibilitet

Fleksibilitet kan i dette prosjektet defineres som muligheten til å endre kurs eller å bøte på skade. Dersom miljørisikoen forårsaket av uforutsette hendelser kan reduseres gjennom avbøtende tiltak, vil dette øke fleksibiliteten i alternativet. I dette prosjektet er det først og fremst tildekking som anses som et reelt avbøtende tiltak.

Alternativ 1 åpner for muligheten til å gjøre ytterligere tildekking dersom det i etterkant skulle skje en utglidning av sjøbunnen eller andre hendelser som forårsaker økt spredning. Med langsiktig overvåkning vil derfor korrigerende tiltak raskt kunne iverksettes.

Fleksibiliteten i alternativ 2 er ansett å være lavere enn i tildekkingsalternativet, da man ikke vil ha de samme mulighetene til å bøte på ulykker eller spredning i forbindelse med selve

hevingen. Der er også teknisk vanskelig å avbryte en hevingsoperasjon underveis i løftet, og det kan få store konsekvenser dersom problemer oppstår.

Alternativ 3 har høy grad av fleksibilitet under utførelse, da man enkelt kan fortsette med tildekking dersom det ikke er fysisk mulig å få tilgang til hele kjølen. I forhold til tap av kvikksølv under selve hevingen vil imidlertid muligheten for avbøtende tiltak være mindre forskjellig fra alternativ 2.

Totalt sett er derfor fleksibiliteten vurdert å være størst i prosjektalternativ 1. Nullalternativet kan, slik det ofte er tilfellet for slike alternativ, betraktes som et utsettelsesalternativ der mulighetene for en senere realisering av de øvrige alternativene holdes åpen i 10 år. Deretter vil det være en risiko for at vraket og beholdernes tilstand kan utelukke alternativ 2 og 3. Dersom nullalternativet velges som et utsettelsesalternativ og mulighetene for senere realisering av noen av hevingsalternativene skal holdes åpen, kreves det nærmere undersøkelser av vrak og last for å vurdere om alternativ 2 og 3 er gjennomførbare etter 10 år.

Høy fleksibilitet i nullalternativet, men liten verdi i å avvente tiltak

Dersom nullalternativet velges, vil man alltid kunne utføre tildekking senere. Dette kan ses på som en verdi dersom man får økt kunnskap eller det utvikles bedre teknologi som gjør tildekkingen mer effektiv eller mindre kostbar. Tildekking er også et mulig avbøtende tiltak dersom en av hendelsene i nullalternativet inntreffer, hvor utglidning av sjøbunnen og lekkasje av kvikksølv fra beholdere er de mest relevante.

Videre har man i nullalternativet en opsjon i form av muligheten for heving senere. Utviklingen i vrakets tilstand gjør imidlertid at man i dag ikke kan vurdere hevingsmuligheten lenger enn 8-10 år frem i tid. Dette skyldes at det er en viss risiko for erosjon, som kan gjøre vrakfraksjonene svakere, og dermed redusere mulighetene for heving på et senere tidspunkt.

Alternativ 1 mer fleksibelt enn hevingsalternativene

Tildekking er også en opsjonsmulighet dersom det ved utlegging av dekklag i alternativ 1 skjer en utglidning av sjøbunnen eller en kollaps av vrakdelene, med påfølgende spredning eller eksplosjon. Med langsiktig overvåkning vil korrigerende tiltak kunne iverksettes dersom dette er nødvendig, og dermed minimere risikoen for spredning av kvikksølv på lang sikt.

I alternativ 2 har man ikke de samme retrettmulighetene dersom det skulle skje en ulykke i forbindelse med hevingen. Dersom kvikksølv renner ut, eller kvikksølvbeholdere faller ut av lasten under heving, vil det være vanskelig å hindre at dette spres ut på sjøbunnen. Selv om man også i alternativ 2 vil gjøre tiltak for å redusere risikoen knyttet til forurenset sjøbunn, vil det være vanskelig å bøte på uønskede hendelser i forbindelse med selve

hevingen. (En heving av U-864 innebærer en rekke kritiske operasjonssteg som kan medføre uhell og føre til spredning av betydelige mengder kvikksølv. En slik spredning kan vanskeliggjøre effektive miljøtiltak og dermed kan tilgjengeligheten av kvikksølv for vannlevende organismer øke også på lang sikt, selv om deler av kvikksølvet er hentet opp.)

Tildekkingsalternativet er derfor vurdert å være langt mer fleksibelt enn hevingsalternativet.

I alternativ 3 er det vanskelig å forutse arbeidsomfanget under operasjonen, da det er ukjent hvor mye kvikksølv som kan hentes opp. Dette alternativet har imidlertid høy grad av fleksibilitet under utførelse, da man enkelt kan fortsette med tildeking dersom det ikke er fysisk mulig å få tilgang til hele kjølen. I forhold til tap av kvikksølv under selve hevingen vil imidlertid muligheten for avbøtende tiltak være mindre forskjellig fra alternativ 2.

3.8 Rangering av tiltaksalternativene basert på kostnads-virkningsanalysen

Tildekkingsalternativet best

Kostnads-virkningsanalysen viser at alternativ 2 er det desidert mest kostnadskrevende alternativet. Dette alternativet har også høyest miljørisiko på kort sikt, med tilhørende høyest risiko for personell ved gjennomføring av tiltak. Dette er dermed det dårligste alternativet. Heving av last kommer noe bedre ut, både mht kostnader og øvrige virkninger.

Tildekkingsalternativet rangeres som nummer 1, både som følge av laveste tiltakskostnader og som følge av at alternativet også har lavest miljørisiko på kort sikt. På lang sikt vil samtlige alternativer realisere målene som er satt for ønsket miljøtilstand. Den langsiktige miljørisikoen vil også være tilnærmet lik i tiltaksalternativene. I tildekkingsalternativet vil opsjonen for senere heving falle bort. Verdien av dette vurderes som liten. Fleksibiliteten til å kunne gjennomføre avbøtende tiltak i form av etterinvesteringer for å bedre miljøtilstanden på lang sikt dersom forventet resultat ikke oppnås, er tilnærmet lik i alle alternativene.

Fleksibiliteten til å endre kurs under gjennomføringen av tiltaket vurderes som minst i alternativ 2.

Kostnads-virkningsanalysen gir dermed følgende rangering av tiltaksalternativene:

Effekter i forhold til nullalternativ	Alternativ 1 - tildekking	Alternativ 2 - heving av vrak	Alternativ 3 - heving av last
Miljøtilstand (dvs lav miljørisiko) <ul style="list-style-type: none"> • Lang sikt • Kort sikt 	+++ (-)	+++ ---	+++ --
Risiko for personell	0	--	-
Håndtering av levninger	0	+	0
Eksterne effekter på lokalmiljøet	0	0	0
Opsjonsverdier og fleksibilitet <ul style="list-style-type: none"> • Kort sikt • Lang sikt 	(-) 0	--- 0	-- 0
Samfunnsøkonomisk kostnad i forhold til nullalternativ	420 mill	1140 mill	890 mill
Rangering av alternativene der 1 er best	1	3	2

3.9 Anbefalt alternativ kontra nullalternativet

Tiltakskostnader på snaue 150 kr per gram kvikksølv

Vi har så langt ikke sammenliknet det beste prosjektalternativet, alternativ 1 Tildeking, med nullalternativet. Her er forholdet at Tildeking forhindrer ca. 3 kilo årlig utlekking av kvikksølv i ubegrenset lang tid. Dersom en legger et tusenårsperspektiv til grunn, er det snakk om å spare 3 tonn kvikksølv. Den samfunnsøkonomiske kostnaden for dette er beregnet til 420 millioner kroner. Enkel hoderegning tilsier at kostnaden utgjør snaut 150 kroner per gram. En kostnads-virkningsanalyse kan ikke avgjøre om dette er en kostnad samfunnet bør akseptere. Et mulig holdepunkt kunne en få ved å sammenlikne med hva samfunnet har betalt for lavere kvikksølvutslipp tidligere.

Kvikksølv fra tannlegekontor 1-2 kroner per gram

Blant annet er det vurdert tiltak for å fange opp kvikksølv fra tannlegekontorer. ECON (2007) anslo kostnadene ved å montere og drive amalgamutskillere til i størrelsesorden 1-2 kroner per gram kvikksølv.

Sanering av kvikksølv fra ledningsnett 147 kroner per gram

Et annet tiltak som har vært vurdert er å sanere akkumulerte kvikksølvmengder i det interne ledningsnettet i tannklinikker. Svenske data indikerer at det over tid er blitt lagret til dels betydelige mengder kvikksølv i dette nettet, spesielt hos de tannklinikkene som har drevet siden før påbudet om amalgamutskillere kom. I SFT (2004) indikeres det at det kan være

så mye som ca. 400 kg kvikksølv i disse rørene, som gradvis vil lekke ut med avløpsvannet. Pilotforsøk med kvikksølvsanering viser en kostnad på 147 kr per gram kvikksølv samlet opp.

Tiltakskostnader på 430 kroner per gram for dyrt i følge Klif

Til sammenligning slipper selskapet Norfrakalk ut 3,6 kilo kvikksølv i året ved full drift. I 2007 var de samlede norske kvikksølvutslippene på rundt ett tonn. Innen 2020 er målsettingen at utslippene skal være redusert til null¹⁵.

Norfrakalk har også utredet hva det vil koste å rense bort alt kvikksølvet gjennom et kullfilter¹⁶. Det vil ha en kostnad på 430 kr per gram. Dette var en pris Statens forurensningstilsyn (i dag Klima- og forurensningsdirektoratet) konkluderte med at ble for dyr, med begrunnelse at det er billigere å rense kvikksølv andre steder.

Lønnsomheten må vurderes i forhold til spredning og kostnad ved andre tiltak

Et annet moment i denne sammenligningen er at kvikksølvet fra U-864 slippes ut på dypt vann. Myndighetene har uttalt at kvikksølvutslippene fra Norfrakalk ikke er så konsentrerte at de er til fare for mennesker. For å vurdere lønnsomheten av å redusere utslippene fra ubåtvraket må man derfor ta i betraktning hvordan utslipp til vann skiller seg fra utslipp til luft, konsentrasjon og akkumulering i næringskjeden; samt hvordan kostnaden på 150kr/gram relaterer seg til kvikksølvrensing andre steder.

Regjeringen har fattet vedtak om at det skal gjennomføres tiltak for å redusere miljørisikoen mest mulig. Tiltaket skal bidra til at forurensningsnivået i sjømat, vannsøylen og i sedimentene fra området ligger på nivå tilsvarende det som er typisk for den nordlige delen av Nordsjøen. Prisen for dette målet er i underkant av 150 kroner per gram kvikksølv. Hvorvidt kostnadene forsvarer nytten i dette prosjektet er en politisk vurdering.

¹⁵ <http://www.regjeringen.no/upload/kilde/md/rap/2005/0003/ddd/pdfv/242927-handlingsplan-kvikksolv.pdf>

¹⁶ http://www.norfrakalk.no/files/Medieomtale/100811_3,6%20kg_kvikksolv_i_aret.pdf

4 Tidligere vurderinger av U-864

Tidligere utredninger

Siden ubåtvraket ble funnet i 2003 er det gjort flere utredninger i forbindelse med U-864. Nedenfor gjennomgås de viktigste vurderingene og anbefalingene fra disse rapportene.

DNV ble i 2007 tildelt oppdraget med å utrede hevingsalternativet, samt å gi en anbefaling om hva som vurderes som det beste miljøtiltaket av tildekkings- og hevingsalternativet. Etter en samlet vurdering basert på et sett av kriterier, kom DNV med denne anbefalingen¹⁷:

“Den tekniske evalueringen av hevingsalternativet og tildekkingsalternativet har vist at tildekkingsalternativet vil være et bedre miljøtiltak ved U-864 enn hevingsalternativet. Tildekkingsalternativet har større sannsynlighet for en vellykket gjennomføring som hindrer fremtidige negative effekter for mennesker og miljøet enn hevingsalternativet.”

Tildekkingsalternativet ble rangert over hevingsalternativet både når det gjaldt personellsikkerhet, operasjonell gjennomførbarhet, fleksibilitet og forurensning på kort sikt. I forhold til forurensning på lang sikt ble de to alternativene vurdert som likeverdige.

Også NIVA anbefaler at ubåten ikke heves på grunn av betydelig fare for ukontrollert spredning av kvikksølv til omgivelsene (se blant annet NIVA 2005a og 2006b). De mener at ubåten bør innkapsles på stedet og at de mest forurensede områdene rundt vraket dekkes til med rene masser.

I rapporten utarbeidet av Kystdirektoratet i 2006¹⁸ frarådes heving på bakgrunn av at:

- Den ustabile havbunnen i tiltaksområdet vil vanskeliggjøre en heving
- Tilstanden på lasten er ikke kjent, og det vil være fare for å forurense nye områder ved en slik operasjon
- Fjerning av torpedoer antas å ha lav risiko, men konsekvensene ved en eksplosjon vil være fatale for personell og miljø
- Selv ved en vellykket heving er det usikkert om

¹⁷ DNV (2008): U-864 Vurdering av hevingskonsept: http://www.kystverket.no/arch/_img/9818176.pdf

¹⁸ Kystdirektoratet (2006): Rapport – Anbefaling om slutttiltak ved vraket av U-864. Utarbeidet av Kystdirektoratet på oppdrag fra Fiskeri- og kystdepartementet, 2006

miljøgevinsten på sikt vil være særlig mye større enn ved kun å tildekke vrak og havbunn

Når det gjelder alternativ 3 (heving av kvikksølvbeholdere og tildekking av vrak og forurenset sediment) frarådes også dette ut fra de erfaringene som er samlet gjennom arbeidet i 2005 og 2006. Dette begrunnes i at:

- Massene i området er ustabile. Et slikt tiltak ville satt store krav til sikringstiltak og gjennomføring
- Omfattende arbeid i det flekkvis meget sterkt forurenset området med strøm er ikke å anbefale på grunn av faren for å spre forurensningen til nye områder
- Kostnadene er usikre, men på bakgrunn av ulike innspill anslås de å være i samme størrelsesorden som en heving

Robust rangering

Resultatene fra tidligere utredninger viser at rangeringen basert på kostnads-virkningsanalysen er robust og har støtte i tidligere utredninger.

5 Konklusjoner og anbefalinger

Basert på den samfunnsøkonomiske analysen ovenfor, samt tidligere vurderinger og faglige utredninger, gis følgende vurdering av prosjekttiltakene:

Nullalternativet innfrir ikke målene

Vrakseksjonen er identifisert som en risiko med potensielle skadevirkninger for miljøet på kort og lang sikt. Et betydelig område er klassifisert som sterkt forurensset, og det er påvist opptak av kvikksølv i bunnlevende organismer.

Uten tiltak vil ikke miljørisikoen reduseres vesentlig på sikt.

Det er liten sannsynlighet for at det vil skje en naturlig tildeking over tid, og verdien av å vente anses som lav.

Det er også en betydelig fare for økt spredning og utlekking i fremtiden. Dette skyldes først og fremst at skråningen der fremparten av ubåten ligger har dårlig stabilitet, slik at det skal lite til av forstyrrelser før det skjer en utglidning. Korrosjon av vrak og beholdere innebærer også en risiko.

Tildeking gir effektiv isolering på lang sikt

Ved tildekkingsalternativet blir vraket liggende på havbunnen under to lag med tildekkingsmasser som beskytter mot utlekking. Dette dekklaget er ansett som effektivt i forhold til å sikre mot spredning av kvikksølv, slik at miljørisikoen også på lang sikt vil være lav.

Dersom tildeking gjøres geoteknisk forsvarlig er risikoen for økt utlekking mindre forskjellig fra nullalternativet. Tildekkingslaget vil dessuten dempe miljøkonsekvensene dersom det skjer uønskede hendelser, slik at en eksplosjon eller en utglidning vil få mindre skadevirkninger enn i nullalternativet.

Hevingsoperasjonen innebærer betydelig fare for spredning på kort sikt

Miljørisikoanalysen gir en klar indikasjon på at heving av ubåtvraket har størst miljørisiko på kort sikt. Det fysiske arbeidet på havbunnen innebærer betydelig fare for oppvirvling av forurensede masser, samtidig som selve hevingsoperasjonen vil gi utlekking av en ukjent mengde kvikksølv.

Den største fordelene med alternativ 2 er at man får fjernet forurensningskilden med unntak av allerede forurensede sedimenter. Dette alternativet har også hatt størst tillit og støtte i lokalbefolkningen fram til nå.

Alternativ 3 minst utredet

En kombinasjon av heving av lasten og tildeking er det alternativet som tidligere har vært minst utredet. Det er vanskelig å forutse arbeidsomfanget i dette alternativet, da det er ukjent hvor mye kvikksølv som kan hentes opp. Alternativet har imidlertid høy grad av fleksibilitet under utførelse, da man enkelt kan fortsette med

tildekking dersom det ikke er fysisk mulig å få tilgang til hele kjølen.

På kort sikt er miljørisikoen i alternativ 3 knyttet til spredning av kvikksølvforurenset masse under mudringsarbeidet for å få tilgang til kjølen.

Sammenlignet med heving av hele vraket er alternativ 3 ansett å ha lavere miljørisiko, da delene som heves er mindre og sannsynligvis ikke inneholder sprengstoff. Det vil også være mindre fare for lekkasje av kvikksølv under løftingen enn i alternativ 2.

Sammenlignet med tildekkingsalternativet er imidlertid risikoen vurdert å være høyere.

Kostnadmessig ligger alternativ 3 noe lavere enn alternativ 2, men er signifikant dyrere å gjennomføre enn tildekkingsalternativet.

Alternativ 1 anbefales

Totalt sett taler både de prissatte og de ikke prissatte effektene til fordel for alternativ 1.

Ved både tildekking- og hevingsalternativet tar man utgangspunkt i at sjøbunnen skal etterlates i en tilstand der kvikksølvet fra U-864 er gjort tilnærmet utilgjengelig for vannlevende organismer. Dette oppnås ved at den forurensete sjøbunnen rundt vraket dekkes til uavhengig av hvilket tiltak som velges.

Tidligere utredninger og gjennomførte modellberegninger – tilsier at tildekking gir en effektiv isolering og er et permanent og evigvarende miljøtiltak. Tildekking vil derfor være et likeverdig alternativ mht. den langsiktige miljørisikoen. Da hevingsalternativene gir en vesentlig høyere risiko på kort sikt, samtidig som de er betydelig mer kostbare, fremstår tildekking som et bedre alternativ.

Selv om hevingsalternativet vil gi mindre restmengde av kvikksølv på havbunnen, oppveies ikke dette av den økte risikoen. En heving av U-864 innebærer en rekke kritiske operasjonssteg som kan medføre uhell og føre til spredning av betydelige mengder kvikksølv. En slik spredning kan vanskeliggjøre effektive miljøtiltak og dermed kan tilgjengeligheten av kvikksølv for vannlevende organismer øke også på lang sikt, selv om deler av kvikksølvet er hentet opp.

Utover miljørisikoen og de direkte verdssatte effektene er alternativ 1 også rangert over de andre alternativene når det kommer til ikke-prissatte faktorer.

Tildekkingsalternativet er vurdert å ha mindre operasjonell usikkerhet og større sannsynlighet for en vellykket gjennomføring enn hevingsalternativet. Også fleksibiliteten er større i alternativ 1.

**Tiltakskostnad 150
kroner per gram
kvikksølv**

Tiltakskostnadene for å innfri det fastsatte miljøstandardmålene er på i underkant av 150 kroner per gram kvikksølv dersom alternativ 1 velges. I og med målene for tiltaket er politisk bestemt, og det også er besluttet at det skal gjennomføres tiltak for å realisere de fastsatte målene, er det ikke gjort nærmere vurderinger av nyttesiden. Tiltak for å fange opp kvikksølv fra tannlegekontor er anslått å koste 1-2 kroner per gram. Andre gjennomførte pilotprosjekt har hatt tilsvarende tiltakskostnader som er anslått i alternativ 1.

6 Referanser

DNV (2008a): Salvage of U-864 - Supplementary studies - Study No. 11: Assessment of future spreading of mercury for the capping alternative. Report No.:23916-11.

DNV (2008b): Salvage of U-864 - Supplementary studies -Study No. 2: Explosives. Report No.: 23916-2.

DNV (2008c): Salvage of U-864 - Supplementary studies -Study No. 1: Corrosion. Report No.: 23916-1.

DNV (2008d): Salvage of U-864 - Supplementary studies – Risk related to mercury leakage during salvage and relocation. Report No.: 23916-10.

DNV (2008e): Salvage of U-864 - Supplementary studies – The Midship Section. Report No.: 23916-4

DNV (2008f): Salvage of U-864 - Supplementary studies -Dredging. Report No.: 47123916-5

ECON (1997): Costs and benefits from treatments of mercury waste. Report 20/97

Finansdepartementet (2005): Veileder i samfunnsøkonomiske analyser. September 2005.

Finansdepartementet (2005): Veileder i samfunnsøkonomiske analyser

Geoconsult (2006): Sluttrapport U-864 – Fase 2 2006 Kartlegging og fjerning av kvikksølvforurensning. Dokumentnr.: 14021-SUR-015-00001-06C.

Geopartner (2007): Submarine Wreck U-864. Encapsulation of Wreck and Capping of Contaminated Seabed. Geotechnical Design and Guidelines for Installation. Report No 11970, rev 3, 27 April 2007.

Holte Consulting (2011): Usikkerhetsanalyse KVU U-864. Vedlegg til Konseptvalgutredning U-864.

Ingenium (2010): ROV-metodikk for å håndtere kvikksølvforurensning fra U-864. Dok.nr.: 10-834-R-001, datert: 29.10.2010. Revisjon: 02

Klif (1997): Klassifisering av fjorder og kystfarvann. Veiledning. TA 1467/1997. Statens forurensningstilsyn (nå Klima og forurensningsdirektoratet (Klif)).

Klif (2007): Veileder for risikovurdering av forurenset sediment/Guidelines for risk assessment of contaminated sediments. ISBN-nummer 978-82-7655-538-7. TA-nummer 2230/2007. Statens forurensningstilsyn (nå Klima og forurensningsdirektoratet (Klif))

Klif (2007b): Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sediment. Ta: 2229/2007. Statens forurensningstilsyn (nå Klima og forurensningsdirektoratet (Klif)).

Kystverket (2011): Konseptvalgutredning for håndtering av U-864 (under arbeid, vil publiseres i 2011).

NGI (2006): Kartlegging og fjerning av kvikksølvforurensning U-864. Geotekniske undersøkelser og vurderinger. NGI-rapport 20061348-1. Datert 6. november 2006.

NGI (2010): Konseptvalgutredning for håndtering av U-864. Miljørisikoanalyse som grunnlag for alternativanalyse for U864. NGI 27.desember 2010

NIFES (2010): Kvikksølvinnhold i fisk og sjømat ved vraket av U-864 vest av Fedje. Nye analyser i 2009 og sammenligning med data fra perioden 2004 til 2008. Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning. Rapport datert: 4. mars 2010.

NIVA (2005a): "Miljøkonsekvensvurdering av kvikksølv ved sunket ubåt U-864, Fedje i Hordaland. Fase 1. Kvikksølvkartlegging" (in Norwegian with English summary). Client: NCA. NIVA report 5022-2005.

NIVA (2005b): "Miljøovervåking, sedimentkartlegging og miljørisikovurdering knyttet til Fase 1 kartlegging og fjerning av kvikksølvforurensning ved U-864" (in Norwegian with English summary). Client: Geoconsult. NIVA report 5092-2005.

NIVA (2005c): "Utlekking og bioakkumulering av kvikksølv fra sedimenter nær U-864, Fedje i Hordaland. Resultater fra eksperimentelle undersøkelser" (in Norwegian with English summary). Client: NCA. NIVA report 5089-2005.

NIVA (2006a): "Miljøovervåking, strømundersøkelser, sedimentkartlegging og vurdering av sedimenttildekking – Fase 2 kartlegging ved U-864 høsten 2006" (in Norwegian with English summary). Client: Geoconsult. NIVA report 5279-2006.

NIVA (2006b): "Vurderinger av tildekking av forurensede sedimenter, innkapsling av vraket, mudring og tiltakskostnader knyttet til vraket av U-864" (in Norwegian with English summary). NIVA report 5278/2006.

SFT (2004): Stoff for stoff – kilde for kilde. Kvikksølv i avløpsnett. Rapport TA-2039/2004. Klima- og forurensningsdirektoratet.

SFT (2007): Veileder for risikovurdering av forurenset sediment (TA-2230/2007): <http://www.klif.no/publikasjoner/2230/ta2230.pdf>

Vedlegg 1: Utelatt alternativ

Mudring utelatt som eget alternativ

I tillegg til de utredede alternativene er mudring vurdert og forkastet som et reelt alternativ. Mudring er i dette prosjektet begrenset til det som er nødvendig for å komme til vraket for inspeksjon og eventuelt uthenting av kvikksølv fra vraket, samt "hot-spot" mudring rundt vraket i alternativ 2 og 3.

Miljømudring er en teknikk som kan anvendes i tilfeller der man av miljømessige eller tekniske hensyn ikke kan la sedimentene ligge urørt eller der tildekking ikke kan benyttes (NIVA 2006b). Mudring benyttes generelt på begrensede flater, primært "hot spots", og der det er behov for utdyping.

Stor fare for spredning og høye kostnader

I forhold til tildekking er miljømudring et langt mer risikabelt tiltak. Mudring gir svært ofte en restforurensing, samtidig som det er det vanskelig å unngå en omfattende spredning av finpartikulært materiale under selve mudringsoperasjonen. Dette er spesielt en utfordring når det skal mudres på stort vanddyp og det er sterke bunnstrømmer i området.

Ved en eventuell mudringsoperasjon ved vraket av U-864 kan det være en risiko for at forurensede sedimenter som ligger utenfor selve mudreområdet transporteres med bunnstrømmer inn i det mudrede området. I tillegg er mudring av et større område svært kostbart, slik at både miljø- og kostnadshensyn taler for å forkaste et rent mudringsalternativ.