



ARENDALE KOMMUNE

NETTVERK 13 - INFRASTRUKTUR

FYLKESMANNEN I AUST- OG VEST-AGDER
Postboks 788 Stoa
4809 ARENDAL

Dato: 11.12.2017
Vår ref: 17/12239-1
Deres ref:
Arkivkode:
Saksbeh.: Helene Thygesen
Tlf. 37013799

Lillian Raudsandmoen

Søknad om tiltak i vann, Kittelbukt, Pollen og Barbubukt, Arendal kommune

Arendal kommune søker med dette om tillatelse til manuell fjerning av skrot og tildekking av forurensede bunnsedimenter i Kittelsbukt og Pollen. Barbubukt skal overvåkes videre for å finne ut om det er nødvendig med tildekking. Se vedlagte rapporter.

Bakgrunn for søknad

Havneområdene i Arendal er et av de 17 prioriterte områder for opprydning på landsbasis. De fire områdene som skal ryddes opp i Arendal er Eydehavn, Kittelbukt, Pollen og Barbubukt. Eydehavn er ferdig, nå står Pollen og Kittelbukt for tur. Havbunnen på tiltaks plassene skal ryddes for skrot opptil en viss størrelse og etterpå tildekkes med sand. Barbubukt skal overvåkes og undersøkes videre da det må undersøkes mer om tildekking er den beste løsningen her. Det ble i 2016 startet på jobben med å tildekke Kittelsbukt, men arbeidet måtte avlyses og utsettes pga problemer i anbudsprosessen. Etter dialog med Miljødirektoratet fremstår det hensiktsmessig at tiltaket i de to områdene Kittelsbukt og Pollen utføres samtidig, da de ligger i umiddelbar nærhet til hverandre og man da kan redusere anleggskostnader.

Det vises til tiltaksplaner for forurenset sjøbunn for Kittelsbukt (NIVA 2008) og Pollen (2017). Tiltaksplanen for Kittelsbukt fra 2008 inneholder ikke en beskrivelse av tiltaksutføringen og det er derfor laget en egen tiltaksbeskrivelse sjø for Kittelsbukt (Multiconsult 2017). Det er utarbeidet en risiko og tiltaksvurdering for Barbubukt (Multiconsult 2017) som fastslår at det må gjøres flere undersøkelser da det er usikkert om sedimentene kan reetableres eller må tildekkes. Det må bli undersøkes hvor mye finstoff det er i steinfyllingen.

Opplysninger om søker og tiltakshaver:

Arendal kommune er tiltakshaver. Tiltakene utføres av enheten Kommunalteknikk og geodata med bistand fra eksterne konsulenter og entreprenører. De eksterne tjenestene skal utlyses ved anbud. Det skal innleies en konsulent som bistår med prosjektledelse, anbudsprosess og etterfølgende miljøundersøkelser for selve tiltaket.

Beskrivelse av tiltaksområder:

Kittelsbukt:

Er en kileformet ca 200 meter lang og 100 meter bred bukt som strekker seg mot nordøst innover mot Arendal sentrum vest for Tyholmen. Bukta er omkranset av bymessig bebyggelse. Dybden av munningen av bukta er ca 18 m.

Kystlinjen i indre del av Kittelsbukt består av delvis utfylte og bebygde områder og berg i dagen. Både

Kontaktinformasjon:	www.arendal.kommune.no	Telefon:	+47 37 01 30 00
Postadresse:	Postboks 123, 4891 GRIMSTAD	E-post:	postmottak@arendal.kommune.no
Besøksadresse:	Sam Eydes plass 2, 4836 ARENDAL		
Org.nr.:	940493021		

vestlig og østlig side er utbygd med småbåthavner (både offentlig og private), som kan benyttes av båter under 40 fot. I ytre del av Kittelbukt på Tyholmen ligger Arendals gjestehavn med bla basseng og sandstrand med tilført skjellsand. Tiltaksområdet har et areal på ca. 34 000 m²

Opprydningen i Kittelsbukt var opprinnelig planlagt med oppstart i 2016, men ble utsatt som følge av problemer med anbudsprosess og det ble derfor ønskelig å samkjøre tiltaket i Kittelsbukt og Pollen.

Pollen:

Pollen ligger i sentrum av Arendal by og er omgitt av restauranter, butikker og leiligheter. Havneområdet er populært for fritidsbåter i sommerhalvåret. Indre del av Pollen er beregnet på mindre båter og er forbeholdt gjestefartøy. Også østre side av ytre del (Langbrygga) er forbeholdt gjestefartøy, men her kan også større båter legge til. Vestre side (Jektekaia, gamle Tollbukaia og Kalleviksbrygga) er forbeholdt passasjerferger og rutebåter. Herfra går det også taxibåter og turistbåter i sommersesongen. Tiltaksområdets areal er ca 12 600 m³.

Dagens forurensningssituasjon:

Tiltaksbeskrivelse sjø, Kittelsbukt: Analyser av porevann viser overskridelse av PNEC for arsen, bly, kobber, sink, TBT og for flere PAH forbindelser. Det ble påvist AS og Pb i TK III, Zn i TK III og IV, Hg i TK II og IV og Cu i TK V. Det er ingen vesentlige endringer i forurensningssituasjonen sammenlignet med prøvetaking utført i 2005 og 2007.

Tiltaksplan forurenset sjøbunn Pollen: Det ble ikke påvist metaller over TK II i innerste del av Pollen. For ytterste del av Pollen ble det påvist overskridelser av TK II for Pb, Cu og Zn. Både indre og ytre del av Pollen hadde overskridelser av TK II for PAH, PCB og TBT.

Søker om foreslåtte tiltak iht risiko- og tiltaksvurdering Barbubukt og tiltaksplan forurenset sjøbunn Pollen:

Kittelsbukt: Skrot skal fjernes i størst mulig grad før utlegging av sand. Det er fem båtvrak i Kittelsbukt, disse vil vi la ligge pga stor fare for oppvirvling av forurensning ved fjerning. Tildekkingen må utføres i minimum to omganger, og det må en dykker ned i mellom de to lagene for å sjekke om det er felter som må dekkes ekstra i andre runde. Det er foreslått utspyling for å legge sanden ut, da splitlekter ikke er egnet på grunne områder som i Kittelsbukt. Utleggingen skal starte på dypeste punkt og fortsette til grunnere vann. Tildekkingsdesignet vist i Figur 1.

Lag	Minimumsmektighet	Type masse
Erosjonsbeskyttelse	10	$d_{50} \geq 10$ mm, $d_{90} \approx 30$ mm, eksempelvis 0/32 mm eller lignende
Bioturbasjonslag	Inngår i erosjonslag	-
Adveksjonslag	Inngår i erosjonslag	-
Kjemisk isolasjonslag	10	Middels sand til grov grus, eksempelvis 0/32 mm eller lignende
Blandingslag	10	Middels sand til grov grus, eksempelvis 0/32 mm eller lignende
Samlet mektighet	30	-

Figur 1. Tildekkingsdesign i Kittelsbukt.

Pollen: Synlig skrot skal fjernes, og Pollen skal tildekkes med sand, det er for grunt til at splitlekter kan

benyttes. Se Figur 2. for tildekningsdesign indre del av Pollen og Figur 3 viser tildekningsdesign ytre del av Pollen. Tildekningslaget skal, som for Kittelsbukta, legges ut i minimum to omganger.

Lag	Minimumsmektighet	Type masse
Erosjonsbeskyttelse	10	$d_{50} \geq 10$ mm, $d_{90} \approx 30$ mm, eksempelvis 0/32 mm eller lignende
Bioturbasjonslag	Inngår i erosjonslag	-
Adveksjonslag	Inngår i erosjonslag	-
Kjemisk isolasjonslag	10	Middel sand til grov grus, eksempelvis 0/32 mm eller lignende
Blandingslag	10	Middel sand til grov grus, eksempelvis 0/32 mm eller lignende
Samlet mektighet	30	-

Figur 2. Tildekningslag for indre del av Pollen

Lag	Minimumsmektighet	Type masse
Erosjonsbeskyttelse	10 cm	$D_{50} \geq 30$ mm, $d_{90} \approx 60$ mm, eksempelvis fraksjon 0/64 mm eller lignende
Bioturbasjonslag	Inngår i erosjonslag	-
Adveksjonslag	Inngår i underliggende filterlag	Middels sand til grov grus, eksempelvis 0/4, 0/8, 0/16, 0/32
Kjemisk isolasjonslag	10	Middels sand til grov grus, eksempelvis 0/4, 0/8, 0/16, 0/32
Blandingslag	10	Middels sand til grov grus, eksempelvis 0/4, 0/8, 0/16, 0/32
Samlet mektighet	30	-

Figur 3. Tildekningsdesign for ytre del av Pollen.

Kontroll og overvåking av utførelsen:

Det skal gjennomføres kontroll og overvåking av tiltaket før, under og etter gjennomføringen. Det skal plasseres ut én turbiditetsmåler ved Kittelsbukta som skal stå før, under og etter tiltaket, og én turbiditetsmåler i utkanten av Pollen. Det foreslås at det opereres med to alarmgrenser, én for hver gang det blir lagt ut sand: lav alarmgrense ved første utlegging +10 NTU i 20 min. Og en høy alarmgrense ved andre utlegging +20 NTU i over 4 timer.

Innen 4 uker etter endt tiltak skal det gjennomføres sluttkontroll ved hjelp av prøveinnsamling og kjemiske analyser for innhold av miljøgifter i overflatesedimentene (0-10 cm). Sedimentprøvene analyseres for minimumslisten i MD sin veileder M350. Analyseresultatene skal vise TK II, hvis ikke kan det være aktuelt med ekstra tildekking. Tildekningslaget skal årlig kontrolleres ved dykkerekspedisjoner eller med ROV. Dette på bakgrunn av erfaringer fra tilsvarende tildekningsprosjekt «Ren Havn» i Trondheim.

Tidsplan:

Arbeidet med å innhente konsulent som skal bidra som en prosjektleder er i gang. Konsulent skal hjelpe med anbudsprosess for å få inn utførende entreprenør, og oppfølging av selve tiltaket, også miljøoppfølging i ettertid. Konsulent skal være innhentet innen mars 2018. Etter dette går konsulent i gang med å få inn utførende entreprenør så tiltaket kan gjennomføres mellom 15 september 2018 og april 2019 og utenfor hensynsperioden 15 mai til 15 september. Denne fremdriftsplanen forutsetter tilsagn om midler fra Miljødirektoratet. Det er søkt midler om dette i oktober 2017.

Miljømål:

På grunn av sentrumsnær beliggenhet med mange diffuse kilder til forurensing foreslår Multiconsult på bakgrunn av Miljødirektoratets anbefalinger i andre opprydningsprosjekter at det skal være TK II de 4 første ukene etter tiltaket, og at man kan godta maksimum TK III på sikt.

Med hilsen

Helene Thygesen
Ingeniør

Brevet er godkjent elektronisk.

Mottakere: FYLKESMANNEN I AUST- OG VEST-AGDER
FYLKESMANNEN I AUST- OG VEST-AGDER v/ Lillian Raudsandmoen

Kopi til: NETTVERK 13 - INFRASTRUKTUR /v Ragnhild R Trønnes
NETTVERK 13 - INFRASTRUKTUR /v Knut Berg-Larsen
AL 07 - MILJØ (LA 21) /v Ragnhild Marie Hammer

Vedlegg:

Tiltaksbeskrivelse sjø, Kittelsbuk
Tiltaksplan forurenset sjøbunn Pollen
Risiko- og tiltaksvurdering Barbubukt
Tiltaksplan forurensete sedimenter Kittelsbuk

Tiltaksplan for forurensede sedimenter i Kittelsbukt, Arendal



Norsk institutt for vannforskning
Teknisk notat, Tiltaksplan Kittelsbukt, Arendal
03.06.2008

Tiltaksplan for forurensede sedimenter i Kittelsbukt, Arendal

Norsk institutt for vannforskning
Prosjekt O-27423

NIVA, Oslo, 03.06.2008



Torgeir Bakke
Seniorforsker, p

Innhold

Sammendrag	4
1. Innledning og bakgrunn	5
2. Beskrivelse av tiltaksområdet	6
2.1 Generelt	6
2.2 Nåværende og fremtidig bruksform	6
2.3 Forurensningssituasjon og -kilder	6
2.4 Kostholdsråd	7
2.5 Risikovurdering av sedimentene	7
2.6 Miljømål	8
3. Tiltaksplan	10
3.1 Supplerende kildekartlegging	10
3.2 Avgrensning av tiltaksområdet	10
3.3 Tilgjengelige tiltaksalternativer for sedimentene	10
3.4 Anbefalte tiltak knyttet til de lokale utbyggingene	11
3.5 Øvrige anbefalte sedimenttiltak for å oppnå miljømålene	11
3.6 Fjerning av skrot	12
3.7 Måloppnåelse	12
3.8 Kontroll og overvåking	12
4. Referanser	13

Sammendrag

Arendal kommune har gjennom Stærk & Co. Bedt Norsk institutt for vannforskning (NIVA) om å utarbeide tiltaksplan for bunnsedimentene i Kittelsbukta vest for Tyholmen i Arendal. Tiltaksplanen er utarbeidet på basis av tidligere undersøkelser av bunnsedimentene, skisser til utbyggingsplaner og målformuleringer i tiltaksplan for Arendal kommune. Sedimentene i Kittelsbukta er moderat til meget sterkt forurenset av metaller, spesielt kobber og kvikksølv, markert til meget sterkt forurenset av PCB og sterkt til meget sterkt forurenset av PAH og TBT. Forurensningen forekommer flekkvis. Sedimentene utgjør en uakseptabel risiko både for økologisk skade og skade på human helse.

Miljømål for bunnområdene i Kittelsbukta er at de ikke skal overskride SFTs tilstandsklasse II for miljøgifter marine sedimenter.

Anbefalte tiltak omfatter følgende:

- Supplerende analyser av miljøgiftprofil i sedimentene for nærmere avgrensning av tiltaksområdet i sørøst mot området utenfor ved.
- Avklaring om det kan finnes miljøgiftkilder av betydning på land på nordsiden av bukta, spesielt langs den ytre delen av Kittelsbukta.
- Manuell fjerning av større synlig skrot på sedimentoverflaten i hele tiltaksområdet.
- Tildekking av bunnsedimentene lang nordsiden av bukta ut til 5-10 m utenfor planlagt fremtidig kaifront med egnet, rent sandmateriale i tykkelse ca 20 cm, evt. i kombinasjon med fiberduk.
- Tildekking av øvrige deler av tiltaksområdet med ca 10 cm, egnet, rent sandmateriale.

Skisse til miljøkontrollprogram før, under og etter anleggsperioden omfatter:

- Løpende kontroll av spredning av forurensete partikler gjennom turbiditetsmåling og miljøgiftanalyser under utbygging på nordsiden av bukta og under gjennomføring av tildekkingen.
- Analyse av miljøgifter i lokale fastsittende organismer før og etter at utbygging og tiltak er gjennomført.
- Fysisk og kjemisk etterkontroll av tildekkingen for å stadfeste måloppnåelse.
- Miljøgiftanalyse av sedimentene etter anslagsvis 6-8 år for å bekrefte varighet av tiltaket.

1. Innledning og bakgrunn

I forbindelse med de fylkesvise tiltaksplanene for forurensede sjøsedimenter er det utarbeidet forslag til tiltaksplan i Arendal kommune (Fylkesmannen 2005). I denne er Kittelsbukta identifisert som et av de bynære områdene som utgjorde høyest risiko for human helse og økologi på grunn av sedimentforurensningen.

I forbindelse med Tiltaksplan for Arendal Fase 2 ble det påvist forurensning i sedimentene i Kittelsbukta (Nilsson og Næs 2005). Sedimentene var sterkt forurenset, særlig av kvikksølv (Hg) og polyklorerte bifenyler (PCB). Undersøkelsene tydet på at det fortsatt foregår en tilførsel av PCB fra diffuse kilder. I forbindelse med planlagt utbygging langs land og i sjøen på vestsiden av indre Kittelsbukta gjennomførte NIVA sommeren 2007, etter ønske fra Fylkesmannen, en miljøundersøkelse og risikovurdering av sedimentene i bukta. Fylkesmannen ba også om en nærmere beskrivelse av tiltak i forbindelse med tildekking/fjerning av sedimenter for å hindre spredning av forurensede stoffer. Rapporten fra undersøkelsene (Helland et al. 2007) inneholder anbefalinger om tiltak. Disse er utdypet og nærmere begrunnet i dette dokumentet som utgjør forslag til tiltaksplan for Kittelsbukta.

Dette dokumentet begrunner og beskriver en tiltaksplan for sedimentene i Kittelsbukta. Planen er basert på følgende dokumenter (se også kapittel 4):

- NIVAs undersøkelse av miljøgifter i bunnsedimentene i Kittelsbukta (Nilsson og Næs 2005; Helland et al. 2007).
- Forslag til tiltaksplan for Arendal kommune utarbeidet av Fylkesmannen og Arendal kommune (2005).
- SFTs klassifisering TA-1467/1997 av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.
- SFTs veileder TA-2085/2005 i risikovurdering av forurensede sedimenter.

2. Beskrivelse av tiltaksområdet

2.1 Generelt

Kittelsbukt er en åpen, kileformet ca 200 m lang og ca 100 m bred bukt som strekker seg mot nordøst innover mot Arendal sentrum vest for Tyholmen (Figur 1). Bukta er omkranset av bymessig bebyggelse. Dybden i munningen av bukta er ca 18 m. I tiltakssammenheng regnes også området videre utover ca 100 m mot vest som del av Kittelsbukt (se avgrensning i Figur 1) På øst- og vestsiden består bunnen langs land hele vegen av bratt fjell og steinfillinger ned til ca 10 m dyp. Bunn sedimentene nedenfor dette er for en stor del sand og grus (50 – 80 % > 63µm kornstørrelse) med et relativt høy organisk innhold (5 – 16 % TOC).

2.2 Nåværende og fremtidig bruksform

Kittelsbukt har stor trafikk av småbåter, men liten/ingen sjøvegs ferdsel med større båter. Områder for bading og rekreasjon finnes ikke. Det foregår heller ikke yrkesfiske i bukta. Det er planer om utbygging utover i sjøen langs hele vestsiden av bukta både for å vinne utbyggingsarealer på land og for etablering av småbåthavn langs hele nordvestsiden (Figur 1).

Kommunen arbeider med sanering av kloakken i de bynære områdene, og det er i følge den generelle tiltaksplanen for kommunen (Fylkesmannen 2005) et uttrykt ønske at selv bykjernen skal kunne brukes til aktiviteter som bading og fiske uten helsefare. Småbåttrafikken i Kittelsbukta medfører en forurensningsfare, spesielt i form av PAH, noe som kan komme i konflikt med brukerinteressene for landbasert friluftsliv som bading og fiske. Småbåttrafikk er imidlertid en viktig del av bybildet i Arendal sentrum, og byen må fortsatt være tilgjengelig fra småbåt. Etter det vi har forstått prioriteres småbåttrafikk fremfor bading og fiske i fremtidig bruksform for Kittelsbukta.

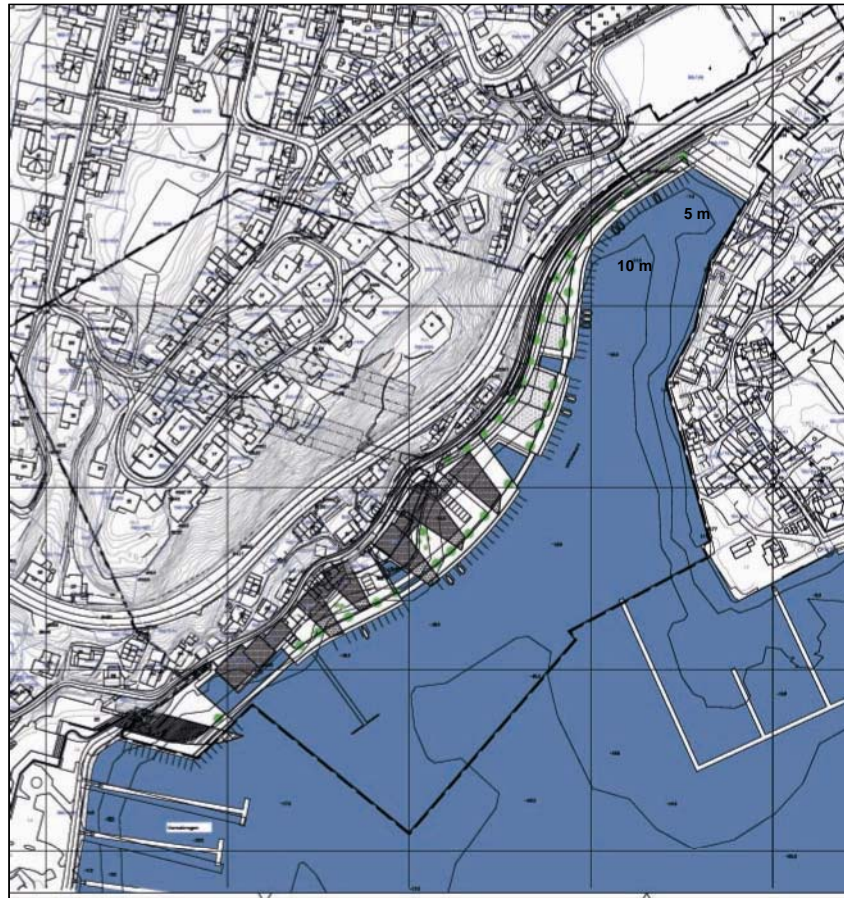
2.3 Forurensningssituasjon og -kilder

Forurensningen i sedimentene er kartlagt av Nilsson og Næs (2005) og Helland et al. (2007). Prøvene dekker først og fremst nordsiden av bukta (Figur 2). Overflatesedimentene er moderat til meget sterkt forurenset (SFTs forurensningsklasse II til V, Molvær et al. 1997) av metaller, spesielt kobber og kvikksølv, markert til meget sterkt forurenset av PCB (SFT klasse III til V) og sterkt til meget sterkt forurenset av PAH (SFT klasse IV og V). Innholdet av TBT var også i klasse IV-V (80-260 mg/kg), men likevel ikke spesielt høye i forhold til det som er funnet i andre norske havneområder (1000 – 10 000 mg/kg). Forurensningen er til dels flekkvis fordelt, og på et par steder ytterst i bukta (stasjon 2 og 4, Figur 2) hadde sedimentprøvene meget høyt innhold av hhv PAH og kobber. Forurensningen dypere nede i sedimentet er kun undersøkt på en lokalitet i indre del av bukta (Nilsson og Næs 2005). Nivåene av kvikksølv og PCB her økte nedover og var ca 3 x høyere i 10 cm sedimentdyp enn ved overflaten. Nivåene av PAH viste ingen klar økning med sedimentdyp.

Videoopptak av sjøbunnen i en rekke linjer fra land på nordsiden i 2007 (Helland et al. 2007) viser at det ligger mye skrot på sedimentbunnen. Enkelte områder spesielt rundt stasjon 2, 10 og 3 (Figur 2) er omtrent dekket av skrot. Dette kan være årsaken til den meget flekkvise forurensningen.

Det er ikke lokalisert noen tilførselskilder for miljøgifter på landsiden av betydning. Helland et al. (2007) kartla miljøgiftinnholdet i sandfangskummer i ledningsnettet fra bykjernen i Arendal som ender ut innerst i Kittelsbukt. Resultatene tyder ikke på at tilførsel fra dette overløpet er kilden til forhøyet kvikksølv, kobber, PCB eller TBT, og det er tvilsomt om overløpet er en kilde til forhøyet PAH. Vi har ikke informasjonsgrunnlag for å kunne vurdere hvorvidt det finnes andre tilsvarende potensielle

punktkilder lenger ute i Kittelsbukta, men under NIVAs feltarbeid i 2007 så man flere avløpsledninger som munnet ut i sjøen (A. Helland pers. medd.). Det er ikke kjent om noen av disse er aktive.



Figur 1. Kittelsbukta med inntegning av ny strandlinje og bryggesystem langs vestbredden. Sort linje omkranser tidligere angitt tiltaksområde (fra Helland et al. 2007).

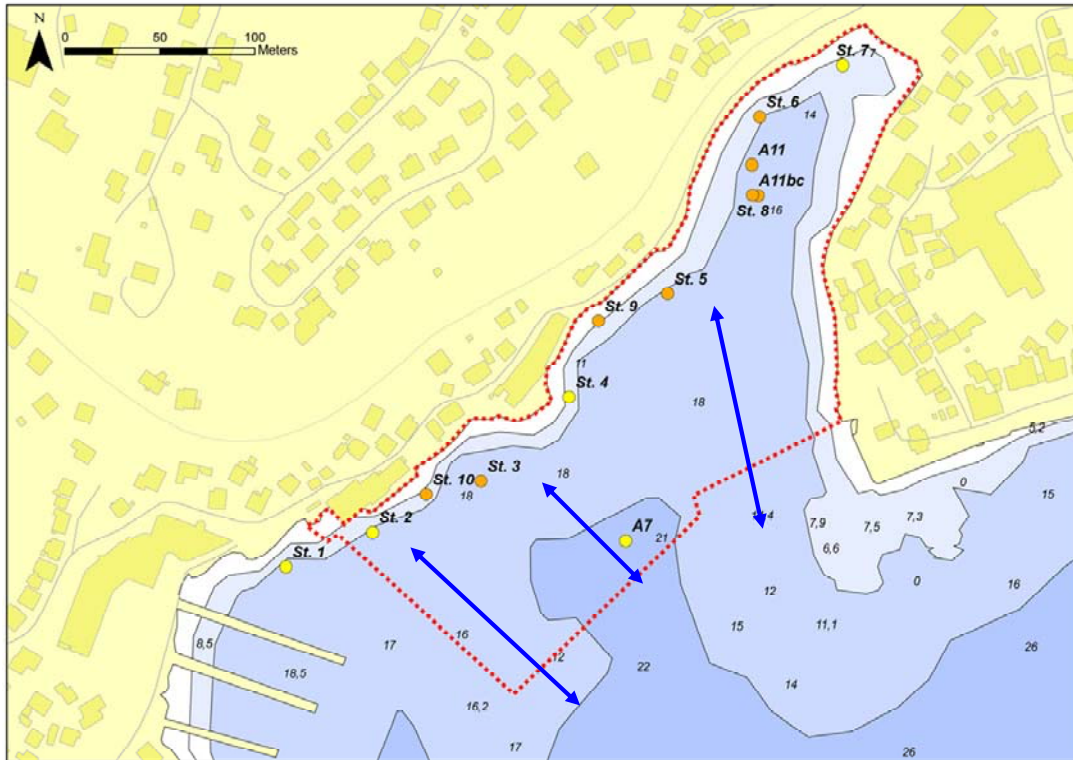
2.4 Kostholdsråd

Arendalsområdet er omfattet av følgende kostholdsråd satt av Mattilsynet: *konsum av lever fra fisk fanget i Arendals havneområde avgrenset av Strømsbrua, Galten i Galtesund og Tromøysund til Hastensund frarådes*. Kostholdsrådet ble sist vurdert i 2000. Det er også en omsetningsrestriksjon fra 2002 som tilsier at fisk fanget i området for kostholdsråd skal sløyes før salg og leveren skal fjernes. Kostholdsrådet er basert på et svært lite datagrunnlag, og det planlegges derfor å gjennomføre en større undersøkelse av PCB-innholdet i fisk i tiltaksområdet, for om mulig å fjerne kostholdsrådet eller avgrense det til et mindre område.

2.5 Risikovurdering av sedimentene

Helland et al. (2007) fant at sedimentene, slik de ligger i dag, overskrider grenseverdiene for akseptabel risiko både for økologisk skade og skade på human helse i følger SFTs risikoverktøy for forurensede sediment (Breedveld et al. 2005). Metaller og til dels PAH og TBT spres vesentlig

gjennom utlekking, mens PCB spres gjennom opptak i organismer. Risiko for spredning som følge av propelloppvirvling ansees å være ubetydelig.



Figur 2. Posisjoner for sedimentstasjonene 2005 og 2007. Videofotografering av bunnen er foretatt i linjer ut fra land gjennom hver av stasjonene. Blå linjer angir forslag til transekter for supplerende sedimentprøvetaking for å avgrense tiltaksområdet nærmere (Modifisert fra Helland et al. 2007)

2.6 Miljøsmål

I forslaget til tiltaksplan for Arendal kommune (Fylkesmannen 2005) er følgende miljøsmål gjort gjeldende bl.a. for Kittelsbukta.

Langsiktig forvaltningsmål:

- Bunnsedimentene i Arendalsområdet skal ikke være til hinder for utøvelse av rekreasjon og friluftsliv, fritidsfiske og -fangst, yrkesfiske og havnedrift.

Konkrete delmål:

- Byområdet og småbåthavner: Identifisere og stoppe/minske aktive kilder til forurensning
- Byområdet og lokale utbygginger: Bunnsedimentene skal ha miljøgiftkonsentrasjoner \leq SFTs tilstandsklasse II etter tiltak.
- Områder der tildekking ikke gjennomføres: Det skal observeres en gradvis nedgang i miljøgiftkonsentrasjoner.

Miljømålene setter krav til at en tiltaksplan for sedimentene i Kittelsbukta må omfatte følgende aktiviteter:

- Gjenværende potensielle miljøgiftkilder på land må identifiseres og undersøkes. Dette bør omfatte alle eventuell tilførselsledninger på nord- og sørsiden av bukta. Videre bør det gjøres en beregning av hva den diffuse overflateavrenningen fra de bynære områdene betyr.
- Aktive tiltak på bunnen gjennomføres for å bringe miljøgiftkonsentrasjonen i det bioaktive laget av overflatesedimentene (anslagsvis øvre 10 cm) ned i SFT tilstandsklasse II eller I.
- Områder der det er påkrevd med fysiske tiltak må skilles ut fra områder der man anser det for forsvarlig å satse på naturlig remediering.
- Etablering av tilfredsstillende overvåking for å følge den naturlige remedieringen og legge en plan for hvilke tiltak som er aktuelle dersom denne ikke utvikler seg tilfredsstillende.

3. Tiltaksplan

3.1 Supplerende kildekartlegging

Som tidligere nevnt synes det kommunale overløpet innerst i bukta ikke å være en kilde av betydning, men vi vet ikke om det eksisterer andre punktkilder av noe omfang på land. Selv om de høye nivåene av PAH og kobber på hhv stasjon 2 og 4 sannsynligvis skyldes skrot på bunnen, bør det avklares om de evt kan skyldes kilder på land i dette området knyttet til tidligere eller pågående virksomhet. Avklaring bør gjøres ved kontakt med teknisk etat i kommunen, evt stransonebefaring, samt ved innhenting av historiske opplysninger om virksomheter og evt deponier rundt bukta. Landkilder av betydning må ryddes opp i før det har hensikt å gjennomføre tiltak på sedimentene.

Det bør for helhetens skyld også gjøres en beregning av hva den diffuse overflateavrenningen av miljøgifter fra de bynære områdene til Kittelsbukta betyr spesielt for PAH og PCB. Dette kan i første omgang gjøres ved eksisterende generelle beregningsverktøy basert på erfaring fra andre steder.

3.2 Avgrensning av tiltaksområdet

I tidligere dokumenter er det angitt en yttergrense for tiltaksområdet i Kittelsbukta (Figur 1). Informasjonen om forurensningsgrad i sedimentoverflaten dekker imidlertid med unntak av en stasjon bare den nordøstlige del av området. Informasjon om vertikalfordeling av forurensningen finnes bare for indre del av Kittelsbukta. Kunnskap om profiler er nødvendig for å vurdere om naturlig remediering er aktuelt alternativ. Det bør derfor gjøres en sedimentundersøkelse med kjerneprøvetaker i eksempelvis 3 transekter gjennom området (vist i Figur 2). Programmet bør omfatte 3-5 stasjoner på hvert transekt, og man bør analysere innholdet av aktuelle miljøgifter (forslagsvis Hg, PCB og PAH) i 0-5, 5-10 og 10-20 cm sedimentdyp.

3.3 Tilgjengelige tiltaksalternativer for sedimentene

Prinsippet om at tiltaksmetoder skal være lokalt tilpasset er viktig. I realiteten er det tre valg det står mellom:

1. Mudring (fjerning av sediment)
2. Tildekking (bruk av tynne eller tykke sjikt av sand eller lignende)
3. Avvente situasjonen og overvåke for å dokumentere at situasjonen bedrer seg ved naturlig overdekking av sediment (ofte kombinert med enkle tiltak på land for å sikre kildekontroll)

I mange tilfeller kan det være aktuelt å kombinere ulike tiltaksmetoder innenfor ett og samme område ved å dele opp området.

I situasjoner hvor forurensningstilførslene har vært store tidligere og hvor det er iverksatt rensiltak eller avskjæring av kilder vil de dypere delene av sedimentene være mer forurenset enn overflatelaget. Dette synes være situasjonen i indre del av Kittelsbukta. I slike situasjoner vil mudring innebære at de dypereliggende sedimentene virvles opp i sjøvannet under operasjonen og miljøgiftene kan spres. I en slik situasjon kan mudring for å oppnå en miljøgevinst være et verre alternativ enn å satse på at tilstanden bedrer seg naturlig. Erfaring viser også at man etter mudring som oftest sitter igjen med et løst toppsjikt av restmateriale som kan ha høyere miljøgiftkonsentrasjoner enn de opprinnelige toppsedimentene. Av disse grunnene er det relativt stor enighet i fagmiljøene i dag om at man bør unngå å mudre forurensete sedimenter dersom det ikke er nødvendig for å øke seilingsdyp eller av andre praktiske hensyn. Tildekking er et klart foretrukket alternativ.

Tildekking forutsetter at de topografiske forholdene ligger til rette for det. I Kittelsbukta har sedimentbunnen relativt liten skråning slik at det bør være mulig å legge ut et dekklag uten fare for geoteknisk destabilisering og utrasning. Det anbefales at større gjenstander og skrot på bunnen fjernes før en tildekking (se kapittel 3.6).

3.4 Anbefalte tiltak knyttet til de lokale utbyggingene

Som tidligere nevnt planlegges en utbygging i strandkanten og utover i sjøen langs så godt som hele Kittelsbuktas nordside (Figur 1). De siste opplysningene vi har fått er at utbyggingen vil foregå på peler. Anbefalingene må dekke tiltak for å hindre spredning av forurensning både under og etter utbyggingen. I skråningen hvor utbyggingen skal foregå er det påvist fjell og stor stein med mye vekst av tang og tare. Det er lite eller ingen sedimenter i dette området og det vil derfor ikke være fare for spredning av forurensning ved arbeider i selve skråningen.

Ved foten av skråningen og videre utover i bukta ligger det sedimenter som er sterkt til meget sterkt forurenset. Arbeider her vil kunne virvle opp disse og spre forurensningen og derved øke miljørisikoen. Selv om sedimentene i stor grad består av grus og sand viste videoregistreringene at selve overflaten lett lar seg virvle opp dersom den forstyrres. For å hindre oppvirvling under anleggsarbeidet anbefales det at sjøbunnen fra foten av fjellet og utover tildekkes før arbeidene starter opp. For å hindre oppvirvling ved peling i selve sedimentene ville det alene være tilstrekkelig å dekke til sedimentene med sand uten fiberduk der pelene skal settes (anslagsvis ut til 2-5 m fra disse). Vi anbefaler likevel full tildekking av sedimentene ut til anslagsvis 5-10 m utenfor planlagt kaifront, siden dette også vil sikre mot annen utilsiktet oppvirvling under anlegg, for eksempel fra utrasing ved arbeid i skråningen eller fra oppankring. Slik tildekking vil også effektivt hindre senere diffusjon og graving fra organismer ned i forurenset sediment.

Utlegging av ca 20 cm sand, eventuelt oppå en fiberduk, vil gi tilstrekkelig beskyttelse under arbeidene. Bunnen her ligger på såpass dypt vann at et tildekkingslag ikke vil være til hinder for båttrafikken under anlegg, og vil heller ikke bli forstyrret av den typiske småbåttrafikken i området etter at anleggsarbeidet er over.

3.5 Øvrige anbefalte sedimenttiltak for å oppnå miljømålene

Miljømålene (Fylkesmannen 2005) krever at miljøgiftkonsentrasjonen i det bioaktive laget av overflatesedimentene (anslagsvis øvre 10 cm) bringes ned i SFT tilstandsklasse II eller I. SFTs klassifisering av forurensete sedimenter foreligger nå i revidert utgave (SFT TA-2229/2007) og vi regner med at denne legges til grunn. Tiltakene som gjennomføres i forbindelse med strandutbyggingen vil være et viktig bidrag til at dette målet nåes. I tillegg bør det gjøres tiltak på resten av sedimentene som i dag overstiger SFT klasse II, dvs i praksis resten av tiltaksområdet (eventuelt minus områder hvor man anser naturlig remediering for å være tilfredsstillende). Dette innebærer enten fjerning av sedimentene ned til rene masser, eller tildekking med egnede rene masser. Man kan forvente at naturlig restitusjon av området etter hvert vil bringe miljøgiftkonsentrasjonene ned på ønsket nivå, men i følge tiltaksplanen for Arendal kommune (Fylkesmannen 2005) vil dette ta uakseptabel lang tid. Tiltaksplanen foreslår derfor at de forurensete sedimentene i hele området dekkes til med rene masser, og denne anbefaling støttes. Vi støtter også anbefalingen om at dette gjøres som en såkalt "tynnsjikt-tildekking" med et ca 10 cm tykt rent sandlag uten fiberduk. Dette vil gi rent sediment i det "bioaktive" laget (anslagsvis de øvre 10 cm) og bør være tilstrekkelig til å oppnå miljømålet. Forurensningssituasjonen anses ikke som akutt, og det vil derfor være mulig å knytte tiltaket opp mot tilgang på rene masser. Kornstørrelsen på tildekkingsmassene bør ikke være finere enn i det naturlige sedimentet.

3.6 Fjerning av skrot

De store mengdene skrot på sedimentbunnen i enkelte deler av området vil kunne skape problemer for utlegging av både fiberduk og tildekkingslag. Ved tildekking kan man risikere at skrot stikker opp gjennom tildekkingslaget og fremdeles være en kilde til utlekking av miljøgifter. Vi foreslår derfor som første skritt i tiltaksplanen at det gjøres en innsats for å fjerne skrotet manuelt. Vanddypet er ikke større enn at lettdykkere kan operere der med rimelig lang bunntid, og plukking av større synlig gjenstander bør kunne gjennomføres med tilstrekkelig forsiktighet til at oppvirvling av betydning av underliggende sedimenter unngås. Et forslag er at tiltakshaver inngår avtale med lokale dykkerklubber om en undervanns "rusken-aksjon" slik det er gjort i flere andre havneområder.

3.7 Måloppnåelse

Vi foreslår at tiltaket bedømmes til å ha oppnådd sin målsetning dersom den nye sjøbunnen etter tiltak har en konsentrasjon av miljøgifter som tilfredsstillende SFTs reviderte tilstandsklasse II. Nødvendige undersøkelser for å bedømme måloppnåelsen inngår i skissen til miljøkontrollprogram beskrevet nedenfor.

3.8 Kontroll og overvåking

Det bør etableres et miljøkontrollprogram som gjennomføres før, under og etter tiltaksperioden. Programmet bør ha følgende målsetninger og elementer:

Kontrollere at utbyggingsarbeidene i sjø og de forurensningsbegrensende tiltakene ikke forårsaker uakseptabel oppvirvling og spredning av forurensede partikler under selve gjennomføringen.

Anbefalte elementer:

- Løpende logging av partikkelspredning under anlegg samt stikkprøvekontroll på partiklenes miljøgiftinnhold.
- Analyse av miljøgiftinnhold i lokale fastsittende organismer (for eksempel blåskjell) før og etter anleggsarbeidet for å fastslå om det har forårsaket spredning av biotilgjengelige miljøgifter.

Verifisere at sedimentforholdene etter gjennomførte tiltak tilfredsstillende kravene gitt i tiltaksplanen mht dekklagstykkelse og miljøgiftnivåer.

Anbefalte elementer:

- Fysisk karakterisering av "ny" sjøbunn ved bruk av undervannsvideo og/eller sedimentprofilkamera.
- Kjemisk karakterisering av overflatelaget på et tilstrekkelig antall lokaliteter som grunnlag for å fastslå forurensningsgrad i det bioaktive laget og bedømme om miljømålet er oppnådd. Programmet bør omfatte vertikalprofil av utvalgte miljøgifter ned til minimum 20 cm sedimentdyp (f.eks 0-5, 5-10 og 10-20 cm).
- Gjentatt sedimentundersøkelse etter anslagsvis 6-8 år for å bekrefte varigheten av tiltaket. Om kilder er eliminert vil ny sedimentering i stor grad være ren og bare forsterke virkningen av tynnsjikt-tildekkingen.

4. Referanser

Breedveld, G., T. Bakke, E. Eik, A. Helland, T. Källqvist, A. Oen. 2005. Veileder i risikovurdering av forurenset sediment. SFT TA-2085/2005, ISBN 82-7655-250-1. 45 s.

Fylkesmannen 2005. Fylkesvise tiltaksplaner for forurensete sedimenter. Forslag til tiltaksplan for Arendal kommune.

Helland, A, Nilsson, HC og Bakke, T. 2007. Kittelsbukta, Arendal. Miljøgifter i sedimenter, vurdering av risiko og tiltak. NIVA rapport l.nr. 5472-2007. 27 s.

Molvær, J., J. Knutzen, J. Magunsson, B. Rygg, J. Skei, J. Sørensen. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensningstilsyn. Veiledning 97:03. 36 s

Nilsson, HC og Næs, K, 2005. Sedimentundersøkelser i forbindelse med tiltaksplan for forurensete sedimenter i Arendal: fase 2. Norsk institutt for vannforskning, Rapport nr 5118-2005. 42 s.

RAPPORT

Miljøtiltak forurensede sedimenter, Arendal

OPPDRAGSGIVER

Arendal kommune

EMNE

Tiltaksbeskrivelse sjø, Kittelsbuk

DATO / REVISJON: 11. oktober 2017 / 00

DOKUMENTKODE: 418803-RIGm-RAP-002



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAAG	Miljøtiltak forurensede sedimenter, Arendal	DOKUMENTKODE	418803-RIGm-RAP-002
EMNE	Tiltaksbeskrivelse sjø, Kittelsbukt	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Arendal kommune	OPPDRAAGSLEDER	Ida Almvik
KONTAKTPERSON	Ragnhild Trønnes	UTARBEIDET AV	Ida Almvik
KOORDINATER	SONE: 32 ØST: 4861 NORD: 647974	ANSVARLIG ENHET	10234012 Midt Miljøgeologi
GNR./BNR./SNR.	- / - / - / Arendal		

SAMMENDRAG

Arendals havneområder er forurenset av metaller og organiske miljøgifter. I 2005 ble det utarbeidet en tiltaksplan som anbefalte tildekking i store deler av disse områdene. I ettertid er fokusområdet blitt redusert til å omfatte Pollen og Kittelsbukt. Disse områdene er bynære, med gjestehavner og badeanlegg, og er hyppig besøkt spesielt i sommersesongen. Områdene er relativt grunne og risikoen for spredning av forurensede partikler er betydelig. I 2000 ble det gitt kostholdsråd for Arendal-området. Kostholdsrådet ble opprettholdt etter nye undersøkelser i 2007.

Vannforskriften gir føringer for at alle vannforekomster minimum skal oppnå god kjemisk og økologisk tilstand innen 2021. Det er kommunen som skal utrede nødvendige tiltak innenfor sitt område. Miljømål iht. Vannforskriften er ikke oppnådd for Arendals havneområde.

Tiltaksbeskrivelsen for Kittelsbukt er utarbeidet ut fra Arendal kommunes miljømål om å oppnå tilstandsklasse II eller bedre i henhold til Miljødirektoratets tilstandsklasser for forurenset sjøbunn. Tiltaksbeskrivelsen inneholder vurderinger angående design av tildekkingslag, inkludert forslag til materialvalg, innledende egnethetsvurderinger, samt beregning av mektighet og nødvendig erosjonsbeskyttelse. Det er videre gitt et forslag til kontroll- og overvåkningsprogram samt gjennomført en kostnadsvurdering av tiltakene.

Det er beskrevet et tildekkingslag bestående av 30 cm sand og grus. Etter tildekking med rene masser skal sjøbunnen i Kittelsbukt tilfredsstillende tilstandsklasse II eller bedre, og være i tråd med gjeldende miljømål for området. Erfaringsmessig vil det gradvis kunne forekomme noe rekontaminering i bynære områder, og det foreslås av den grunn at tiltaksålet på sikt settes til tilstandsklasse III eller bedre.

Kostnadsspenntet for tildekking i Kittelsbukt er estimert til NOK 8 050 000 – 11 850 000 (eks.mva.). I tillegg kommer prosjektering og prosjektadministrasjon, som anslås å utgjøre 10 % (mellom NOK 800 000 – 1 200 000, eks.mva.).

Det antas at de fysiske arbeidene i Kittelsbukt kan gjennomføres i løpet av to måneder inkludert tilrigging. Valg av metoder og råvareleverandør kan gi gevinst i form av reduserte kostnader og gjennomføringstid. Samkjøring av tiltak i Pollen og Kittelsbukt vil kunne gi vesentlige besparelser. I tillegg bør Arendal kommune undersøke muligheten for samarbeid med utbyggerne på vestsiden av Kittelsbukt.

Før videre planlegging bør løsmasseoverdekning og –sammensetning i skråninger avklares. Det bør også gjennomføres supplerende prøvetaking av sedimenter i sentrale deler og på vestsiden av bukta, og det må utføres geotekniske undersøkelser for å avklare stabilitet i skråninger og i området hvor det er aktuelt med etablering av bølgebryter.

			IA	Ely	Ely
00	11.10.2017		Ida Almvik	Elin O. Kramvik	Erling K. Ytterås
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
1.1	Områdebeskrivelse	5
1.2	Historikk	6
1.3	Bunntopografi og bunnforhold	7
1.4	Arealbruk og planlagte utbyggingsprosjekter	7
2	Forurensningstilstand	8
2.1	NIVAs tiltaksplan for Kittelsbuk (2008)	11
2.2	Vurdering av datagrunnlag	11
3	Miljømål	11
3.1	Tilstand i henhold til Vannforskriften	11
3.2	Overordnede miljømål Arendal kommune	11
3.3	Forslag til operative tiltaksmål i Kittelsbuk	12
4	Tiltaksbeskrivelse	13
4.1	Vurdering av tildekkingsareal	13
4.1.1	Skråningsstabilitet	14
4.1.2	Arendal gjestehavn	15
4.2	Rydding av skrot og avfall	16
4.3	Utlekking av tildekkingsmasser	16
4.4	Gjennomføringsperiode	17
5	Prosjektering av tildekkingslag	17
5.1	Krav til tildekkingsmasser	17
5.2	Skjellsand som tildekkingslag	18
5.3	Beregning av tildekkingslagets mektighet	18
5.3.1	Generell oppbygging av tildekkingslag	18
5.3.2	Erosjonsbeskyttelse	19
5.3.3	Bioturbasjonslag	20
5.3.4	Adveksjonslag	20
5.3.5	Kjemisk isolasjonslag	21
5.3.6	Blandingslag	21
5.3.7	Oppsummering	22
6	Kontroll og overvåking av utførelse	22
6.1	Kontrollmålinger før tiltak	22
6.2	Overvåking under tiltak	23
6.2.1	Beredskapsplaner	23
6.2.2	Turbiditetsmålinger	23
6.3	Sluttkontroll av tiltak	24
6.3.1	Sedimentprøvetaking	24
6.3.2	Kontroll av tildekkingslag	24
6.4	Overvåking etter tiltak	24
6.4.1	Sedimentprøvetaking	24
6.4.2	Kontroll av tildekkingslag	24
7	Kostnadsoverslag	24
7.1	Massebehov	24
7.2	Logistikk og råvaretilgang	25
7.3	Kostnader knyttet til forberedelse og gjennomføring	25
8	Referanser	27

VEDLEGG

- A Beregninger av filterlagets mektighet og inngangsdata
- B Multiconsult notat 418803-RIG-NOT-001 Geoteknisk vurdering av stabilitet
- C Analyserapport Eurofins, 15.08.2017

1 Innledning

Miljøundersøkelser gjennom flere tiår (1993-2017) har vist at miljøtilstanden i sedimentene i deler av Arendal havn er uakseptabel, og Arendalsområdet er ett av til sammen 17 områder i landet som er prioritert for videre undersøkelser og tiltaksvurderinger i regjeringens handlingsplan for opprydding i forurenset sjøbunn (Stortingsmelding nr. 14, 2006-2007).

Kittelsbukt er definert som et av fokusområdene, sammen med Pollen, Barbubukt og Eydehavn. Kilden til forurensningen er aktiviteter som bl.a. havnevirksomhet, eldre industri, utlekking fra deponier og fyllinger, avrenning fra byen, samt kommunale og private avløp.

I Bukkevika i Eydehavn, et industriområde som ligger øst for Arendal sentrum, ble det gjennomført tildekking av forurensede sedimenter i 2011-2012 (1).

I 2000 ble det gitt kostholdsråd for Arendal-området (2). Kostholdsrådet ble opprettholdt etter nye undersøkelser i 2007 (3).

Med bakgrunn i Stortingsmelding nr. 12 (2001-2002), «Rent og rikt hav», ble det i 2002 utarbeidet en tiltaksplan for forurensede sedimenter i Arendal kommune (4). Tiltaksanalysen anbefaler at det gjennomføres tiltak for å oppnå miljømålene for Arendalsområdet. NIVA utførte i 2007 en vurdering av risiko og tiltak (5), som konkluderte med at sedimentene utgjør en uakseptabel risiko og tildekking anbefales som tiltak. Basert på dette utarbeidet NIVA i 2008 en tiltaksplan for Kittelsbukt basert på planlagt utbygging i vestre del av bukten (6).

Foreliggende rapport er en tiltaksbeskrivelse for Kittelsbukt ut fra et tiltaks mål om å oppnå tilstandsklasse (TK) II eller bedre i henhold til Miljødirektoratets tilstandsklasser for forurenset sjøbunn (7) (8). Tiltaksbeskrivelsen inneholder vurderinger angående design av tildekkingslag, inkludert forslag til materialvalg, innledende egnethetsvurderinger, beregning av mektighet og nødvendig erosjonsbeskyttelse. Det er også gjennomført en kostnadsvurdering og foreslått grenseverdier i kontroll- og overvåkingsprogram.

1.1 Områdebeskrivelse

Arendal ligger i Aust-Agder med kystlinje mot Skagerrak. Arendals kystlinje er preget av mange øyer, holmer og skjær. Arendal by ligger beskyttet til innenfor Hisøy og Tromøy, og Arendalsområdet er kjent for gode havneforhold. Kittelsbukt ligger vest for Tyholmen, i Arendal sentrum. Kittelsbukt har et areal på ca. 30 dekar.

Kystlinjen i indre del av Kittelsbukt består av delvis utfylte og bebygde områder og berg i dagen. Både vestlige og østlige side er utbygd med småbåthavner (hhv. privat og offentlig), som kan benyttes av båter under 40 fot. I ytre del av Kittelsbukt, på Tyholmen, ligger Arendal gjestehavn med bl.a. sjøbad og sandstrand med tilført skjellsand. Se Figur 1-1 for flyfoto over Kittelsbukt.

Oppryddingen av Kittelsbukt var opprinnelig planlagt med oppstart i 2016, men ble utsatt som følge av forsinkelser og ønsket om mulig samkjøring av tiltak i Kittelsbukt, Pollen og Barbubukt.

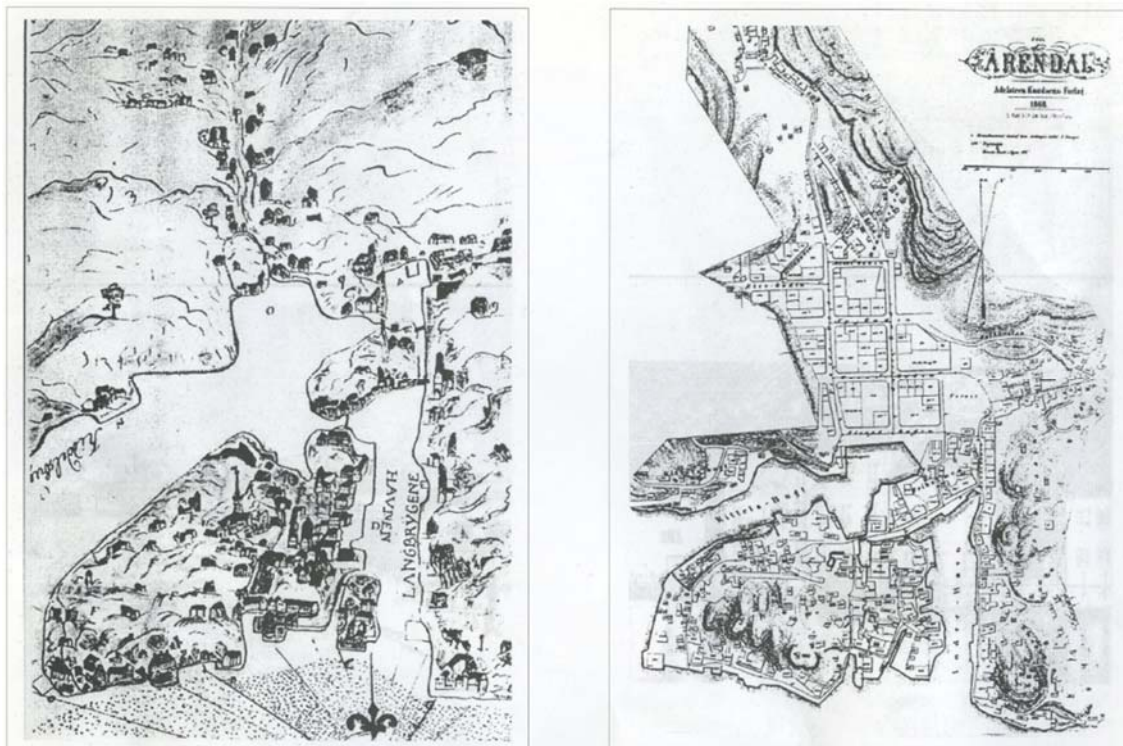
Tiltaksområdets areal er på ca. 34 000 m².



Figur 1-1 Flyfoto av Kittelsbukt, Arendal (kilde: 1881.no).

1.2 Historikk

Kittelsbukt har vært en sentral del av bykjernen siden etablering av byen, og havnen har vært et viktig industriområde og knutepunkt for distribusjon av handelsvarer. Trelasteksport og utskipping av jernmalm har vært viktige næringer i Arendalsområdet, og i 1880 var byen landets største målt i tonnasje (9). Jernmalmen ble bl.a. skipet ut fra Malmbryggen, en brygge som lå i den nå utfylte delen av Kittelsbukta. Kanalen mellom Pollen og Kittelsbukt ble gjenfylt etter gjentatte bybranner på 1860-tallet, og videre gjenfylt på 1930-tallet. Se Figur 1-2 for historiske kart som viser utvikling i Arendal sentrum. Kittelsbukt ble så gjenfylt fra Malmbryggen til bryggeriet (i dag Amfi Arena) i 1949. Siste utfylling ble utført på 1960-tallet, og nåværende strandlinje ble samtidig etablert.



Figur 1-2 Historiske kart som viser utvikling i Arendal sentrum, venstre: ukjent årstall, høyre: 1868. Kilde: Arendal sentrum – Fremtidig utbygging, bruk og form - Skisser og tanker, juli 1998.

1.3 Bunntopografi og bunnforhold

Vanndybden i Kittelsbukkt er mellom 0 og ca. 20 meter, med største vanndyp mot ytre del av bukten. Bukten er utbygd med kaier og flytebrygger mot land. Innerst i bukten skråner sjøbunnen raskt ned til ca. kote -10 m (sjøkartnull), mens den lenger ute skråner ned til ca. kote -16 før helningen avtar. Store deler av skråningene har en helningsvinkel over 1:2. I deler av bukten er også helningen over 1:1,2. De bratte partiene på vestsiden og deler av østsiden består av stein og berg i dagen, og løsmasseoverdekningen er trolig liten. Fotografering i forbindelse med NIVAs prøvetaking i 2007 bekreftet at det ikke var sedimenter tilstede i selve skråningen på østsiden (5). I øvrige deler av bukten er det observert tilsynelatende siltige sandmasser.

I vestre hjørne, innerst i Kittelsbukkt, kommer det ut tre overvannsløp. Kommunen har informert om opphoping av masser foran utløpene, som med ujevne mellomrom må fjernes (Ragnhild Tønnesen, pers. med.). Her er det også to vanninntak til fjernvarmeanlegget i land. Hovedinntaket ligger ca. 120 m ut fra land, mens reserveinntaket ligger ca. 25 m ut fra land. Det kommer også ut to avløpsrør, hvor kun det ene fortsatt er i drift. I sjøkartet er det også tegnet inn en strømkabel som strekker seg fra innerst i Kittelsbukkt til Svinodden.

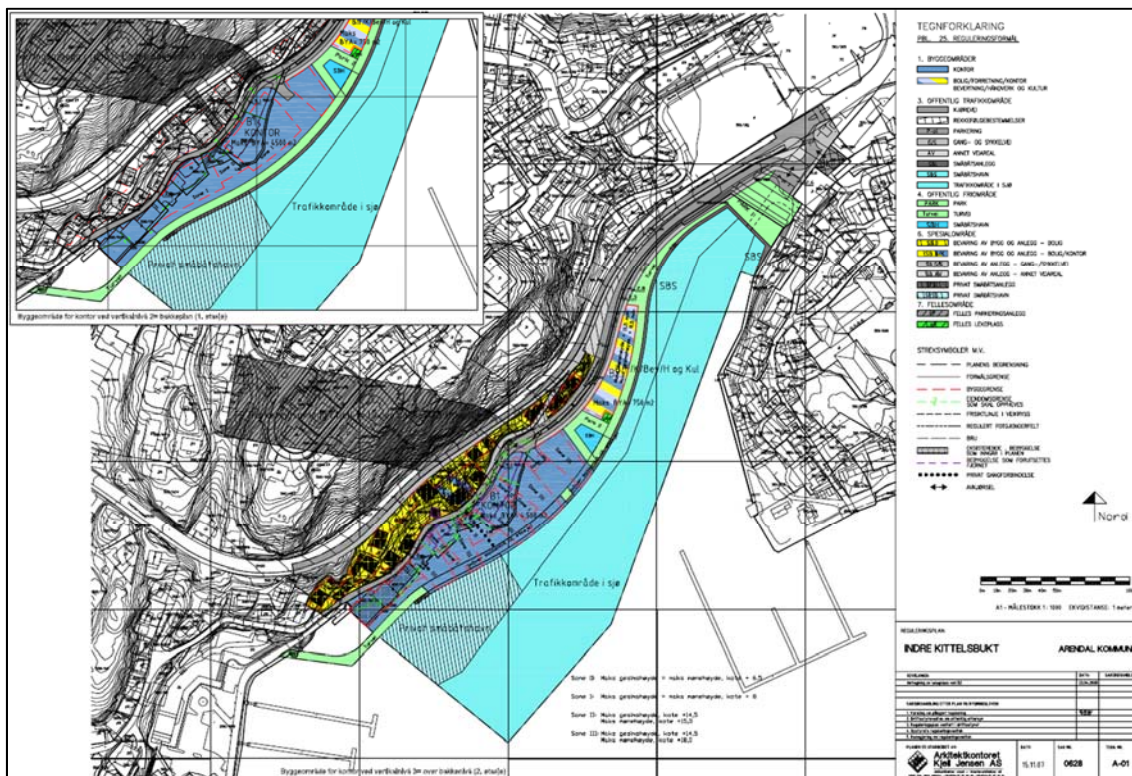
I østre hjørne kommer to fjernvarmeledninger ut. Den ene ledningen går raskt inn mot land på østsiden igjen, mens den andre fortsetter ut Kittelsbukkt og over til Svinodden.

1.4 Arealbruk og planlagte utbyggingsprosjekter

De viktigste brukerinteressene ved Kittelsbukkt i dag, er næringsvirksomhet, boliger og rekreasjon. Sjøområdene i Kittelsbukkt er regulert til trafikkområde i sjø og småbåthavn.

Det foreligger planer om utfylling og bygging av nærings- og boligbygg på vestre side av Kittelsbukta. Reguleringsplanen ble godkjent av Arendal bystyre 22.5.2008 (PlanID2013r9), se Figur 1-3 for

arealplankart. Det er foreløpig ingen konkrete planer for oppstart av arbeidene. Utbygger er ansvarlig for nødvendige miljøtiltak innenfor planområdet. Det anbefales at Arendal kommune undersøker muligheten for et samarbeid med utbygger.



Figur 1-3 Arealplankart for Indre Kittelsbukkt (PlanID 2013r9), datert 15.11.2007.

Det har vært diskusjoner angående gjenåpning av kanalen mellom Pollen og Kittelsbukkt, og det er varslet oppstart av reguleringsplan (PlanID 2014pua2, planlegging igangsatt 13.1.2011). Ingen konkret plan foreligger foreløpig. En eventuell igangsetting må ta hensyn til de forurensede sedimentene og tildekkingslaget, og det kan bli aktuelt å revurdere erosjonsbeskyttelsen hvis strøm- og trafikkmønsteret endres.

2 Forurensningstilstand

Sedimentene i Kittelsbukkt ble først prøvetatt i 2005 av NIVA (10), som en del av arbeidet med regionale tiltaksplaner. Det ble påvist høye verdier (tilstandsklasse IV og V) av kobber (Cu), kvikksølv (Hg), polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyler (PCB) og tributyltinn (TBT). Det ble også påvist bly (Pb), og i ett tilfelle kadmium (Cd), i tilstandsklasse (TK) III.

I 2007 utførte NIVA sedimentprøvetaking i forbindelse med den planlagte kaiutbyggingen på vestsiden av bukten (5). De samme forbindelsene som ble påvist i den første undersøkelsen, ble også påvist ved undersøkelsen i 2007. Nivåene var tilnærmet uforandret fra undersøkelsen i 2005, foruten Cu som i ett punkt (St. 4) lå svært mye høyere enn det som var påvist i øvrige prøvepunkter. Denne rapporten inneholdt også en risiko- og tiltaksvurdering. Risikovurdering trinn 1 viste at sedimentene innerst i bukta utgjorde mindre økologisk risiko enn sedimentene lenger ute. Særlig PAH bidro med høy risiko. Alle prøvepunkter viste uakseptable forurensningsnivå mht. økologisk risiko. PAH gav også et stort risikobidrag i trinn 2-vurderingen mht. human helse, og samtlige stasjoner overskred grenseverdiene for human helse og økologisk risiko. Spredningsberegninger viser at metaller, TBT og PAH hovedsakelig spres via utlekking (diffusjon) fra sedimentene, mens spredning av PCB

hovedsakelig skjer via organismer. Spredning som følge av båtanløp ble ansett som neglisjerbart, basert på et relativt sett stort dyp og trafikk kun med småbåter.

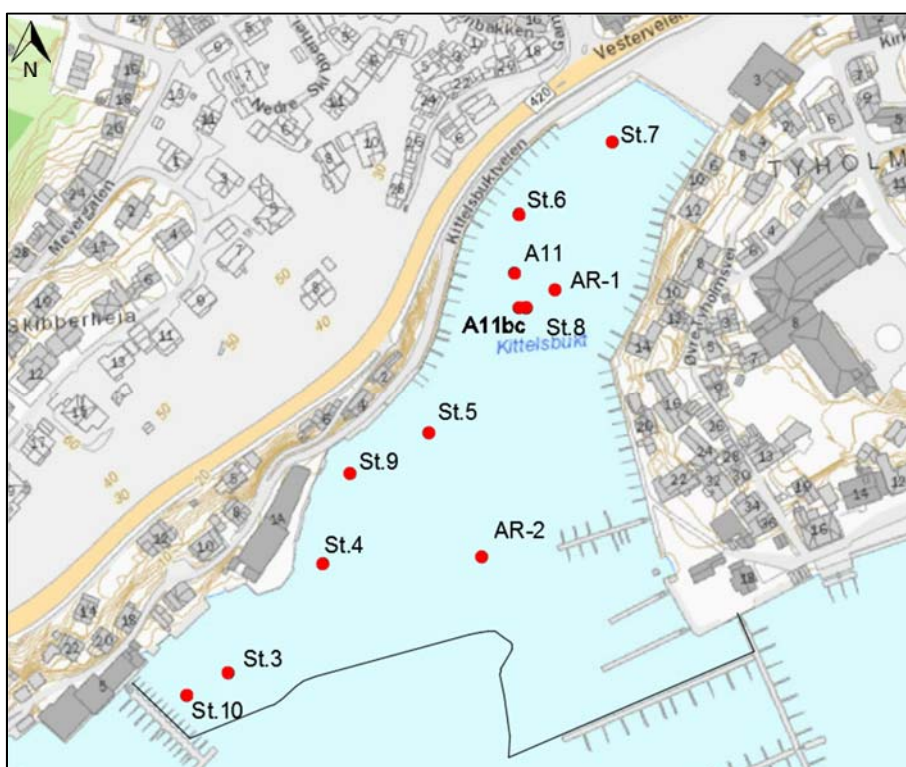
Multiconsult innhentet nye prøver fra to stasjoner i Kittelsbukta i juli 2017. Formålet med undersøkelsen var å bestemme porevannskonsentrasjonen, slik at denne kunne benyttes som inngangsdata ved beregning av tildekkingsmekthet. Analyser av porevann viser overskridelse av Predicted No Effect Concentration Water (PNEC_w) for arsen (i snitt 9,3 ganger overskridelse av PNEC_w), bly (7,8x), kobber (3,8x), sink (8,6x), TBT (30,5x) og for flere PAH-forbindelser.

Analyseresultatene for porevann er tilgjengelig i vedlegg A, mens analyserapporten er tilgjengelig i vedlegg C.

Det ble også utført kjemisk analyse av sedimentene. Det ble påvist As og Pb i TK III, Zn i TK III og IV, Hg i TK II og IV, og Cu i TK V. Det er ingen vesentlige endringer i forurensningssituasjonen, sammenlignet med prøvetaking utført i 2005 og 2007.

Figur 2-1 viser høyeste påviste tilstandsklasse i prøvepunkter undersøkt i perioden 2005-2017.

Se Tabell 2-1 for sammenstilling av resultater fra alle utførte sedimentanalyser i Kittelsbukta.



Figur 2-1 Prøvepunkter fra sedimentundersøkelser utført i 2005 (A1-A11bc), 2007 (St. 3 til St. 10) og 2017 (AR-1 og AR-2), klassifisert etter høyeste påvist tilstandsklasse (M-608). Tiltaket er avgrenset ved kote -20 (sjøkartnull).

Tabell 2-1 Sammenstilling av sedimentanalyser utført 2005-2017. Klassifisering etter M-608 (11).

Stoff/stasjon	AR-1 (MC 2017)	AR-2 (MC 2017)	St. 3 (NIVA 2007)	St. 4 (NIVA 2007)	St. 5 (NIVA 2007)	St. 6 (NIVA 2007)	St. 7 (NIVA 2007)	St. 8 (NIVA 2007)	St. 9 (NIVA 2007)	St. 10 (NIVA 2007)	A11 (NIVA 2005)	A11bc (NIVA 2005)
Sedimentdybde (cm)	0-10	0-10	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2
Arsen (As) mg/kg	42	23	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Bly (Pb) mg/kg	470	250	293	623	256	198	148	312	227	140	261	i.a.
Kadmium (Cd) mg/kg	0,94	0,6	0,6	1,6	0,75	1,4	1,1	1,8	0,4	3	2,3	i.a.
Kobber (Cu) mg/kg	330	160	365	12500	246	221	154	198	259	337	230	i.a.
Krom (Cr) mg/kg	70	34	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	55	i.a.
Kvikksølv (Hg) mg/kg	1,19	0,36	2,87	0,88	6,69	7,48	1,82	7,22	3,77	2,41	10,7	5,39
Nikkel (Ni) mg/kg	31	19	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Sink (Zn) mg/kg	1200	360	740	1940	445	542	599	537	492	994	i.a.	i.a.
Naftalen mg/kg	0,13	0,11	0,51	0,27	0,38	0,22	0,38	0,57	0,31	0,31	0,26	0,62
Acenaftvlen mg/kg	0,12	0,11	0,81	0,2	0,22	0,074	0,088	0,17	0,24	0,26	0,079	0,11
Acenaften mg/kg	0,053	0,099	0,58	0,091	0,28	0,06	0,094	0,18	0,081	0,11	0,072	0,28
Fluoren mg/kg	0,18	0,15	1,1	0,14	0,36	0,086	0,14	0,32	0,19	0,3	0,13	0,48
Fenantren mg/kg	2	1,5	14	2,6	4,1	0,78	0,99	2	2,8	2,7	1,2	2,4
Antracen mg/kg	0,65	0,35	3,4	0,57	1,1	0,23	0,38	0,077	0,49	0,64	0,36	0,97
Fluoranten mg/kg	4	3,1	23	5,3	8,8	1,8	2,7	4	6,3	6,4	2,7	5,1
Pyren mg/kg	3,5	2,9	20	4,7	8	2	2,5	4,8	5,9	6	2,8	5,4
Benso(a)antracen	1,6	1,4	87	2,5	4,4	0,81	0,12	2,1	2,3	2,6	1,4	2,4
Krysen mg/kg	1,2	1,2	7,9	2,6	4	0,86	1,1	1,9	2,5	2,7	1,2	2,2
Benso(b)fluoranten	3	3,7	11	3,3	5,6	1,6	1,7	3,1	3,6	3,8	2,9	4,2
Benso(k)fluoranten	1	1,2	4,4	1,4	2,3	0,6	0,68	1,3	1,4	1,5	0,95	1,6
Benso(a)pyren mg/kg	1,7	1,9	9	2,6	4,5	1,1	1,3	2,4	2,7	2,8	1,9	2,9
Indeno(123cd)pyren	0,62	0,71	5,3	1,6	2,7	0,83	0,87	1,5	1,9	1,8	1,6	2
Dibenso(ah)antracen	0,13	0,14	1,2	0,4	0,65	0,19	0,21	0,36	0,41	0,45	0,39	0,52
Benso(ghi)perylene	0,56	0,63	53	1,5	2,5	0,98	0,97	1,5	1,8	1,8	1,4	2
Sum PAH ₁₆ mg/kg ¹	20	19	116	30	50	12	15	27	33	34	19	36
Sum PCB ₇ mg/kg	0,2	0,09	0,12	0,034	0,13	0,098	0,034	0,069	0,10	0,097	0,10	i.a.
TBT (forvalt.) mg/kg ¹	0,22	0,058	0,12	0,081	0,23	0,25	0,087	0,092	0,26	0,081	0,39	i.a.

i.a. = ikke analysert

¹ Klassifisert etter TA-2229/2009.

2.1 NIVAs tiltaksplan for Kittelsbukt (2008)

NIVAs tiltaksplan fra 2008 (6) omfatter sjøområder direkte berørt av utbyggingsplaner, samt sjøbunnen 5-10 m utenfor planlagt kaifront. Tiltaksplanen beskriver tildekking med 20 cm sand, eventuelt oppå en fiberduk, for å redusere partikkelspredning under utfylling. NIVA støtter også anbefalingen om tynnsjiktstildekking (ca. 10 cm) av det øvrige arealet i Kittelsbukt, som beskrevet i tiltaksplanen for Arendal kommune fra 2005 (4). De anbefaler også bl.a. supplerende analyser av sjøbunnen for nærmere avgrensning av tiltaksområdet.

2.2 Vurdering av datagrunnlag

Det er til sammen analysert 12 sedimentprøver fra sjøbunnen i Kittelsbukt (grunnere enn kote -20). To av disse er tatt i 2017, og er derfor ikke inkludert i NIVAs risikovurdering fra 2007. Dette tilsvarer 1 analyse per 3400 m², noe som gir en tilfredsstillende prøvedekning iht. risikoveilederen (12). I følge veilederen kan hver prøve maksimalt representere et areal på 10 000 m² i områder grunnere enn 20 m vanddyb. Det er usikkert om prøvene fra 2005 og 2007 er blandprøver eller enkeltprøver. Prøvene representerer ulike sedimentdyp, hhv. 0-2 cm (2005-2007) og 0-10 cm (2017).

Det foreligger få eller ingen prøver fra sentrale og østlige deler av Kittelsbukt, og datagrunnlaget vurderes derfor som mangelfullt. Det er heller ikke foretatt undersøkelser under kaiene, og det er ukjent om det ligger finkornig sediment der. Det anbefales derfor å utføre en ROV- eller dykkerundersøkelse for å kartlegge sedimentutbredelsen under kaier.

Det er også ukjent om det ligger sedimenter i skråningene. En kartlegging ved hjelp av ROV eller av dykker kan resultere i at tiltaksbehovet i disse områdene faller bort.

Det bør også analyseres flere sedimentprøver fra sentrale og østlige deler av bukten, og det foreligger ingen undersøkelser mht. vertikal ustreking av forurensning.

3 Miljømål

Ved fastsettelse av regionale og lokale miljømål i arbeidet med forurenset sjøbunn, må det tas hensyn til føringer som er gitt på nasjonalt plan. De nasjonale føringene er gitt gjennom stortingsmeldinger, forurensningslovverket og gjennom rammer for vannforvaltninger (Vannforskriften). Miljømålene vil være førende for både oppryddingstiltak og andre tiltak som ikke primært har til formål å rydde opp i forurensning (13).

3.1 Tilstand i henhold til Vannforskriften

Kittelsbukt tilhører vannforekomst Tromøysund-Arendal (ID 0120030203-2-C), som omfatter havneområdet øst for Strømmen, vest for Tromøybruen og nord for Pinneholmene. På grunn av påvist forurensning i sedimenter og biota, samt tilførsel av næringsstoffer, oppnår ikke vannforekomsten god økologisk eller kjemisk tilstand. Risikovurderingen for vannforekomsten viser at det er risiko for at miljømålet ikke oppnås innen 2021.

3.2 Overordnede miljømål Arendal kommune

Gjennom arbeidet i 2005 med tiltaksplan for Arendalsområdet ble det fastsatt et langsiktig miljømål (14):

«Bunnsedimentene i Arendalsområdet skal ikke være til hinder for utøvelse av rekreasjon og friluftsliv, fritidsfiske og –fangst, yrkesfiske og havnedrift.»

Det langsiktige miljømålet skal nås gjennom følgende delmål:

- Byområdet og småbåthavner: Identifisere og stoppe/minske kilder til forurensning.
- Byområdet og lokale utbygginger: Bunn sedimentene skal ha miljøgiftkonsentrasjoner lavere eller lik Klifs (nå Miljødirektoratets) tilstandsklasse II etter tiltak.
- Områder der tildekking ikke skal gjennomføres: Det skal observeres en gradvis nedgang i miljøgiftkonsentrasjoner.
- Hele området: Økt kunnskap om miljøgift i fisk og skaldyr skal gi grunnlag for differensiering, evt. fjerning, av kostholdsrad i fremtiden.

3.3 Forslag til operative tiltaksmål i Kittelsbukt

Arendal bystyre har i sin godkjenning av revidert tiltaksplan for Arendalsområdet vedtatt at bunn sedimentene skal ha en miljøgiftkonsentrasjon lik TK II eller lavere etter tiltak.

Miljødirektoratet anbefaler bruk av grenseverdien mellom TK II og III som mål der kilder er sanert, og vurderinger viser at denne klassegrense er hensiktsmessig å oppnå og kan forsvares ut fra kost/nytteturverdier. I tilfeller hvor kildene ikke er stanset, og næring og industri skal kunne opprettholdes, anbefaler Miljødirektoratet at grenseverdien mellom TK III og IV benyttes som tiltaksmål (12).

Områdene rundt Kittelsbukt er hovedsakelig regulert til forretning, kontor, bolig, park og trafikkareal. Selve Kittelsbukt er regulert til småbåthavn og trafikkareal for sjøverts trafikk. Det vil være tilførsel av forurensning, bl.a. med overvann, overløp, elveutløp, biltrafikk, båtvirksomhet og diffus forurenset grunn og sediment. Noe tilførsel må også antas i framtiden, selv om det både er utført og planlegges tiltak for å begrense dette.

Grenseverdi mellom TK II og III er et ambisiøst mål som setter store krav til tiltaksgjennomføring, både på land og i sjø, og videre overvåking av miljøtilstanden.

Et oppryddingstiltak vil bety at størsteparten av tiltaksarealet tilfredsstiller TK II eller bedre på kort sikt. Et alternativt tiltaksmål kan derfor være at overflatesedimentene i Kittelsbukt skal tilfredsstille TK II i inntil fire uker etter avsluttet tildekking. På sikt forslås det at det tillates maksimum TK III.

Arendal bystyres vedtak gjelder metaller og organiske miljøgifter som listet opp i minimumslisten for analyser av sedimenter (13). Vi anbefaler at tiltakets suksess måles etter minimumslisten gitt i M-350 Veileder for håndtering av sedimenter (13) foruten TBT og Cu, d.v.s. metaller (Pb, Cd, Cr, Hg, Ni, Zn) og organiske miljøgifter (PCB og PAH).

Arendalsområdet er et av 17 prioriterte områder i regjeringens handlingsplan for forurenset sjøbunn. Til nå er det ryddet helt eller delvis opp i flere større havner, bl.a. Kristiansand, Oslo, Drammen, Trondheim, Honningsvåg, Stamsund, Tromsø og Harstad. Erfaringen fra flere gjennomførte oppryddingsprosjekter viser at sjøbunnen fremdeles er sterkt forurenset av bl.a. TBT og Cu etter tiltak (15; 16; 17). Dette indikerer at man ennå ikke har kontroll over kildene til TBT i det marine miljøet. Miljødirektoratet mener derfor at det i svært mange tilfeller er liten nytte i å gjennomføre sedimenttiltak kun på bakgrunn av TBT (12). Av den grunn har ikke TBT vært en av de prioriterte miljøgiftene i flere av de gjennomførte oppryddingsprosjektene. Store mengder TBT og Cu vil likevel bli tatt ut av sirkulasjon dersom det gjennomføres tiltak rettet mot de øvrige miljøgiftene.

TBT har i hovedsak vært benyttet til tre- og tekstilimpregnering og som antibegroingsmiddel i bunnstoff. Det ble vedtatt er internasjonalt forbud mot ny påføring av TBT-holdig bunnstoff fra 2003, og fra 2008 skulle stoffet enten fjernes helt eller males over.

Cu har erstattet bruk av CCA (Cr, Cu, As) og kreosot (PAH) til treimpregnering, samt TBT i bunnstoff. Cu blir også benyttet i impregneringsmidler for oppdrettsnøter for å redusere vekst eller begroing av planter, alger og dyr. I tillegg brukes Cu i en rekke andre produkter, for eksempel elektronikk, ledninger, rør og kabler. Cu er ikke lenger på Miljødirektoratets sin liste for prioriterte miljøgifter og er heller ikke prioritert i Vanddirektivet eller Vannforskriften.

Tabell 3-1 gir en oversikt over hvilke miljøgifter som var påvist i TK IV og V før tiltak, og hvilke miljøgifter som er prioritert under gjennomført opprydding i seks norske havner (Horten og Hammerfest planlagt utført 2018-2019). Cu og TBT er påvist i flere havner hvor det har vært utført eller planlegges oppryddingstiltak. For alle, unntatt prosjektet Renere havn i Trondheim og Ren havn Honningsvåg, er TBT og Cu utelatt som tiltakets prioriterte miljøgifter.

Tabell 3-1 Oversikt over påviste og prioriterte miljøgifter i gjennomførte og planlagte oppryddingsprosjekter.

Sted	Påviste miljøgifter i kl. IV-V før tiltak	Prioriterte miljøgifter i tiltaket
Tromsø (2010-2012)	PAH ₁₆ , PCB ₇ , TBT, Hg, Cu	PAH ₁₆ , PCB ₇
Harstad (2012-2014)	PAH ₁₆ , PCB ₇ , TBT, Hg, Cu	PAH ₁₆ , PCB ₇ , Cd, Pb, Hg
Honningsvåg (2010-2011)	PAH ₁₆ , TBT, Pb, Hg, Cu, Zn	PAH ₁₆ , PCB ₇ , TBT
Trondheim (Kanalen, Brattørbassenget, Nyhavna, 2015-2016)	PAH ₁₆ , PCB ₇ , TBT, As, Pb, Cd, Hg, Cu, Ni, Zn	PAH ₁₆ , benzo(a)pyren, PCB ₇ , Cd, Pb, Hg, Cu
Horten (2018-2019)	PAH ₁₆ , PCB ₇ , TBT, Pb, Hg	PAH ₁₇ , PCB ₇ , Pb, Hg
Hammerfest (2018-2019)	PAH ₁₆ , PCB ₇ , TBT, Pb, Hg, Cu	PAH ₁₆ , PCB ₇ , Pb, Hg

4 Tiltaksbeskrivelse

4.1 Vurdering av tildekkingsareal

Kittelsbuk ligger relativt beskyttet til mot bølger og havstrømmer, og er utbygd med flytebrygger og kaier langs store deler av strandkanten. Innerst i Kittelsbuk ligger strandsonen som ble etablert i forbindelse med utfyllingen som ble utført på 1960-tallet. Massene i strandsonen består tilsynelatende av sand og grus, med sprengstein fra fyllingskanten og et tynt sjikt av siltige masser over.

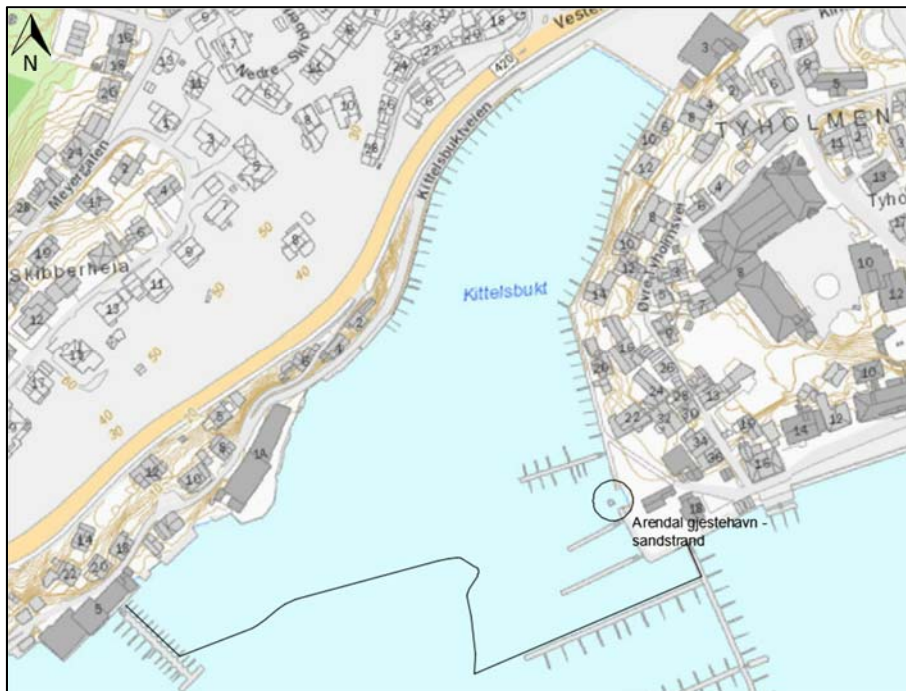
Tiltaksområdet avgrenses av flytebryggen ved Kittelsbuktveien 5 (Sevan Marine ASA) på vestlig side og den buede gangbroen ved Arendal gjestehavn og sjøbad på østlig side. Bukten blir kun anløpt av småbåter, og det er satt maksfart på 5 knop. Propelloppvirvling fra småbåter blir normalt vurdert å ikke virke ned til mer enn 15 m vanddyp (12). Spredningsmekanismer som bioturbasjon og diffusjon er av NIVA vurdert til å utgjøre den viktigste spredningsmekanismen i Kittelsbuk (5). Tiltaksgrensen settes derfor ved kote -20 (sjøkartnull), se Figur 4-1.

Områdene på vestlige og østlige side består av steinfyllinger og fjell ned til ca. kote -15 (sjøkartnull). Ut i fra ROV-undersøkelsen (18) har deler av skråningene tilsynelatende liten andel av finkornige løsmasser. På dypere vann ser det ut som om overflatesedimentene består av silt og sand.

I Kittelsbuk ligger det pumperør og to vanninntak for fjernvarme tilhørende Agder Energi. Vanninntaket leder til et kjølesystem, og systemet er sårbar for økt partikkeltilførsel. I følge Agder

Energi (Bernt Thorbjørnsen, pers. med.) tolererer rørene en overdekning av et 30-40 cm tykt tildekkingslag, men det må gjøres tiltak for å unngå at vanninntakene kommer for nær sjøbunnen som følge av tildekkingen. Vanninntakene er i drift hele året, men med noe redusert behov for kjøling på vinterstid. Det er derfor hensiktsmessig at tiltak i Kittelsbukt gjennomføres når det er kaldest mulig i sjøen, primært januar-februar, slik at vanninntaket kan reduseres mest mulig. Det er også mulig å benytte det ytre inntaket ved arbeidet i indre del av Kittelsbukt og omvendt. Det kan også vurderes avbøtende tiltak som siltgardin eller lignende ved gjennomføring, for å redusere partikkeltransport mot vanninntaket.

Det ligger også mange moringer fra flytebryggene som det må tas hensyn til under tildekking.



Figur 4-1 Tiltaksområdet i Kittelsbukt avgrenset ved kote -20 (sjøkartnull).

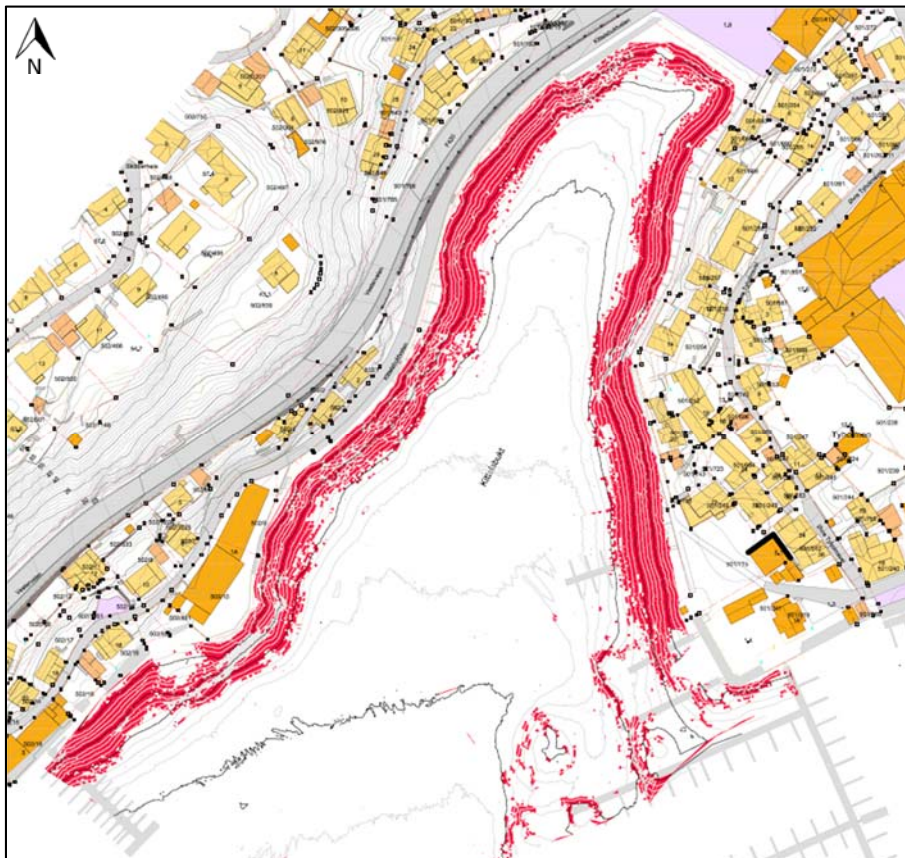
4.1.1 Skråningsstabilitet

Multiconsult har vurdert skråningsstabiliteten til et tildekkingslag i Kittelsbukt, se Multiconsult-notat 418803-RIG-NOT-001 (vedlegg B).

Sjøbunnen i Kittelsbukt faller ut mot midten og sørover ut av bukten. I deler av Kittelsbukt er det stedvis registrert helning over 40°. Friksjonsvinkelen til løst lagret sand ligger erfaringsmessig rundt 33-36°. For et tildekkingslag er det også relevant å vurdere stabilitet mot glidning på underlaget.

Ifølge vurderinger og undersøkelser fra Kittelsbukt er grunnforholdene dårlige med tanke på skråningsstabilitet. Med utgangspunkt i NGIs undersøkelser i Illsvika/Fagervika (19) anbefales det derfor en praktisk grense på 1:2 (26,6°), hvor det ikke utføres tildekking i skråninger med større helning enn dette. Se Figur 4-2 for områder hvor det er registrert helning brattere enn 1:2.

For å vurdere eventuell tildekking i skråninger med helning brattere enn 1:2, må det utføres supplerende undersøkelser. Både dykkerinspeksjon, grunnboringer og nærmere stabilitetsanalyser er aktuelt.



Figur 4-2 Oversikt over områder med helning over 1:2 (rød markering).

4.1.2 Arendal gjestehavn

Ved Arendal Gjestehavn på Tyholmen er det etablert ei badestrand med tilført skjellsand, som er ønskelig å beholde. Som følge av skjellsands relativt lave egenvekt og store overflate sammenlignet med volum, transporteres skjellsand lett bort fra områdene det blir lagt ut i. Det aktuelle området har et areal på ca. 250 m².

I forbindelse med Oslo kommunes sikring av det tidligere avfallsdeponiet på Langøyene, er det planlagt å etablere en undersjøisk terskel (bølgebryter) opp til kote -2,5 m (sjøkartnull) for å øke levetiden til sandstranden som ligger innenfor. Samme løsning kan vurderes utenfor Arendal gjestehavn og sjøbad. En terskel kan også forlenges til sidene og kan bidra til å stabilisere tildekkingslaget i områder hvor helningen er brattere enn 1:2. En terskel kan også designes som et kunstig rev og slik øke området attraktivitet for fisk og krepsdyr.

Før evt. etablering av en terskel må sedimentene tildekkes med et tynt dekke av sand for å redusere risikoen for spredning av forurensede partikler ved utlegging av stein.

Som grunnlag for eventuell videre vurdering av en slik terskel, anbefales det å gjennomføre dykker- eller ROV-undersøkelser, for å kartlegge løsmassemektighet og -sammensetning i skråningene. Hvis det påvises løsmasser i skråningene, må det utføres geotekniske stabilitetsvurdering og undersøkelser før en evt. terskel kan prosjekteres. Det bør også utføres strømmålinger for å undersøke mulig effekt av en bølgebryter/terskel.

4.2 Rydding av skrot og avfall

ØRP Group utførte i 2015 en ROV-undersøkelse for å kartlegge skrot på sjøbunnen i Kittelsbukt (18). Undersøkelsen avdekket mye spredd søppel i form av eksempelvis sykler, handlevogner, båtutstyr og motorblokker.

Skrot og avfall som står opp av sjøbunnen kan forstyrre utlegging av tildekkingsmassene, og effekten ved at det dannes lekkasjer gjennom tildekkingslaget. For å sikre et ensartet tildekkingslag, må skrot fjernes i størst mulig grad før utleggingen.

ROV-undersøkelsen utført i 2015 (18) avdekket til sammen fem båtvrak i Kittelsbukt, se Figur 4-3. Det er sannsynlig at skipsvrakene ikke blir helt tildekket etter utlegg av tildekkingsmassene, men dette vil være små områder sammenlignet med tiltaksområdet som helhet. Kostnaden og risikoen forbundet med fjerning av vrak er større enn forurensningsrisikoen ved å la dem ligge.

For å sikre størst mulig effekt av tildekkingslaget, må det gjøres en dykkerbefaring etter at første tildekkingslag er lagt ut, for å vurdere om det er felter som bør dekkes ekstra i neste runde.



Figur 4-3 Båtvrak påvist i ROV-undersøkelsen utført i 2015 (18).

4.3 Utlegging av tildekkingsmasser

Den begrensede seilingsdybden og manøvreringsarealet i de grunnere delene av Kittelsbukt vil kunne gi føringer for hvilket utstyr som kan benyttes.

Ved utlegging av tildekkingsmasser vil det forekomme noe resuspensjon av sedimentene under. Bruk av splittlekter i så grunne områder vil trolig ikke være egnet, da metoden vil ha lav nøyaktighet. En form for utspyling av masser vil sannsynligvis være mer egnet, og vil også kunne redusere behovet for flytting av flytebrygger og moringer.

For å sikre at eventuelt resuspendert materiale fra sedimentene også dekkes til, skal tildekkingslaget legges ut i minimum to omganger. Dette vil også bidra til å øke stabiliteten ved at overskytende porevann får noe tid til å migrere ut fra sedimentene.

Første tildekkingslag skal legges ut i hele tiltaksområdet, før påfølgende lag kan legges ut. Utleggingen skal starte på dypeste punkt og fortsette til grunnere vann (20).

4.4 Gjennomføringsperiode

For å minimere påvirkning på omgivelsene planlegger Arendal kommune å gjennomføre tiltaket i løpet av perioden høst-vinter 2018, og utenfor hensynsperioden 15. mai til 15. september. Dette er utenfor vekstsesongen til fugler, dyr og marine organismer og utenfor den mest aktive båtsesongen i Arendal.

Det er registrert et gyteområde for torsk i byfjorden mellom sentrum, Hisøy og Tromøya (Arendal byfjord, verdi C-1 mindre viktig gytefelt). Kysttorsk gyter i perioden februar-mai. Ved gjennomføring av tiltak i både Pollen og Kittelsbukt, bør man fortrinnsvis gjennomføre tiltak i Pollen først, for å unngå evt. påvirkning nær gyteperioden.

Det anslås at tiltaket i Kittelsbukt kan gjennomføres i løpet av to måneder, inkludert rigg og forberedelser.

5 Prosjektering av tildekkingslag

5.1 Krav til tildekkingsmasser

Tildekkingsmassene må tilfredsstillende krav gitt i Miljødirektoratets veileder M-411/2015, «Testprogram for tildekkingsmasser» (21). Dette innebærer bl.a. vurderinger om permeabilitet og filteregenskaper, egenvekt, materialets effekt på organismer og kjemisk karakterisering. Potensial for rekolonisering, egenvekt og kjemisk karakterisering må vurderes for det spesifikke tildekkingsmaterialet som skal benyttes. Ved endelig valg av tildekkingsmateriale skal krav til kjemisk karakterisering og fysiske egenskaper dokumenteres, jf. M-411 (22).

Tildekkingsmassene må ha tilstrekkelig permeabilitet for å hindre oppbygging av porevann og gassdannelse, og ha gode filteregenskaper for å hindre utvasking av finstoff. Dette sikres ved å hensynte følgende relasjon:

$$2 * d_{15(sediment)} < d_{15(filter)} < 5 * d_{85(sediment)}$$

Hvor $2 * d_{15(sediment)} < d_{15(filter)}$ skal sikre tilstrekkelig permeabilitet i filterlaget, mens $d_{15(filter)} < 5 * d_{85(sediment)}$ skal sikre mot utvasking av finstoff.

Tabell 5-1 viser orienterende verdier for kornstørrelser for aktuelle tildekkingsmaterialer.

NIVAs undersøkelse fra 2007 viste at det ikke var sedimenter i skråningene på østsiden (5). Dette indikeres også av bunnkartlegging utført av Agder Dykk i 2017. Sedimentene i Kittelsbukt karakteriseres som siltig sand, med et finstoffinnhold (leire og silt) fra 19 til 54 %.

Siden det ikke foreligger siktekurver er sedimentenes d_{15} og d_{85} ukjent, men antas å ligge innenfor verdiene oppgitt for ensgradert til velgradert sand i Figur 5-1. Egnede filterlag skal ifølge tabellen ha følgende kriterier: $0,08 \text{ mm} < d_{15(filter)} < 30 \text{ mm}$ (sand/grus).

Tabell 5-1 Typiske kornstørrelser for aktuelle materialer ved tildekking av forurensede sedimenter (tabell 1 i M-411/2015).

Forurenset sediment				Egnet tildekkingsmateriale	
Forurenset sediment	Kornstørrelse d_{15} , (mm)	Permeabilitet k , (m/s)	Kornstørrelse d_{85} , (mm)	Kornstørrelse d_{15} , (mm)	Beskrivelse, i tilfelle bruk av ensgradert materiale
Siltig leire	< 0.002	$10^{-8} - 10^{-11}$	0.006	< 0.004 - 0.03	Middels til grov silt
Ensgradert silt	0.004	Ca. 10^{-7}	0.02	0.008 - 0.1	Middels silt til fin sand
Velgradert silt	0.006	Ca. 10^{-6}	0.1	0.012 - 0.5	Grov silt til middels sand
Ensgradert sand	0.08	Ca. 10^{-5}	0.2	0.08 - 1	Middels til grov sand
Velgradert sand	0.08	Ca. 10^{-5}	6	0.08 - 30	Middels sand til grov grus

5.2 Skjellsand som tildekkingslag

Arendal havn har fremmet ønske om bruk av skjellsand som et estetisk virkemiddel ut over nødvendig bruk på badestranden ved Arendal gjestehavn. Naturlig skjellsand kommer ofte i fraksjoner mellom 0/2 og 0/8 mm. Basert på beregnede verdier av propellstrøm ved anløp og buksering av båter fra lignende forhold, forventes propellstrøm i Kittelbuktt være så høy at skjellsand vil transporteres og man risikerer erosjon av tildekkingslaget.

Det har vært foreslått bruk av duk over de forurensede sedimentene og skjellsand på toppen. Duk bør ikke benyttes i skråning og ved oppstikkende fjell og stein siden det da er fare for strekk og brist, samt at man lager en glideflate. Siden skjellsand er så utsatt for transport og erosjon, vil en slik løsning kreve kontinuerlig overvåking og trolig hyppig tilførsel av ny skjellsand. I mellomtiden vil underliggende duk og sedimenter ligge utildekket. Bruk av duk og skjellsand som tildekkingslag vil være beheftet med stor usikkerhet sammenlignet med bruk av masser med bedre erosjonsmotstand.

Vi kan derfor ikke anbefale bruk av skjellsand som tildekkingsmasser alene, men skjellsand kan legges på toppen av erosjonslaget for å oppnå den visuelle effekten. Skjellsanden vil dermed ikke være en del av det funksjonelle tildekkingslaget.

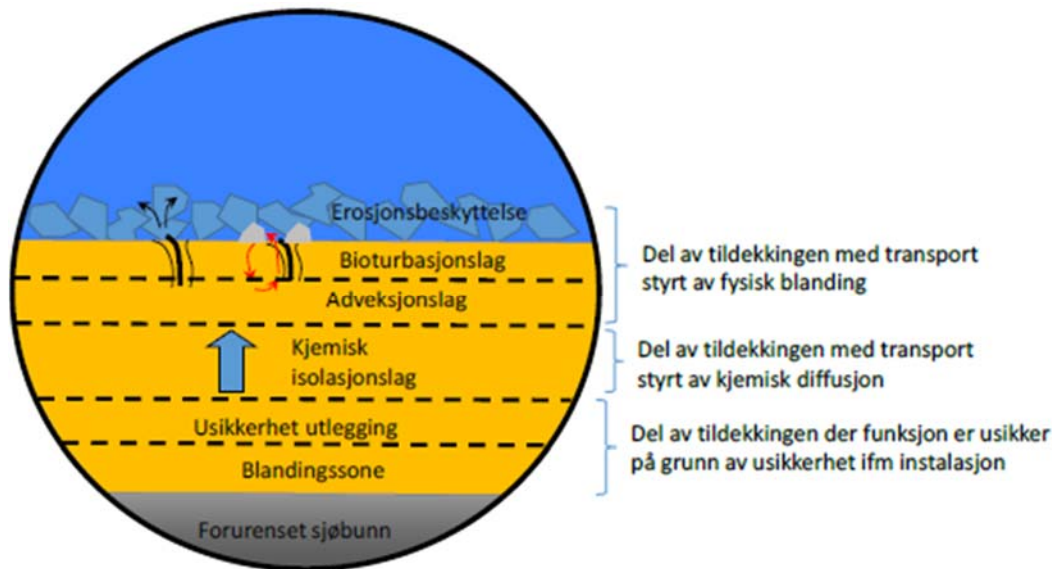
Faktiske strømforhold i Kittelsbuktt er ikke målt, og det er derfor usikkert hvor hyppig det vil være behov for tilførsel av ny skjellsand.

Vi vil i denne sammenhengen presisere at skjellsand ikke skal hentes fra forekomster hvor det er registrert stillehavsøsters.

5.3 Beregning av tildekkingslagets mektighet

5.3.1 Generell oppbygging av tildekkingslag

Tildekking av forurensede sedimenter gjøres for å hindre spredning av miljøgifter til vannet eller organismene som lever på sjøbunnen. Et tildekkingslag skal motstå erosjon, redusere diffusjon av miljøgifter og utlekking som følge av bølger og vannstrøm (adveksjon), og hindre at bunnlevende organismer graver ned i de opprinnelige massene. Utleggingen må også ta høyde for usikkerhet i effekt, innblanding i opprinnelige sedimenter og spredning ved utlegging. Ofte kan mektigheten reduseres ved at to eller flere lag slås sammen dersom ett lag kan ivareta funksjonen til et annet lag. Prinsippskisse for oppbygging av tildekkingslaget er vist i Figur 5-1.



Figur 5-1 Prinsipp for oppbygging av tildekkingslag (utsnitt fra NGI-rapport 20160682-01-TN Tildekking i Stavanger havn Vurdering av stedlige masser og tildekkingsmasser).

5.3.2 Erosjonsbeskyttelse

For å unngå erosjon av tildekkingslag må kornstørrelse i tildekkingslaget dimensjoneres for å motstå påvirkning av vannstrøm og propellpåvirkning. Kittelsbuk ligger relativt beskyttet mot vær og vind, og det er liten tidevannsforskjell langs denne delen av norskekysten. Det antas derfor at det er propellstrøm fra bukserende småbåter som vil ha størst fysisk påvirkning på tildekkingslaget. Innerst i Kittelsbuk ligger strandsonen i dagen. Strandsonen har en utstrekning på ca. 40 m. I dette området vil også bølgeerosjon kunne forekomme. Observasjoner i felt antyder at massene her består av siltig sand og grus, og sprengstein fra utfyllingen. Tildekking i dette området kan ikke utføres med mer finkornig materiale enn det som ligger der i dag.

Dybden i Kittelsbuk varierer mellom kote -1,5 innerst ved kaikant og ned til kote -15 i sentrale deler. Løsmassesammensetning og -mektighet under kaiene er ukjent.

I oppryddingsprosjektet Ren Harstad havn ble fraksjon 0/32 ($d_{15} = 0,75$ mm, $d_{50} = 11$ mm, $d_{85} = 30$ mm) benyttet som erosjonsbeskyttelse ved varierende dybder mellom 0 og -7 m (sjøkartnull) ved Harstad Marina i Harstadbotn. Overvåking henholdsvis 1 og 2 år etter at tiltaket ble avsluttet viser at tildekkingslaget i småbåthavna er intakt (23). SINTEFs modellering i oppryddingsprosjektet Renere havn i Trondheim viste at en seilbåt (Delphia 40 e.l.) kan forårsake en bunnstrøm opp til 0,4 m/s ved 70 % motorpådrag (ca. 3 meter over bunnen). Ved en slik påvirkning må d_{50} være større enn 0,5 mm for å unngå suspensjon. For en noe større fritidsbåt (Princess 52 e.l.) er indusert bunnstrøm beregnet til 0,9 m/s ved 30 % motorpådrag (ca. 4,5 meter over bunnen). Ved en slik påvirkning må d_{50} være større enn 3 mm for å unngå suspensjon. I prosjektet Renere havn i Trondheim ble fraksjon 0/8 benyttet som filterlag og erosjonsbeskyttelse i Kanalen (ca. -3,5 m (sjøkartnull)).

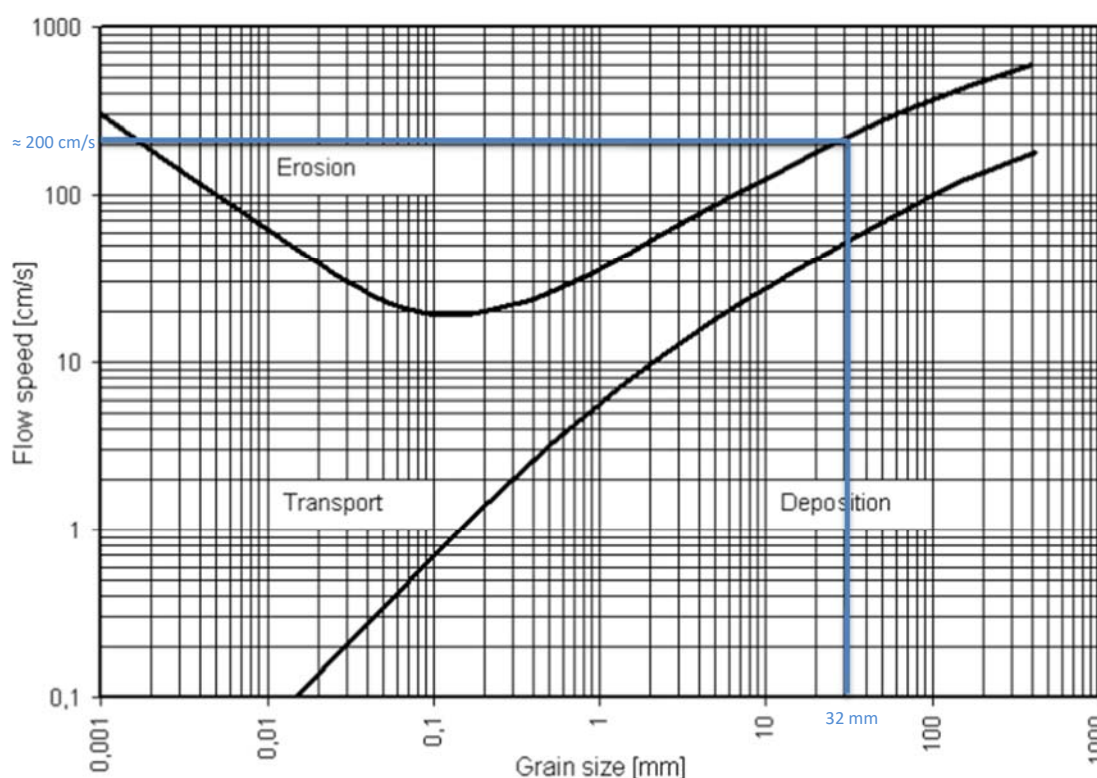
Siden det er vanskelig å forutsi effekten av motorpådrag ved buksering av anløpende fritidsbåter, bør erosjonssikringslaget overdimensjoneres noe. På bakgrunn av dette vurderes det som nødvendig med en største korndiameter som kan motstå erosjon ved bunnstrømmer mellom 1 til 2 m/s.

Hjulstrøms diagram i Figur 5-2 gir en indikasjon på transport og erosjon ved økende strømhastighet ved bunnen. Diagrammet viser at en kornstørrelse 10 mm kan eroderes ved ca. 1 m/s. For partikler

med korndiameter på ca. 30 mm forventes det først erosjon ved ca. 2 m/s. Ut fra dette kan fraksjon 0/32 mm eller lignende ha akseptabel erosjonsmotstand.

Dersom finstoffinnholdet tilfredsstillende kravene til filtrering og permeabilitet ($0,08 \text{ mm} < d_{15(\text{filter})} < 30 \text{ mm}$), kan fraksjon 0/32 eller lignende også være egnet som filterlag. Dette er en lett tilgjengelig fraksjon som er mye brukt blant annet i veibygging.

Erosjonslagets mektighet estimeres ved å multiplisere d_{50} med en faktor på 3 dersom erosjonssikringslagets d_{50} er $< 100 \text{ mm}$ (24). Dette gjøres for å sikre at erosjonssikringslaget har tilstrekkelig mektighet til å tolerere noe transport i overflaten. Siden dette laget også skal ivareta funksjonen som bioturbasjonslag settes mektigheten til min. 10 cm.



Figur 5-2 Hjulstrøms diagram med kornstørrelse på x-akse og strømshastighet på y-akse. Strømshastighet hvor det forventes erosjon av masser med korndiameter 32 mm er markert i blått.

5.3.3 Bioturbasjonslag

Dyr som lever i sedimentene kan føre med seg forurensede sedimenter opp til overflaten og dermed bidra til å spre miljøgifter. Det biologisk aktive laget strekker seg normalt ikke dypere enn 10 cm (13). I Kittelsbuk vil de øverste 10 cm være et kombinert erosjonslag og bioturbasjonslag.

5.3.4 Adveksjonslag

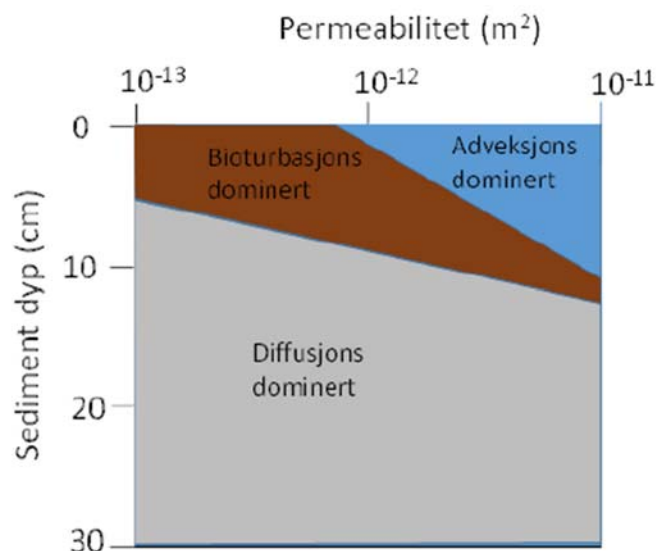
Trykkforskjeller som følge av strømmende vann over tildekkingsmassene kan medføre vannstrøm og transport av forurensede partikler opp gjennom tildekkingslaget. Dette kalles adveksjon.

Adveksjonslagets formål er å redusere vannstrømmen slik at den ikke påvirker det underliggende isolasjonslaget. Normalt er kun de øverste 10 centimeterne påvirket av adveksjon, se Figur 5-3.

Forutsatt at tildekkingslagets øverste lag er ensartet, dvs. at erosjons- og bioturbasjonslaget ikke

består av masser med betydelig høyere permeabilitet enn filterlaget, kan adveksjonslagets funksjon dekket av erosjons- og bioturbasjonslaget.

I Kittelsbukt forutsettes bruk av samme type masser for alle lag i tildekkingen. Den øvre delen av tildekkingslaget vil derfor også kunne ivareta formålet for adveksjonslaget. Erosjonslag, bioturbasjonslag og adveksjonslag skal derfor ha en samlet mektighet på min. 10 cm, jf. Tabell 5-2.



Figur 5-3 Oversikt over mekanismer for utlekking fra forurenset sediment (fra Huettel and Webster 2001, og referanser i denne).

5.3.5 Kjemisk isolasjonslag

Det kjemiske isolasjonslaget skal hindre diffusjon av miljøgifter fra sedimentene. Mektigheten på isolasjonslaget må dimensjoneres slik at laget skal oppfylle kravene også etter at bindingskapasiteten er oppbrukt. Beregningene er utført ved hjelp av en analytisk modell utviklet av David Lampert og Danny Reible ved Texas Tech University (25). Regnearket er lastet ned fra <https://www.depts.ttu.edu/cweb/groups/reiblesgroup/downloads.html>. Regnearket beregner konsentrasjonen av en gitt miljøgift ved ønsket dybde i et isolasjons- og bioturbasjonslag. Beregningen tar utgangspunkt i porevannskonsentrasjonen. Forutsetning som lagtykkelse endres deretter til den beregnede konsentrasjonen ligger under ønsket nivå, som i dette tilfellet er grenseverdien mellom tilstandsklasse II og III. Det er lagt inn en forutsetning om et bioturbasjonslag med 10 cm mektighet.

Analyser viser at porevannskonsentrasjonen av As, Pb, Cu, Zn, flere PAH-forbindelser og TBT overskrider PNEC_w. Under forutsetning av et bioturbasjonslag på 10 cm, viser regneverktøyet at nødvendig tykkelse på isolasjonslaget basert på Pb, Zn, TBT og en rekke PAH-forbindelser er 1 cm. For antracen viser beregningen nødvendig mektighet på 2 cm. For øvrige forbindelser viser beregningene at det ikke er behov for isolasjonslag. Isolasjonslagets mektighet settes likevel til minimum 10 cm for å ta høyde for usikkerheter ved prøvegrunnlag og beregningsverktøy. Se vedlegg A for resultater fra beregningene.

5.3.6 Blandingslag

Ved utlegging vil massene blande seg med de underliggende sedimentene i en sone som tilsvarer maksimum 2-3 ganger største korndiameter. Det prosjekteres derfor et blandingslag på 10 cm for å ta høyde for dette.

5.3.7 Oppsummering

Det er gitt en oppsummering av beregnet minimumsmektighet og anbefalt massebeskaffenhet for Kittelsbukt i Tabell 5-2. Den oppgitte mektigheten er minimumtykkelse på lagene. Som følge av ujevn utlegging og spredning av partikler ved utspyling, er det i mengdeberegningen, som danner grunnlaget for kostnadsberegningene, lagt inn en sikkerhetsfaktor på 20 % for å sikre minimumsmektighet på tildekkingslaget.

Det foreslåtte designet tilsvarer det som er beskrevet for indre del av Pollen (se Multiconsult rapport 418803-RIGm-RAP-001). Utlegging av tildekkingslag med likt design og samme type masser, vil bidra til å holde råvare- og utleggingskostnadene nede.

Tabell 5-2 Tildekkingsdesign i Kittelsbukt.

Lag	Minimumsmektighet	Type masse
Erosjonsbeskyttelse	10	$d_{50} \geq 10$ mm, $d_{90} \approx 30$ mm, eksempelvis 0/32 mm eller lignende
Bioturbasjonslag	Inngår i erosjonslag	-
Adveksjonslag	Inngår i erosjonslag	-
Kjemisk isolasjonslag	10	Middels sand til grov grus, eksempelvis 0/32 mm eller lignende
Blandingslag	10	Middels sand til grov grus, eksempelvis 0/32 mm eller lignende
Samlet mektighet	30	-

6 Kontroll og overvåking av utførelse

Det skal gjennomføres kontroll og overvåking av tiltaket før og etter tiltaksgjennomføring, for å dokumentere effekten av tiltaket og at tiltaks målet er nådd. I tillegg skal det gjennomføres kontroll og overvåking av tiltaket under gjennomføring, for å sikre en mest mulig skånsom gjennomføring og at vilkår i tillatelsen overholdes. Dersom det oppstår situasjoner som gir økt fare for spredning av forurensning, skal avbøtende tiltak iverksettes.

Kontroll- og overvåkingsprogrammet skal utarbeides med tanke på at tiltaksmetoden vil bestå av tildekking i tillegg til naturlig restitusjon av dypere områder utenfor tiltaksområdet.

Kontroll- og overvåkingsprogrammet må vurderes nærmere når tillatelse fra miljøvernmyndighetene foreligger.

6.1 Kontrollmålinger før tiltak

Før tiltakene igangsettes bør aktuelt kontroll- og overvåkingsutstyr (turbiditetsmålere) ha vært utplassert ved samme stasjoner og i samme vanddybde som skal benyttes under overvåkingen av tiltaket.

Siden Kittelsbukt er et avgrenset område, anses det som tilstrekkelig med én måler plassert i ytterkanten av området. Dette for å få en referanseverdi for mengde partikler (turbiditet) som

normalt spres fra området. Måleren må stå lenge nok ute til at de fanger opp naturlig variasjon som følge av for eksempel vind, nedbør, normaltstand og vårflom i Nidelva, og helst også noe av småbåtsesongen.

6.2 Overvåking under tiltak

Under hele anleggsfasen vil det kunne bli trafikkbegrensninger og fartsreduksjon i berørte områder. I tillegg må det forventes at anleggsarbeidet må tilpasses normal havnetrafikk.

Tiltaket skal overvåkes slik at det umiddelbart kan igangsettes avbøtende tiltak dersom arbeidet medfører uakseptabel spredning av forurensning.

Det anses som hensiktsmessig med to aktive målere under gjennomføring av tiltaket. Det vil foregå noe spredning av både rene og forurensede partikler innad i Kittelsbuk, men dette vurderes som akseptabelt. Spredning av rene tildekkingsmasser vil også kunne bidra til å redusere spredning av forurensede partikler fra foreløpig ikke tildekkede områder.

6.2.1 Beredskapsplaner

Før arbeidene igangsettes skal det utarbeides beredskapsplaner for å sikre at skader på miljøet unngås eller reduseres mest mulig i tilfelle det skulle oppstå noe uforutsett. Utarbeidelse av beredskapsplaner må gjøres i samråd med utførende entreprenør, og innholdet i planen vil bl.a. avhenge av type utstyr og tiltaksmetode som blir valgt.

6.2.2 Turbiditetsmålinger

Mens tiltakene gjennomføres er det viktig å forhindre uakseptabel spredning av miljøgifter.

Den naturlige turbiditeten i vannmassene vil variere, for eksempel som et resultat av algeoppblomstring, nedbør, vårflom i Nidelva og vindindusert omrøring av vannmassene. Turbiditeten i området hvor tildekking pågår må derfor alltid sammenlignes med turbiditet i et referanseområde. Vanddyp og plassering av målerne bestemmes ut fra innledende kartlegging av turbiditet i en periode før igangsetting av tiltaket.

Turbiditetsmåleren vil ikke kunne skille mellom rene masser (tildekkingsmasser) og eventuelt oppvirvlet sediment i suspensjon. Dersom det er mye blakking i vannet kan det eventuelt samles inn vannprøver til kjemisk analyse for innhold av miljøgifter. Det kan også være aktuelt å benytte en eller flere sedimentfeller, for å undersøke og dokumentere forurensningsspredning i tiltaksfasen.

Risikoen for oppvirvling av forurenset sediment er størst ved utlegging av det første tildekkingslaget. Siden påfølgende lag legges over allerede rene masser, er risikoen for spredning av forurensede partikler minimert. Det foreslås at det opereres med to alarmgrenser, som i prosjektet Renere havn i Trondheim (26):

- **Lav alarmgrense** ved utlegging av første tildekkingslag. Grenseverdi: referanse + 10 NTU over 20 minutter. Grenseverdi satt for å begrense spredning av miljøgifter.
- **Høy alarmgrense** ved utlegging av påfølgende tildekkingslag. Grenseverdi: referanse + 20 NTU over 4 timer. Grenseverdi satt for å beskytte omgivelsene mot turbiditet.

Turbiditetsmålerne må være online og ha varsling/alarm ved overskridelse av gitt grenseverdi. Dersom det registreres vedvarende høy turbiditet ved tildekkingsfartøyet som ikke kan forklares av naturlige endringer og skyldes annen aktivitet enn tildekkingen, skal tildekkingen stanses umiddelbart inntil årsak er avdekket og eventuelle tiltak gjennomført.

6.3 Sluttkontroll av tiltak

Sluttkontrollen omfatter alle tildekkede områder og består av sedimentprøvetaking og kontroll av tildekkingslag.

6.3.1 Sedimentprøvetaking

Etter tildekking skal det innen fire uker gjennomføres sluttkontroll ved hjelp av prøveinnsamling og kjemiske analyser for innhold av miljøgifter i overflatesedimentene (0-10 cm). Sedimentprøvene analyseres for minimumslisten, jf. Miljødirektoratets veileder M-350 (13). Dersom analyseresultatene fra denne kontrollen viser at tiltaksålet (TK II, se kap. 3.3) ikke er oppnådd, kan det være aktuelt med ekstra tildekking. Ny sluttkontroll må utføres på nytt etter retildekking.

6.3.2 Kontroll av tildekkingslag

Det er viktig med god posisjoneringskontroll ved utlegging av tildekkingsmassene. Entreprenør må kunne dokumentere at tildekkingslaget er heldekkende og utført i beskrevet mektighet. Tildekkingslagets mektighet kan kontrolleres ved nøyaktig dybdeoppmåling før og etter utleggingen, supplert med markeringsstenger som plasseres ut i flere punkter innenfor tildekkingsområdet. Markeringsstengene kontrolleres av dykker eller ved bruk av ROV.

6.4 Overvåking etter tiltak

Etter at tiltaket er avsluttet må det gjennomføre overvåking for å vurdere om miljøtilstanden opprettholdes og de langsiktige miljømålene blir nådd.

6.4.1 Sedimentprøvetaking

For å kontrollere at det ikke foregår resedimentering av forurenset sediment i sanert område, utlekking gjennom tildekkingslaget eller utlekking fra kilder på land, bør det jevnlig samles inn sedimentprøver fra tildekkede områder. Overflatesedimentene (0-10 cm) analyseres for minimumslisten, jf. veileder M-350 (13). Dersom analyseresultatene viser at tiltaksålet (TK III på sikt, jf. kap. 3.3) ikke er oppnådd, bør årsak og evt. tiltak utredes. Anbefalt prøvetakingsfrekvens er én gang i året de tre første årene etter tildekking.

6.4.2 Kontroll av tildekkingslag

Tilstanden på erosjonssikringslaget skal årlig kontrolleres ved dykkerinspeksjoner eller Rmed OV, for å dokumentere at tildekkingslaget ikke eroderes på grunn av bølger, generell bunnstrøm eller propellstrøm.

7 Kostnadsoverslag

7.1 Massebehov

Tabell 7-1 viser oversikt over tildekkingsarealer og beregnede mengder for tildekkingslag, basert på designet beskrevet i kap. 5. For å oppnå nødvendig minimumsmektighet ved utlegging, er det i mengdeberegningene medtatt et tillegg på 20 %.

Geoteknisk vurdering av skråningsstabilitet (27) gir en foreløpig praktisk grense ved helning 1:2, hvor det ikke utføres tildekking i skråninger med større helning enn dette. Disse områdene utgjør ca. 7 300 m² av totalt ca. 34 000 m² i Kittelsbuk, og det er usikkert hvor stort innslag av finkornige sedimenter det er her. Før det vurderes tildekking i områder med helning over 1:2, må det gjennomføres dykker-

/ROV-undersøkelser for å kartlegge massesammensetningen, og evt. grunnboringer og nærmere stabilitetsanalyser dersom det registreres finkornige sedimenter i antatt betydelig mektighet.

I de videre mengdeberegningene er det lagt til grunn at også de 7 100 m² med skråning brattere enn 1:2, kan og må tildekkes.

Tabell 7-1 Oversikt over arealer og beregnede mengder for tildekkingslag.

Område	Vanndybde (m)	Areal (m ²)	Behov for eget erosjonssikringslag?		Mengde (m ³)	
				Filtermasser	Erosjonssikring	Skjellsand
Kittelsbukt	0-15	34 000	Nei	12 300 ¹	-	60 ²

¹ For å oppnå minimumsmektighet på tildekkingslag på 30 cm (+20 %).

² For å oppnå minimumsmektighet på tildekkingslag på 20 cm (+20 %).

7.2 Logistikk og råvaretilgang

Per i dag er leverandør og typen masser ikke bestemt, dette vil bli avgjort en anbudskonkurranse. Egnede masstyper kan for eksempel være knuste masser i fraksjon 0/32, som vil tilfredsstille både filterfunksjon og erosjonssikringsbehov i Kittelsbukt.

Det kan være betydelige besparelser ved å finne lokale leverandører med etablert logistikk for utskipping av tildekkingsmassene. Eksempler på råvareleverandører med utskipingsmuligheter er Klodeborg og Landvik Pukkverk med mellomlager og utskipingsmuligheter i Eydehavn i Arendal kommune, Reddal Sand AS i Arendal kommune, og Rekefjord Stone AS i Sogndal kommune. Rekefjord Stone AS oppgir at hver utskipning kan være på ca. 3500-4500 tonn eller ca. 1300-1700 m³.

Eksempler på skjellsandleverandører er Boston AS med utskipingskai i Hausvik, Lyngdal kommune, og Midtstøl Sjø i Arendal kommune. Boston AS oppgir at de kan legge ut mellom ca. 50-300 m³/time. Utspylingsrate avhenger bl.a. kapasiteten til utstyr som blir brukt og krav til nøyaktighet.

Enhetsprisene i kostnadsberegningene i kap. - er basert på informasjon fra disse leverandørene.

Det presiseres imidlertid at eksemplene over på ingen måte er en uttømmende liste over mulige råvareleverandører, og at leverandørevaluering må ivaretas i anbudskonkurransen.

Følgende områder kan vurderes for mellomlagring av masser hvis behov (havnefogd Rune Hvass, pers.med.):

- Vindholmen, Arendal industrier
- Pusnes, Tromøya
- Krana/His, Arendal havn
- Eydehavn, Arendal havn
- Skilsø, Arendal havn

7.3 Kostnader knyttet til forberedelse og gjennomføring

Kostnadsberegningene tar utgangspunkt i bruk av sand/grus som tildekkingsmasser. Kostnadene presentert i tabellen under er basert på oppgitte enhetspriser fra råvareleverandører og erfaringstall

fra lignende tiltak i sjø. Beregningene er et estimat og usikkerheten er representert ved å oppgi en høy og en lav pris, se Tabell 7-2.

Store deler av skrånningene i Kittelsbukt er sannsynligvis for bratte til at tildekkingsmasser vil bli liggende, og videre er behovet for tiltak i disse områdene usikkert.

Mellomlagring av masser er ikke inkludert. Skjellsand er forutsatt brukt kun ved badestranden ved Arendal gjestehavn.

ROV-undersøkelsen i 2015 viste at det ligger en del skrot på sjøbunnen i Kittelsbukt. Gjenstander som stikker opp fra sjøbunnen må fjernes for å oppnå en ensartet tildekkingslag. Der er ikke stilt krav om fjerning av større båtvrak, forutsatt at det sikres at tildekkingslaget dekker sedimentene ved vraket tilstrekkelig, jf. kap. 4.2.

En kan oppnå besparelser ved å gjennomføre tiltak i Pollen og Kittelsbukt samtidig, og slik redusere posten for rigg og drift i de to områdene. Besparelser kan også oppnås ved å velge teknologi som reduserer behovet for å flytte flytebrygger og kaier. Bruk av sandpumpe og styrbart utleggingsrør er et eksempel på slik teknologi.

Tabell 7-2 Estimerte kostnader for tiltak i Kittelsbukt (NOK, eks. mva.).

Beskrivelse	Antall	Enhet	Enhetspris lav	Enhetspris høy	Pris lav	Pris høy
Undersøkelser før oppstart						
Geotekniske undersøkelser	1	RS	400 000	600 000	400 000	600 000
Supplerende miljøgeologisk prøvetaking	1	RS	60 000	80 000	60 000	80 000
Dykker-/ROV-undersøkelse	1	RS	180 000	230 000	180 000	230 000
Turbiditetsmålinger	1	RS	220 000	280 000	220 000	280 000
Strømmåling	1	RS	150 000	200 000	150 000	200 000
Rydding av skrot	34 000	m ²	10	30	340 000	1 020 000
Rigg og drift	1	RS	600 000	1 500 000	600 000	1 500 000
Innkjøp og utlegging tildekkingsmasser (0/32)	12 300	m ³	280	345	3 444 000	4 243 500
Innkjøp og utlegging av skjellsand	60	m ³	200	260	12 000	15 000
Bunntegning, før og etter	2	RS	150 000	200 000	300 000	400 000
Overvåking under tiltak	1	RS	550 000	700 000	550 000	700 000
Overvåking etter tiltak	3	RS	150 000	200 000	450 000	600 000
Uforutsett (20 %)	1	RS	1 341 200	1 973 820	1 341 200	1 973 820
SUM (eks. mva.)					8 047 200	11 842 920

¹Mengde kan reduseres dersom undersøkelser viser liten andel finkornige sedimenter i skrånninger.

Prosjektering og prosjektadministrasjon er ikke medtatt i kostnadsestimatet. Kostnad for dette estimeres til 10 % av prosjektsummen, dvs. mellom NOK 800.000,- og 1.200.000,- eks.mva.

Kostnader ved utlegging av sand med aktiv materiale min. 5 cm tykt (2 kg aktivt kull pr m²) antas å beløpe seg til ca. 400-550 kr/m² ferdig utlagt.

I de bratte partiene vil det være utfordringer forbundet med utlegging av materialer. Hvis undersøkelser viser at det er behov for tildekking, kan tildekking med betongmadrasser vurderes. Kostnader for å dekke til områder med betongmadrass ventes å utgjøre ca. 2500 kr/m² inklusive nødvendige riggekostnader. Alternativt kan det vurderes å benytte gabionmadrasser, hvor aktive materialer emballeres i en madrass av fiberduk. Tildekking med aktivt materiale i gabionmadrass (23 cm høyde x 2 m x 6 m) antas å ha en kostnad på ca. 650-850 kr/m².

Dersom det skulle bli aktuelt med denne type tildekking, anbefales det å utrede denne muligheten med leverandør som tilbyr løsningen.

8 Referanser

1. **Asplan Viak As.** *Sluttrapport Eydehavn.* 2013.
2. **NIVA.** *Miljøundersøkelser i havner på Agder 1997-1998. PAH, PCB, tungmetaller og TBT i sedimenter og organismer. Statlig program for forurensningsovervåking 799/00. NIVA-rapport 1. nr. 4232-2000.* 2000.
3. —. *Undersøkelse for revurdering av kostholdsrestriksjoner i Arendal fjordbasseng 2007. NIVA rapport LNR 5639-2008.* 2008.
4. **Fylkesmannen i Aust-Agder.** *Fylkesvise tiltaksplaner for forurensede sedimenter. Forslag til tiltaksplan for Arendal kommune.* 2005.
5. **NIVA.** *Kittelsbukt, Arendal. Miljøgifter i sedimenter, vurdering av risiko og tiltak. Løpenr. 5472-2007.* 2007.
6. —. *Tiltaksplan for forurensede sedimenter i Kittelsbukt, Arendal. Teknisk notat, O-27243.* 2008.
7. **Miljødirektoratet.** *Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, TA-2229/2007.* 2007.
8. —. *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota, M-608.* 2016.
9. **Bygguiden.no.** [Internett] [Sisert: 28 08 2017.] <http://bysiden.no/sted/arendal/places/info/>.
10. **NIVA.** *Sedimentundersøkelser i forbindelse med tiltaksplan for forurensede sedimenter i Arendal: fase 2.* 2005.
11. **Miljødirektoratet.** *M-608 Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota.* 2016.
12. —. *M-409 Veileder for risikovurdering av forurenset sediment.* 2016.
13. —. *Veileder for håndtering av sedimenter M-350.* 2015.
14. **Bystyret Arendal kommune.** *Saksfremlegg- Forslag til revidert tiltaksplan for Arendal kommune. Fylkesvise tiltaksplaner for forurensede sedimenter. 29.5.2013.* 2013.
15. **Multiconsult.** *Prostneset. Miljøprosjektet Tromsø havn. Sluttrapport. Multiconsult rapport nr. 711493-1.* 2013.
16. —. *Ren Harstad havn. Sluttrapport. Multiconsult rapport nr. 711266-RIGm-RAP-001.* 2014.
17. —. *Etterkontroll av mudring i Honningsvåg havn, miljøundersøkelse av sjøbunnsediment. Multiconsult rapport nr. 712171-RIGm-RAP-001.* 2013.
18. **ØRP Group.** *ROV-inspeksjon av bunnforhold og skrot, gjennomført 15.-16.3.2015.* 2015.
19. **NGI.** *Pilottest tynttildekking Fagervika/Ilsvika. NGI rapport 20120404-04-R. Rev. 2 .* 2015.
20. **Multiconsult.** *418803-RIG-NOT-001 Geoteknisk vurdering av stabilitet.* 2017.
21. **Miljødirektoratet.** *M-411/2015 Testprogram for tildekkingsmasser Forurenset sjøbunn.* 2015.
22. —. *Testprogram for tildekkingsmasser.* 2015.
23. **Multiconsult.** *Overvåking Harstad havn Overvåking tildekkingslag 2. kvartal 2016.* 2016.
24. **NGI.** *20160682-01-TN Vurdering av tildekkingsmasser ved tildekking av forurenset sjøbunn i Bangarvågen og ved Engøy.* 2016.
25. *An analytical modeling approach for evaluation of capping of contaminated sediments.* Lampert, David J. og Reible, Danny. s.l. : Soil and sediment contamination: An international journal, 2009, Vol. 18:4.
26. **NGI.** *Renere havn Månedrapport april 2016. Dok. nr. 20130339-22-R.* 2016.
27. **Multiconsult.** *Geoteknisk vurdering av stabilitet. Multiconsult rapport 418803-RIG-NOT-001.* 2017.

Parametere	Porevannskonsentrasjon (µg/l)	TOC (% TS)	K _d	log K _d	log K _{OC}	log K _{ow} (M-409)	Grenseverdi TK II/III (µg/kg)	Beregnet konsentrasjon (µg/kg)	Tildekkingslag (cm)	Isolasjonslag (tildekkingslag - 10 cm bioturbasjonslag)
Arsen	5,58	4,1	5824	3,8		-	18 000	328,4	10	0
Bly	10,09	4,1	35679	4,6		-	150 000	3625,1	10	1
Kadmium	0,05	4,1	16383	4,2		-	2 500	17,0	10	0
Kvikksølv	0,00	4,1	309600	5,5		-	520	7,8	10	0
Kobber	9,89	4,1	24772	4,4		-	84 000	2469,3	10	0
Krom	2,44	4,1	21320	4,3		-	660 000	524,8	10	0
Nikkel	1,44	4,1	17361	4,2		-	42 000	385,9	10	0
Sink	29,35	4,1	26576	4,4		-	139 000	7861,6	10	1
Naftalen	0,05	4,1	2667	3,4	4,8	3,3	27	5,0	11	1
Acenaftalen	0,01	4,1	23000	4,4	5,7	4	33	28,3	10	0
Acenaften	0,10	4,1	745	2,9	4,3	3,9	96	19,0	10	0
Fluoren	0,12	4,1	1369	3,1	4,5	4,2	150	41,3	10	0
Fenantren	0,29	4,1	6034	3,8	5,2	4,5	780	435,6	10	0
Antracen	0,03	4,1	17544	4,2	5,6	4,7	4,6	2,8	12	2
Fluoranten	0,16	4,1	22903	4,4	5,7	5,2	400	30,5	11	1
Pyren	0,15	4,1	21333	4,3	5,7	5	84	28,4	11	1
Benzo[a]antracen	0,06	4,1	24590	4,4	5,8	5,9	60	11,7	11	1
Krysen	0,07	4,1	17391	4,2	5,6	5,8	280	10,9	11	1
Benzo[b]fluoranten	0,13	4,1	25769	4,4	5,8	5,8	140	24,0	11	1
Benzo[k]fluoranten	0,04	4,1	28571	4,5	5,8	6,1	135	7,6	11	1
Benzo[a]pyren	0,07	4,1	24161	4,4	5,8	6,1	183	13,3	11	1
Indeno[1,2,3-cd]pyren	0,07	4,1	8926	4,0	5,3	6,7	63	7,7	11	1
Dibenzo[a,h]antracen	0,01	4,1	9643	4,0	5,4	6,6	27	1,5	11	1
Benzo[ghi]perylene	0,08	4,1	7256	3,9	5,2	6,6	84	8,0	11	1
TBT	0,01	4,1	22787	4,1	5,7	3,8	5	1,9	11	1
Sum PCB7	n.d.	4,1	-	-	-	5,7	4,1	-	-	-

NOTAT

OPPDRAAG	Forurensede sedimenter Kittelsbukt, Pollen og Barbubukt, Arendal kommune	DOKUMENTKODE	418803-RIG-NOT-001
EMNE	Geoteknisk vurdering av stabilitet	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Arendal kommune	OPPDRAAGSLEDER	Ida Almvik
KONTAKTPERSON	Ragnhild Trønnes	SAKSBEHANDLER	Stian Skjeldnes Berre
KOPI		ANSVARLIG ENHET	3012 Midt Geoteknikk

SAMMENDRAG

Multiconsult vurderer området i Arendal havn som sensitivt med tanke på områdestabilitet. En tildekning av forurenset sjøbunn vil kunne gjennomføres i skrånninger opptil 25,6° helning. Tildekning i brattere terreng vurderes som risikabelt med tanke på stabilitet.

1 Vurdering av helningsvinkel og stabilitet

1.1 Generelt

Kittelsbukt, Pollen og Barbubukt er sensitive områder med tanke på områdestabilitet. Fra tidligere undersøkelser er det registrert løsmasser av leire med høyt vanninnhold, lav tyngdetetthet og lav udrenert- og omrørt skjærstyrke. Leiren betegnes som middels sensitiv og meget plastisk. Forhold som valg av tildekningsmateriale, lagets tykkelse, utleggingsmetode og erosjonsforhold er med på å påvirke stabiliteten.

1.2 Helning

Sjøbunnen i Arendal havn har en bratt helning og hovedutfordringen er å få tildekningsmateriale til å ligge stabilt. Sjøbunnen har varierende topografi og helning for de ulike buktene. I indre Kittelsbukt, Barbubukt og Pollen er det registrert skråningshelning over 40°.

1.2.1 Kittelsbukt

Sjøbunnen faller ut mot midten av bukta og sørover ut av bukta. Det er registrert skråningshelning over 40° flere steder. Bergoverflaten i Kittelsbukt varierer stort og indikerer stedvis fjellskrenter eller meget bratt fjell. Det registreres et øvre meget bløtt lag med leire med tykkelse opp mot 20 m. over et opptil 8 m. tykt fast lag med morene. Basert på skråningshelning og dårlige grunnforhold vurderes en ytterligere utfylling som risikabelt i skrånningen.

1.2.2 Barbubuka

I Barbubukta synes det at eksisterende fylling ligger delvis på fast grunn/fjell og delvis på løsmasser. Eksisterende fylling er av sprengtstein. Skråningshelning på fylling ligger i overkant av 40°. Stedvis er det også brattere partier. Området øst i Barbubukt er noe slakere med liten dybde til fjell i

00	19.09.2017	Versjon for utsendelse	Stian Skjeldnes Berre	Håvard Narjord	Håvard Narjord
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

skråning og kan være en konsekvens av tidligere skred. Utenfor fyllingsfot faller sjøbunnen av med en helning på 1:15 og utenfor fylling er det bløt leire i opptil 20 m. tykkelse over fast morene. Stabilitetsanalyser viser at skråningen har en sikkerhet på rundt 1,2-1,3. Dette vurderes som for lavt.

Basert på stabilitetsvurderinger og dårlige grunnforhold med bløt leire av stor mektighet anses en videre utfylling i skråning å være risikofylt. Effekten av tildekning av fyllmasser (sprengtstein) med tildekningsmasser som sand er også usikker.

1.2.3 Pollen

Sjøbunnen faller ut mot midten av bukta og sørover ut av bukta. Skråningshelning i overkant av 40° registreres også stedvis her. Det er manglende vurderingsgrunnlag for Pollen, men basert på grunnundersøkelser fra Kittelsbukt og Barbubukt antas samme grunnforhold med bløte løsmasser og bratte fjellskrenter i skråning.

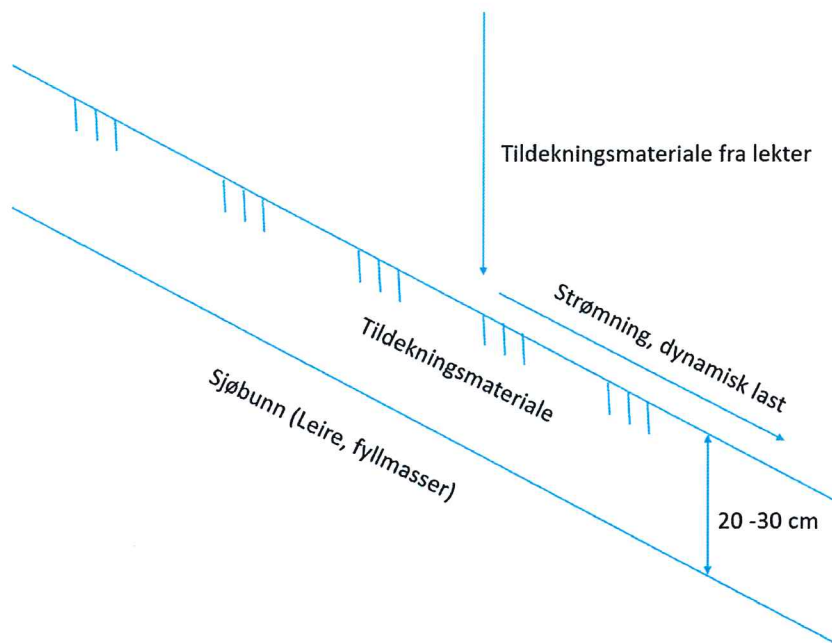
1.3 Stabilitet

En grunnleggende utfordring for at laget skal ligge stabilt er at tildekningsmaterialet bærer sin egen vekt. For et tildekningsmateriale på 20-30 cm er det relevant å vurdere stabilitet mot glidning på underlaget. Bruddet kan skje i original grunn eller i tildekningsmateriale.

For brudd i tildekningsmateriale antas det at det meste av bidrag til styrke kommer gjennom kohesjon mellom kornene i tildekningsmateriale. Et tynt lag på 20-30 cm vil medføre at lasten og styrken er lav i underkant av laget. Original grunn, bestående av bløt leire, har gjennom årenes løp satt seg og opparbeidet kohesjon. Styrken i originalmateriale vil overgå tildekningsmaterialets styrke. På denne måten vil brudd i tildekningsmaterialet være kritisk. Friksjonsvinkelen til løst lagret sand ligger erfaringsmessig rundt 33-36°, men utlegging av materialet på sjøbunn gir en dynamisk last som bidrar til å presse tildekningsmaterialet nedover i skråningen, vist i Figur 1. Tidligere undersøkelser (NGI, 2015) viser at i bratte partier vil tildekningsmaterialet samle seg i tykkere lag bunnen av skråninger og at i områder med helning større enn 18,4° (1:3) og mindre enn 30° (1:1,7) ligger det jevne lag med tildekningsmateriale.

Skråningsforholdene i Arendal havn er veldig bratte. En lav sikkerhet mot brudd er påvist flere steder og en ytterligere utfylling vil medføre en enda lavere sikkerhet, og dermed større risiko for brudd. Grunnforholdene er som nevnt tidligere dårlige med tanke på skråningsstabilitet og gjennom en samlet vurdering anbefales en praktisk grense på 26,6° (1:2). Det anbefales å bygge opp tildekningen utenfra og jobbe seg innover mot skråningene. Tildekning av sjøbunn i flatere områder vil gi en stabiliserende effekt på skråningene. Det påpekes at et tildekningslag på 30 cm kan være lite dersom tildekningsmassene fordeles ujevnt i skråningene.

I områder som er utilgjengelige for bruk av sand, slik som under kaier o.l., kan betongmadrasser benyttes som tildekningsmetode.



Figur 1 Tildeckningsmateriale over sjøbunn

1.4 Stabilitet mot erosjon

Tildeckningsmateriale vil påvirkes av strømningskrefter over sjøbunn og vil ha en eroderende virkning på tildeckningsmateriale. Finstoffet i øvre sjikt vil kunne vaskes bort og på denne måten vil det være fordelaktig med et grovere material i erosjonsutsatte områder som Pollenbukta med større båttrafikk. Det er lite trolig at erosjon vil påvirke stabiliteten av laget eller skråningen som nevnt ovenfor. Dypere enn -5 m. under havoverflate vurderes tildeckningsmassene som stabil med tanke på erosjon.

2 Referanser

NGI. (2015). *Pilottest tynntildekning Fagervika/Ilsvika. NGI rapport 20120404-04-R. Rev 2.* Oslo:
NGI.

Multiconsult AS
 Sluppenvegen 15
 7037 TRONDHEIM
Attn: Ida Almvik

AR-17-MM-016328-02
EUNOMO-00170902

Prøvemottak: 04.07.2017

Temperatur:

Analyseperiode: 04.07.2017-15.08.2017

 Referanse: 418803 Forurensede
 sedimenter Arendal

ANALYSERAPPORT

Denne analyserapporten erstatter tidligere versjon(er). Vennligst makuler tidligere
 tilsendt analyserapport.
 AR-17-MM-016328XX

Merknader prøveserie:

Versjon 2: reanalyse for PAH med endret resultat for naftalen, fluoranten, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenso(a,h)antracen, benzo(g,h,i)perylene og sum PAH 16 på prøve 439-2017-07040523(AR-4).

Prøvenr.:	439-2017-07040510	Prøvetakingsdato:	03.07.2017
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	AR-1	Analysestartdato:	04.07.2017
Analyse	Resultat	Enhhet	LOQ MU Metode
d)* Ekstraksjon av porevann			
d)* Kommentar	Utført		Technique

Prøvenr.:	439-2017-07040511	Prøvetakingsdato:	03.07.2017
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	AR-2	Analysestartdato:	04.07.2017
Analyse	Resultat	Enhhet	LOQ MU Metode
d)* Ekstraksjon av porevann			
d)* Kommentar	Utført		Technique

Prøvenr.:	439-2017-07040512	Prøvetakingsdato:	03.07.2017
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	AR-3	Analysestartdato:	04.07.2017
Analyse	Resultat	Enhhet	LOQ MU Metode
d)* Ekstraksjon av porevann			
d)* Kommentar	Utført		Technique

Prøvenr.:	439-2017-07040513	Prøvetakingsdato:	03.07.2017
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	AR-4	Analysestartdato:	04.07.2017
Analyse	Resultat	Enhhet	LOQ MU Metode
d)* Ekstraksjon av porevann			
d)* Kommentar	Utført		Technique

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040514	Prøvetakingsdato:	03.07.2017
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	AR-5	Analysestartdato:	04.07.2017
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ MU Metode
d)* Ekstraksjon av porevann			
d)* Kommentar	Utført		Technique

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
 Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040515	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-1	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)					
c) Arsen (As) ICP-MS	0.16	µg/l	0.02	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)					
c) Bly (Pb) ICP-MS	0.18	µg/l	0.01	20%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)					
c) Kadmium (Cd) ICP-MS	0.017	µg/l	0.004	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)					
c) Kobber (Cu) ICP-MS	0.78	µg/l	0.05	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)					
c) Krom (Cr) ICP-MS	0.078	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Nikkel (Ni)					
c) Nikkel (Ni) ICP-MS	0.48	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)					
c) Sink (Zn) ICP-MS	6.7	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
c) PAH 16 EPA					
c) Naftalen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaftalen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaften	0.024	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoren	0.031	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fenantren	0.12	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Antracen	0.031	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoranten	0.15	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Pyren	0.16	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]antracen	0.067	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Krysen/Trifenylen	0.078	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[b]fluoranten	0.15	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[k]fluoranten	0.043	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[a]pyren	0.082	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.082	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.016	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[ghi]perylene	0.094	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Sum PAH(16) EPA	1.1	µg/l		30%	Intern metode
c) PCB 7					
c) PCB 28	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 52	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 101	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 118	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 138	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 153	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 180	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Sum 7 PCB	nd				Intern metode
c) Kvikksølv (Hg)	< 0.005	µg/l	0.002		EN ISO 17852
a) Tributyltinn (TBT)	0.0073	µg/l			Kalkulering
a) Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)					
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	0.003	µg/l	0.001		Internal Method 2285

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040516	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-2	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)					
c) Arsen (As) ICP-MS	11	µg/l	0.02	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)					
c) Bly (Pb) ICP-MS	20	µg/l	0.01	20%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)					
c) Kadmium (Cd) ICP-MS	0.077	µg/l	0.004	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)					
c) Kobber (Cu) ICP-MS	19	µg/l	0.05	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)					
c) Krom (Cr) ICP-MS	4.8	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Nikkel (Ni)					
c) Nikkel (Ni) ICP-MS	2.4	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)					
c) Sink (Zn) ICP-MS	52	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
c) PAH 16 EPA					
c) Naftalen	0.085	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Acenaftalen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaften	0.18	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Fluoren	0.21	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Fenantren	0.46	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Antracen	0.026	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoranten	0.16	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Pyren	0.14	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]antracen	0.055	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Krysen/Trifenylen	0.060	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[b]fluoranten	0.11	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[k]fluoranten	0.034	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[a]pyren	0.067	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.067	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.012	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[ghi]perylene	0.070	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Sum PAH(16) EPA	1.7	µg/l		30%	Intern metode
c) PCB 7					
c) PCB 28	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 52	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 101	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 118	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 138	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 153	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 180	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Sum 7 PCB	nd				Intern metode
c) Kvikksølv (Hg)	< 0.005	µg/l	0.002		EN ISO 17852
a) Tributyltinn (TBT)	0.0049	µg/l			Kalkulering
a) Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)					
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	0.002	µg/l	0.001		Internal Method 2285

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040517	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-3	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)					
c) Arsen (As) ICP-MS	0.16	µg/l	0.02	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)					
c) Bly (Pb) ICP-MS	0.33	µg/l	0.01	20%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)					
c) Kadmium (Cd) ICP-MS	0.039	µg/l	0.004	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)					
c) Kobber (Cu) ICP-MS	0.29	µg/l	0.05	35%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)					
c) Krom (Cr) ICP-MS	< 0.050	µg/l	0.05		NS EN ISO 17294-2
c) Nikkel (Ni)					
c) Nikkel (Ni) ICP-MS	1.2	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)					
c) Sink (Zn) ICP-MS	10.0	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
c) PAH 16 EPA					
c) Naftalen	0.011	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Acenaftalen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaften	0.028	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoren	0.037	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fenantren	0.13	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Antracen	0.021	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoranten	0.17	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Pyren	0.22	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]antracen	0.081	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Krysen/Trifenylene	0.091	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[b]fluoranten	0.20	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[k]fluoranten	0.058	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]pyren	0.11	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.089	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.015	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[ghi]perylene	0.092	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Sum PAH(16) EPA	1.3	µg/l		30%	Intern metode
c) PCB 7					
c) PCB 28	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 52	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 101	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 118	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 138	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 153	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 180	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Sum 7 PCB	nd				Intern metode
c) Kvikksølv (Hg)	< 0.005	µg/l	0.002		EN ISO 17852
a) Tributyltinn (TBT)	0.041	µg/l			Kalkulering
a) Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)					
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	0.017	µg/l	0.001		Internal Method 2285

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040518	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-4	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)					
c) Arsen (As) ICP-MS	6.6	µg/l	0.02	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)					
c) Bly (Pb) ICP-MS	15	µg/l	0.01	20%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)					
c) Kadmium (Cd) ICP-MS	0.048	µg/l	0.004	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)					
c) Kobber (Cu) ICP-MS	3.7	µg/l	0.05	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)					
c) Krom (Cr) ICP-MS	4.1	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Nikkel (Ni)					
c) Nikkel (Ni) ICP-MS	6.4	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)					
c) Sink (Zn) ICP-MS	36	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
c) PAH 16 EPA					
c) Naftalen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaftylen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaften	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Fluoren	0.014	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fenantren	0.089	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Antracen	0.046	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoranten	0.17	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Pyren	0.21	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]antracen	0.092	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Krysen/Trifenylen	0.12	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[b]fluoranten	0.22	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[k]fluoranten	0.065	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]pyren	0.13	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.089	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.018	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[ghi]perylen	0.086	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Sum PAH(16) EPA	1.4	µg/l		30%	Intern metode
c) PCB 7					
c) PCB 28	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 52	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 101	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 118	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 138	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 153	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 180	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Sum 7 PCB	nd				Intern metode
c) Kvikksølv (Hg)	< 0.005	µg/l	0.002		EN ISO 17852
a) Tributyltinn (TBT)	0.044	µg/l			Kalkulering
a) Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)					
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	0.018	µg/l	0.001		Internal Method 2285

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040519	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-5	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)					
c) Arsen (As) ICP-MS	2.7	µg/l	0.02	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)					
c) Bly (Pb) ICP-MS	45	µg/l	0.01	20%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)					
c) Kadmium (Cd) ICP-MS	0.092	µg/l	0.004	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)					
c) Kobber (Cu) ICP-MS	59	µg/l	0.05	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)					
c) Krom (Cr) ICP-MS	5.8	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Nikkel (Ni)					
c) Nikkel (Ni) ICP-MS	3.1	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)					
c) Sink (Zn) ICP-MS	120	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
c) PAH 16 EPA					
c) Naftalen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaftalen	0.012	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Acenaften	0.010	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoren	0.021	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fenantren	0.11	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Antracen	0.032	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoranten	0.22	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Pyren	0.25	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]antracen	0.11	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Krysen/Trifenylen	0.14	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[b]fluoranten	0.26	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[k]fluoranten	0.076	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]pyren	0.14	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.15	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.025	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[ghi]perylene	0.17	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Sum PAH(16) EPA	1.7	µg/l		30%	Intern metode
c) PCB 7					
c) PCB 28	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 52	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 101	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 118	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 138	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 153	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 180	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Sum 7 PCB	nd				Intern metode
c) Kvikksølv (Hg)	< 0.005	µg/l	0.002		EN ISO 17852
a) Tributyltinn (TBT)	0.0073	µg/l			Kalkulering
a) Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)					
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	0.003	µg/l	0.001		Internal Method 2285

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040520	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-1	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)	42	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)	470	mg/kg TS	0.5	40%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)	0.94	mg/kg TS	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)	330	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)	70	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Kvikksølv (Hg)	1.19	mg/kg TS	0.001	20%	028311mod/EN ISO17852mod
c) Nikkel (Ni)	31	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)	1200	mg/kg TS	2	30%	NS EN ISO 17294-2
c) PCB(7)					
c) PCB 28	0.010	mg/kg TS	0.0005	30%	EN 16167
c) PCB 52	0.014	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 101	0.026	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 118	0.027	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 153	0.043	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 138	0.040	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 180	0.036	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) Sum 7 PCB	0.20	mg/kg TS		25%	EN 16167
c) PAH(16)					
c) Naftalen	0.13	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Acenaftylen	0.12	mg/kg TS	0.01	40%	ISO 18287, mod.
c) Acenaften	0.053	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoren	0.18	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Fenantren	2.0	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Antracen	0.65	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoranten	4.0	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Pyren	3.5	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]antracen	1.6	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Krysen/Trifenylen	1.2	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[b]fluoranten	3.0	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[k]fluoranten	1.0	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]pyren	1.7	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.62	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.13	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[ghi]perylen	0.56	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Sum PAH(16) EPA	20	mg/kg TS			ISO 18287, mod.
a) Tributyltinn (TBT)	220	µg/kg tv	2.4		Kalkulering
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	90	µg/kg tv	1		Internal Method 2085
b) Kornstørrelse <2µm					
b) Kornstørrelse <2 µm	2.9	% TS	1		Internal Method 6
b) Kornstørrelse <63µm					
b) Kornstørrelse < 63 µm	54.4	% TS	0.1		Internal Method 6
TOC kalkulert					
Totalt organisk karbon kalkulert	0.0	% TS		12%	Intern metode
c) Total tørrstoff glødetap	< 0.1	% tv	0.1		EN 12879

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

c) Tørrstoff				
c) Total tørrstoff	24.9 %	0.1	10%	EN 12880

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040521	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-2	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)	23	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)	250	mg/kg TS	0.5	40%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)	0.60	mg/kg TS	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)	160	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)	34	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Kvikksølv (Hg)	0.358	mg/kg TS	0.001	20%	028311mod/EN ISO17852mod
c) Nikkel (Ni)	19	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)	360	mg/kg TS	2	30%	NS EN ISO 17294-2
c) PCB(7)					
c) PCB 28	0.0033	mg/kg TS	0.0005	30%	EN 16167
c) PCB 52	0.0047	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 101	0.013	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 118	0.012	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 153	0.024	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 138	0.019	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 180	0.018	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) Sum 7 PCB	0.094	mg/kg TS		25%	EN 16167
c) PAH(16)					
c) Naftalen	0.11	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Acenaftylen	0.11	mg/kg TS	0.01	40%	ISO 18287, mod.
c) Acenaften	0.099	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoren	0.15	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Fenantren	1.5	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Antracen	0.35	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoranten	3.1	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Pyren	2.9	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]antracen	1.4	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Krysen/Trifenylen	1.2	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[b]fluoranten	3.7	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[k]fluoranten	1.2	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]pyren	1.9	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.71	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.14	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[ghi]perylen	0.63	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Sum PAH(16) EPA	19	mg/kg TS			ISO 18287, mod.
a) Tributyltinn (TBT)	58	µg/kg tv	2.4		Kalkulering
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	24	µg/kg tv	1		Internal Method 2085
b) Kornstørrelse <2µm					
b) Kornstørrelse <2 µm	3.1	% TS	1		Internal Method 6
b) Kornstørrelse <63µm					
b) Kornstørrelse < 63 µm	62.4	% TS	0.1		Internal Method 6
TOC kalkulert					
Totalt organisk karbon kalkulert	8.2	% TS		12%	Intern metode
c) Total tørrstoff glødetap	14.3	% tv	0.1	10%	EN 12879

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

c) Tørrstoff				
c) Total tørrstoff	39.6 %	0.1	10%	EN 12880

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040522	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-3	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)	4.9	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)	25	mg/kg TS	0.5	40%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)	0.11	mg/kg TS	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)	21	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)	9.9	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Kvikksølv (Hg)	0.144	mg/kg TS	0.001	20%	028311mod/EN ISO17852mod
c) Nikkel (Ni)	6.2	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)	98	mg/kg TS	2	30%	NS EN ISO 17294-2
c) PCB(7)					
c) PCB 28	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) PCB 52	0.0012	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 101	0.0022	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 118	0.0021	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 153	0.0026	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 138	0.0022	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 180	0.0017	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) Sum 7 PCB	0.012	mg/kg TS		25%	EN 16167
c) PAH(16)					
c) Naftalen	0.017	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Acenaftalen	0.014	mg/kg TS	0.01	40%	ISO 18287, mod.
c) Acenaften	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.
c) Fluoren	0.017	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Fenantren	0.15	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Antracen	0.045	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoranten	0.33	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Pyren	0.34	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]antracen	0.14	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Krysen/Trifenylen	0.12	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[b]fluoranten	0.31	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[k]fluoranten	0.11	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]pyren	0.18	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.065	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.013	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[ghi]perylene	0.062	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Sum PAH(16) EPA	1.9	mg/kg TS			ISO 18287, mod.
a) Tributyltinn (TBT)	37	µg/kg tv	2.4		Kalkulering
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	15	µg/kg tv	1		Internal Method 2085
b) Kornstørrelse <2µm					
b) Kornstørrelse <2 µm	<1.0	% TS	1		Internal Method 6
b) Kornstørrelse <63µm					
b) Kornstørrelse < 63 µm	15.0	% TS	0.1		Internal Method 6
TOC kalkulert					
Totalt organisk karbon kalkulert	0.9	% TS		12%	Intern metode
c) Total tørrstoff glødetap	1.6	% tv	0.1	10%	EN 12879

Teignforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

c) Tørrstoff				
c) Total tørrstoff	71.1 %	0.1	10%	EN 12880

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040523	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-4	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)	17	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)	400	mg/kg TS	0.5	40%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)	0.69	mg/kg TS	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)	480	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)	79	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Kvikksølv (Hg)	0.334	mg/kg TS	0.001	20%	028311mod/EN ISO17852mod
c) Nikkel (Ni)	18	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)	350	mg/kg TS	2	30%	NS EN ISO 17294-2
c) PCB(7)					
c) PCB 28	0.0082	mg/kg TS	0.0005	30%	EN 16167
c) PCB 52	0.019	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 101	0.031	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 118	0.024	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 153	0.029	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 138	0.028	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 180	0.017	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) Sum 7 PCB	0.16	mg/kg TS		25%	EN 16167
c) PAH(16)					
c) Naftalen	0.058	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Acenaftylen	0.090	mg/kg TS	0.01	40%	ISO 18287, mod.
c) Acenaften	0.11	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoren	0.12	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Fenantren	1.1	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Antracen	0.47	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoranten	2.5	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Pyren	2.3	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]antracen	1.1	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Krysen/Trifenylen	0.97	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[b]fluoranten	2.9	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[k]fluoranten	1.1	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]pyren	1.7	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	1.2	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.27	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[ghi]perylen	1.8	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Sum PAH(16) EPA	18	mg/kg TS			ISO 18287, mod.
a) Tributyltinn (TBT)	630	µg/kg tv	2.4		Kalkulering
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	260	µg/kg tv	1		Internal Method 2085
b) Kornstørrelse <2µm					
b) Kornstørrelse <2 µm	2.3	% TS	1		Internal Method 6
b) Kornstørrelse <63µm					
b) Kornstørrelse < 63 µm	36.4	% TS	0.1		Internal Method 6
TOC kalkulert					
Totalt organisk karbon kalkulert	7.1	% TS		12%	Intern metode
c) Total tørrstoff glødetap	12.4	% tv	0.1	10%	EN 12879

Teignforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

c) Tørrstoff				
c) Total tørrstoff	39.2 %	0.1	10%	EN 12880

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040524	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-5	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)	7.6	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)	28	mg/kg TS	0.5	40%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)	0.12	mg/kg TS	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)	19	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)	17	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Kvikksølv (Hg)	0.034	mg/kg TS	0.001	20%	028311mod/EN ISO17852mod
c) Nikkel (Ni)	12	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)	74	mg/kg TS	2	30%	NS EN ISO 17294-2
c) PCB(7)					
c) PCB 28	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) PCB 52	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) PCB 101	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) PCB 118	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) PCB 153	0.00063	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 138	0.00051	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 180	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) Sum 7 PCB	0.0011	mg/kg TS		25%	EN 16167
c) PAH(16)					
c) Naftalen	0.014	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Acenaftalen	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.
c) Acenaften	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.
c) Fluoren	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.
c) Fenantren	0.095	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Antracen	0.036	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoranten	0.21	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Pyren	0.22	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]antracen	0.11	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Krysen/Trifenylen	0.084	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[b]fluoranten	0.19	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[k]fluoranten	0.070	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]pyren	0.12	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.059	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.011	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[ghi]perylene	0.053	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Sum PAH(16) EPA	1.3	mg/kg TS			ISO 18287, mod.
a) Tributyltinn (TBT)	7.1	µg/kg tv	2.4		Kalkulering
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	2.9	µg/kg tv	1		Internal Method 2085
b) Kornstørrelse <2µm					
b) Kornstørrelse <2 µm	3.8	% TS	1		Internal Method 6
b) Kornstørrelse <63µm					
b) Kornstørrelse < 63 µm	56.0	% TS	0.1		Internal Method 6
TOC kalkulert					
Totalt organisk karbon kalkulert	2.5	% TS		12%	Intern metode
c) Total tørrstoff glødetap	4.3	% tv	0.1	10%	EN 12879

Teignforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

c) Tørrstoff			
c) Total tørrstoff	56.7 %	0.1 10%	EN 12880

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a) Eurofins Environment A/S (Vejen), Ladelundvej 85, DK-6600, Vejen DS EN ISO/IEC 17025 DANAK 168,
 b) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne DS EN ISO/IEC 17025 DANAK 168,
 c) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,
 d)* Eurofins Expertises Environnementales (Maxeville), Rue Lucien Cuenot, Site Saint-Jacques II, BP 51005, F-54521, Maxeville cedex

Kopi til:

Anne Guri Weihe Steindal (anne.guri.weihe.steindal@multiconsult.no)
 Felles e-post for Miljøgeologi i Trondheim (RSTrheimMiljogeologi@multiconsult.no)

Moss 15.08.2017


 Stig Tjomsland

ASM/Bachelor Kjemi

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
 Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

RAPPORT

Miljøtiltak forurensede sedimenter, Arendal

OPPDRAUGSGIVER
Arendal kommune

EMNE
Risiko- og tiltaksvurdering Barbubukt

DATO / REVISJON: 11. oktober 2017 / 00
DOKUMENTKODE: 418803-RIGm-RAP-003



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAAG	Miljøtiltak forurensede sedimenter, Arendal	DOKUMENTKODE	418803-RIGm-RAP-003
EMNE	Risiko- og tiltaksvurdering Barbubukt	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Arendal kommune	OPPDRAAGSLEDER	Ida Almvik
KONTAKTPERSON	Ragnhild Trønnes	UTARBEIDET AV	Ida Almvik
KOORDINATER	SONE: 32 ØST: 4868 NORD: 648008	ANSVARLIG ENHET	10234012 Midt Miljøgeologi
GNR./BNR./SNR.	- / - / - / Arendal		

SAMMENDRAG

Arendals havneområder er forurenset av metaller og organiske miljøgifter. I 2005 ble det utarbeidet en tiltaksplan som anbefalte tildekking i store deler av Arendals fjordområder. I ettertid er fokusområdet blitt redusert til å omfatte Pollen, Kittelsbukt og Barbubukt. Disse områdene er bynære områder med gjestehavner og badeanlegg, som er hyppig besøkt spesielt i sommersesongen. I 2000 ble det gitt kostholdsråd for Arendal-området. Kostholdsrådet ble opprettholdt etter nye undersøkelser i 2007.

Vannforskriften gir føringer for at alle vannforekomster minimum skal oppnå god kjemisk og økologisk tilstand innen 2021. Det er kommunen som skal utrede nødvendige tiltak innenfor sitt område. Miljømål iht. Vannforskriften er ikke oppnådd for Arendals havneområde.

Kommunen har utført tiltak for å hindre spredning fra land til sjø, bl.a. ved å gjennomføre rutinemessige tømminger av sandfangkummer og planlagt separering av avløp.

Foreliggende rapport er en risiko- og tiltaksvurdering for Barbubukt, basert på et tiltaksmål om å oppnå tilstandsklasse (TK) II eller bedre i henhold til Miljødirektoratets tilstandsklasser for forurenset sjøbunn. Rapporten inneholder vurdering av behov for fysiske tiltak, og gir anbefalinger for videre oppfølging av Barbubukt.

Risikovurderingen viser at det foreligger risiko for spredning, human helse og økologisk skade. Overskridelsene er i mange tilfeller lave. Overskridelsene knyttes hovedsakelig til sink (Zn), tributyltinn (TBT), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og polyklorerte bifenyler (PCB). Grunnlaget for vurdering av tiltak vurderes som svakt, i hovedsak som følge av gamle analyser (10 av 11 av analyserte prøver ble gjort i 2005 og 2009). Analyse utført i 2017 kan indikere en forbedring av forurensningstilstanden, og vi anbefaler at sedimentdata oppdateres som grunnlag for endelig tiltaksvurdering.

Anbefalte undersøkelser er:

- Kartlegging av løsmassesammensetning (finstoffinnhold vs. grus, stein og blokk) i skråning. Visuell kontroll, utført av dykker eller med ROV.
- Supplerende kartlegging forurensningsgrad og utbredelse.
- Utsetting av sedimentfeller, for undersøkelse av sedimenterende materiale.
- Supplerende toksisitetstester.
- Kartlegging av forurensningsgrad i bunnfauna.

			IA	ELG	ELG
00	11.10.2017		Ida Almvik	Elin Kramvik	Erling K. Ytterås
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Situasjonsbeskrivelse	5
2.1	Områdebeskrivelse	5
2.2	Historikk	6
2.3	Brukerinteresser og arealbruk	6
2.4	Planlagte utbyggingsprosjekter	7
2.5	Bunntopografi og skråningsstabilitet	8
2.6	Strømforhold	9
2.7	Økologisk status og kulturminner	9
3	Miljømål	10
3.1	Tilstand i henhold til Vannforskriften	10
3.2	Overordnede miljømål Arendal kommune	11
4	Forurensningstilstand	11
4.1	Forurensningskilder	14
4.2	Vurdering av datagrunnlaget	15
5	Risikovurdering	15
5.1	Risikovurdering Trinn 1	15
5.1.1	Forutsetninger	15
5.1.2	Resultater Trinn 1-vurdering	16
5.2	Risikovurdering Trinn 2	18
5.2.1	Lokal informasjon	18
5.2.2	Forutsetninger	20
5.2.3	Resultater	21
5.3	Konklusjon av risikovurderingen	27
6	Vurdering av tiltaksbehov	27
7	Konklusjon	29
7.1	Forurensningssituasjon	29
7.2	Supplerende kartlegging og overvåking av forurensningstilstanden	29
7.3	Kostnader knyttet til supplerende kartlegging og overvåking	30
8	Referanser	30

VEDLEGG

- A Utskrift av risikoberegningsverktøy (excelark, vedlegg til M-409)
- B Multiconsult notat 418803-RIG-NOT-001 Geoteknisk vurdering av stabilitet
- C Analyserapport Eurofins, 15.08.2017

1 Innledning

Miljøundersøkelser gjennom flere tiår (1993-2017) har vist at miljøtilstanden i sedimentene i deler av Arendal havn er uakseptabel, og Arendalsområdet er ett av til sammen 17 områder på landsbasis som er prioritert for videre undersøkelser og tiltaksvurderinger i regjeringens handlingsplan for opprydding i forurenset sjøbunn (Stortingsmelding nr. 14, 2006-2007). Barbubukt er definert som et av fokusområdene, sammen med Kittelsbukt, Pollen og Eydehavn. Forurensningskilder er bl.a. havnevirksomhet, utlekking fra deponier og fyllinger, overflateavrenning fra byen, kommunale og private avløp med mer. I Bukkevika i Eydehavn, et industriområde som ligger øst for Arendal sentrum, ble tildekking av forurensede sedimenter gjennomført i 2011-2012 (1).

I 2000 ble det gitt kostholdsråd for Arendal-området (2). Kostholdsrådet ble opprettholdt etter nye undersøkelser i 2007 (3).

Med bakgrunn i Stortingsmelding nr. 12 (2001-2002), «Rent og rikt hav», ble det i 2002 utarbeidet en tiltaksplan for forurensede sedimenter i Arendal kommune (4). Tiltaksanalysen anbefaler at det gjennomføres tiltak for å oppnå miljømålene for Arendalsområdet. NIVA utarbeidet i 2009 en risiko- og tiltaksvurdering for Barbubukt (5), i forbindelse med utbygging i strandsonen. Beregningene viste at miljøgiftinnholdet overskrider gitte grenseverdier for flere parametere i trinn 1- og trinn 2-vurderingene, og NIVA anbefalte tiltak som tildekking i områder direkte berørt av utbyggingsarbeider.

Foreliggende rapport er en risiko- og tiltaksplan for Barbubukt ut fra et tiltaks mål om å oppnå tilstandsklasse (TK) II eller bedre i henhold til Miljødirektoratets tilstandsklasser for forurenset sjøbunn (6) (7). Rapporten inneholder vurderinger av behov for fysiske tiltak, og gir anbefalinger for videre oppfølging av Barbubukt. Det er også gitt et kostnadsestimat for anbefalte undersøkelser.

2 Situasjonsbeskrivelse

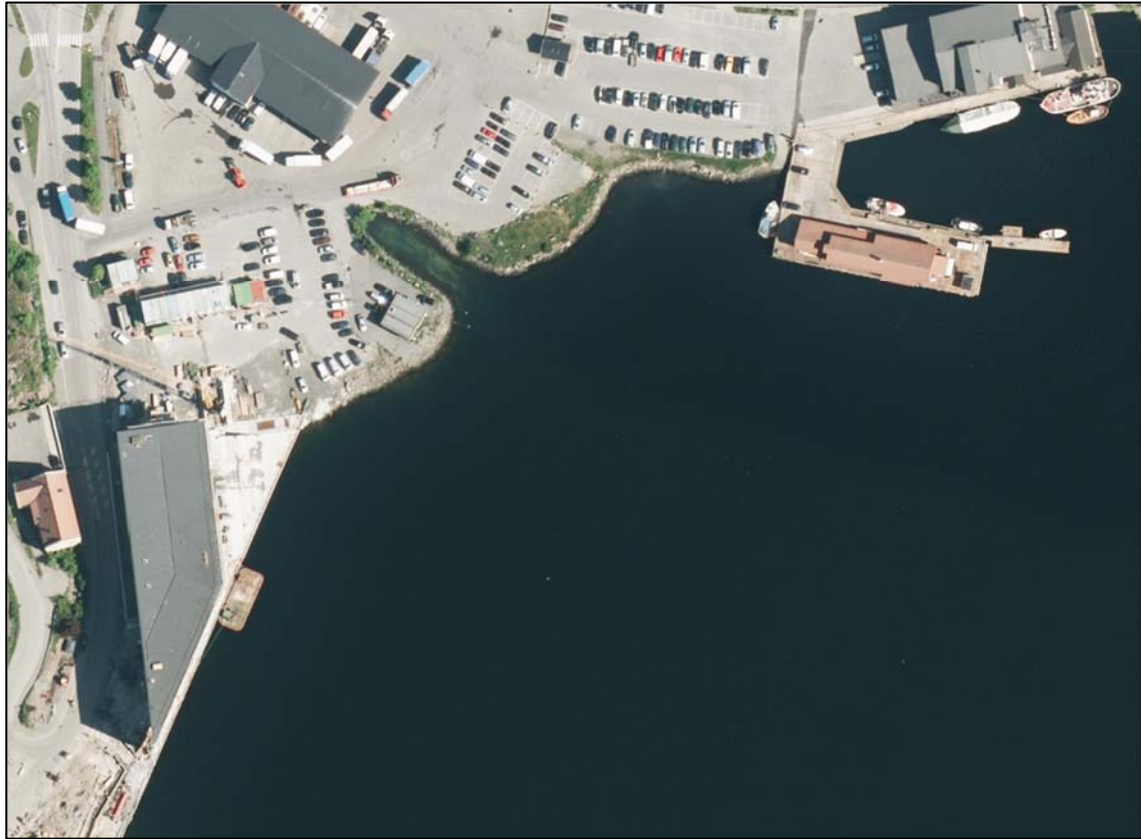
2.1 Områdebeskrivelse

Arendal ligger i Aust-Agder med kystlinje mot Skagerrak. Arendals kystlinje er preget av mange øyer, holmer og skjær. Arendal by ligger beskyttet til innenfor Hisøy og Tromøy, og Arendalsområdet er kjent for gode havneforhold.

Barbubukt ligger øst for sentrum av Arendal by og er omgitt av bolig-, nærings- og kontorbygg. Det er nylig blitt etablert et flytebryggeanlegg med gjestehavn. Innerst i bukten kommer Barbuelva ut.

Se Figur 2-1 for flyfoto fra Barbubukt.

Tiltaksområdets areal er ca. 27 000 m³.



Figur 2-1 Flyfoto fra Barbubukt (kilde: kart.1881.no).

2.2 Historikk

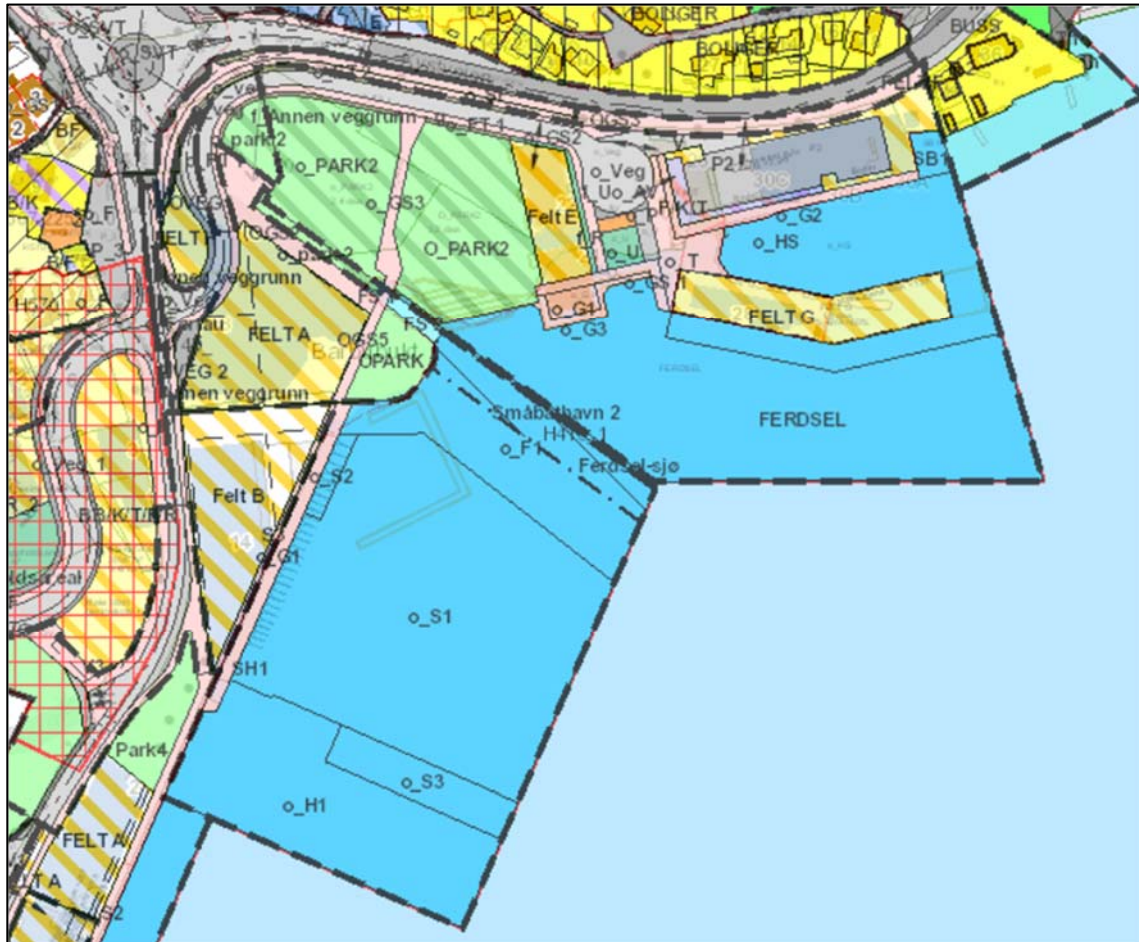
Barbu var tidligere en del av gamle Arendal havn. Arendal havn overførte aktiviteten fra Tollbodkaia og Dampskipkaia som ligger langs vestre side av Barbubukt, til Eydehavn som ble åpnet i 2008. Barbuområdet har vært et sentralt område i mange århundrer, først i forbindelse med utskipping av jernmalm og tømmer, og siden også som utskipingshavn for jernbanen etter åpning av Barbu stasjon i 1908. Rundt 1585 ble landets første jernverk etablert i Barbu. Barbu jernverk leverte malm til flere norske jernverk (8). Da Barbu jernverk ble flyttet i 1665, var det sagbruk og møllebruk som dominerte langs elven.

Barbu er blitt fylt ut i mange omganger i løpet av 1900-tallet, og nesten hele arealet mellom riksvei 410 og strandlinjen består av utfylte masser (9).

På østlige del av landarealet, hvor Kystverket i dag har kontorer, holdt Løckensborg verft til på 1700-tallet (10).

2.3 Brukerinteresser og arealbruk

Arealene rundt Barbubukt er hovedsakelig avsatt til næring, bolig, park og trafikkareal. Arealet i sjø er avsatt til ferdsel og småbåthavner. Se Figur 2-2 for utsnitt fra reguleringsplan (ID 09062012-21). Det er nylig etablert en småbåthavn sør for elveutløpet.



Figur 2-2 Utsnitt fra reguleringsplan for Barbubukt (ID 09062012-21) (kilde: Arendalskart).

2.4 Planlagte utbyggingsprosjekter

Områdene i og ved Barbu har vært i kraftig utvikling de siste årene, jf. blant annet utbygging av Sørlandet Kunnskapshavn, boligbygg og småbåthavn. Utbyggingen innebærer også strandpromenade langs strandkanten, etablering av park, lekeområder og badebrygge, se utsnitt av utomhusplan i Figur 2-3.

I forbindelse med bl.a. etablering av jernbanen og bygging av nytt godshus i årene 1905-1915 ble Barbuelvens løp endret og deler av elven lagt i kulvert. I kommunedelplanen for Barbu fra 2007 er det beskrevet planer om gjenåpning av elven og etablering av nytt utløp i sjøen (11). Det er ikke kjent at det foreligger noen konkrete planer for dette arbeidet.

Det foreligger også planer om å flytte fergeleiet for lokalfergene fra Tyholmen til Tollbodskaien i Barbubukt, se område i sjø markert o_H1 på Figur 2-2. Tidsplan for flyttingen er ikke kjent.



Figur 2-3 Utsnitt fra utomhusplan (kilde: www.barbubrygge.no).

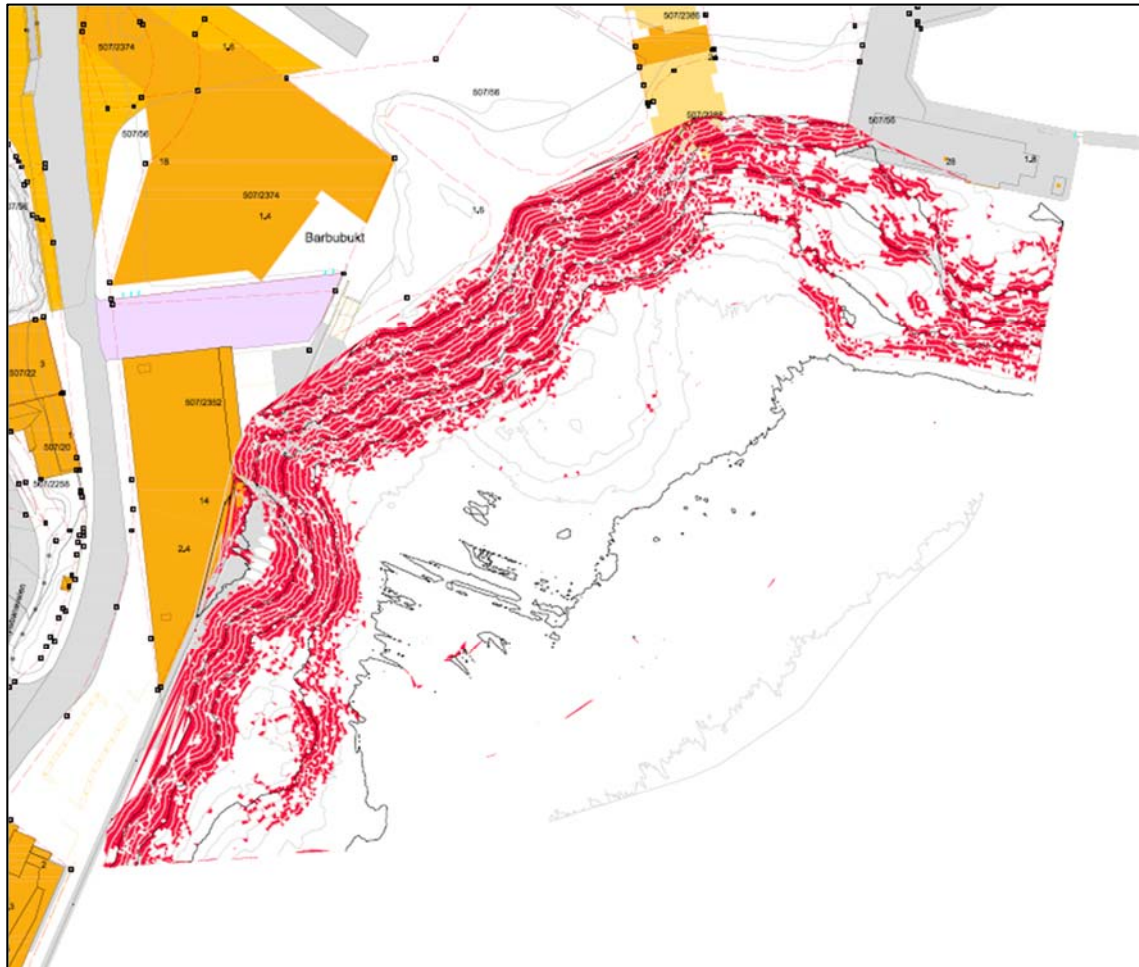
2.5 Bunntopografi og skråningsstabilitet

Sjøbunnen i Barbubukt skråner bratt fra land og ned til ca. 30 m dybde. Skråningen i det vurderte tiltaksområdet består av utfyllinger av sprengstein. Finstoffoverdekningen i skråningen er liten, sedimentene ligger hovedsakelig som lommer mellom steinene. Utenfor fyllingsfoten ved 26-28 m dyp består sjøbunnen av bløt leire.

I følge sjøkart ligger det ingen rør eller kabler i det vurderte tiltaksområdet. Arendal kommunes kartløsning viser utløp av en avløpsledning under Tollbodkaia og to overvannsrør øst i området, se Figur 4-2.

Multiconsult har gjort en innledende vurdering av skråningsstabiliteten i Barbubukt, samt Pollen og Kittelsbukt (Multiconsult-notat 418803-RIG-NOT-001, se vedlegg B).

Utfyllingen er gjort delvis over fast grunn/fjell, og delvis over løsmasser. Helningen i fyllingen ligger omkring 1:1,2, med enkelte brattere partier. Store deler av skråningen har en helning større enn 1:2, se illustrasjon i Figur 2-4. Området øst i Barbubukt er noe slakere og har liten dybde til fjell, og kan være en konsekvens av tidligere skred. Utenfor fyllingsfoten har sjøbunnen en helning på ca. 1:15. Innledende stabilitetsvurderinger indikerer at videre utfylling i skråningen innebærer en viss risiko. Det er også usikkert hvilken effekt tildekking vil ha her.



Figur 2-4 Skråningshelning større enn 1:2 (utsnitt fra tegning 418803-RIG-TEG-003).

2.6 Strømforhold

Vannutskifting i Barbubukt er hovedsakelig styrt av tidevann og overflatestrømmer. Overflatestrømmer er trolig påvirket av vær og vind, samt Barbuelvens utløp. Tidevannsforskjellen er kun ca. 20 cm mellom middel høyvann og middel lavvann. Nidelva renner ut i sjøen vest for Arendal sentrum og modellering viser at saltholdighet i overflatevannet påvirkes bl.a. av Nidelvas bidrag. Barbuelva kan også forventes å lokalt påvirke Barbubukt. Nidelva og Barbuelva bidrar også med tilførsel av forurensede partikler til sjøområdene ved Arendal (13; 14).

2.7 Økologisk status og kulturminner

Det er ikke gjort registreringer av marine kulturminner, vernede arter, naturtyper eller andre miljøverdier som krever spesielle hensyn i Miljødirektoratets karttjeneste Naturbase. I Arendalsbåen, i fjordbassenget utenfor Pollen og Barbubukt, er det registrert gytefelt for torsk, se Figur 2-5.



Figur 2-5 Kulturminnelokaliteter og gytefelt for torsk (kilde: Kystinfo).

3 Miljøsmål

Ved fastsettelse av regionale og lokale miljømål i arbeidet med forurenset sjøbunn, må det tas hensyn til føringer som er gitt på nasjonalt plan. De nasjonale føringene er gitt gjennom stortingsmeldinger, forurensningslovverket og gjennom rammer for vannforvaltningen (Vannforskriften). Miljømålene vil være førende for både oppryddingstiltak og andre tiltak som ikke primært har til formål å rydde opp i forurensning (15).

3.1 Tilstand i henhold til Vannforskriften

EU har utarbeidet et rammedirektiv for vann (Vanddirektivet) som gir konkrete miljømål som alle EU-land/EØS-land er forpliktet til å nå. Hovedmålet med gjennomføringen er å sikre bærekraftig vannbruk i alt kystvann og vassdrag. Formålet med Vanddirektivet er at miljøtilstanden i alle elver, innsjøer, grunnvann og kystvann skal beskyttes mot forringelse, og om nødvendig forbedres eller gjenopprettet (15). Forurensning skal fjernes og andre tiltak skal settes inn der det trengs for å styrke miljøtilstanden gjennom målrettede tiltak.

EUs vanddirektiv for vann er implementert i norsk rett gjennom «Forskrift om rammer for vannforvaltningen», fastsatt ved kgl. res. 15.12.2006. Forskriften ansvarliggjør bl.a. kommunen til å utrede de nødvendige tiltak innenfor sitt område, for å nå miljømålene om at vannforekomsten minimum skal oppnå god økologisk og kjemisk tilstand innen 2021.

I tiltaksprogrammet for vannregion Agder 2016-2021 (16) er Arendal havneområde beskrevet som ett av fire områder prioritert for oppfølging som følge av forurenset sjøbunn. De andre områdene er prosjektet Rene Listerfjorder, Kristiansandsfjorden og Vikkilen i Grimstad.

Barbubukt hører til vannforekomst Tromøysund-Arendal (ID 0120030203-2-C), som omfatter havneområdet øst for Strømmen, vest for Tromøybruen og nord for Pinneholmene. På grunn av påvist forurensning i sedimenter og biota, samt tilførsel av næringsstoffer, oppnår ikke vannforekomsten god økologisk eller kjemisk tilstand. Risikovurderingen for vannforekomsten viser at det er risiko for at miljømålet ikke oppnås innen 2021.

3.2 Overordnede miljømål Arendal kommune

Gjennom arbeidet i 2005 med tiltaksplan for Arendalsområdet ble det fastsatt et langsiktig miljømål (17):

«Bunnsedimentene i Arendalsområdet skal ikke være til hinder for utøvelse av rekreasjon og friluftsliv, fritidsfiske og –fangst, yrkesfiske og havnedrift.»

Det langsiktige miljømålet skal nås gjennom følgende delmål:

- Byområdet og småbåthavner: Identifisere og stoppe/minske kilder til forurensning.
- Byområdet og lokale utbygginger: Bunnsedimentene skal ha miljøgiftkonsentrasjoner lavere eller lik Klifs (nå Miljødirektoratets) tilstandsklasse II etter tiltak.
- Områder der tildekking ikke skal gjennomføres: Det skal observeres en gradvis nedgang i miljøgiftkonsentrasjoner.
- Hele området: Økt kunnskap om miljøgift i fisk og skalldyr skal gi grunnlag for differensiering, evt. fjerning, av kostholdsråd i fremtiden.

4 Forurensningstilstand

Miljøundersøkelser gjennom flere tiår har vist at sjøområdene i Arendal er påvirket av forurensning. Forurensningen ble først avdekket av NIVA i en sedimentundersøkelse som ble utført langs hele norskekysten i 1993 (18). Her ble det avdekket at sjøbunnsedimentene i Arendalsområdet var forurenset av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenylter (PCB), kvikksølv (Hg) og bly (Pb). Blåskjellprøver viste også høye verdier av tributyltinn (TBT). En oppfølgende undersøkelse i 2000 (2) bekreftet forurensningssituasjonen, og det ble i tillegg påvist PAH i blåskjell, samt PCB i torskelever og i innmat av krabbe, fra Arendalsområdet. I 2000 ble det fastsatt et kostholdsråd mot inntak av fisk og skalldyr fra Arendalsområdet. Kostholdsrådet ble opprettholdt etter nye undersøkelser utført av NIVA i 2007, som fremdeles viste høye verdier av PCB i torskelever (3). Verdiene i blåskjell og krabbe var lave, men undersøkelsen inkluderte ikke tungmetaller. Analyser av blåskjell fra Barbubukt i 2008 (19) og 2013 (20) viste lavt innhold av Cd, Cu, Hg, Pb, PAH og PCB (tilstandsklasse I). Det er heller ikke påvist PCB₇ over tilstandsklasse I i sedimentene i Barbubukt.

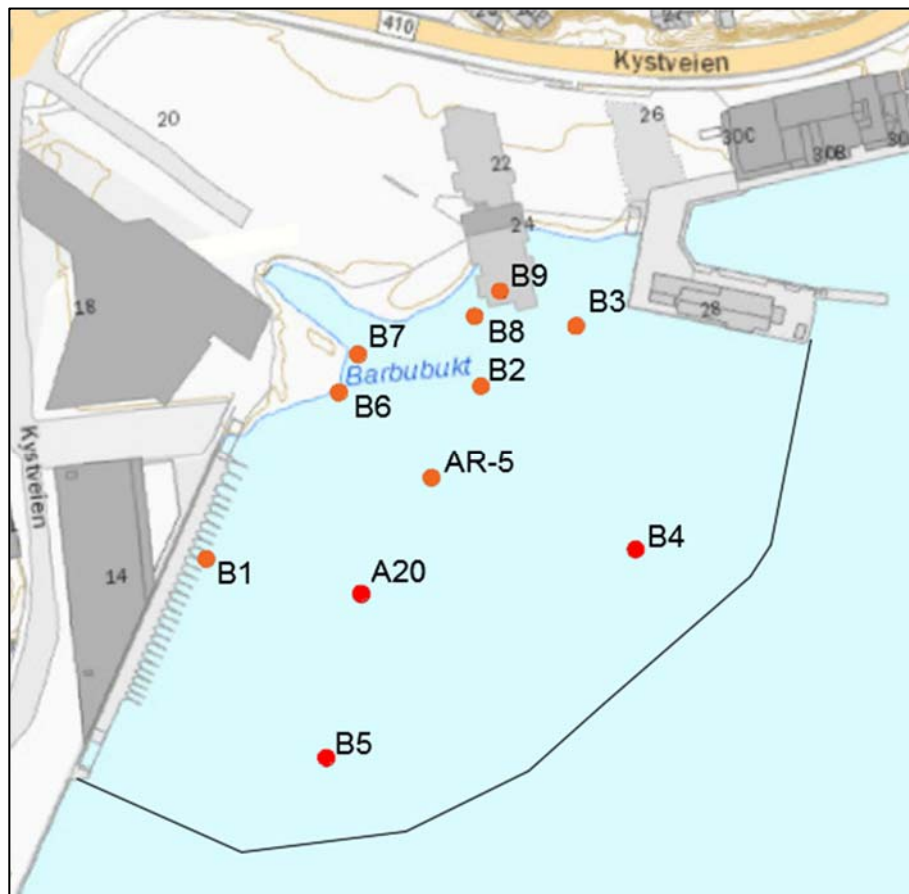
Sedimentene i Barbubukt ble først prøvetatt i 2005 av NIVA (21) som en del av arbeidet med regionale tiltaksplaner. Det ble påvist generelt høye verdier av Cu, Hg og flere PAH-forbindelser. NIVA utførte i 2009 supplerende prøvetaking av sedimenter i Barbubukt og gjennomførte en risiko- og tiltaksvurdering (5). Resultatene viste at middelverdier for konsentrasjoner i sedimentene i Barbubukt overskred trinn 1-grenseverdi for Pb, Cu, TBT, PCB₇ og flere PAH-forbindelser (jf. TA-2229/2009 (6)). Toksitetestene viste overskridelser og Trinn 2-vurderingen viser risiko for spredning, hovedsakelig grunnet diffusjon og oppvirvling som følge av skipsanløp. Det ble påvist risiko for human helse på bakgrunn av PCB₇, TBT og PAH, forutsatt at det ble fanget og konsumert sjømat fra området til tross for kostholdsrådet. Det ble også beregnet risiko for økologiske effekter grunnet Cu, Ni, Zn, TBT og 6 PAH-forbindelser.

For å bestemme porevannskonsentrasjon utførte Multiconsult prøvetaking i en stasjon i Barbubukt, i juli 2017. Porevannskonsentrasjonen ble innhentet som inngangsdata for design av en eventuell tildekking.

Samtidig ble det også utført kjemisk analyse av sedimentet. Det ble påvist tilstandsklasse III for TBT, pyren og benzo(a)antracen, og tilstandsklasse IV for antracen og benzo(b)fluoranten. Det ble ikke påvist andre forbindelser over tilstandsklasse II. Analyserapport er gitt i vedlegg C.

Figur 4-1 viser høyeste påviste tilstandsklasse i prøvestasjoner fra Barbubukt, i perioden 2005-2017.

Se Tabell 4-1 for sammenstilling av resultater fra alle utførte sedimentanalyser i Barbubukt.



Figur 4-1 Prøvepunkter fra sedimentundersøkelser utført i 2005 (A20), 2009 (B1-B9) og 2017 (AR-5), klassifisert etter høyeste tilstandsklasse (M-608).

Tabell 4-1 Sammenstilling av sedimentanalyser utført 2005-2017. Klassifisert etter M-608.

Stoff/stasjon	AR-5 (MC 2017)	B1 (NIVA 2009)	B2 (NIVA 2009)	B3 (NIVA 2009)	B4 (NIVA 2009)	B5 (NIVA 2009)	B6 (NIVA 2009)	B7 (NIVA 2009)	B8 (NIVA 2009)	B9 (NIVA 2009)	A20 (NIVA 2005)
Sedimentdyp (cm)	0-10	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5	0-5	0-2
Arsen (As) mg/kg	7,6	7,2	9,3	11	11	14	2	5	6	4	i.a.
Bly (Pb) mg/kg	28	75,9	92,4	92,6	109	146	23	45,8	70,2	62,6	130
Kadmium (Cd) mg/kg	0,12	0,6	0,72	0,83	0,4	0,4	0,2	0,5	0,84	0,5	0,3
Kobber (Cu) mg/kg	19	113	87,2	96,5	85,7	82,5	41,3	63,2	87,9	70,9	109
Krom (Cr) mg/kg	17	27,2	31,5	34,5	35,2	42,4	20,3	18	25,7	20,6	39,3
Kvikksølv (Hg) mg/kg	0,03	0,27	0,56	0,67	0,7	0,76	0,11	0,15	0,41	0,31	0,85
Nikkel (Ni) mg/kg	12	16,1	20,8	22,4	21,5	22,1	10	13	16,1	15,9	i.a.
Sink (Zn) mg/kg	74	292	286	296	233	250	120	217	393	233	i.a.
Naftalen mg/kg	0,01	0,032	0,038	0,053	0,077	0,091	0,021	0,051	0,071	0,092	0,19
Acenaftalen mg/kg	<0,01	0,035	0,066	0,13	0,14	0,19	0,01	0,018	0,021	0,077	0,12
Acenaften mg/kg	<0,01	0,037	0,03	0,033	0,064	0,056	0,01	0,026	0,017	0,10	0,057
Fluoren mg/kg	<0,01	0,049	0,04	0,055	0,10	0,09	0,01	0,031	0,026	0,14	0,11
Fenantren mg/kg	0,10	0,58	0,48	0,55	1,40	0,93	0,15	0,32	0,20	0,92	1,1
Antracen mg/kg	0,04	0,24	0,19	0,30	0,37	0,41	0,021	0,075	0,067	0,25	0,48
Fluoranten mg/kg	0,21	1,20	1,30	1,70	3,00	2,60	0,25	0,65	0,42	1,30	2,9
Pyren mg/kg	0,22	0,98	1,10	1,50	2,50	2,20	0,20	0,52	0,35	1,00	2,4
Benso(a)antracen mg/kg	0,11	0,50	0,63	0,83	1,20	1,30	0,084	0,24	0,18	0,52	1,5
Krysen mg/kg	0,08	0,48	0,55	0,71	1,10	1,10	0,098	0,26	0,20	0,52	1,3
Benso(b)fluoranten mg/kg	0,19	0,50	0,69	0,83	1,20	1,30	0,12	0,25	0,21	0,51	2,2
Benso(k)fluoranten mg/kg	0,07	0,26	0,33	0,46	0,64	0,72	0,056	0,12	0,11	0,25	0,8
Benso(a)pyren mg/kg	0,12	0,50	0,67	0,95	1,30	1,40	0,099	0,21	0,19	0,48	1,6
Indeno(123cd)pyren	0,06	0,41	0,69	0,87	1,30	1,50	0,10	0,18	0,16	0,42	1,2
Dibenso(ah)antracen mg/kg	0,01	0,12	0,19	0,22	0,33	0,36	0,029	0,054	0,046	0,12	0,3
Benso(ghi)perylene mg/kg	0,05	0,40	0,67	0,82	1,2	1,4	0,11	0,17	0,14	0,35	1
Sum PAH ₁₅ mg/kg ¹	1,3	6,33	7,67	10,01	15,92	15,65	1,37	3,18	2,42	7,05	17,26
Sum PCB ₇ mg/kg	0,0011	0,022	0,017	0,02	0,021	0,024	0,0087	0,015	0,016	0,023	0,024
TBT (forvalt.) mg/kg ¹	0,01	0,16	0,03	0,04	0,06	0,06	0,01	0,00	0,01	0,08	0,093

i.a. = ikke analysert

¹ Klassifisert etter TA-2229/2009.

4.1 Forurensningskilder

Miljødirektoratets grunnforurensningsdatabase viser ingen registrerte lokaliteter i Barbu.

Asplan Viak utførte i 2009 grunnundersøkelser i fyllingen i Barbu, med hensikt å kartlegge eventuell forurensning i forbindelse med grave- og byggearbeider på området (9). Det ble funnet forurensning i utfylte masser og i antatt gammel sjøbunn øst for Barbuelvas utløp. Det ble påvist PCB, PAH og olje, samt Pb, Cu og Zn, over normverdi. Risiko for spredning ble vurdert som lav grunnet liten vanngjennomstrømning, god tildekking og liten mobilitet. Som i sentrum av byen kan det ha blitt benyttet brannrester fra bybrannene i de tidligste utfyllingene, se Multiconsults rapport 418803-RIGm-RAP-001 Tiltaksplan Pollen. Multiconsult foretok i 2009 et kildesøk for å kartlegge kilder til PCB i sedimentene i Arendals havneområde (22). Det ble ikke påvist noen store enkeltkilder, men eldre murpuss og maling ble oppgitt som en mulig kilde.

Det kommer et avløp (AF-ledning, dvs. ledning der spillvann og overvann ikke er separert) og tre overvannsutløp ut i Barbubukt, se Figur 4-2. Barbuelva og Nidelva kan også bidra med tilførsel av forurensede partikler via avrenning fra omkringliggende arealer, samt avløps- og overvannsledninger som har utløp til elvene. Ca. 1,3 km oppstrøms i Barbuelva ligger også gamle Langsæ gruver, med slagghauger liggende i dagen.

All aktivitet langs Barbuelva og i landområdene rundt Barbubukt, som verftsaktivitet, jernverket og anløp av skip, kan også ha bidratt med tilførsel av forurensning.

Arendal kommune har planlagt oppgradering av ledningsnett bl.a. langs Barbuelva, med separering av spillvann og overvann. Kommunen har også innført regelmessig tømning av sandfangkummer for å redusere spredning av miljøgifter fra land.



Figur 4-2 Oversiktskart over avløp og overvannsutløp i Barbubukt (kilde: Arendalskart, Arendal kommunes karttjeneste).

4.2 Vurdering av datagrunnlaget

For å vurdere forurensningssituasjonen i Barbubukt er resultater fra alle tidligere sedimentundersøkelser (2005-2017) benyttet som grunnlag. Prøvene representerer ulike sedimentdybder, hhv. 0-2 cm (2005), 0-5 cm (2009) og 0-10 cm (2017). Prøver som representerer 0-2 cm og 2-5 cm er inkludert i NIVAs risikovurdering fra 2009 (5).

Tre av prøvene fra 2009 og den ene prøven fra 2017 består av blandprøver av 4 delprøver tatt med grabb. De øvrige seks prøvene fra 2009 er enkeltprøver tatt av dykker. Det er ukjent om sedimentprøven fra 2005 (21) består av blandprøve eller enkeltprøve.

Det er analysert til sammen 11 sedimentprøver fra sjøbunnen i Barbubukt. Prøvestasjonene er fordelt i skråningen og på flaten nedenfor fyllingsfoten. Prøvene i skråningen er tatt av dykker. Fra områder grunnere enn 20 m er det analysert 4 prøver, noe som gir en prøvedekning på 1 prøve per 1600 m². Fra områder med vanddyb større enn 20 m er det analysert til sammen 7 prøver, noe som gir en prøvedekning på 1 prøve per 3000 m². Dette gir en tilfredsstillende prøvedekning iht. risikoveilederen (23), som beskriver at hver prøve maksimalt kan representere et areal på 10 000 m² i områder grunnere enn 20 m og et areal på 40 000 m² i dypere områder.

Det foreligger kun én analyse fra 2017, og øvrige analyser ble utført i 2005 og 2009. Den nyeste sedimentprøven (AR-5) viser lavere forurensningsgrad enn tidligere prøver, og endringen kan ikke tilskrives fortykning alene (prøvesjikt 0-10 cm i 2017, 0-5 cm i 2009 og 0-2 cm i 2005). Dette kan indikere at de eldre prøvene ikke representerer dagens situasjon på en tilfredsstillende måte, og at det kan være hensiktsmessig å supplere datagrunnlaget for å sikre at dette gir et korrekt bilde.

I steinfyllingen / skråningen opp mot land er finstoffandelen, dvs. den delen av materialet som kan være forurenset, ufullstendig kartlagt. En kartlegging ved hjelp av dykker eller ROV vil kunne avdekke om det er hensiktsmessig å gjennomføre tiltak i denne skråningen, eller om forurenset andel av massene er så liten at dette vil ha neglisjerbar nytteverdi.

Det foreligger ingen undersøkelser mht. vertikal utbredelse av forurensningen.

5 Risikovurdering

5.1 Risikovurdering Trinn 1

En trinn 1-risikovurdering er en forenklet vurdering hvor miljøgiftkonsentrasjonene og toksisitet sammenlignes med grenseverdier gitt i Miljødirektoratets veileder for klassifisering av sedimenter (24) og veileder for risikovurdering av forurensede sedimenter (23). En trinn 1-vurdering omhandler kun risiko for økologiske effekter, og skal være konservativ. Grenseverdiene er konservativt satt, og tilsvarer grenseverdi mellom tilstandsklasse II/III. Dersom grenseverdiene overskrides må det foretas en trinn 2-vurdering, eventuelt også en trinn 3-vurdering.

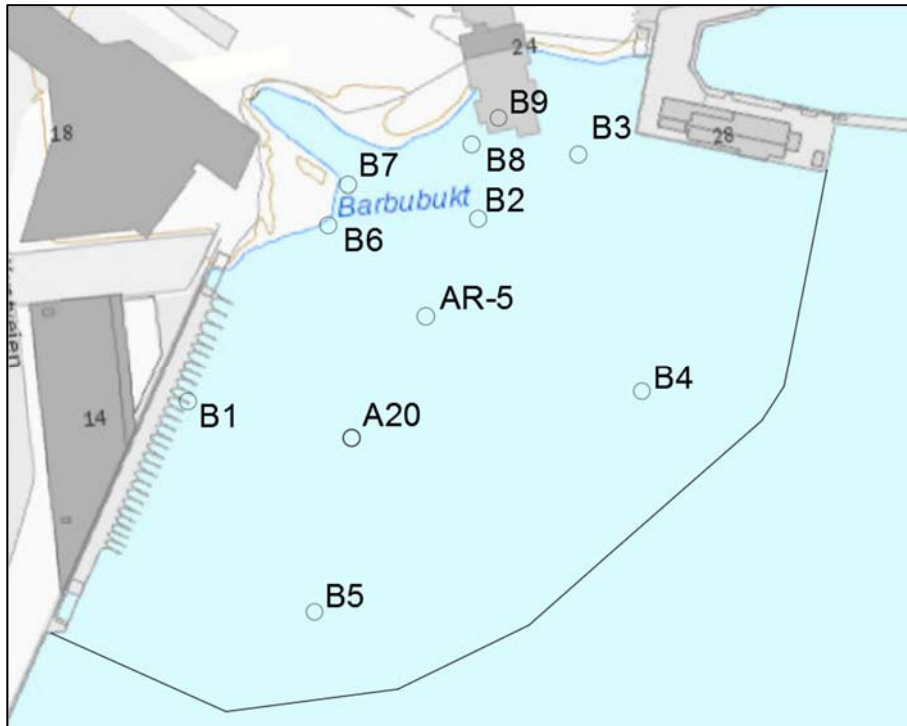
Se også vedlegg A for utskrift av inngangsdata til risikovurderingen (utskrift av regneark).

5.1.1 Forutsetninger

Området avgrenses i vest ved gangbroen til flytebyggen, ved enden av bygget til Arendal Fiskemottak i øst og langs kote -31 (sjøkartnull) i dybden. Området følger ellers strandsonen ved land. Se avgrensning i Figur 5-1.

For prøver og parametre der konsentrasjonene var under analysemetodens deteksjonsgrense, ble 0,5 ganger deteksjonsgrense benyttet som inngangsverdi i vurderingen, jf. Miljødirektoratets risikoveileder (23).

I tillegg til konsentrasjon av miljøgifter i sedimentene, anbefales det for en trinn 1-vurdering å undersøke sedimentenes generelle toksisitet ved toksisitetstester av porevann og/eller sedimentekstrakt. Dette er også inkludert, jf. kap. 5.2.3.



Figur 5-1 Det risikovurderte områdets utstrekning. Nedre grense går ved kote -31.

5.1.2 Resultater Trinn 1-vurdering

Resultatene fra sedimentanalysene er sammenlignet med trinn 1-grenseverdier, jfr. Tabell 5-1. Som det fremgår av tabellen overskrider middelkonsentrasjonen av Zn, TBT, PCB₇ og for 13 av til sammen 16 PAH-forbindelser grenseverdien for trinn 1. Overskridelsen varierer fra 1 til 48 ganger grenseverdi, lavest for TBT og Zn og høyest for antracen.

Særlig antracen viser høye overskridelser av grenseverdi. I den reviderte klassifiseringsveilederen fra Miljødirektoratet, publikasjon M-608, er det blitt innført nye og svært lave grenseverdier for antracen. Laboratoriets deteksjonsgrense (10 µg/kg) ligger nå høyere enn grenseverdi mellom tilstandsklasse II og III (4,6 µg/kg). I rapporten «Kvalitetssikring av miljøkvalitetsstandarder» (25) er det beskrevet at den beregnede organisk karbon-normaliserte likevektsfordelingskoeffisienten (K_{OC}) som er lagt til grunn for beregning av grenseverdien, er svært konservativ sammenlignet med verdier målt i forurenset sjøbunn. Resultatet av risikovurderingen for antracen må derfor også anses som konservativ.

Datagrunnlaget for risikovurderingen er noe gammelt, fra 2005 (21) og 2009 (5), og det foreligger kun én prøve fra 2017 (AR-5). Den nyeste sedimentprøven viser lavere forurensningsgrad enn tidligere prøver, og endringen kan ikke tilskrives fortykning alene (prøvesjikt 0-10 cm i 2017, 0-5 cm i 2009). En trinn 1-vurdering for sedimentprøven fra 2017 viser beskjedne overskridelser kun for antracen, benzo(a)antracen, krysen, benzo(b)fluoranten og PCB₇, lavest for den sistnevnte med en overskridelse av grenseverdi på 0,6 ganger, og høyest for antracen med en overskridelse på 7,8 ganger, se Tabell 5-2.

Tabell 5-1 Målte sedimentkonsentrasjoner sammenlignet med Trinn 1-grenseverdier (sedimentprøver 2005-2017).

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	10	14	7,71	18		
Bly	11	146	79,5909091	150		
Kadmium	11	0,84	0,49181818	2,5		
Kobber	11	113	77,8363636	84	1,3	
Krom totalt (III + VI)	11	42,4	28,3363636	660		
Kvikksølv	11	0,85	0,43854545	0,52	1,6	
Nikkel	10	22,4	16,99	42		
Sink	10	393	239,4	139	2,8	1,7
Naftalen	11	0,19	0,06636364	0,027	7,0	2,5
Acenaflylen	11	0,19	0,07381818	0,033	5,8	2,2
Acenaften	11	0,1	0,03954545	0,096	1,0	
Fluoren	11	0,14	0,05972727	0,15		
Fenantren	11	1,4	0,61136364	0,78	1,8	
Antracen	11	0,48	0,22172727	0,0046	104,3	48,2
Fluoranten	11	3	1,41181818	0,4	7,5	3,5
Pyren	11	2,5	1,17909091	0,084	29,8	14,0
Benzo(a)antracen	11	1,5	0,64490909	0,06	25,0	10,7
Krysen	11	1,3	0,582	0,28	4,6	2,1
Benzo(b)fluoranten	11	2,2	0,72727273	0,140	15,7	5,2
Benzo(k)fluoranten	11	0,8	0,34690909	0,135	5,9	2,6
Benzo(a)pyren	11	1,6	0,68354545	0,183	8,7	3,7
Indeno(1,2,3-cd)pyren	11	1,5	0,62627273	0,063	23,8	9,9
Dibenzo(a,h)antracen	11	0,36	0,16181818	0,027	13,3	6,0
Benzo(ghi)perylen	11	1,4	0,57390909	0,084	16,7	6,8
PCB 28	11	0,002	0,00155545			
PCB 52	11	0,0019	0,00116273			
PCB 101	11	0,0053	0,00200545			
PCB 118	11	0,0048	0,00296			
PCB 138	11	0,0069	0,00397364			
PCB 153	10	0,0056	0,003883			
PCB 180	11	0,004	0,00223182			
Sum PCB7	11	3,05E-02	1,78E-02	0,0041	7,4	4,3
Tributyltinn (TBT-ion)	11	0,16	0,04953636	0,035	4,6	1,4

Tabell 5-2 Målte sedimentkonsentrasjoner sammenlignet med Trinn 1-grenseverdier (sedimentprøve AR-5, 2017).

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	1	7,6	7,6	18		
Bly	1	28	28	150		
Kadmium	1	0,12	0,12	2,5		
Kobber	1	19	19	84		
Krom totalt (III + VI)	1	17	17	660		
Kvikksølv	1	0,034	0,034	0,52		
Nikkel	1	12	12	42		
Sink	1	74	74	139		
Naftalen	1	0,014	0,014	0,027		
Acenaftilen	1	0,005	0,005	0,033		
Acenaften	1	0,005	0,005	0,096		
Fluoren	1	0,005	0,005	0,15		
Fenantren	1	0,095	0,095	0,78		
Antracen	1	0,036	0,036	0,0046	7,8	7,8
Fluoranten	1	0,21	0,21	0,4		
Pyren	1	0,22	0,22	0,084	2,6	2,6
Benzo(a)antracen	1	0,11	0,11	0,06	1,8	1,8
Krysen	1	0,084	0,084	0,28		
Benzo(b)fluoranten	1	0,19	0,19	0,140	1,4	1,4
Benzo(k)fluoranten	1	0,07	0,07	0,135		
Benzo(a)pyren	1	0,12	0,12	0,183		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1	0,059	0,059	0,063		
Dibenzo(a,h)antracen	1	0,011	0,011	0,027		
Benzo(ghi)perylen	1	0,053	0,053	0,084		
PCB 28	1	0,00025	0,00025			
PCB 52	1	0,00025	0,00025			
PCB 101	1	0,00025	0,00025			
PCB 118	1	0,00025	0,00025			
PCB 138	1	0,00051	0,00051			
PCB 153	1	0,00063	0,00063			
PCB 180	1	0,00025	0,00025			
Sum PCB7	1	2,39E-03	2,39E-03	0,0041	0,6	0,6
Tributyltinn (TBT-ion)	1	0,0071	0,0071	0,035		

5.2 Risikovurdering Trinn 2

Ved overskridelse av grenseverdiene i trinn 1, skal trinn 2- og eventuelt trinn 3-vurderinger utføres. Trinn 2 omfatter tre risikobilder; risiko for spredning, risiko for human helse og risiko for effekter på økosystemet. Grenseverdiene for trinn 2 er mindre konservative sammenlignet med grenseverdiene oppgitt for trinn 1. En trinn 3-vurdering innebærer innhenting av informasjon om stedlige forhold som gir en lokal forankring av vurderingen.

For å oppnå større lokal forankring, er det lagt inn verdier for målte porevannskonsentrasjoner (fra stasjon AR-5), og for målte verdier i blåskjell (3). Porevannskonsentrasjonene er også blitt benyttet til å beregne stedlige K_d -verdier.

Sjablongverdiene beholdes for oralt inntak av sedimenter, overflatevann, partikulært materiale og sjømat, samt eksponering ved hudkontakt for å ta høyde for evt. opphevelse av kostholdsrad, se Tabell 5-3. Reell risiko per i dag er trolig lavere grunnet det eksisterende kostholdsradet og arealbruk.

Resultatene sammenlignes med grenseverdier for effekter på økosystem og på human helse, som er de samme som ligger til grunn for grenseverdiene i trinn 1. Tolkning av resultatene fra trinn 2 vil være avhengig av miljømålet for området samt nåværende og planlagt bruk. Resultatene av risikovurderingen angir sedimentområder med akseptabel risiko og områder som det må utarbeides tiltaksplan for.

5.2.1 Lokal informasjon

Konstanter og verdier som er brukt i beregningene er vist i Tabell 5-3.

Tabell 5-3 Generelle parametere.

Grunnleggende sedimentparametere	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
TOC	1	5,875	Snitt av 2 prøver.		
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0,8	0,8			
Porøsitet, ϵ	0,7	0,7			
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å ende opp med mg/m ² /år for spredning ved biodiffusjon		
Generelle områdeparametere	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	ingen standard	26700	Beregnet fra kart.		
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	ingen standard	667500	Beregnet fra kart.		
Oppholdstid til vannet i bassenget, t_r [år]	ingen standard	0,02	NIVA (2009) Miljøundersøkelser, risiko og tiltaksvurdering (sjåblongverdi)		
SPREDNING					
Parametere for transport via biodiffusjon, F_{diff}	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Tortuositet, τ	3	3			
Faktor for diffusjonshastighet pga bioturbasjon, a	10	10			
Diffusjonslengde, Δx [cm]	1	1			
Parametere for oppvirvling fra skip, F_{skip}	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Antall skipsanløp per år, N_{anlop}	ingen standard	600	Anslått anløp av småbåter.		
Trasélengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av oppvirvling, T [m]	120	120	Lengste innseilingstrasé i sedimentareal påvirket av oppvirvling, dvs. i sedimentareal < 20 m dypt		
Mengde oppvirvlet sediment per anløp, m_{sed} [kg]	ingen standard	15	Sett inn verdi fra faktaboks 6 i veileder		
Sedimentareal påvirket av oppvirvling, A_{anlop} [m ²]	ingen standard	0	Settes lik 0 dersom uaktuell spredningsvei		
Fraksjon suspendert $f_{sed} =$ sedimentfraksjon < 2 μ m	ingen standard	1,3	Tas fra siktekurve (dersom 5 % er mindre enn 2 μ m, er $f = 0,05$)		
Parametere for transport via organismer, F_{org}	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Mengde organisk karbon i bunnfauna biomasse OC_{bio} [g/g]	0,25	0,25			
Organisk karbon tilførsel til sedimentet utenfra, OC_{sed} [g/m ² /år]	200	200			
Fraksjon av organisk karbon som ikke omsettes, d [g/g]	0,47	0,47			
Organisk karbon omsatt (respirert) i sedimentet, OC_{resp} [g/m ² /år]	31	31			
Konverteringsfaktor fra våtvekt til tørrvekt for C_{bio}	5	5	Faktor for å konvertere BCF_{bio} som er på våtvektsbasis til C_{bio} på tørrvektsbasis. Tørrvekt av biologisk materiale er typisk 1/5 av våtvekt.		
Parametere for å beregne tømning av stofflageret i det bioaktive laget, t_{com}	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Mektighet av bioturbasjonsdyp, d_{sed} (mm/m ²)	100	100			
Tetthet av vått sediment, ρ_w (kg/l)	1,3	1,3			
Fraksjon tørrvekt av vått sediment	0,35	0,35			
Generelle parametere (gjelder for både barn og voksen)	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Absorpsjonsfaktor, a_f	1	1			
Matriksfaktor, m_f	0,15	0,15			
Innhold partikulært materiale i vann [kg/l]	0,00003	0,00003			
Kontaminert fraksjon, K_f	0,5	0,5			
Generelle parametere (ulike for barn og voksen)	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Kroppsvekt, KV [kg]	70	15	70	15	
Parametere for oralt inntak av sediment, DEI_{sed}	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp, sed}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	1,64E-02	1,64E-02	Settes til 1/5-del av sjåblongverdi.
Inntak av sediment, DI_{sed} [kg/d]	0,00035	0,001	0,00035	0,001	
Parametere for inntak av overflatevann, DEI_v	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp, bev}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	1,64E-02	1,64E-02	Settes til 1/5-del av sjåblongverdi.
Inntak av sjøvann, DI_{bev} [l/d]	0,05	0,05	0,05	0,05	
Parametere for inntak av partikulært materiale, DEI_{pm}	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp, pm}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	1,64E-02	1,64E-02	Settes til 1/5-del av sjåblongverdi.
Inntak av sjøvann, DI_{bev} [l/d]	Se inntak av overflatevann.				
Parametere for hudkontakt med sediment, DEH_{sed}	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp, sed}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	1,64E-02	1,64E-02	Settes til 1/5-del av sjåblongverdi.
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sed} [m ²]	0,28	0,17	0,28	0,17	
Hudhefterate for sediment, HAD_{sed} [kg/m ²]	0,0375	0,0051	0,0375	0,0051	
Hudabsorpsjonsrate for sediment HAB_{sed} [1/timer]	0,005	0,010	0,005	0,01	
Eksponeringstid hud med sediment, ET_{sed} [timer/d]	8	8	4	4	Settes til 1/2-del av sjåblongverdi.
Parametere for hudkontakt med vann, DEH_v	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp, bev}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	1,64E-02	1,64E-02	Settes til 1/5-del av sjåblongverdi.
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{bev} [m ²]	1,80	0,95	1,8	0,95	
Eksponeringstid hud med sjøvann, ET_{bev} [timer/d]	1	2	1	2	
Parametere for eksponering via inntak av fisk/skalldyr, IEI_f	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Daglig inntak av fisk og skalldyr, DI_f [kg v.v./d]	0,138	0,028	0,138	0,028	

5.2.2 Forutsetninger

Tiltaksområdet som overskrider grenseverdiene i trinn 1-vurderingen har et totalt areal på ca. 27 000 m². Vannvolumet er beregnet som gjennomsnittlig dyp multiplisert med arealet. Et dyp på 15 m gir et vannvolum på ca. 670 000 m³.

Bioakkumuleringsfaktorer

Det er ikke utført bioakkumuleringstester, så sjablongverdiene oppgitt i beregningsverktøyet er benyttet.

Porevannskonsentrasjoner

Resultatene fra kjemiske analyser på utpresset porevann fra 1 prøve tatt i 2017, se vedlegg C, er benyttet i beregningene.

Den målte porevannskonsentrasjonene er sammenlignet med grenseverdier for økologisk risiko, PNEC_w (Predicted No Effect Concentration in water). Disse grenseverdiene er sammenfallende med grensen mellom tilstandsklasse II og III for sjøvann gitt i veileder M-608 (24).

Målte porevannskonsentrasjoner inngår også i beregning av stedlig K_d (likevektkoeffisient sediment/porevann).

Sjøvannskonsentrasjoner

Det er ikke utført analyser av sjøvann, så risikoverktøyet beregner derfor verdier basert på porevannskonsentrasjon.

Toksisitetstester

I 2009 ble det utført en toksisitetstest på porevann (*Skeletonema costatum*) og DR CALUX *in vitro* test (5). Resultatene fra disse undersøkelsene er benyttet i risikovurderingen.

Analyser av blåskjell

NIVA undersøkte i 2008 miljøgiftkonsentrasjonen i blåskjell (3). Miljøgiftkonsentrasjoner i blåskjell ble også undersøkt av COWI i 2013 (20). Resultatene viste lave konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse I i alle blåskjellprøver fra Barbubukt. Til sammen 3 prøver er benyttet i risikovurderingen.

Skipsanløp

Det er bare i havnebasseng som er grunnere enn 20 m at en påregner at det foregår oppvirvling av sediment fra skipspropeller, og for småbåter grunnere enn 15 m (faktaboks 6 i M-409 (22)). Sjøbunnen utenfor Barbu skråner raskt ned til ca. 30 m, og skråningene består hovedsakelig av stein med lommer av mer finkornig sediment mellom.

Det anslås ca. 600 årlig anløp til småbåthavnen. Lengste seilingstrasé er målt til ca. 120 m fra tiltaksområdets yttergrense til innsiden av flytebryggene. Sedimentbeskaffenhet for prøver tatt i skråningen er ikke beskrevet i NIVA-rapporten fra 2009. Det antas derfor at sedimentene består av en blanding av grus, sand og silt. I dypere områder består sedimentene av siltig leire (21). Jamfør faktaboks 6 i M-409 gir dette en mengde oppvirvlet per båtanløp på ca. 15 kg.

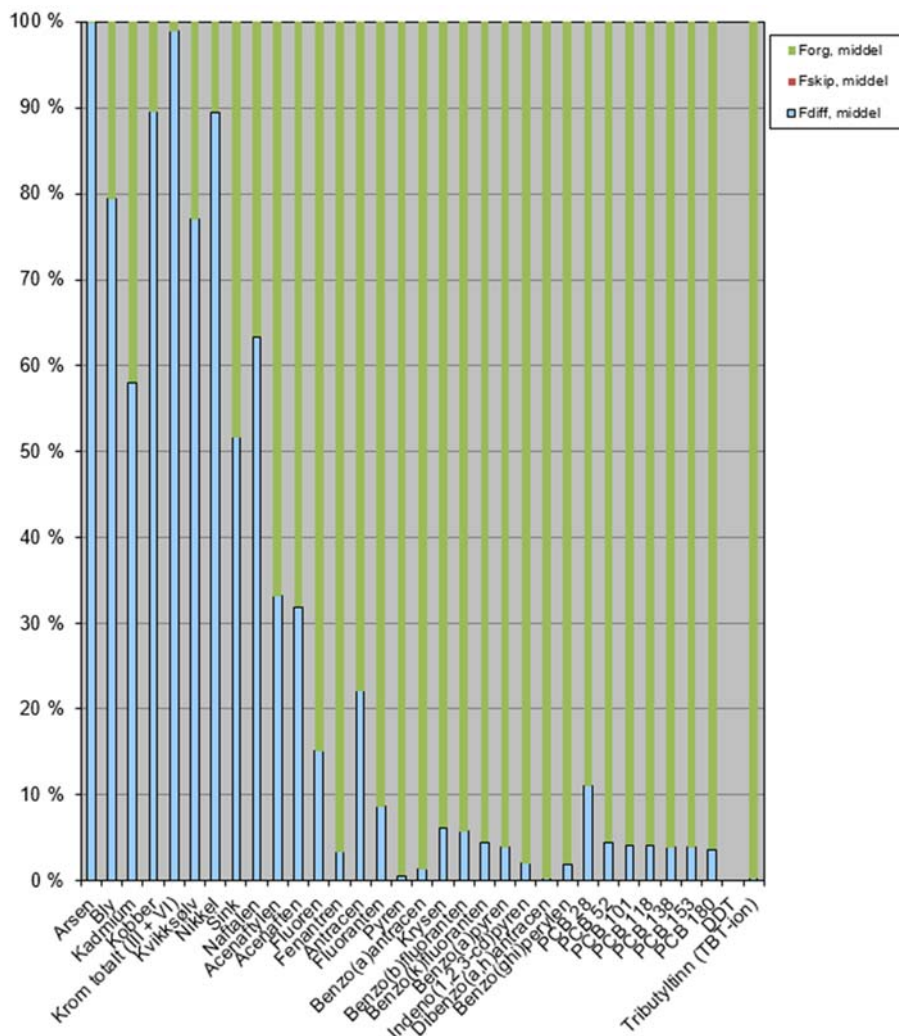
Andelen finstoff (< 2 µm) i sedimentene er satt til 3,8 % basert på Multiconsults undersøkelser i 2017 (se analyserapport i vedlegg C).

5.2.3 Resultater

Trinn 2A Risiko for spredning

Spredning av miljøgifter kan skje på tre måter: diffusjon, spredning grunnet båttrafikk og spredning grunnet biodiffusjon (oppvirvling og transport via organismer). Det finnes ikke grenseverdier for spredning. Det er spredningens konsekvens gjennom forringelse av vannkvaliteten i nærliggende områder som er vesentlig, og den vil som oftest være i form av uønsket akkumulering i fisk og skaldyr. Beregnet totaltransport ut fra et område kan sammenlignes med beregnet transport ut av et tenkt område som akkurat tilfredsstillende grenseverdiene for akseptabel risiko. En måte å sette akseptverdi for spredning kan da være at spredningen ut fra et område ikke skal overstige spredningen fra et slikt tenkt område med mer enn et gitt antall prosent.

Fordeling av spredningsmekanismer er vist i Figur 5-2. For metallene og de lettere PAH-forbindelsene er det biodiffusjon som dominerer spredningen, mens spredning med organismer dominerer de tyngre PAH-forbindelsene, PCB og TBT.



Figur 5-2 Fordeling av spredningsmekanismer (gjennomsnitt).

Beregninger viser at TBT og 13 av 16 PAH-forbindelser vil overskride «tillatt spredning», se Tabell 5-4. Men beregnet spredning er trolig overdrevet for flere av parameterene. Det kommer fram ved å se på tømmeperioden for de enkelte forbindelsene, se Tabell 5-5. Lav beregnet tømmeperioden kan skyldes overestimering, eller at sjøbunnen kontinuerlig tilføres nye miljøgifter gjennom sedimentasjon. Tømmeperioder over 100 år anses som rimelige tømmeperioder.

Årsaken kan også være at porevannskonsentrasjonene er hentet fra sedimenter på dypt vann (ikke i skrånning), hvor sedimentene har høyere finstoffinnhold og tilhørende forurensningsgrad. Verdiene fra denne ene prøven hever i såfall snittverdien for det øvrige arealet.

Tabell 5-4 Beregnet spredning sammenlignet med «tillatt spredning».

Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org}$)		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org} + F_{skip}$)		Spredning (F_{tot}) dersom C_{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 ($mg/m^2/år$)	F_{tot} i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
	$F_{tot, sed-skip}$ maks (mg/m^2)	$F_{tot, sed-skip}$ middel (mg/m^2)	$F_{tot, skip}$ maks ($mg/m^2/år$)	$F_{tot, skip}$ middel ($mg/m^2/år$)		Maks	Middel
Arsen	1,80E+01	1,80E+01	1,80E+01	1,80E+01	4,26E+01		
Bly	4,62E+02	3,94E+02	4,62E+02	3,94E+02	1,71E+03		
Kadmium	1,09E+00	8,39E-01	1,09E+00	8,39E-01	1,05E+01		
Kobber	3,63E+02	3,46E+02	3,63E+02	3,46E+02	1,38E+03		
Krom totalt (III + VI)	2,58E+01	2,57E+01	2,58E+01	2,57E+01	9,88E+02		
Kvikksølv	2,56E-02	2,10E-02	2,56E-02	2,10E-02	2,49E-01		
Nikkel	1,74E+01	1,69E+01	1,74E+01	1,69E+01	5,37E+01		
Sink	1,58E+03	1,20E+03	1,58E+03	1,20E+03	1,23E+03	1,3	
Naftalen	8,41E-02	5,00E-02	8,41E-02	5,00E-02	6,26E-02	1,3	
Acenafyten	4,15E-01	2,03E-01	4,15E-01	2,03E-01	4,56E-01		
Acenaften	3,56E-01	1,74E-01	3,56E-01	1,74E-01	1,13E+00		
Fluoren	1,57E+00	7,35E-01	1,57E+00	7,35E-01	3,63E+00		
Fenantren	3,68E+01	1,64E+01	3,68E+01	1,64E+01	8,56E+00	4,3	1,9
Antracen	1,38E+00	7,22E-01	1,38E+00	7,22E-01	2,28E-02	60,3	31,6
Fluoranten	2,36E+01	1,17E+01	2,36E+01	1,17E+01	2,52E+00	9,4	4,6
Pyren	3,77E+02	1,78E+02	3,77E+02	1,78E+02	2,96E+00	127,2	60,2
Benzo(a)antracen	7,57E+01	3,28E+01	7,57E+01	3,28E+01	8,54E-01	88,6	38,4
Krysen	2,04E+01	9,45E+00	2,04E+01	9,45E+00	2,81E+00	7,2	3,4
Benzo(b)fluoranten	5,13E+01	1,76E+01	5,13E+01	1,76E+01	1,39E+00	36,9	12,7
Benzo(k)fluoranten	1,48E+01	6,59E+00	1,48E+01	6,59E+00	1,06E+00	13,9	6,2
Benzo(a)pyren	3,17E+01	1,39E+01	3,17E+01	1,39E+01	1,55E+00	20,5	9,0
Indeno(1,2,3-cd)pyren	6,43E+01	2,72E+01	6,43E+01	2,72E+01	1,12E+00	57,2	24,2
Dibenzo(a,h)antracen	6,16E+01	2,77E+01	6,16E+01	2,77E+01	1,15E+00	53,7	24,2
Benzo(ghi)perylen	7,56E+01	3,14E+01	7,56E+01	3,14E+01	1,89E+00	40,0	16,6
PCB 28	3,08E-02	2,40E-02	3,08E-02	2,40E-02			
PCB 52	5,32E-02	3,25E-02	5,32E-02	3,25E-02			
PCB 101	2,19E-02	8,27E-03	2,19E-02	8,27E-03			
PCB 118	1,98E-03	1,22E-03	1,98E-03	1,22E-03			
PCB 138	1,87E-02	1,08E-02	1,87E-02	1,08E-02			
PCB 153	1,52E-03	1,06E-03	1,52E-03	1,06E-03			
PCB 180	5,69E-03	3,18E-03	5,69E-03	3,18E-03			
Sum PCB7	1,34E-01	6,10E-02	1,34E-01	6,10E-02			
Tributyltinn (TBT-ion)	2,34E+01	7,26E+00	2,34E+01	7,26E+00	3,04E+00	7,7	2,4

Tabell 5-5 Tiden det tar å tømme sedimentene for et gitt stoff (år).

Stoff	Tiden det tar å tømme sedimentet for gitt stoff, t_{50} (år)	
	Max	Middel
Arsen	35,3	19,5
Bly	14,4	9,2
Kadmium	35,1	26,7
Kobber	14,2	10,2
Krom totalt (III + VI)	74,6	50,2
Kvikksølv	1512,2	948,5
Nikkel	58,5	45,8
Sink	11,3	9,1
Naftalen	102,8	60,4
Acenafyten	20,8	16,6
Acenaften	12,8	10,3
Fluoren	4,0	3,7
Fenantren	1,7	1,7
Antracen	15,9	14,0
Fluoranten	5,8	5,5
Pyren	0,3	0,3
Benzo(a)antracen	0,9	0,9
Krysen	2,9	2,8
Benzo(b)fluoranten	2,0	1,9
Benzo(k)fluoranten	2,5	2,4
Benzo(a)pyren	2,3	2,2
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,1	1,0
Dibenzo(a,h)antracen	0,3	0,3
Benzo(ghi)perylen	0,8	0,8
PCB 28	0,1	0,1
PCB 52	0,0	0,0
PCB 101	0,0	0,0
PCB 118	0,0	0,0
PCB 138	0,1	0,1
PCB 153	0,1	0,1
PCB 180	0,0	0,0
Tributyltinn (TBT-ion)	281,0	87,0

Trinn 2B Risiko for human helse

Risiko for human helse vurderes ut fra hvordan et risikoområde brukes: rekreasjon, fangst av fisk og skaldyr, osv. Eksponeringsveier er via konsum av sjømat, samt inntak av og kontakt med sediment og vann. Dette benyttes til å beregne en livstidsbelastning som sammenlignes med maksimal akseptabel risiko for human helse. Beregnet total livstidsdose sammenlignes så mot total akseptabel livstidsdose (laveste av MTR – maksimal tolerabel risiko eller TDI - totalt daglig inntak, med sedimentrelatert eksponering satt lik maks 10 % av total eksponering).

Risikovurderingen for human helse skal omfatte de eksponeringsveiene som er relevante for nåværende og fremtidig arealbruk av det aktuelle området. Arealbruken i Barbubukt er hovedsakelig havn/industri og småbåthavn, og det foreligger et kostholdsråd mot inntak av sjømat fra området.

Konsum av sjømat anses som den mest betydningsfulle eksponeringsveien. Sannsynlighet for eventuell hudkontakt med sediment og vann anses som lav, men kan ikke utelukkes på grunn av småbåthavnen. Heller ikke oralt inntak av sediment og vann kan utelukkes, selv om det ikke er tilrettelagt for bading/rekreasjon i strandsonen innenfor tiltaksområdet. Siden det foreligger planer om å opprette ei badestrand, samt kommunens miljømål om å oppheve kostholdsrådet, er sjablongverdiene for human helse holdt uforandret.

Beregningene viser at med de aktuelle spredningsveiene så overskrider Cu, Zn og TBT total livstidsdose, se Tabell 5-6. Overskridelsene er hhv. 1,5, 7,6 og 1,2 ganger grenseverdi. Med dagens arealbruk utgjør forurensningen liten risiko for human helse, men ved etablering av f.eks. badestrand vil risikoen kunne øke.

Tabell 5-6 Beregnet total livstidseksposering sammenlignet med MTR/TDI 10 %.

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	3,14E-05	1,73E-05	1,00E-04		
Bly	5,37E-04	2,74E-04	3,60E-04	1,5	
Kadmium	9,42E-05	4,75E-05	5,00E-05	1,9	
Kobber	3,45E-02	2,38E-02	1,63E-02	2,1	1,5
Krom totalt (III + VI)	3,20E-04	2,14E-04	5,00E-04		
Kvikksølv	1,44E-05	7,21E-06	7,10E-05		
Nikkel	1,55E-03	1,18E-03	5,00E-03		
Sink	6,26E-01	3,81E-01	5,00E-02	12,5	7,6
Naftalen	1,84E-06	1,40E-06	4,00E-03		
Acenaftalen	8,13E-07	4,77E-07	5,00E-03		
Acenaften	9,75E-07	4,89E-07	5,00E-02		
Fluoren	2,09E-06	1,10E-06	4,00E-03		
Fenantren	4,43E-06	3,63E-06	4,00E-03		
Antracen	9,24E-07	6,00E-07	4,00E-03		
Fluoranten	5,17E-06	3,66E-06	5,00E-03		
Pyren	5,20E-06	3,59E-06	5,00E-02		
Benzo(a)antracen	1,97E-06	1,07E-06	5,00E-04		
Krysen	2,18E-06	1,49E-06	5,00E-03		
Benzo(b)fluoranten	2,51E-06	1,14E-06	5,00E-04		
Benzo(k)fluoranten	1,22E-06	7,16E-07	5,00E-04		
Benzo(a)pyren	1,96E-06	1,03E-06	5,00E-05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,86E-06	9,74E-07	5,00E-04		
Dibenzof(a,h)antracen	6,02E-07	3,65E-07	5,00E-05		
Benzo(ghi)perylen	1,78E-06	7,72E-07	3,00E-03		
PCB 28	1,91E-09	1,49E-09			
PCB 52	1,86E-09	1,16E-09			
PCB 101	5,00E-09	1,95E-09			
PCB 118	4,50E-09	2,79E-09			
PCB 138	6,47E-09	3,76E-09			
PCB 153	5,35E-09	3,73E-09			
PCB 180	3,75E-09	2,10E-09			
Sum PCB ₇	2,88E-08	1,70E-08	1,00E-06	0,0	0,0
Tributyltinn (TBT-ion)	9,69E-04	3,00E-04	2,50E-04	3,9	1,2

Trinn 2C Risiko for effekter på økosystemet

Risiko for økosystemet vurderes som følger:

- Bedømme risiko for effekter av direkte kontakt med sedimentet. Dette skjer ved å sammenligne målte sedimentkonsentrasjoner og målte porevannkonsentrasjoner med grenseverdiene mellom tilstandsklasse II og III for hhv. marine sedimenter og sjøvann. I tillegg vurderes resultatene fra helsedimenttester og toksisitetstester.
- Bedømmer risiko for effekter på organismer i vannmassene over sedimentet på grunnlag av målte miljøgiftkonsentrasjoner i sjøvann, og sammenligne med grenseverdiene mellom tilstandsklasse II og III for sjøvann. Eventuell toksisitet for porevann skal også være en del av grunnlaget.

Grenseverdiene mellom tilstandsklasse II og III har som mål å beskytte minst 95 % av artene i et økosystem, selv ved lengre tids eksponering. Grenseverdiene er imidlertid utledet uten å regne med eventuelt samvirke mellom forbindelsene. Videre kan ikke 95 %-målet verifiseres for andre enn de stoffene der virkningen på et stort antall arter er kjent. Det er ikke utledet PNEC_w-verdier for PCB. Det er viktig å få et mål på om miljøgiftene i sedimentet virkelig gir effekter. Toksisitetstestene vil gi

et uttrykk for den samlede virkningen av forurensnings situasjonen. I risikovurderingen må derfor risiko basert på konsentrasjoner og på resultater fra toksisitetstester veies mot hverandre.

Beregning av risiko for økosystemet i sedimentene

Det er målt porevannskonsentrasjoner i én prøve fra sedimentene (AR-5). Sammenlignet med grenseverdi for økologisk risiko, $PNEC_w$, viser midlere porevannskonsentrasjon overskridelse for metallene As, Pb, Cr, Hg og Zn, samt 11 av de 16 analyserte PAH-forbindelsene, se Tabell 5-7. Overskridelsene varierer fra 4 til 823 ganger $PNEC_w$, lavest for As og høyest for benzo(a)pyren.

Tabell 5-7 Målt porevannskonsentrasjon sammenlignet med $PNEC_w$.

Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Målt porevannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, $PNEC_w$ (mg/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon i forhold til $PNEC_w$ (antall ganger):	
	C_{pv} , maks (mg/l)	C_{pv} , middel (mg/l)	C_{pv} , maks (mg/l)	C_{pv} , middel (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	målt	målt	2,70E-03	2,70E-03	6,0E-04	4,5	4,5
Bly	målt	målt	4,50E-02	4,50E-02	1,3E-03	34,6	34,6
Kadmium	målt	målt	9,20E-05	9,20E-05	2,0E-04		
Kobber	målt	målt	5,90E-02	5,90E-02	2,6E-03	22,7	22,7
Krom totalt (III + VI)	målt	målt	5,80E-03	5,80E-03	3,4E-03	1,7	1,7
Kvikksølv	målt	målt	2,50E-06	2,50E-06	4,7E-05		
Nikkel	målt	målt	3,10E-03	3,10E-03	8,6E-03		
Sink	målt	målt	1,20E-01	1,20E-01	3,4E-03	35,3	35,3
Naftalen	målt	målt	5,00E-06	5,00E-06	2,0E-03		
Acenafitylen	målt	målt	1,20E-05	1,20E-05	1,3E-03		
Acenafthen	målt	målt	1,00E-05	1,00E-05	3,8E-03		
Fluoren	målt	målt	2,10E-05	2,10E-05	1,5E-03		
Fenantren	målt	målt	1,10E-04	1,10E-04	5,1E-04		
Antracen	målt	målt	3,20E-05	3,20E-05	1,0E-04		
Fluoranten	målt	målt	2,20E-04	2,20E-04	6,3E-06	34,9	34,9
Pyren	målt	målt	2,50E-04	2,50E-04	2,3E-05	10,9	10,9
Benzo(a)antracen	målt	målt	1,10E-04	1,10E-04	1,2E-05	9,2	9,2
Krysen	målt	målt	1,40E-04	1,40E-04	7,0E-05	2,0	2,0
Benzo(b)fluoranten	målt	målt	2,60E-04	2,60E-04	1,7E-05	15,3	15,3
Benzo(k)fluoranten	målt	målt	7,60E-05	7,60E-05	1,7E-05	4,5	4,5
Benzo(a)pyren	målt	målt	1,40E-04	1,40E-04	1,7E-07	823,5	823,5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	målt	målt	1,50E-04	1,50E-04	2,7E-06	55,6	55,6
Dibenzo(a,h)antracen	målt	målt	2,50E-05	2,50E-05	6,0E-07	41,7	41,7
Benzo(ghi)perylene	målt	målt	1,70E-04	1,70E-04	8,2E-07	207,3	207,3
PCB 28	8,78E-07	6,82E-07	ikke målt	ikke målt		mangler $PNEC$	mangler $PNEC$
PCB 52	6,77E-07	4,14E-07	ikke målt	ikke målt		mangler $PNEC$	mangler $PNEC$
PCB 101	2,79E-07	1,06E-07	ikke målt	ikke målt		mangler $PNEC$	mangler $PNEC$
PCB 118	2,53E-08	1,56E-08	ikke målt	ikke målt		mangler $PNEC$	mangler $PNEC$
PCB 138	2,40E-07	1,38E-07	ikke målt	ikke målt		mangler $PNEC$	mangler $PNEC$
PCB 153	1,95E-08	1,35E-08	ikke målt	ikke målt		mangler $PNEC$	mangler $PNEC$
PCB 180	7,31E-08	4,08E-08	ikke målt	ikke målt		mangler $PNEC$	mangler $PNEC$
Sum PCB7	2,19E-06	1,41E-06	ikke målt	ikke målt		mangler $PNEC$	mangler $PNEC$
Tributyltinn (TBT-ion)	målt	målt	7,30E-06	7,30E-06	2,0E-07	36,5	36,5

Beregning av risiko for økosystemet i vannmassene

Beregnet sjøvannskonsentrasjon viser overskridelse for kun benzo(a)pyren. Overskridelsen er 2,6 ganger $PNEC_w$, se Tabell 5-8.

Tabell 5-8 Beregnet sjøvannskonsentrasjon sammenlignet med PNEC_w.

Stoff	Beregnet sjøvannskonsentrasjon		Målt sjøvannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC _w (mg/l)	Beregnet sjøvannskonsentrasjon i forhold til PNEC _w (antall ganger):	
	C _{sv} , maks (mg/l)	C _{sv} , middel (mg/l)	C _{sv} , maks (mg/l)	C _{sv} , middel (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	1,44E-05	1,44E-05	ikke målt	ikke målt	6,0E-04		
Bly	2,51E-04	2,51E-04	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Kadmium	3,90E-07	3,90E-07	ikke målt	ikke målt	2,0E-04		
Kobber	2,48E-04	2,48E-04	ikke målt	ikke målt	2,6E-03		
Krom totalt (III + VI)	2,03E-05	2,03E-05	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Kvikksølv	1,30E-08	1,30E-08	ikke målt	ikke målt	4,7E-05		
Nikkel	1,21E-05	1,21E-05	ikke målt	ikke målt	8,6E-03		
Sink	4,97E-04	4,97E-04	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Naftalen	2,54E-08	2,54E-08	ikke målt	ikke målt	2,0E-03		
Acenafylen	5,39E-08	5,39E-08	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Acenafteen	4,45E-08	4,45E-08	ikke målt	ikke målt	3,8E-03		
Fluoren	8,86E-08	8,86E-08	ikke målt	ikke målt	1,5E-03		
Fenantren	4,41E-07	4,41E-07	ikke målt	ikke målt	5,1E-04		
Antracen	1,28E-07	1,28E-07	ikke målt	ikke målt	1,0E-04		
Fluoranten	8,06E-07	8,06E-07	ikke målt	ikke målt	6,3E-06		
Pyren	9,16E-07	9,16E-07	ikke målt	ikke målt	2,3E-05		
Benzo(a)antracen	3,70E-07	3,70E-07	ikke målt	ikke målt	1,2E-05		
Krysen	4,71E-07	4,71E-07	ikke målt	ikke målt	7,0E-05		
Benzo(b)fluoranten	8,15E-07	8,15E-07	ikke målt	ikke målt	1,7E-05		
Benzo(k)fluoranten	2,38E-07	2,38E-07	ikke målt	ikke målt	1,7E-05		
Benzo(a)pyren	4,39E-07	4,39E-07	ikke målt	ikke målt	1,7E-07	2,6	2,6
Indeno(1,2,3-cd)pyren	4,41E-07	4,41E-07	ikke målt	ikke målt	2,7E-06		
Dibenzo(a,h)antracen	7,30E-08	7,30E-08	ikke målt	ikke målt	6,0E-07		
Benzo(ghi)perylene	5,00E-07	5,00E-07	ikke målt	ikke målt	8,2E-07		
PCB 28	2,71E-09	2,11E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 52	1,91E-09	1,17E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 101	7,29E-09	2,76E-10	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 118	6,60E-11	4,07E-11	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 138	5,84E-10	3,37E-10	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 153	4,74E-11	3,29E-11	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 180	1,67E-10	9,30E-11	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Sum PCB7	6,22E-09	4,06E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Tributyltinn (TBT-ion)	2,07E-08	2,07E-08	ikke målt	ikke målt	2,0E-07		

Vurdering av økologisk risiko

Veksthemningstesten fra 2013 på den marine algen *S. costatum* viser en toksisitet på 48 TU, se Tabell 5-9. De samme sedimentene gir ingen signifikante virkninger i DR CALUX *in vitro*-testen, som tester for dioksiner og dioksinlignende forbindelser. Toksitetstestene av sedimenter viser tydelig effekter på den marine algen *S. costatum*. Overskridelsen er uventet høy sammenlignet med forurensingsnivået i sedimentene, og kan indikere at det er andre forbindelser enn de analyserte som gir effekt.

Tabell 5-9 Målt økotoksitet sammenlignet med trinn 1 og trinn 2 grenseverdier.

Parameter	Målt økotoks		Grenseverdi for økotoksitet	Målt økotoksitet i forhold til grenseverdi (antall ganger):	
	Maks	Middel		Maks	Middel
Porevann, Skeletonema (TU)	47,87452	47,87452	1,0	47,9	47,9
Porevann, Tisbe battagliai (TU)	ikke målt	ikke målt	1,0		
Porevann, Crassostrea gigas (TU)	ikke målt	ikke målt	1,0		
Organisk ekstrakt, DRCalux/EROD (TEQ i ng/kg)	45	45	TEQ < 50 ng/kg		
Heilsedimenttest, Arenicola marina (% dødelighet)	ikke målt	ikke målt	20 %		
Heilsedimenttest, Corophium volutator (% dødelighet)	ikke målt	ikke målt	20 %		

5.3 Konklusjon av risikovurderingen

Trinn 1-vurdering av sedimentprøver fra 2005-2017 viser overskridelser av trinn 1-grenseverdi for Zn, TBT og for 13 PAH-forbindelser (midlere verdier). Til sammenligning viser trinn 1-vurderingen av den nyeste sedimentprøven (AR-5, 2017) en vesentlig forbedring av forurensningsgraden og lave overskridelser for antracen, benzo(a)antracen, krysen og benzo(k)fluoranten (1,4-7,8 ganger trinn 1-grenseverdi). Sedimentprøven fra 2017 ble tatt på relativt flat sjøbunn, nedenfor skråningen, og skal teoretisk sett være representativ for dette flate området som helhet. Tidligere prøver tatt i dette området, i 2005 og 2009, var de prøvene som ved de undersøkelsene hadde høyest forurensningsnivå.

Endringen kan ikke tilskrives fortykning alene, selv om det ble utført prøvetaking av sjikt 0-10 cm i 2017, mot 0-2 cm i 2005 og 0-5 cm i 2009.

Beregningene viser at spredningen fra området tilsvarer til sammen ca. 64 kg årlig (av de analyserte forbindelsene). Pb og Zn bidrar med hhv. 10 og 32 kg, og utgjør dermed over 65 % av spredningen. Som tømmetiden i Tabell 5-5 viser, er spredningen med stor sannsynlighet overdimensjonert. Tømmetiden for eksempelvis Pb og Zn er beregnet til ca. 9 år. Årsaken til dette kan være at porevannskonsentrasjonene representerer sedimenter på dypt vann (ca. -26 m), med finere masser og høyere forurensningsnivå enn det man finner i skråningen opp mot land, slik at beregnet total spredning blir urealistisk høy.

Sedimentene ser ut til å utgjøre liten risiko for human helse, men kan endres ved endret arealbruk, som f.eks. etablering av badestrand.

Toksisitetstester (veksthemmingstest) viser at sedimentene er svært toksiske (48 ganger overskridelse av grenseverdi) for den marine algen *Skeletonema costatum*, noe som er overraskende med tanke på forurensningsgraden ellers i sedimentene. Det kan tyde på at det er andre forbindelser som også befinner seg i sedimentene som enda ikke er identifisert via analyser, eller at forurensningene gir en cocktail-effekt. Blandprøven kan også inneholde svært lokale forurensninger som analyse av sedimentene ikke fanget opp. NIVA utførte i 2005 fotografering av sedimentprofiler (SPI – Sediment Profile Imaging) (21). Fra bildene kan man ut fra strukturer i og under sedimentoverflaten, samt redoksforhold, beregne en miljøindeks (BHQ-indeks, Benthic Habitat Quality index). Det ble tatt 4 bilder fra 2 stasjoner i og ved Barbubukt. Bildene viste at bunnmiljøet var «godt» (tilstandsklasse 2, jf. miljøkvalitetsindeksen (BHQ-indeks) for marine sedimenter). Resultatet fra SPI-fotograferingen står i kontrast til toksisitetstesten utført i 2009, men det kan ikke utelukkes at bunnfaunaen er påvirket siden det ikke er foretatt nærmere undersøkelser av bunnfaunen og dens økologiske status.

Det må her også påpekes at toksisitetstesten ble utført i 2009, og at tilstanden i sedimentene (som tidligere påpekt) kan ha blitt forbedret siden den gangen, som følge av overlaging med renere sedimenter.

6 Vurdering av tiltaksbehov

Risikovurderingen viser at enkelte parametere overskrider grenseverdiene, og risikoen forbundet med sedimentene vurderes dermed som uakseptabel.

Risikovurderingen inkluderer analyser fra prøvetaking utført i 2005, 2009 og 2017. En trinn 1-vurdering av analysen fra 2017 viser få og lave overskridelser sammenlignet med det øvrige datagrunnlaget. Basert på en mulig positiv utvikling i forurensningssituasjonen i den nyeste analysen fra området, og de relativt sett beskjedne overskridelsene for de fleste parametere i trinn 2-

vurderingen, er vår vurdering at foreliggende beslutningsgrunnlag ikke er tilstrekkelig til å anbefale oppryddingstiltak i Barbubukt. Kostnadene ved et slikt tiltak er altfor store sammenlignet med den forventede effekten av et oppryddingstiltak.

Dette er også i samsvar med Arendal kommunes miljømål om naturlig restituering hvor sjøbunnen overvåkes for å observere nedgang i miljøgiftkonsentrasjoner, i områder hvor det ikke gjennomføres tiltak.

Det kan være flere årsaker til en mulig positiv utvikling i forurensningstilstanden her. Barbuelven har utløp i Barbubukt, og det kan tenkes at tilførsel av renere partikler fra elven har bidratt til en naturlig forbedring av området. Det har også vært gjennomført mye byggeaktivitet i området, og det er mulig at tilførsel av partikler herfra også har bidratt til å redusere forurensningsnivået i overflatesedimentene.

At Arendal kommune de seneste årene har gjennomført tiltak for å redusere spredning av miljøgifter fra land, kan også ha gitt en positiv effekt i sedimentene. Tiltakene innebærer bl.a. regelmessig tømming av sandfangkummer og separering av avløp.

Barbubukt er utfyllt i flere etapper fra 1910 fram til i dag. Det er ukjent hva som er benyttet som fyllmasser før 1980, men etter dette er bl.a. masser fra Blødekjærtunnelen blitt benyttet (9). Asplan Viak sine grunnundersøkelser i Barbu i 2009 avdekket noe forurensning i deler av området ved siden av utløpet til Barbuelva, men risikoen for spredning til sjø ble vurdert som liten, basert på liten vanngjennomstrømming, god tildekking og liten mobilitet (9).

Skråningene består av spengstein og grus med lommer av mer finkornige sedimenter mellom (5), og det antas at partikkelspredningen fra dette området er relativt lav. Sjøbunnen flater ut ved ca. 25-30 m dyp, og sedimentene på flaten består av leire, silt og sand. I mange tilfeller avgrenses oppryddingstiltak ved kote -20 (sjøkartnull) siden risikoen for spredning under dette er lav. Propellersosjon fra skip antas å virke ned til -20 m, mens småbåter normalt ikke påvirker sedimenter dypere enn -15 m. I områder dypere enn 20 m blir det som oftest antatt at naturlig restitusjon på grunn av ny sedimentering vil bidra til en gradvis forbedring av områdene. I Barbubukt er det påvist høyest forurensning på 25-30 m dyp, og utbredelsen av forurensningen er ikke avgrenset.

Det anbefales derfor å avvente eventuelle tiltak i området, og inntil videre opprettholde overvåkning av området inntil ny informasjon om dagens forurensningsnivå og risikobilde er innhentet.

Tildekking av arealer ned til kote -20 kan være et egnet tiltak dersom videre undersøkelser viser at risikoen forbundet med sedimentene er uakseptabel, jf. NIVAs tiltaksvurderinger for Barbubukt i 2009 (5) og Multiconsults vurderinger for tiltak i Pollen og Kittelsbukt i 2017 (27; 28). Det forutsetter også at et visst innslag av finkornige, potensielt forurensede sedimenter i skråningen, samt at stabiliteten i skråningen tolererer en evt. tildekking. Før nærmere tiltaksvurderinger må det gjennomføres dykker-/ROV-undersøkelser, samt geotekniske undersøkelser og analyser av skråningsstabilitet.

For informasjon om mulig tildekkingsdesign og kostnader i forbindelse med tildekking - se Multiconsults rapporter 418803-RIGm-RAP-001 Tiltaksplan Pollen og 418803-RIGm-RAP-002 Tiltaksbeskrivelse Kittelsbukt.

7 Konklusjon

7.1 Forurensningssituasjon

Sedimentprøvetaking i 2005 og 2009 viste at sedimentene i Barbubukt er forurenset med Cu, Hg, Zn, PCB, PAH og TBT. Tilleggsprøven som ble analysert i 2017 kan indikere at forurensningsgraden i Barbubukt er redusert siden prøvetaking i 2005 og 2009.

Dagens strandlinje består i hovedsak av utfylte masser, og sjøbunnen faller bratt ned til ca. kote -28-30. Området anløpes kun av småbåter, og risikoen for propellersosjon er derfor lav.

Det er også kjent at andelen av finkornige, potensielt forurensede sedimenter er lav i skråningen, noe som tilsier at reell risiko knyttet til skråningen som helhet, er liten.

De høyeste forurensningsnivåene er påvist på flaten nedenfor foten av skråningen, men det foreligger ingen nærmere avgrensning av området, foruten analysene som ble utført av NIVA i 2005 som viser at store deler av sjøområdet utenfor Arendal er forurenset. På vanddyb større enn 20 m er det ikke uvanlig at man forutsetter at spredningsrisikoen er liten. Ved flat sjøbunn er det også en viss sannsynlighet for at tilførsel og utfelling av rene sedimenter på sikt vil bidra til en forbedring av forurensningssituasjonen.

Det anbefales derfor å avvente eventuelle tiltak i Barbubukt, og i stedet utføre supplerende undersøkelser for å avklare dagens forurensningsnivå og risikobilde – også med sikte på å få et bedre bilde av utviklingen over tid.

7.2 Supplerende kartlegging og overvåking av forurensningstilstanden

Følgende tilleggsinformasjon:

- Kartlegging av massesammensetning (finstoffandel vs. grus, stein og blokk) i skråning. Utføres visuelt, ved hjelp av dykker/ROV.
- Supplerende sedimentprøvetaking og analyser for å kartlegge dagens forurensningsgrad, både i skråning og på flat sjøbunn nedenfor denne.
- Utsetting av sedimentfeller, og analyse av materiale fra disse, for å kartlegge tilførsel av miljøgifter. Bør utføres på flere dybder, og i flere stasjoner (både over og under 20 m vanddyb).
- Toksisitetstester – porevannekstrakt *Skeletonema costatum* (veksthemmingstest) og *Tisbe battagliai* (akutt dødelighetstest), for å undersøke sedimentenes effekt på organismer med vedvarende kontakt til sedimentet. Resultatene vil kunne bidra til å nyansere tidligere toksisitetstester.
- Forurensningsnivå i bunnfauna for å vurdere faktisk opptak i organismer (støtteparameter inn i en oppdatert risikovurdering).

7.3 Kostnader knyttet til supplerende kartlegging og overvåking

Estimerte kostnader for anbefalte undersøkelser er gitt i

Tabell 7-1. De oppgitte tallene er basert på et gitt antall prøver/analyser, noe som kan endres. Kostnadene kan reduseres dersom én eller flere undersøkelser gjennomføres samtidig (reduksjon av mobiliserings- og rapporteringskostnader).

Tabell 7-1 Estimerte kostnader (kr) for undersøkelser i Barbubukt (eks. mva.).

Beskrivelse	Antall	Enhet	Pris lav	Pris høy
Dykker-/ROV-undersøkelse	1	RS	150 000	200 000
Sedimentundersøkelser (prøvetaking og analyse av ca. 8 prøver)	1	RS	80 000	120 000
Sedimentfeller (utsetting, opptak og analyser av materiale fra 4 sedimentfeller)	1	RS	50 000	70 000
Toksisitetstester (innhenting av materiale og 2 stk. veksthemmingstest (<i>S. costatum</i>) og 2 stk. dødelighetstest (<i>T. battagliai</i>))	1	RS	100 000	140 000
Bunnfaunaundersøkelser (innhenting av materiale og analyse av ca. 2 prøver)	1	RS	60 000	80 000
Uforutsett (20 %)	1	RS	88 000	122 000
SUM (eks. mva.)			528 000	732 000

8 Referanser

1. **Asplan Viak As.** Sluttrapport Eydehavn. 2013.
2. **NIVA.** Miljøundersøkelser i havner på Agder 1997-1998. PAH, PCB, tungmetaller og TBT i sedimenter og organismer. Statlig program for forurensningsovervåking 799/00. NIVA-rapport 1. nr. 4232-2000. 2000.
3. —. Undersøkelse for revurdering av kostholdsrestriksjoner i Arendal fjordbasseng 2007. NIVA rapport LNR 5639-2008. 2008.
4. **Fylkesmannen i Aust-Agder.** Fylkesvise tiltaksplaner for forurensede sedimenter. Forslag til tiltaksplan for Arendal kommune. 2005.
5. **NIVA.** Miljøundersøkelser i Barbubukt, Arendal. Risiko og tiltaksvurdering av forurensede sedimenter. Rapport I.nr. 5833-2009. 2009.
6. **Miljødirektoratet.** Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, TA-2229/2007. 2007.
7. —. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota, M-608. 2016.
8. **Arendal havn.** Arendal havn - Historie. [Internett] [Sisert: 25 09 2017.] <https://arendalhavn.no/arendal-havn/historien/>.
9. **Asplan Viak.** Grunnundersøkelser Barbu bukt. 2009.
10. **Riksantikvaren.** Kulturminnesøk.no. Løckensborg / Verft. [Internett] [Sisert: 26 09 2017.] <https://kulturminnesok.no/minne?queryString=https://data.kulturminne.no/askeladden/lokalitet/224422>.
11. **Arendal kommune.** Kommunedelplan med konsekvensutredning. Vedtatt i Bystyret 21.06.07. 2007.
12. **Vann-nett.no.** Faktaark vannforekomst Nidelva (utløp Hølen). [Internett] [Sisert: 28 08 2017.] <http://vann-nett.no/portal/Water?WaterbodyID=019-402-R>.

13. —. Faktaark vannforekomst Barbuelva. [Internett] [Sisert: 26 09 2017.] <http://vannnett.no/portal/Water?WaterbodyID=019-494-R>.
14. **Miljødirektoratet**. *Veileder for håndtering av sedimenter M-350*. 2015.
15. **Vannregion Agder**. *Regionalt tiltaksprogram for vannregion Agder*. 2015.
16. **Bystyret Arendal kommune**. *Saksfremlegg- Forslag til revidert tiltaksplan for Arendal kommune. Fylkesvise tiltaksplaner for forurensede sedimenter. 29.5.2013*. 2013.
17. **NIVA**. *Sonderende undersøkelse i norske havner og utvalgte kystområder - Fase 1. Miljøgifter på strekningen Narvik - Kragerø. NIVA rapport LNR 3275. SFT overvåkingsrapport nr. 587/94, TA-1159/1994*. 1994.
18. —. *Undersøkelser for revudering av kostholdsrestriksjoner i Arendals fjordbasseng 2007. Kartlegging av miljøgifter i blåskjell, krabe og torskelever. Rapport L.NR. 5639-2008*. 2008.
19. **COWI**. *Miljøgiftundersøkelse av blåskjell i Arendal havenområde. COWI rapport A039914*. 2013.
20. **NIVA**. *Sedimentundersøkelser i forbindelse med tiltaksplan for forurensede sedimenter i Arendal: fase 2*. 2005.
21. **Multiconsult**. *Kildesøk av PCB i Arendals havneområde. Multiconsult rapport nr. 311657-1*. 2009.
22. **Miljødirektoratet**. *M-409 Veileder for risikovurdering av forurenset sediment*. 2016.
23. —. *M-608 Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota*. 2016.
24. —. *Kvalitetssikring av mikjøkvalitetsstandarder*. 2014.
25. **Multiconsult**. *Tiltaksplan Pollen. Multiconsult rapport 418803-RIGm-RAP-001*. 2017.
26. —. *Tiltaksbeskrivelse Kittelsbukt. Multiconsult rapport 418803-RIGm-RAP-002*. 2017.
27. —. *Geoteknisk vurdering av stabilitet. Multiconsult rapport 418803-RIG-NOT-001*. 2017.
28. **Miljødirektoratet**. *Håndtering av sedimenter, M-350/2015*. 2015.

	Ja	Nei	
Er det målt porevannkonsentrasjon? (sett kryss)	X		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1d
Er det målt sjøvannkonsentrasjon? (sett kryss)		X	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1c
Er det målt vevskonsentrasjon i bunnsfauna? (sett kryss)		X	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1e
Er det målt vevskonsentrasjon i fisk? (sett kryss)	X		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1f
Er det gjort økotokesting? (sett kryss)	X		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1g

GENERELLE PARAMETERE

Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
TOC	1	5,6	Snitt av 2 prøver.
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0,8	0,8	
Porøsitet, ϵ	0,7	0,7	
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å ende opp med mg/m ² /år for spredning ved biodifusjon
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	ingen standard	26700	Beregnet fra kart.
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	ingen standard	667500	Beregnet fra kart.
Oppholdstid til vannet i bassenget, t_r [år]	ingen standard	0,02	NIVA (2009) Miljøundersøkelser, risiko og tiltaks vurdering (sjablongverdi)

SPREDNING

Parametere for transport via biodifusjon, F_{diff}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Tortuositet, τ	3	3	
Faktor for diffusjonshastighet pga bioturbasjon, a	10	10	
Diffusjonslengde, Δx [cm]	1	1	
Parametere for oppvirvling fra skip, F_{skip}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Antall skipsanløp per år, N_{skip}	ingen standard	600	Anslått anløp av småbåter.
Trasélengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av oppvirvling, T [m]	120	120	Lengste innseilingstrasé i sedimentareal påvirket av oppvirvling, dvs. i sedimentareal < 20 m dypt
Mengde oppvirvlet sediment per anløp, m_{sed} [kg]	ingen standard	15	Sett inn verdi fra faktaboks 6 i veileder
Sedimentareal påvirket av oppvirvling, A_{skip} [m ²]	ingen standard	0	Settes lik 0 dersom uaktuell spredningsvei
Fraksjon suspendert f_{susp} = sedimentfraksjon < 2µm	ingen standard	0,038	Tas fra siktekurve (dersom 5 % er mindre enn 2 µm, er $f = 0,05$)
Parametere for transport via organismer, F_{org}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Mengde organisk karbon i bunnsfauna biomasse OC_{cbio} [g/g]	0,25	0,25	
Organisk karbon tilførsel til sedimentet utenfra, OC_{sed} [g/m ² /år]	200	200	
Fraksjon av organisk karbon som ikke omsettes, d [g/g]	0,47	0,47	
Organisk karbon omsatt (respiert) i sedimentet, OC_{resp} [g/m ² /år]	31	31	
Konverteringsfaktor fra våtvekt til tørrvekt for C_{bio}	5	5	Faktor for å konvertere BCF_{biota} som er på våtvektsbasis til C_{bio} på tørrvektsbasis. Tørrvekt av biologisk materiale er typisk 1/5 av våtvekt.
Parametere for å beregne tømning av stofflageret i det bioaktive laget, t_{com}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Mektighet av bioturbasjonsdyp, d_{sed} (mm/m ²)	100	100	
Tetthet av vått sediment, ρ_w (kg/l)	1,3	1,3	
Fraksjon tørrvekt av vått sediment	0,35	0,35	

HUMAN HELSE

Generelle parametere (gjelder for både barn og voksen)	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Absorpsjonsfaktor, a_f	1	1			
Matriksfaktor, m_f	0,15	0,15			
Innhold partikulært materiale i vann [kg/l]	0,00003	0,00003			
Kontaminert fraksjon, KF_f	0,5	0,5			
Generelle parametere (ulike for barn og voksen)	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Kroppsvekt, KV [kg]	70	15	70	15	
Parametere for oralt inntak av sediment, DEI_{sed}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp, sed}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sediment, DI_{sed} [kg/d]	0,00035	0,001	0,00035	0,001	
Parametere for inntak av overflatevann, DEI_{sv}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp, sv}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sjøvann, DI_{sv} [l/d]	0,05	0,05	0,05	0,05	
Parametere for inntak av partikulært materiale, DEI_{pm}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp, ipm}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sjøvann, DI_{sv} [l/d]	Se inntak av overflatevann.				
Parametere for hudkontakt med sediment, DEH_{sed}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp, hsed}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sed} [m ²]	0,28	0,17	0,28	0,17	
Hudhefterate for sediment, HAD_{sed} [kg/m ²]	0,0375	0,0051	0,0375	0,0051	
Hudabsorpsjonsrate for sediment HAB_{sed} [1/timer]	0,005	0,010	0,005	0,01	
Eksponeringstid hud med sediment, ET_{sed} [timer/d]	8	8	8	8	
Parametere for hudkontakt med vann, DEH_{sv}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp, hsv}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sv} [m ²]	1,80	0,95	1,8	0,95	
Eksponeringstid hud med sjøvann, ET_{sv} [timer/d]	1	2	1	2	
Parametere for eksponering via inntak av fisk/skalldyr, IEI_f	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Daglig inntak av fisk og skalldyr, DI_f [kg v.v./d]	0,138	0,028	0,138	0,028	

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Kontroll av homogenitet	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, C _{sed} (mg/kg t.v.)														
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg t.v.)	C _{sed, middel} (mg/kg t.v.)	C _{sed, max} / C _{sed, median} (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	AR-5 (MC 2017)	A20 (NIVA 2005)	B1 (NIVA 2009)	B2 (NIVA 2009)	B3 (NIVA 2009)	B4 (NIVA 2009)	B5 (NIVA 2009)	B6 (NIVA 2009)	B7 (NIVA 2009)	B8 (NIVA 2009)	B9 (NIVA 2009)				
Arsen	10	1,40E+01	7,71E+00	1,9	7,60		7,20	9,30	11,00	11,00	14,00	2,00	5,00	6,00	4,00				
Bly	11	1,46E+02	7,96E+01	1,9	28,00	130	75,90	92,40	92,60	109,00	146,00	23,00	45,80	70,20	62,60				
Kadmium	11	8,40E-01	4,92E-01	1,7	0,12	0,3	0,60	0,72	0,83	0,40	0,40	0,20	0,50	0,84	0,50				
Kobber	11	1,13E+02	7,78E+01	1,3	19,00	109	113,00	87,20	96,50	85,70	82,50	41,30	63,20	87,90	70,90				
Krom totalt (III + VI)	11	4,24E+01	2,83E+01	1,6	17,00	39,3	27,20	31,50	34,50	35,2	42,40	20,30	18,00	25,70	20,60				
Kvikksølv	11	8,50E-01	4,39E-01	2,1	0,03	0,85	0,27	0,56	0,67	0,70	0,76	0,11	0,15	0,41	0,31				
Nikkel	10	2,24E+01	1,70E+01	1,4	12,00		16,10	20,80	22,40	21,50	22,10	10,00	13,00	16,10	15,90				
Sink	10	3,93E+02	2,39E+02	1,6	74,00		292,00	286,00	296,00	233,00	250,00	120,00	217,00	393,00	233,00				
Naftalen	11	1,90E-01	6,64E-02	3,6	0,01	0,19	0,03	0,038	0,053	0,077	0,091	0,021	0,051	0,071	0,09				
Acenaftylen	11	1,90E-01	7,38E-02	2,9	0,01	0,12	0,04	0,07	0,13	0,14	0,19	0,01	0,02	0,02	0,08				
Acenaften	11	1,00E-01	3,95E-02	3,0	0,01	0,057	0,04	0,03	0,03	0,06	0,06	0,01	0,03	0,02	0,10				
Fluoren	11	1,40E-01	5,97E-02	2,9	0,01	0,11	0,05	0,04	0,06	0,10	0,09	0,01	0,03	0,03	0,14				
Fenantren	11	1,40E+00	6,11E-01	2,5	0,10	1,1	0,58	0,48	0,55	1,40	0,93	0,15	0,32	0,20	0,92				
Antracen	11	4,80E-01	2,22E-01	2,0	0,04	0,48	0,24	0,19	0,30	0,37	0,41	0,02	0,08	0,07	0,25				
Fluoranten	11	3,00E+00	1,41E+00	2,3	0,21	2,9	1,20	1,30	1,70	3,00	2,60	0,25	0,65	0,42	1,30				
Pyren	11	2,50E+00	1,18E+00	2,5	0,22	2,4	0,98	1,10	1,50	2,50	2,20	0,20	0,52	0,35	1,00				
Benzo(a)antracen	11	1,50E+00	6,45E-01	2,9	0,11	1,5	0,50	0,63	0,83	1,20	1,30	0,08	0,24	0,18	0,52				
Krysen	11	1,30E+00	5,82E-01	2,5	0,08	1,3	0,48	0,55	0,71	1,10	1,10	0,10	0,26	0,20	0,52				
Benzo(b)fluoranten	11	2,20E+00	7,27E-01	4,3	0,19	2,2	0,50	0,69	0,83	1,20	1,30	0,12	0,25	0,21	0,51				
Benzo(k)fluoranten	11	8,00E-01	3,47E-01	3,1	0,07	0,8	0,26	0,33	0,46	0,64	0,72	0,06	0,12	0,11	0,25				
Benzo(a)pyren	11	1,60E+00	6,84E-01	3,2	0,12	1,6	0,50	0,67	0,95	1,30	1,40	0,10	0,21	0,19	0,48				
Indeno(1,2,3-cd)pyren	11	1,50E+00	6,26E-01	3,6	0,06	1,2	0,41	0,69	0,87	1,30	1,50	0,10	0,18	0,16	0,42				
Dibenzo(a,h)antracen	11	3,60E-01	1,62E-01	3,0	0,01	0,3	0,12	0,19	0,22	0,33	0,36	0,03	0,05	0,05	0,12				
Benzo(ghi)perylene	11	1,40E+00	5,74E-01	3,5	0,05	1	0,40	0,67	0,82	1,2	1,4	0,11	0,17	0,14	0,35				
PCB 28	11	2,00E-03	1,56E-03	1,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
PCB 52	11	1,90E-03	1,16E-03	1,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
PCB 101	11	5,30E-03	2,01E-03	3,1	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
PCB 118	11	4,80E-03	2,96E-03	1,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
PCB 138	11	6,90E-03	3,97E-03	1,7	0,00	0,0069	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00				
PCB 153	10	5,60E-03	3,88E-03	1,3	0,00		0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01				
PCB 180	11	4,00E-03	2,23E-03	1,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Tributyltinn (TBT-ion)	11	1,60E-01	4,95E-02	4,2	0,01	0,09	0,16	0,03	0,04	0,06	0,06	0,01	0,00	0,01	0,08				

Stoff	Målt porevannskonsentrasjon			INPUT: Målt porevannskonsentrasjon C _{pv} (mg/l)					
	Antall prøver	C _{pv, max} (mg/l)	C _{pv, middel} (mg/l)	AR-5 (MC 2017)					Prøve 6
Arsen	1	2,70E-03	2,70E-03	0,0027000					
Bly	1	4,50E-02	4,50E-02	0,0450000					
Kadmium	1	9,20E-05	9,20E-05	0,0000920					
Kobber	1	5,90E-02	5,90E-02	0,0590000					
Krom totalt (III + VI)	1	5,80E-03	5,80E-03	0,0058000					
Kvikksølv	1	2,50E-06	2,50E-06	0,0000025					
Nikkel	1	3,10E-03	3,10E-03	0,0031000					
Sink	1	1,20E-01	1,20E-01	0,1200000					
Naftalen	1	5,00E-06	5,00E-06	0,0000050					
Acenaftylen	1	1,20E-05	1,20E-05	0,0000120					
Acenaften	1	1,00E-05	1,00E-05	0,0000100					
Fluoren	1	2,10E-05	2,10E-05	0,0000210					
Fenantren	1	1,10E-04	1,10E-04	0,0001100					
Antracen	1	3,20E-05	3,20E-05	0,0000320					
Fluoranten	1	2,20E-04	2,20E-04	0,0002200					
Pyren	1	2,50E-04	2,50E-04	0,0002500					
Benzo(a)antracen	1	1,10E-04	1,10E-04	0,0001100					
Krysen	1	1,40E-04	1,40E-04	0,0001400					
Benzo(b)fluoranten	1	2,60E-04	2,60E-04	0,0002600					
Benzo(k)fluoranten	1	7,60E-05	7,60E-05	0,0000760					
Benzo(a)pyren	1	1,40E-04	1,40E-04	0,0001400					
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1	1,50E-04	1,50E-04	0,0001500					
Dibenzo(a,h)antracen	1	2,50E-05	2,50E-05	0,0000250					
Benzo(ghi)perylen	1	1,70E-04	1,70E-04	0,0001700					
PCB 28	1	5,00E-06	5,00E-06	0,0000050					
PCB 52	1	5,00E-06	5,00E-06	0,0000050					
PCB 101	1	5,00E-06	5,00E-06	0,0000050					
PCB 118	1	5,00E-06	5,00E-06	0,0000050					
PCB 138	1	5,00E-06	5,00E-06	0,0000050					
PCB 153	1	5,00E-06	5,00E-06	0,0000050					
PCB 180	1	5,00E-06	5,00E-06	0,0000050					
Tributyltinn (TBT-ion)	1	7,30E-06	7,30E-06	0,0000073					

NOTAT

OPPDRAAG	Forurensede sedimenter Kittelsbukt, Pollen og Barbubukt, Arendal kommune	DOKUMENTKODE	418803-RIG-NOT-001
EMNE	Geoteknisk vurdering av stabilitet	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Arendal kommune	OPPDRAAGSLEDER	Ida Almvik
KONTAKTPERSON	Ragnhild Trønnes	SAKSBEHANDLER	Stian Skjeldnes Berre
KOPI		ANSVARLIG ENHET	3012 Midt Geoteknikk

SAMMENDRAG

Multiconsult vurderer området i Arendal havn som sensitivt med tanke på områdestabilitet. En tildekning av forurenset sjøbunn vil kunne gjennomføres i skrånninger opptil 25,6° helning. Tildekning i brattere terreng vurderes som risikabelt med tanke på stabilitet.

1 Vurdering av helningsvinkel og stabilitet

1.1 Generelt

Kittelsbukt, Pollen og Barbubukt er sensitive områder med tanke på områdestabilitet. Fra tidligere undersøkelser er det registrert løsmasser av leire med høyt vanninnhold, lav tyngdetetthet og lav udrenert- og omrørt skjærstyrke. Leiren betegnes som middels sensitiv og meget plastisk. Forhold som valg av tildekningsmateriale, lagets tykkelse, utleggingsmetode og erosjonsforhold er med på å påvirke stabiliteten.

1.2 Helning

Sjøbunnen i Arendal havn har en bratt helning og hovedutfordringen er å få tildekningsmateriale til å ligge stabilt. Sjøbunnen har varierende topografi og helning for de ulike buktene. I indre Kittelsbukt, Barbubukt og Pollen er det registrert skråningshelning over 40°.

1.2.1 Kittelsbukt

Sjøbunnen faller ut mot midten av bukta og sørover ut av bukta. Det er registrert skråningshelning over 40° flere steder. Bergoverflaten i Kittelsbukt varierer stort og indikerer stedvis fjellskrenter eller meget bratt fjell. Det registreres et øvre meget bløtt lag med leire med tykkelse opp mot 20 m. over et opptil 8 m. tykt fast lag med morene. Basert på skråningshelning og dårlige grunnforhold vurderes en ytterligere utfylling som risikabelt i skrånningen.

1.2.2 Barbubuka

I Barbubukta synes det at eksisterende fylling ligger delvis på fast grunn/fjell og delvis på løsmasser. Eksisterende fylling er av sprengtstein. Skråningshelning på fylling ligger i overkant av 40°. Stedvis er det også brattere partier. Området øst i Barbubukt er noe slakere med liten dybde til fjell i

00	19.09.2017	Versjon for utsendelse	Stian Skjeldnes Berre	Håvard Narjord	Håvard Narjord
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

skråning og kan være en konsekvens av tidligere skred. Utenfor fyllingsfot faller sjøbunnen av med en helning på 1:15 og utenfor fylling er det bløt leire i opptil 20 m. tykkelse over fast morene. Stabilitetsanalyser viser at skråningen har en sikkerhet på rundt 1,2-1,3. Dette vurderes som for lavt.

Basert på stabilitetsvurderinger og dårlige grunnforhold med bløt leire av stor mektighet anses en videre utfylling i skråning å være risikofylt. Effekten av tildekning av fyllmasser (sprengtstein) med tildekningsmasser som sand er også usikker.

1.2.3 Pollen

Sjøbunnen faller ut mot midten av bukta og sørover ut av bukta. Skråningshelning i overkant av 40° registreres også stedvis her. Det er manglende vurderingsgrunnlag for Pollen, men basert på grunnundersøkelser fra Kittelsbukt og Barbubukt antas samme grunnforhold med bløte løsmasser og bratte fjellskrenter i skråning.

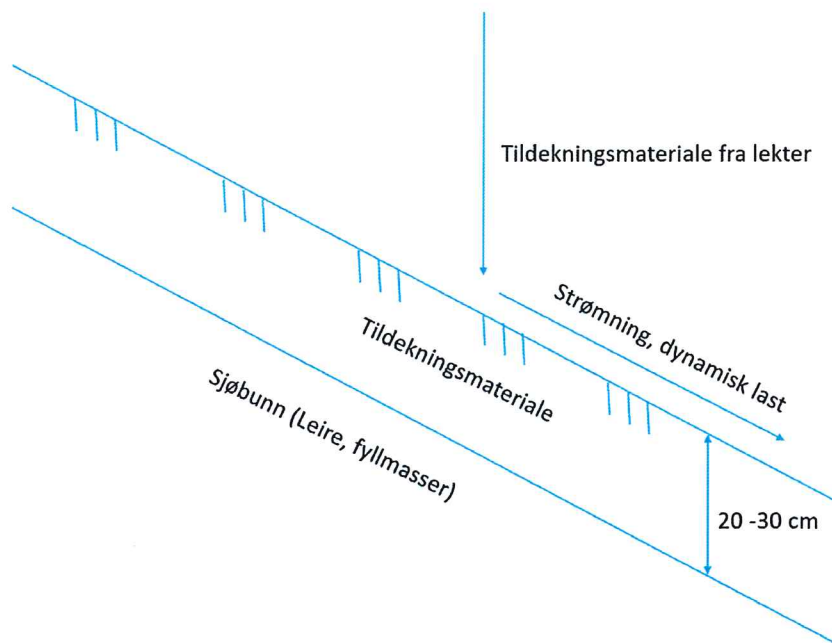
1.3 Stabilitet

En grunnleggende utfordring for at laget skal ligge stabilt er at tildekningsmaterialet bærer sin egen vekt. For et tildekningsmateriale på 20-30 cm er det relevant å vurdere stabilitet mot glidning på underlaget. Bruddet kan skje i original grunn eller i tildekningsmateriale.

For brudd i tildekningsmateriale antas det at det meste av bidrag til styrke kommer gjennom kohesjon mellom kornene i tildekningsmateriale. Et tynt lag på 20-30 cm vil medføre at lasten og styrken er lav i underkant av laget. Original grunn, bestående av bløt leire, har gjennom årenes løp satt seg og opparbeidet kohesjon. Styrken i originalmateriale vil overgå tildekningsmaterialets styrke. På denne måten vil brudd i tildekningsmaterialet være kritisk. Friksjonsvinkelen til løst lagret sand ligger erfaringsmessig rundt 33-36°, men utlegging av materialet på sjøbunn gir en dynamisk last som bidrar til å presse tildekningsmaterialet nedover i skråningen, vist i Figur 1. Tidligere undersøkelser (NGI, 2015) viser at i bratte partier vil tildekningsmaterialet samle seg i tykkere lag bunnen av skråninger og at i områder med helning større enn 18,4° (1:3) og mindre enn 30° (1:1,7) ligger det jevne lag med tildekningsmateriale.

Skråningsforholdene i Arendal havn er veldig bratte. En lav sikkerhet mot brudd er påvist flere steder og en ytterligere utfylling vil medføre en enda lavere sikkerhet, og dermed større risiko for brudd. Grunnforholdene er som nevnt tidligere dårlige med tanke på skråningsstabilitet og gjennom en samlet vurdering anbefales en praktisk grense på 26,6° (1:2). Det anbefales å bygge opp tildekningen utenfra og jobbe seg innover mot skråningene. Tildekning av sjøbunn i flatere områder vil gi en stabiliserende effekt på skråningene. Det påpekes at et tildekningslag på 30 cm kan være lite dersom tildekningsmassene fordeles ujevnt i skråningene.

I områder som er utilgjengelige for bruk av sand, slik som under kaier o.l., kan betongmadrasser benyttes som tildekningsmetode.



Figur 1 Tildeckningsmateriale over sjøbunn

1.4 Stabilitet mot erosjon

Tildeckningsmateriale vil påvirkes av strømningskrefter over sjøbunn og vil ha en eroderende virkning på tildeckningsmateriale. Finstoffet i øvre sjikt vil kunne vaskes bort og på denne måten vil det være fordelaktig med et grovere materiale i erosjonsutsatte områder som Pollenbukta med større båttrafikk. Det er lite trolig at erosjon vil påvirke stabiliteten av laget eller skråningen som nevnt ovenfor. Dypere enn -5 m. under havoverflate vurderes tildeckningsmassene som stabil med tanke på erosjon.

2 Referanser

NGI. (2015). *Pilottest tynntildekning Fagervika/Ilsvika. NGI rapport 20120404-04-R. Rev 2.* Oslo:
NGI.

Multiconsult AS
 Sluppenvegen 15
 7037 TRONDHEIM
Attn: Ida Almvik

AR-17-MM-016328-02
EUNOMO-00170902

Prøvemottak: 04.07.2017

Temperatur:

Analyseperiode: 04.07.2017-15.08.2017

 Referanse: 418803 Forurensede
 sedimenter Arendal

ANALYSERAPPORT

Denne analyserapporten erstatter tidligere versjon(er). Vennligst makuler tidligere
 tilsendt analyserapport.
 AR-17-MM-016328XX

Merknader prøveserie:

Versjon 2: reanalyse for PAH med endret resultat for naftalen, fluoranten, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenso(a,h)antracen, benzo(g,h,i)perylene og sum PAH 16 på prøve 439-2017-07040523(AR-4).

Prøvenr.:	439-2017-07040510	Prøvetakingsdato:	03.07.2017
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	AR-1	Analysestartdato:	04.07.2017
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ MU Metode
d)* Ekstraksjon av porevann			
d)* Kommentar	Utført		Technique

Prøvenr.:	439-2017-07040511	Prøvetakingsdato:	03.07.2017
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	AR-2	Analysestartdato:	04.07.2017
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ MU Metode
d)* Ekstraksjon av porevann			
d)* Kommentar	Utført		Technique

Prøvenr.:	439-2017-07040512	Prøvetakingsdato:	03.07.2017
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	AR-3	Analysestartdato:	04.07.2017
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ MU Metode
d)* Ekstraksjon av porevann			
d)* Kommentar	Utført		Technique

Prøvenr.:	439-2017-07040513	Prøvetakingsdato:	03.07.2017
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	AR-4	Analysestartdato:	04.07.2017
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ MU Metode
d)* Ekstraksjon av porevann			
d)* Kommentar	Utført		Technique

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040514	Prøvetakingsdato:	03.07.2017
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	AR-5	Analysestartdato:	04.07.2017
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ MU Metode
d)* Ekstraksjon av porevann			
d)* Kommentar	Utført		Technique

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040515	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-1	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)					
c) Arsen (As) ICP-MS	0.16	µg/l	0.02	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)					
c) Bly (Pb) ICP-MS	0.18	µg/l	0.01	20%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)					
c) Kadmium (Cd) ICP-MS	0.017	µg/l	0.004	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)					
c) Kobber (Cu) ICP-MS	0.78	µg/l	0.05	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)					
c) Krom (Cr) ICP-MS	0.078	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Nikkel (Ni)					
c) Nikkel (Ni) ICP-MS	0.48	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)					
c) Sink (Zn) ICP-MS	6.7	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
c) PAH 16 EPA					
c) Naftalen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaftalen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaften	0.024	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoren	0.031	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fenantren	0.12	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Antracen	0.031	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoranten	0.15	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Pyren	0.16	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]antracen	0.067	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Krysen/Trifenylen	0.078	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[b]fluoranten	0.15	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[k]fluoranten	0.043	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[a]pyren	0.082	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.082	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.016	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[ghi]perylene	0.094	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Sum PAH(16) EPA	1.1	µg/l		30%	Intern metode
c) PCB 7					
c) PCB 28	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 52	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 101	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 118	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 138	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 153	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 180	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Sum 7 PCB	nd				Intern metode
c) Kvikksølv (Hg)	< 0.005	µg/l	0.002		EN ISO 17852
a) Tributyltinn (TBT)	0.0073	µg/l			Kalkulering
a) Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)					
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	0.003	µg/l	0.001		Internal Method 2285

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040516	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-2	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)					
c) Arsen (As) ICP-MS	11	µg/l	0.02	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)					
c) Bly (Pb) ICP-MS	20	µg/l	0.01	20%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)					
c) Kadmium (Cd) ICP-MS	0.077	µg/l	0.004	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)					
c) Kobber (Cu) ICP-MS	19	µg/l	0.05	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)					
c) Krom (Cr) ICP-MS	4.8	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Nikkel (Ni)					
c) Nikkel (Ni) ICP-MS	2.4	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)					
c) Sink (Zn) ICP-MS	52	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
c) PAH 16 EPA					
c) Naftalen	0.085	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Acenaftalen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaften	0.18	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Fluoren	0.21	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Fenantren	0.46	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Antracen	0.026	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoranten	0.16	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Pyren	0.14	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]antracen	0.055	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Krysen/Trifenylen	0.060	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[b]fluoranten	0.11	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[k]fluoranten	0.034	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[a]pyren	0.067	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.067	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.012	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[ghi]perylene	0.070	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Sum PAH(16) EPA	1.7	µg/l		30%	Intern metode
c) PCB 7					
c) PCB 28	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 52	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 101	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 118	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 138	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 153	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 180	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Sum 7 PCB	nd				Intern metode
c) Kvikksølv (Hg)	< 0.005	µg/l	0.002		EN ISO 17852
a) Tributyltinn (TBT)	0.0049	µg/l			Kalkulering
a) Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)					
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	0.002	µg/l	0.001		Internal Method 2285

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040517	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-3	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)					
c) Arsen (As) ICP-MS	0.16	µg/l	0.02	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)					
c) Bly (Pb) ICP-MS	0.33	µg/l	0.01	20%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)					
c) Kadmium (Cd) ICP-MS	0.039	µg/l	0.004	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)					
c) Kobber (Cu) ICP-MS	0.29	µg/l	0.05	35%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)					
c) Krom (Cr) ICP-MS	< 0.050	µg/l	0.05		NS EN ISO 17294-2
c) Nikkel (Ni)					
c) Nikkel (Ni) ICP-MS	1.2	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)					
c) Sink (Zn) ICP-MS	10.0	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
c) PAH 16 EPA					
c) Naftalen	0.011	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Acenaftalen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaften	0.028	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoren	0.037	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fenantren	0.13	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Antracen	0.021	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoranten	0.17	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Pyren	0.22	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]antracen	0.081	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Krysen/Trifenylen	0.091	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[b]fluoranten	0.20	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[k]fluoranten	0.058	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]pyren	0.11	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.089	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.015	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[ghi]perylene	0.092	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Sum PAH(16) EPA	1.3	µg/l		30%	Intern metode
c) PCB 7					
c) PCB 28	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 52	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 101	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 118	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 138	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 153	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 180	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Sum 7 PCB	nd				Intern metode
c) Kvikksølv (Hg)	< 0.005	µg/l	0.002		EN ISO 17852
a) Tributyltinn (TBT)	0.041	µg/l			Kalkulering
a) Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)					
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	0.017	µg/l	0.001		Internal Method 2285

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040518	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-4	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)					
c) Arsen (As) ICP-MS	6.6	µg/l	0.02	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)					
c) Bly (Pb) ICP-MS	15	µg/l	0.01	20%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)					
c) Kadmium (Cd) ICP-MS	0.048	µg/l	0.004	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)					
c) Kobber (Cu) ICP-MS	3.7	µg/l	0.05	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)					
c) Krom (Cr) ICP-MS	4.1	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Nikkel (Ni)					
c) Nikkel (Ni) ICP-MS	6.4	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)					
c) Sink (Zn) ICP-MS	36	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
c) PAH 16 EPA					
c) Naftalen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaftylen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaften	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Fluoren	0.014	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fenantren	0.089	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Antracen	0.046	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoranten	0.17	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Pyren	0.21	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]antracen	0.092	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Krysen/Trifenylen	0.12	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[b]fluoranten	0.22	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[k]fluoranten	0.065	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]pyren	0.13	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.089	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.018	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[ghi]perylen	0.086	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Sum PAH(16) EPA	1.4	µg/l		30%	Intern metode
c) PCB 7					
c) PCB 28	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 52	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 101	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 118	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 138	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 153	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 180	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Sum 7 PCB	nd				Intern metode
c) Kvikksølv (Hg)	< 0.005	µg/l	0.002		EN ISO 17852
a) Tributyltinn (TBT)	0.044	µg/l			Kalkulering
a) Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)					
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	0.018	µg/l	0.001		Internal Method 2285

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040519	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-5	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)					
c) Arsen (As) ICP-MS	2.7	µg/l	0.02	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)					
c) Bly (Pb) ICP-MS	45	µg/l	0.01	20%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)					
c) Kadmium (Cd) ICP-MS	0.092	µg/l	0.004	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)					
c) Kobber (Cu) ICP-MS	59	µg/l	0.05	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)					
c) Krom (Cr) ICP-MS	5.8	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Nikkel (Ni)					
c) Nikkel (Ni) ICP-MS	3.1	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)					
c) Sink (Zn) ICP-MS	120	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
c) PAH 16 EPA					
c) Naftalen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaftalen	0.012	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Acenaften	0.010	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoren	0.021	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fenantren	0.11	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Antracen	0.032	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoranten	0.22	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Pyren	0.25	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]antracen	0.11	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Krysen/Trifenylen	0.14	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[b]fluoranten	0.26	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[k]fluoranten	0.076	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]pyren	0.14	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.15	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.025	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[ghi]perylene	0.17	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Sum PAH(16) EPA	1.7	µg/l		30%	Intern metode
c) PCB 7					
c) PCB 28	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 52	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 101	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 118	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 138	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 153	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 180	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Sum 7 PCB	nd				Intern metode
c) Kvikksølv (Hg)	< 0.005	µg/l	0.002		EN ISO 17852
a) Tributyltinn (TBT)	0.0073	µg/l			Kalkulering
a) Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)					
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	0.003	µg/l	0.001		Internal Method 2285

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040520	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-1	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)	42	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)	470	mg/kg TS	0.5	40%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)	0.94	mg/kg TS	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)	330	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)	70	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Kvikksølv (Hg)	1.19	mg/kg TS	0.001	20%	028311mod/EN ISO17852mod
c) Nikkel (Ni)	31	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)	1200	mg/kg TS	2	30%	NS EN ISO 17294-2
c) PCB(7)					
c) PCB 28	0.010	mg/kg TS	0.0005	30%	EN 16167
c) PCB 52	0.014	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 101	0.026	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 118	0.027	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 153	0.043	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 138	0.040	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 180	0.036	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) Sum 7 PCB	0.20	mg/kg TS		25%	EN 16167
c) PAH(16)					
c) Naftalen	0.13	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Acenaftylen	0.12	mg/kg TS	0.01	40%	ISO 18287, mod.
c) Acenaften	0.053	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoren	0.18	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Fenantren	2.0	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Antracen	0.65	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoranten	4.0	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Pyren	3.5	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]antracen	1.6	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Krysen/Trifenylen	1.2	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[b]fluoranten	3.0	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[k]fluoranten	1.0	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]pyren	1.7	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.62	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.13	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[ghi]perylen	0.56	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Sum PAH(16) EPA	20	mg/kg TS			ISO 18287, mod.
a) Tributyltinn (TBT)	220	µg/kg tv	2.4		Kalkulering
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	90	µg/kg tv	1		Internal Method 2085
b) Kornstørrelse <2µm					
b) Kornstørrelse <2 µm	2.9	% TS	1		Internal Method 6
b) Kornstørrelse <63µm					
b) Kornstørrelse < 63 µm	54.4	% TS	0.1		Internal Method 6
TOC kalkulert					
Totalt organisk karbon kalkulert	0.0	% TS		12%	Intern metode
c) Total tørrstoff glødetap	< 0.1	% tv	0.1		EN 12879

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

c) Tørrstoff				
c) Total tørrstoff	24.9 %	0.1	10%	EN 12880

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040521	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-2	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)	23	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)	250	mg/kg TS	0.5	40%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)	0.60	mg/kg TS	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)	160	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)	34	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Kvikksølv (Hg)	0.358	mg/kg TS	0.001	20%	028311mod/EN ISO17852mod
c) Nikkel (Ni)	19	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)	360	mg/kg TS	2	30%	NS EN ISO 17294-2
c) PCB(7)					
c) PCB 28	0.0033	mg/kg TS	0.0005	30%	EN 16167
c) PCB 52	0.0047	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 101	0.013	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 118	0.012	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 153	0.024	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 138	0.019	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 180	0.018	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) Sum 7 PCB	0.094	mg/kg TS		25%	EN 16167
c) PAH(16)					
c) Naftalen	0.11	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Acenaftalen	0.11	mg/kg TS	0.01	40%	ISO 18287, mod.
c) Acenaften	0.099	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoren	0.15	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Fenantren	1.5	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Antracen	0.35	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoranten	3.1	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Pyren	2.9	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]antracen	1.4	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Krysen/Trifenylen	1.2	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[b]fluoranten	3.7	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[k]fluoranten	1.2	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]pyren	1.9	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.71	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.14	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[ghi]perylen	0.63	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Sum PAH(16) EPA	19	mg/kg TS			ISO 18287, mod.
a) Tributyltinn (TBT)	58	µg/kg tv	2.4		Kalkulering
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	24	µg/kg tv	1		Internal Method 2085
b) Kornstørrelse <2µm					
b) Kornstørrelse <2 µm	3.1	% TS	1		Internal Method 6
b) Kornstørrelse <63µm					
b) Kornstørrelse < 63 µm	62.4	% TS	0.1		Internal Method 6
TOC kalkulert					
Totalt organisk karbon kalkulert	8.2	% TS		12%	Intern metode
c) Total tørrstoff glødetap	14.3	% tv	0.1	10%	EN 12879

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

c) Tørrstoff				
c) Total tørrstoff	39.6 %	0.1	10%	EN 12880

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040522	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-3	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)	4.9	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)	25	mg/kg TS	0.5	40%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)	0.11	mg/kg TS	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)	21	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)	9.9	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Kvikksølv (Hg)	0.144	mg/kg TS	0.001	20%	028311mod/EN ISO17852mod
c) Nikkel (Ni)	6.2	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)	98	mg/kg TS	2	30%	NS EN ISO 17294-2
c) PCB(7)					
c) PCB 28	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) PCB 52	0.0012	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 101	0.0022	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 118	0.0021	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 153	0.0026	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 138	0.0022	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 180	0.0017	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) Sum 7 PCB	0.012	mg/kg TS		25%	EN 16167
c) PAH(16)					
c) Naftalen	0.017	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Acenaftylen	0.014	mg/kg TS	0.01	40%	ISO 18287, mod.
c) Acenaften	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.
c) Fluoren	0.017	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Fenantren	0.15	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Antracen	0.045	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoranten	0.33	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Pyren	0.34	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]antracen	0.14	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Krysen/Trifenylen	0.12	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[b]fluoranten	0.31	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[k]fluoranten	0.11	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]pyren	0.18	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.065	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.013	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[ghi]perylen	0.062	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Sum PAH(16) EPA	1.9	mg/kg TS			ISO 18287, mod.
a) Tributyltinn (TBT)	37	µg/kg tv	2.4		Kalkulering
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	15	µg/kg tv	1		Internal Method 2085
b) Kornstørrelse <2µm					
b) Kornstørrelse <2 µm	<1.0	% TS	1		Internal Method 6
b) Kornstørrelse <63µm					
b) Kornstørrelse < 63 µm	15.0	% TS	0.1		Internal Method 6
TOC kalkulert					
Totalt organisk karbon kalkulert	0.9	% TS		12%	Intern metode
c) Total tørrstoff glødetap	1.6	% tv	0.1	10%	EN 12879

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

c) Tørrstoff				
c) Total tørrstoff	71.1 %	0.1	10%	EN 12880

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040523	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-4	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)	17	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)	400	mg/kg TS	0.5	40%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)	0.69	mg/kg TS	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)	480	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)	79	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Kvikksølv (Hg)	0.334	mg/kg TS	0.001	20%	028311mod/EN ISO17852mod
c) Nikkel (Ni)	18	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)	350	mg/kg TS	2	30%	NS EN ISO 17294-2
c) PCB(7)					
c) PCB 28	0.0082	mg/kg TS	0.0005	30%	EN 16167
c) PCB 52	0.019	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 101	0.031	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 118	0.024	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 153	0.029	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 138	0.028	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 180	0.017	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) Sum 7 PCB	0.16	mg/kg TS		25%	EN 16167
c) PAH(16)					
c) Naftalen	0.058	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Acenaftylen	0.090	mg/kg TS	0.01	40%	ISO 18287, mod.
c) Acenaften	0.11	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoren	0.12	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Fenantren	1.1	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Antracen	0.47	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoranten	2.5	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Pyren	2.3	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]antracen	1.1	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Krysen/Trifenylen	0.97	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[b]fluoranten	2.9	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[k]fluoranten	1.1	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]pyren	1.7	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	1.2	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.27	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[ghi]perylen	1.8	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Sum PAH(16) EPA	18	mg/kg TS			ISO 18287, mod.
a) Tributyltinn (TBT)	630	µg/kg tv	2.4		Kalkulering
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	260	µg/kg tv	1		Internal Method 2085
b) Kornstørrelse <2µm					
b) Kornstørrelse <2 µm	2.3	% TS	1		Internal Method 6
b) Kornstørrelse <63µm					
b) Kornstørrelse < 63 µm	36.4	% TS	0.1		Internal Method 6
TOC kalkulert					
Totalt organisk karbon kalkulert	7.1	% TS		12%	Intern metode
c) Total tørrstoff glødetap	12.4	% tv	0.1	10%	EN 12879

Teignforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

c) Tørrstoff				
c) Total tørrstoff	39.2 %	0.1	10%	EN 12880

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040524	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-5	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)	7.6	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)	28	mg/kg TS	0.5	40%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)	0.12	mg/kg TS	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)	19	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)	17	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Kvikksølv (Hg)	0.034	mg/kg TS	0.001	20%	028311mod/EN ISO17852mod
c) Nikkel (Ni)	12	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)	74	mg/kg TS	2	30%	NS EN ISO 17294-2
c) PCB(7)					
c) PCB 28	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) PCB 52	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) PCB 101	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) PCB 118	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) PCB 153	0.00063	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 138	0.00051	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 180	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) Sum 7 PCB	0.0011	mg/kg TS		25%	EN 16167
c) PAH(16)					
c) Naftalen	0.014	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Acenaftylen	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.
c) Acenaften	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.
c) Fluoren	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.
c) Fenantren	0.095	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Antracen	0.036	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoranten	0.21	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Pyren	0.22	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]antracen	0.11	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Krysen/Trifenylen	0.084	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[b]fluoranten	0.19	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[k]fluoranten	0.070	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]pyren	0.12	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.059	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.011	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[ghi]perylen	0.053	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Sum PAH(16) EPA	1.3	mg/kg TS			ISO 18287, mod.
a) Tributyltinn (TBT)	7.1	µg/kg tv	2.4		Kalkulering
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	2.9	µg/kg tv	1		Internal Method 2085
b) Kornstørrelse <2µm					
b) Kornstørrelse <2 µm	3.8	% TS	1		Internal Method 6
b) Kornstørrelse <63µm					
b) Kornstørrelse < 63 µm	56.0	% TS	0.1		Internal Method 6
TOC kalkulert					
Totalt organisk karbon kalkulert	2.5	% TS		12%	Intern metode
c) Total tørrstoff glødetap	4.3	% tv	0.1	10%	EN 12879

Teignforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

c) Tørrstoff			
c) Total tørrstoff	56.7 %	0.1 10%	EN 12880

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a) Eurofins Environment A/S (Vejen), Ladelundvej 85, DK-6600, Vejen DS EN ISO/IEC 17025 DANAK 168,
- b) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne DS EN ISO/IEC 17025 DANAK 168,
- c) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,
- d)* Eurofins Expertises Environnementales (Maxeville), Rue Lucien Cuenot, Site Saint-Jacques II, BP 51005, F-54521, Maxeville cedex

Kopi til:

Anne Guri Weihe Steindal (anne.guri.weihe.steindal@multiconsult.no)
 Felles e-post for Miljøgeologi i Trondheim (RSTrheimMiljogeologi@multiconsult.no)

Moss 15.08.2017


 Stig Tjomsland

ASM/Bachelor Kjemi

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
 Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

RAPPORT

Miljøtiltak forurensede sedimenter, Arendal

OPPDRAGSGIVER
Arendal kommune

EMNE
Tiltaksplan forurenset sjøbunn Pollen

DATO / REVISJON: 11. oktober 2017 / 00
DOKUMENTKODE: 418803-RIGm-RAP-001



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAG	Miljøtiltak forurensede sedimenter, Arendal	DOKUMENTKODE	418803-RIGm-RAP-001
EMNE	Tiltaksplan forurenset sjøbunn Pollen	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Arendal kommune	OPPDRAGSLEDER	Ida Almvik
KONTAKTPERSON	Ragnhild Trønnes	UTARBEIDET AV	Ida Almvik
KOORDINATER	SONE: 32 ØST: 4861 NORD: 647974	ANSVARLIG ENHET	10234012 Midt Miljøgeologi
GNR./BNR./SNR.	- / - / - / Arendal		

SAMMENDRAG

Arendals havneområder er forurenset av metaller og organiske miljøgifter. I 2005 ble det utarbeidet en tiltaksplan som anbefalte tildekking i store deler av disse områdene. I ettertid er fokusområdet blitt redusert til å omfatte Pollen og Kittelsbukta. Disse områdene er bynære, med gjestehavner og badeanlegg, og er hyppig besøkt spesielt i sommersesongen. Områdene er relativt grunne og risikoen for spredning av forurensede partikler er betydelig. I 2000 ble det gitt kostholdsråd for Arendal-området. Kostholdsrådet ble opprettholdt etter nye undersøkelser i 2007.

Vannforskriften gir føringer for at alle vannforekomster minimum skal oppnå god kjemisk og økologisk tilstand innen 2021. Det er kommunen som skal utrede nødvendige tiltak innenfor sitt område. Miljømål iht. Vannforskriften er ikke oppnådd for Arendals havneområde.

Kommunen har utført tiltak for å hindre spredning fra land til sjø, bl.a. ved å innføre rutinemessig tømning av sandfangkummer. Tiltaksplanen for Pollen er utarbeidet med bakgrunn i Arendal kommunes tiltaksmål om å oppnå tilstandsklasse II eller bedre i henhold til Miljødirektoratets tilstandsklasser for forurenset sjøbunn. Tiltaksplanen inneholder vurderinger angående design av tildekkingslag, inkl. forslag til materialvalg, innledende egnethetsvurderinger, samt beregning av mektighet og erosjonssikringslag. Det er videre gitt et forslag til kontroll- og overvåkingsprogram samt gjennomført en kostnadsvurdering av tiltakene. Samlet viser vurderingene at isolasjonstildekking anses som et godt tiltak for å hindre spredning av forurensede sjøbunnsedimenter i Pollen. Det er beskrevet et tildekkingslag bestående av 30-40 cm sand og grus, med 10 cm ekstra erosjonssikring i ytre del av Pollen, hvor propellerrosjonen er forventet å være kraftigere enn i indre deler. Etter tildekking med rene masser, vil sjøbunnen i Pollen tilfredsstillende tilstandsklasse II eller bedre, og være i tråd med gjeldende miljømål for området. Erfaringsmessig vil det gradvis kunne forekomme noe rekontaminering i bynære områder, og det foreslås av den grunn at tiltaksmålet på sikt settes til tilstandsklasse III eller bedre.

Kostnadsspennet for tildekking i Pollen er estimert til NOK 5 080 000 - 8 960 000 (eks.mva.). I tillegg kommer prosjektering og prosjektadministrasjon, som anslås å utgjøre 10 % (mellom NOK 500 000 og 900 000, eks.mva.).

Det antas at de fysiske arbeidene i Pollen kan gjennomføres i løpet av to måneder, inkludert tilrigging og massetransport. Valg av metoder og råvareleverandør kan gi gevinst i form av reduserte kostnader og gjennomføringstid. Dette må ivaretas i anbudsprosessen.

			IA	EK7	ECY
00	11.10.2017		Ida Almvik	Elin O. Kramvik	Erling K. Ytterås
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	6
1.1	Områdebeskrivelse	6
1.2	Historikk	8
1.3	Brukerinteresser og arealbruk	8
1.4	Planlagte utbyggingsprosjekter	9
1.5	Bunntopografi og bunnforhold	9
1.6	Strømforhold	9
1.7	Økologisk status og kulturminner	10
2	Forurensningstilstand	11
2.1	Undersøkelser	11
2.2	Forurensningskilder og spredningsveier	14
2.3	Risikovurdering av forurenset sediment	15
2.4	Vurdering av datagrunnlag	16
3	Miljømål	16
3.1	Tilstand i henhold til Vannforskriften	16
3.2	Overordnede miljømål Arendal kommune	17
3.3	Forslag til operative tiltaks mål i Pollen	17
4	Vurdering av mulige tiltak	19
4.1	Nullalternativet	19
4.2	Mudring	19
4.3	Tildekking	20
4.4	Oppsummering – anbefalt tiltaksløsning	21
5	Prosjektering av tildekkingslag	21
5.1	Krav til tildekkingsmasser	21
5.2	Skjellsand som tildekkingslag	22
5.3	Beregning av tildekkingslagets mektighet	22
5.3.1	Generell oppbygging av tildekkingslag	22
5.3.2	Erosjonsbeskyttelse	23
5.3.3	Bioturbasjonslag	26
5.3.4	Adveksjonslag	27
5.3.5	Kjemisk isolasjonslag	27
5.3.6	Blandingslag	28
5.4	Skråningsstabilitet	28
5.5	Oppsummering	29
6	Tiltaksbeskrivelse	30
6.1	Vurdering av tildekkingsareal	30
6.2	Rydding av avfall	31
6.3	Gjennomføringsperiode	31
6.4	Utlekking av tildekkingsmasser	31
7	Kontroll og overvåking	32
7.1	Kontrollmålinger før tiltak	32
7.2	Overvåking under tiltak	32
7.2.1	Beredskapsplaner	32
7.2.2	Turbiditetsmålinger	32
7.3	Sluttkontroll av tiltak	33
7.3.1	Sedimentprøvetaking	33
7.3.2	Kontroll av tildekkingslag	33
7.4	Overvåking etter tiltak	33
7.4.1	Sedimentprøvetaking	33
7.4.2	Kontroll av tildekkingslag	34
8	Kostnadsoverslag	34
8.1	Massebehov	34
8.2	Logistikk og råvaretilgang	35
8.3	Kostnader knyttet til forberedelse og gjennomføring	35
9	Referanser	37

VEDLEGG

- A Beregninger av filterlagets mektighet og inngangsdata
- B Multiconsult notat 418803-RIG-NOT-001 Geoteknisk vurdering av stabilitet
- C Analyserapport Eurofins, 15.08.2017

1 Innledning

Miljøundersøkelser gjennom flere tiår (1993-2017) har vist at miljøtilstanden i sedimentene i deler av Arendal havn er uakseptabel, og Arendalsområdet er ett av til sammen 17 områder i landet som er prioritert for videre undersøkelser og tiltaksvurderinger i regjeringens handlingsplan for opprydding i forurenset sjøbunn (Stortingsmelding nr. 14, 2006-2007).

I Arendal er Pollen definert som et av fokusområdene, sammen med Kittelsbukta, Barbubukta og Eydehavn. Kilder til forurensningen er bl.a. havnevirksomhet, eldre industri, utlekking fra deponier og fyllinger, avrenning fra byen, samt kommunale og private avløp.

I Bukkevika i Eydehavn, et industriområde som ligger øst for Arendal sentrum, ble det gjennomført tildekking av forurensede sedimenter i 2011-2012 (1).

I 2000 ble det gitt kostholdsråd for Arendal-området (2). Kostholdsrådet ble opprettholdt etter nye undersøkelser i 2007 (3).

Med bakgrunn i Stortingsmelding nr. 12 (2001-2002), «Rent og rikt hav», ble det i 2002 utarbeidet en tiltaksplan for forurensede sedimenter i Arendal kommune (4). Tiltaksanalysen anbefaler at det gjennomføres tiltak for å oppnå miljømålene for Arendalsområdet. COWI utarbeidet i 2015 en risiko- og tiltaksvurdering for Pollen (5) som viser at miljøgiftinnholdet i sedimentene overstiger grenseverdier for trinn 1 og trinn 2-risikovurdering, og det anbefales derfor å gjennomføre tiltak.

Foreliggende rapport er en tiltaksplan for Pollen ut fra et tiltaks mål om å oppnå tilstandsklasse (TK) II eller bedre, jfr. Miljødirektoratets tilstandsklasser for forurenset sjøbunn (6) (7). Tiltaksplanen inneholder vurderinger angående design av tildekkingslag, inkl. forslag til materialvalg, innledende egnethetsvurderinger, beregning av mektighet og erosjonssikring. Det er også satt opp eksempler på lokale råvareleverandører, gjennomført en kostnadsvurdering og gitt et forslag til kontroll- og overvåkingsprogram.

1.1 Områdebeskrivelse

Arendal ligger i Aust-Agder med kystlinje mot Skagerrak. Arendals kystlinje er preget av mange øyer, holmer og skjær. Arendal by ligger beskyttet til innenfor Hisøy og Tromøy, og Arendalsområdet er kjent for gode havneforhold.

Pollen ligger i sentrum av Arendal by og er omgitt av restauranter, butikker og leiligheter. Havneområdet er populært for fritidsbåter i sommerhalvåret. Indre deler av Pollen er beregnet på mindre båter og er forbeholdt gjestefartøy («gjestebrygge»). Også østre side av ytre del (Langbrygga) er forbeholdt gjesteanløp, men her kan også større fartøy legge til. Vestre side (Jektekaia, Gamle Tollbukaia og Kalleviksbrygga) er forbeholdt passasjerferger og rutebåter. Herfra går det også taxibåter og charterbåter i turistsesongen. Se Figur 1-1 for skråfoto fra Pollen.

Tiltaksområdets areal er ca. 12 600 m³.



Figur 1-1 Skråfoto av Pollen, Arendal (kilde: Arendalskart, Arendal kommunes karttjeneste).

1.2 Historikk

Pollen med landområdene på Tyholmen har vært en sentral del av bykjernen siden etablering av byen, og havnen har vært et viktig knutepunkt for distribusjon av handelsvarer. Før utfyllingene gikk havnen helt inn til torget. Trelasteksport og utskipping av jernmalm har vært viktige næringer i Arendalsområdet, og i 1880 var byen landets største målt i tonnasje (8).

Sentrumsområdet besto tidligere av holmer omringet av kanaler, men på begynnelsen av 1700-tallet startet utfylling av sjøområdene mellom holmene. Etter gjentatte bybranner ble den «indre Pollen» og kanalen mellom Kittelsbukta og Pollen gjenfylt for å skape plass for utvidelse av sentrum. Utfyllingene foregikk hovedsakelig i perioden 1860-1949 og brannrester er blitt benyttet i deler av fyllingene. Se Figur 1-2 for historisk kart fra 1884 over Arendal sentrum.

Ved Neset, ved enden av Langbryggen på den østlige siden av Pollen, ble det på 1600-tallet bygget kanonbatterier som forsvarssystem mot inntrengere fra sjøsiden. Batteriet ble beleiret av den tyske marinen under 2. verdenskrig.

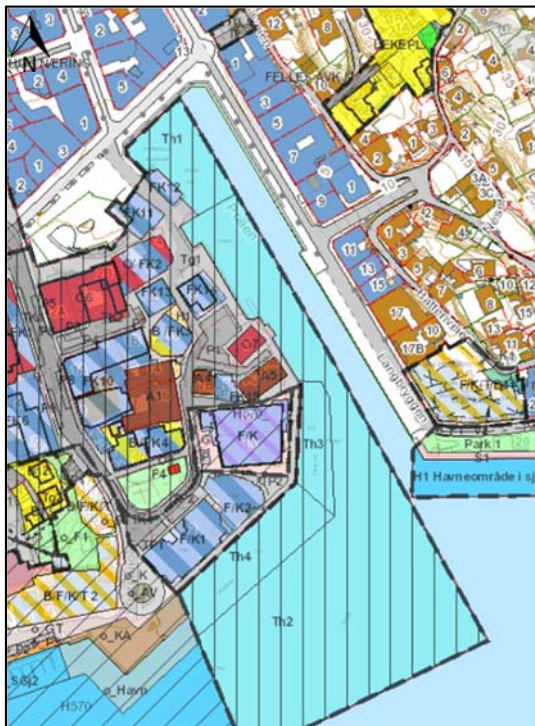


Figur 1-2 Historisk kart over Arendal sentrum fra 1884 (kilde: 1881.no).

1.3 Brukerinteresser og arealbruk

De viktigste brukerinteressene er i dag næringsvirksomhet og rekreasjon.

I gjeldende reguleringsplaner (ID 2014r15 Tyholmen og ID 0906-2114r10 Tollbodkaia/Dauholla) er indre del av Pollen regulert til småbåthavn (dagsbesøk). I ytre del er det avsatt areal for havneområde og anløp av ferger, etc., mens øvrig område er generelle trafikkområder i sjø, se Figur 1-3.



Figur 1-3 Gjeldende arealplan for Tyholmen og Pollen (kilde: Arendalskart, Arendal kommunes karttjeneste).

1.4 Planlagte utbyggingsprosjekter

Det foreligger ingen konkrete planer om utbyggingsprosjekter i eller ved Pollen, men det er varslet oppstart av reguleringsplan i forbindelse med gjenåpning av kanalen mellom Pollen og Kittelsbukta (PlanID 2014pua2, planlegging igangsatt 13.1.2011). Ved en eventuell åpning av kanalen må det tas hensyn til tildekkingslaget og det kan være aktuelt å revurdere erosjonssikringslaget hvis strøm- og trafikkmønsteret endres.

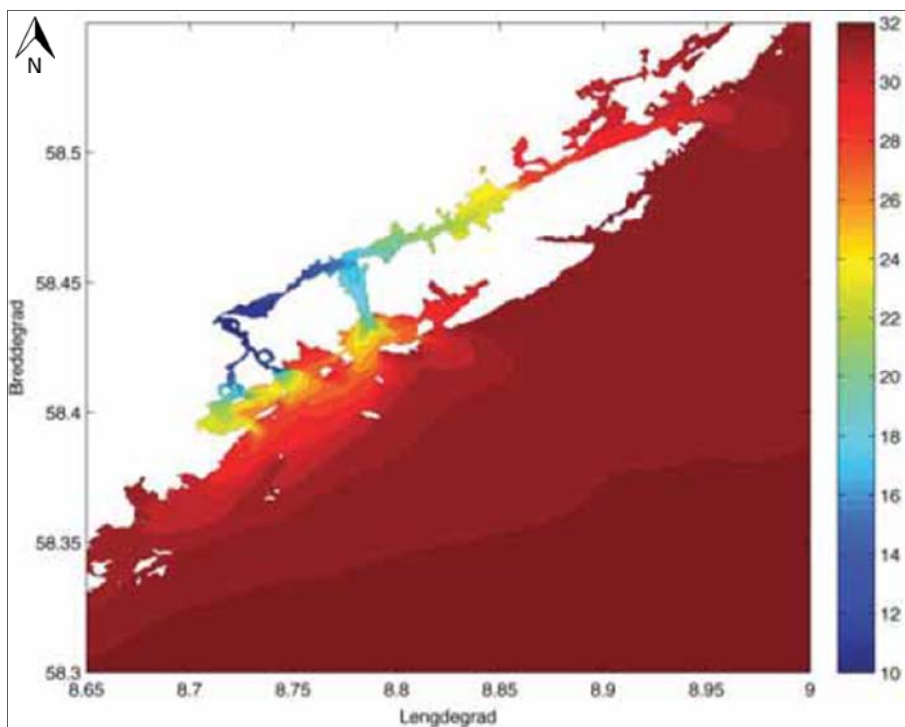
1.5 Bunntopografi og bunnforhold

Vanddybden i havnen er mellom 0 og ca. 20 meter, med størst vanddyb i ytre del av Pollen (høydesystem sjøkartnull). Indre del har en vanddybde på ca. 4-5 meter, foruten områdene innerst ved kai hvor vanddybden er ca. 1,5-2 m. I ytre del av Pollen skråner sjøbunnen raskt. Inne ved kai varierer dybden fra 1,5 til 4 m, og sjøbunnen avtar raskt ned til 14 m dybde. De bratte partiene i Pollen består tilsynelatende av stein og berg i dagen. Løsmasseoverdekningen er trolig liten, hvis eksisterende.

I følge sjøkart går det en sjøkabel ut fra Tyholmen til Kolbjørnsvik. Foruten overvannsledningene som kommer ut i Pollen, se Figur 2-2, er det ikke kjent at det ligger flere installasjoner på sjøbunnen som må hensyntas under tiltak.

1.6 Strømforhold

Vannutskifting i Pollen er hovedsakelig styrt av tidevann og overflatestrømmer. Pollen er generelt lite påvirket av vær og vind. Tidevannsforskjellen er kun ca. 20 cm mellom middel høyvann og middel lavvann. Nidelva renner ut i sjøen vest for Arendal sentrum og modellering av saltholdighet i overflatevann viser hvordan Nidelva preger overflatevannet i sentrumsområdene, se Figur 1-4. Nidelva bidrar også med tilførsel av sedimenter til sjøområdene ved Arendal (9). Pollen får ellers tilførsel av ferskvann og sedimenter via overvannsutløp fra sentrum (5).



Figur 1-4 Modellert saltholdighet i overflatevann i Arendalsområdet som følge av Nidelvas utløp (10).

1.7 Økologisk status og kulturminner

Det er ikke gjort registreringer av marine kulturminner, vernede arter, naturtyper eller andre miljøverdier som krever spesielle hensyn i Miljødirektoratets karttjeneste Naturbase. Enkelte bygninger langs kaikanten mot Tyholmen er derimot fredet, eksempelvis den gamle Tollboden og det gamle politikammeret som ligger langs vestre kaikant. I Arendalsbåen, i fjordbassenget utenfor Pollen, er det registrert gytefelt for torsk. Se Figur 1-5 for oversikt over kulturminnelokaliteter på land og gytefelt.



Figur 1-5 Kulturminnelokaliteter og gytefelt for torsk (kilde: Naturbase og Yggdrasil).

2 Forurensningstilstand

2.1 Undersøkelser

Miljøundersøkelser gjennom flere tiår har vist at sjøområdene i Arendal er påvirket av forurensning. Forurensningen ble først avdekket av NIVA i en sedimentundersøkelse som ble utført langs hele norskekysten i 1993 (11). Her ble det avdekket at sjøbunnsedimentene var forurenset av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorete bifenyler (PCB), kvikksølv (Hg) og bly (Pb). Blåskjellprøver viste også høye verdier av tributyltinn (TBT). En oppfølgende undersøkelse i 2000 (2) bekreftet forurensningssituasjonen, og det ble i tillegg påvist PAH i blåskjell, PCB i torskelever og i innmat av krabbe. Pollen ble ikke undersøkt, men det ble funnet PAH, PCB og bly i lave konsentrasjoner i en blåskjellprøve fra Tyholmen, like utenfor Pollen.

I 2000 ble det fastsatt et kostholdsråd mot inntak av fisk og skalldyr fra Arendalsområdet. Kostholdsrådet ble opprettholdt etter nye undersøkelser utført av NIVA i 2007, som fremdeles viste høye verdier av PCB i torskelever (3). Verdiene i blåskjell og krabbe var lave, men undersøkelsen inkluderte ikke tungmetaller. COWI utførte nye undersøkelser av blåskjell i 2013 (12). Analysene viste lave verdier av kobber (Cu), kadmium (Cd), kvikksølv, bly, PAH og PCB. COWI konkluderte med at sedimentene er sannsynlig kilde til PCB i biota, siden det kun er arter som hovedsakelig lever av organismer i sedimentene som er betydelig påvirket.

Sedimentene i Pollen ble først prøvetatt i 2005 av NIVA (13), som en del av arbeidet med regionale tiltaksplaner. Det ble påvist generelt høye verdier av TBT og PAH i alle prøvestasjoner, men spesielt høye verdier av PCB og kvikksølv i Pollen og Kittelsbukta. Det ble også tatt prøver av bløtbnnsfaunaen i Pollen, og resultatene viste moderat til dårlig tilstand.

NIVA undersøkte i 2012 sedimentene ved to stasjoner, en i Pollen og en i havneområdet utenfor Pollen, med formål om å vurdere naturlig sedimentering (14). Ved bruk av aldersdatering kunne det observeres en liten nedgang i forurensningsgrad i ytre del av Pollen de siste 35-100 årene, for alle forbindelser foruten kobber. Midt i havneområdet viste kjerneprøvene noe bedring for PCB og PAH, men ingen bedring for kobber, bly og kvikksølv. Overflateprøver (0-2 cm) i begge stasjonene viste at området fremdeles er sterkt forurenset. Basert på resultatene fra havneområdet er det beregnet en gjennomsnittlig sedimentasjonsrate på 2,1 mm/år.

NIVA gjennomførte også analyser av suspenderte partikler i havneområdet. Materialet representerer ny tilførsel av forurensning. Det ble påvist høye verdier av kobber, bly, kvikksølv og PAH. Resuspensjon av sedimenter som følge av propellersjon og avrenning fra land ble vurdert som kilde til de forurensede partiklene.

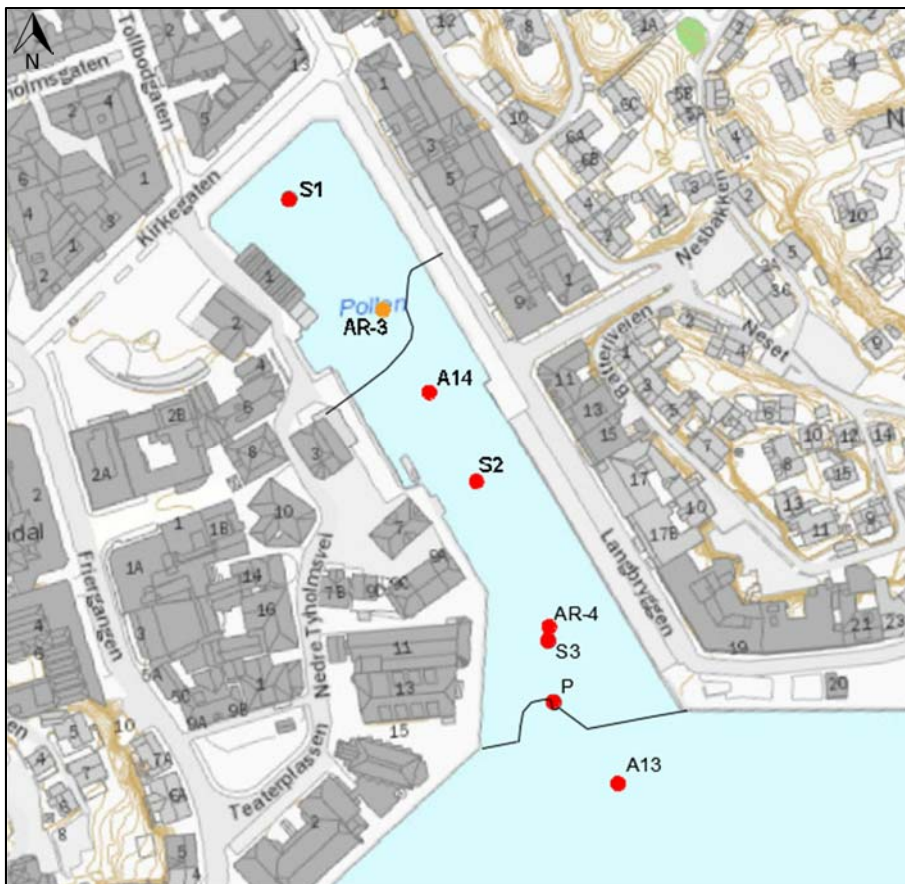
COWI utførte i 2015 en risikovurdering for Pollen (5). I den forbindelse ble det utført analyse av sedimenter fra 3 nye stasjoner, samt toksisitetstester (veksthemmingstest, dødelighetstest, DR Calux in vitro biotest og helsesedimenttest). Resultatene viste at Pollen er forurenset med hensyn til bly (Pb), kobber (Cu), sink (Zn), kvikksølv (Hg), PAH, PCB og TBT. Av toksisitetstestene er det kun veksthemmingstesten som overskrider grenseverdien for trinn 1 (4 ganger grenseverdi), mens DR Calux og helsesedimenttesten viser liten påvirkning. Toksisitetstesten på copepoden *Acartia tonsa* og østerslarven *Crassostrea gigas* ble utført på en fortykningsserie på et ekstrakt av tørt sediment blandet i ferskvann, i stedet for porevannet, og med en deteksjonsgrense som er lik NOEC («No observed effect concentration»). Resultatene (<10 TU) gir dermed ingen entydige svar på om toksisiteten overskrider grenseverdien på 1 TU. COWI utførte også turbiditetsmålinger og prøvetaking av ufiltrert sjøvann ved anløp av Redningsselskapets ambulansebåt. Sink, nikkel og kobber ble påvist opp til TK IV, mens øvrige forbindelse ble påvist til og med TK II.

For å bestemme porevannskonsentrasjoner, utførte Multiconsult prøvetaking i to stasjoner i Pollen i juli 2017. Porevannskonsentrasjonene ble benyttet som inngangsdata ved beregning av tildekkingsmektighet. Resultatene er vist i vedlegg A.

Det ble også utført kjemisk analyse for å bestemme forurensningsnivå i sedimentene. Det ble ikke påvist metaller over TK II i AR-3, fra innerste del av Pollen, mens det ble påvist overskridelser av TK II for Pb, Cu og Zn i AR-4, fra ytterste del av Pollen. Det ble påvist overskridelser av TK II for PAH, PCB og TBT i begge prøvepunktene. Analyserapport er tilgjengelig i vedlegg C. Figur 2-1 viser høyeste påviste tilstandsklasse i prøvepunkter undersøkt i perioden 2005-2017.

Prøvepunkt AR-4 hadde i 2017 en kvikksølvkonsentrasjon tilsvarende TK II, mens det på tilnærmet samme sted (S3) ble påvist kvikksølv i TK V i 2014. Det er uvisst om denne endringen skyldes en faktisk forbedring av tilstanden, eller om det er en fortyningseffekt som følge av prøvetaking av dypere sjikt (0-10 cm mot 0-5 cm i 2014). Innhold av Cu og Pb er høyere i 2017. I indre del viser resultatene noe lavere nivå av PAH.

Se Tabell 2-1 for sammenstilling av resultater fra alle utførte sedimentanalyser i Pollen.



Figur 2-1 Prøvepunkter fra sedimentundersøkelser utført i 2005 (A13-A14), 2012 (P), 2014 (S1-S3) og 2017 (AR-3 og AR-4), klassifisert etter høyeste påviste tilstandsklasse (M-608).

Tabell 2-1 Sammenstilling av sedimentanalyser utført 2005-2017. Klassifisert etter M-608.

Stoff/stasjon	AR-3 (MC 2017)	AR-4 (MC 2017)	S1 (COWI 2014)	S2 (COWI 2014)	S3 (COWI 2014)	P (NIVA 2012)	P (NIVA 2012)	A13 (NIVA 2005)	A14 (NIVA 2005)
Sedimentdybde (cm)	0-10	0-10	0-5	0-5	0-5	0-2	2-5	0-2	0-2
Arsen (As) mg/kg	4,90	17	7,6	19	17	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Bly (Pb) mg/kg	25	400	84	280	230	97	120	i.a.	202
Kadmium (Cd) mg/kg	0,11	0,69	0,51	1,7	1,3	0,63	0,54	i.a.	1,2
Kobber (Cu) mg/kg	21	480	75	130	270	300	81	i.a.	208
Krom (Cr) mg/kg	9,90	79	19	28	33	i.a.	i.a.	i.a.	47,3
Kvikksølv (Hg) mg/kg	0,14	0,33	0,694	1,78	6,27	2,52	3,3	8,1	4,69
Nikkel (Ni) mg/kg	6,20	18	10	16	20	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Sink (Zn) mg/kg	98	350	210	1600	600	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Naftalen mg/kg	0,02	0,06	0,028	0,061	0,12	0,052	0,057	0,23	0,17
Acenaftvlen mg/kg	0,01	0,09	0,027	0,056	0,08	0,027	0,028	0,095	0,065
Acenaften mg/kg	<0,010	0,11	0,015	0,058	0,1	0,036	0,045	0,061	0,53
Fluoren mg/kg	0,02	0,12	0,023	0,075	0,13	0,055	0,058	0,14	0,28
Fenantren mg/kg	0,15	1,10	0,24	0,69	1,2	i.a.	i.a.	1,6	2,2
Antracen mg/kg	0,05	0,47	0,081	0,24	0,49	0,2	0,23	0,33	0,61
Fluoranten mg/kg	0,33	2,50	0,67	1,4	2,5	1,6	1,7	3	4,1
Pyren mg/kg	0,34	2,30	0,8	1,6	2,9	1,4	1,6	2,6	3,6
Benso(a)antracen mg/kg	0,14	1,10	0,48	1	1,7	1	1,2	1,1	2,3
Krysen mg/kg	0,12	0,97	0,56	1,2	1,9	i.a.	i.a.	1,2	1,9
Benso(b)fluoranten	0,31	2,90	0,24	1,4	2,4	1,3	1,5	2,2	3,6
Benso(k)fluoranten	0,11	1,10	0,43	0,51	0,83	0,4	0,47	0,87	1,3
Benso(a)pyren mg/kg	0,18	1,70	0,062	0,94	1,7	0,73	0,81	1,5	2,6
Indeno(123cd)pyren	0,07	1,20	0,27	0,56	1	0,38	0,46	1,2	2
Dibenso(ah)antracen	0,01	0,27	0,062	0,13	0,24	0,08	0,091	0,26	0,55
Benso(ghi)perylene mg/kg	0,06	1,80	0,25	0,5	0,9	0,42	0,49	1,2	1,6
Sum PAH ₁₆ mg/kg ¹	1,9	18	4,8	10	18	3,9	4,6	19	27
Sum PCB ₇ mg/kg	0,01	0,16	0,026	0,17	0,15	0,1296	<0,1195	0,064	0,084
TBT (forvalt.) mg/kg ¹	0,04	0,63	0,24	0,4	0,36	i.a.	i.a.	i.a.	1,9

i.a. = ikke analysert

¹ Klassifisert etter TA-2229/2009.

2.2 Forurensningskilder og spredningsveier

I Miljødirektoratets grunnforurensningsdatabase er det registrert to lokaliteter i Arendal sentrum, Gassverktomta og Arena butikksenter. Begge lokalitetene er sanert og påvirkningsgraden er lav.

Pollen ble i mange år brukt som snødeponi der snøen ble dumpet på sjøen etter rydding av gatene. Snø kan inneholde miljøgifter, og kan som følge av lav vannutskifting ha påvirket sedimentene i Pollen.

Nidelva kan også ha tilført noe forurensning.

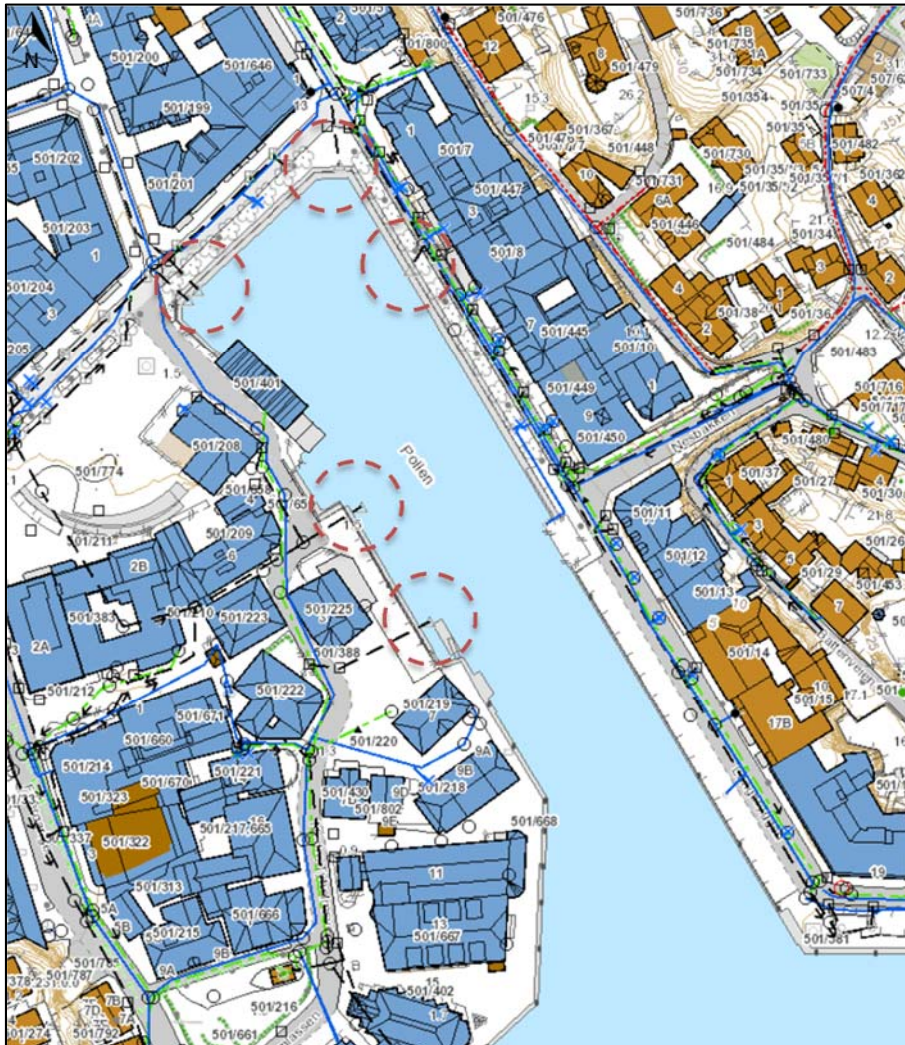
Det er blant annet påvist høye konsentrasjoner av TBT og kobber i sedimentene, som kan stamme fra bunnsmurning og maling på skip. I 2008 ble det innført totalforbud mot bruk av antibegroingsmiddel av TBT som ytterlag på skip, men det er fremdeles en svært vanlig forbindelse i sedimenter i havneområder og farleder.

Multiconsult foretok i 2009 et kildesøk for å kartleggekilder til miljøgifter i sjøbunnsedimentene i Arendals havneområde (15). Jord, vann og slam i overvannsnett og bygningsmasse ble prøvetatt, og det ble funnet forhøyede verdier av PCB i enkelte sandfangkummer med utløp til Pollen. Det ble ikke funnet PCB i fyllmasser, men det ble derimot påvist PAH, As (arsen), Pb, Zn og olje, som bl.a. kan komme fra tidligere bruk av bygningsrester fra bybrannene som fyllmasser. Det ble funnet innhold av PCB i flere bygninger og flere steder i overvannsnettet. Ingen store enkeltkilder av PCB kunne identifiseres, men eldre murpuss og maling kan være en kilde til PCB.

Det kommer til sammen seks overvannsutløp ut i Pollen, og disse er avmerket på Figur 2-2. I forbindelse med risikovurderingen utførte COWI i 2015 prøvetaking og analyse av til sammen 8 slamprøver fra overvannskummer med utløp til Pollen (5). Resultatene viste normoverskridende verdier av Pb, Cu, PAH og PCB i enkelte deler av ledningsnettet. Ved ett av utløpene innerst i Pollen, med avrenning fra Tollbodgate, ble det også påvist svært høye verdier av Hg (TK V).

COWIs undersøkelser av turbiditet under skipsanløp, med analyse av materiale fra sedimentfeller og i sjøvann, tyder på at sedimentene i seg selv er en kilde til spredning på grunn av propellersjøl. En av kildene til forurensningen av sjøbunnen er tilførsel av finpartikler fra overvannsutløpene. Kommunen har i ettertid innført rutinemessig utskifting av masser i sandfang som et tiltak mot avrenning og spredning fra byen. Utskifting av gamle avløpsledninger er også påbegynt.

Det er observert avfall og metallskrot på bunnen av Pollen under feltarbeidet. Dette kan også medføre fare for forurensning. Arendal undervannsklubb utførte i mai 2017 en frivillig ryddeaksjon i indre del av Pollen, og tok opp tilsammen 1,6 tonn metall- og plastskrot. Det er ikke kjent hvor mye skrot som ligger igjen eller hvordan situasjonen er i ytre del av Pollen.



Figur 2-2 Oversiktskart over overvannsutløp i Pollen (kilde: Arendalskart, Arendal kommunes karttjeneste).

2.3 Risikovurdering av forurenset sediment

Miljødirektoratet har utarbeidet en veileder, med bakgrunnsdokument, for vurdering av miljørisiko fra forurenset sediment (16). Risikovurderingen har som mål å beskrive den risikoen for miljøskade eller helseskade som sedimentene utgjør, slik at man kan bedømme om risikoen er akseptabel eller ikke. Dersom risikoen ikke er akseptabel må det vurderes tiltak.

COWI utførte en risiko- og tiltaksvurdering for forurenset sjøbunn i Pollen i 2015 (5).

Veksthemmingstesten viste toksiske effekter av porevannet, men dødelighetstestene ga ikke et entydig svar foruten at toksisiteten ikke var overskredet mer enn 10 ganger. Helse sedimenttestene viste ingen toksisk effekt over grenseverdiene. Til sammenligning viser porevannsanalysene utført av Multiconsult i 2017 overskridelse av $PNEC_w$ (Predicted No Effect Concentration Water) for As (i snitt 5,6 ganger overskridelse av $PNEC_w$), Pb (5,9x), Zn (6,8x), TBT (212,5x), benzo(a)pyren (705,9x), samt flere andre PAH-forbindelser.

COWI undersøkte også konsentrasjoner i sjøvann i forbindelse med turbiditetsmålinger ved skipsanløp. Analysene viste at forurensningsgraden, i likhet med turbiditeten, bare i kort tid blir påvirket av skipsanløp. Det ble påvist spredning av enkelte metaller (Cu, Ni og Zn). PAH og PCB ble ikke detektert.

Det ble heller ikke påvist PAH og PCB i sedimentfellene. Her ble det derimot påvist Pb, Cu, Zn og Hg.

COWIs risikovurdering viser overskridelser av Trinn 1 grenseverdier for Pb, Cu, Hg, Zn, TBT, PCB og PAH, inkludert benzo(a)pyren. Videre viser Trinn 2 også risiko for spredning av miljøgifter og økologiske effekter fra sedimentene. Under forutsetning av at kostholdsrådet blir overholdt, viser beregningene ingen klar risiko for human helse, men foreliggende kunnskap om inntak av sjømat fra Pollen og innhold av miljøgifter i torsk, krabbe og blåskjell er for lav til å kunne fastslå dette med sikkerhet.

2.4 Vurdering av datagrunnlag

Resultater fra alle tidligere sedimentundersøkelser (2005-2017) er benyttet som grunnlag for tiltaksplanen. Prøvene representerer ulike sedimentdybder, hhv. 0-2 cm (2005-2012), 0-5 cm (2014) og 0-10 cm (2017). I 2012 ble det også utført analyser på dypere sjikt (2-5 cm, 5-10 cm og 10-11 cm; (14)). Prøver som representerer sjiktene 0-2 cm og 2-5 cm er inkludert i COWIs risikovurdering (5).

Prøvene som ble samlet inn mellom 2012 til 2017 (5; 14) består av en blandprøve fra 4 til 8 delprøver. Det er ukjent om sedimentprøvene fra 2005 (13) er blandprøver eller enkeltprøver.

Det er totalt analysert 8 sedimentprøver fra sjøbunnen i Pollen (grunnere enn kote -20). 2 prøver er tatt i 2017, og inngår derfor ikke i COWIs risikovurdering. Prøvepunkt A13 (13) ligger like utenfor tiltaksområdet og regnes ikke med i dette grunnlaget, men er inkludert i datagrunnlaget for risikovurderingen. Dette tilsvarer 1 analyse per 2100 m², noe som gir en tilfredsstillende prøvedekning iht. risikoveilederen (16). I følge veilederen kan hver prøve maksimalt representere et areal på 10 000 m² i områder grunnere enn 20 m vanddybde.

Datagrunnlaget vurderes som mangelfullt mht. vertikal utbredelse av forurensningen, da det foreligger kun 1 prøve fra Pollen (0-11 cm), samt 1 prøve (0-30 cm) på større dybde utenfor Pollen, ved ca. 28 m vanddybde (14).

Det er ikke foretatt undersøkelse under kaiene, og det er ukjent om det ligger finkornig, forurenset sediment der. Det anbefales å utføre en ROV- eller dykkerundersøkelse for å kartlegge sedimentutbredelsen under kaier.

Det er også ukjent om det ligger finkornige sedimenter i skråningene i ytre del av Pollen. En kartlegging ved hjelp av ROV eller av dykker kan resultere i at en får avklart at tiltaksbehovet i disse områdene er begrenset eller at det ikke er behov for tiltak.

Det er lagt til grunn at sedimentprøvene i øvrige deler av Pollen er representativ for evt. finstoff som befinner seg under kaiene og i skråningene, slik at ytterligere analyse av sedimentprøver ikke er nødvendig.

3 Miljømål

Ved fastsettelse av regionale og lokale miljømål i arbeidet med forurenset sjøbunn, må det tas hensyn til føringer som er gitt på nasjonalt plan. De nasjonale føringene er gitt gjennom stortingsmeldinger, forurensningslovverket og gjennom rammer for vannforvaltningen (Vannforskriften). Miljømålene vil være førende for både oppryddingstiltak og andre tiltak som ikke primært har til formål å rydde opp i forurensning (17).

3.1 Tilstand i henhold til Vannforskriften

EU har utarbeidet et Rammedirektiv for vann (Vanndirektivet) som gir konkrete miljømål som alle EU-/EØS-land er forpliktet til å nå. Hovedmålet med gjennomføringen er å sikre bærekraftig vannbruk i alt kystvann og vassdrag. Formålet med Vanndirektivet er at miljøtilstanden i alle elver, innsjøer, grunnvann og kystvann skal beskyttes mot forringelse, og om nødvendig forbedres eller

gjenopprettes (17). Forurensning skal fjernes og andre tiltak skal settes inn der det trengs for å styrke miljøtilstanden gjennom målrettede tiltak.

Vanndirektivet er implementert i norsk rett gjennom «Forskrift om rammer for vannforvaltningen», fastsatt ved kgl. res. 15.12.2006. Forskriften ansvarliggjør bl.a. kommunen til å utrede de nødvendige tiltak innenfor sitt område for å nå miljømålene om at vannforekomsten minimum skal oppnå god økologisk og kjemisk tilstand innen 2021.

I tiltaksprogrammet for vannregion Agder 2016-2021 (18) er Arendal havneområde beskrevet som ett av fire områder prioritert for oppfølging som følge av forurenset sjøbunn. De andre områdene er prosjektet Rene Listerfjorder, Kristiansandsfjorden og Vikkilen i Grimstad.

Pollen hører til vannforekomst Tromøysund-Arendal (ID 0120030203), som omfatter havneområdet øst for Strømmen, vest for Tromøybruen og nord for Pinneholmene. På grunn av påvist forurensning i sedimenter og biota, samt tilførsel av næringsstoffer, oppnår ikke vannforekomsten god økologisk eller kjemisk tilstand. Risikovurderingen for vannforekomsten viser at det er risiko for at miljømålet ikke oppnås innen 2021.

3.2 Overordnede miljømål Arendal kommune

Gjennom arbeidet i 2005 med tiltaksplan for Arendalsområdet ble det fastsatt et langsiktig miljømål (19):

«Bunnsedimentene i Arendalsområdet skal ikke være til hinder for utøvelse av rekreasjon og friluftsliv, fritidsfiske og –fangst, yrkesfiske og havnedrift.»

Det langsiktige miljømålet skal nås gjennom følgende delmål:

- Byområdet og småbåthavner: Identifisere og stoppe/minske kilder til forurensning.
- Byområdet og lokale utbygginger: Bunnsedimentene skal ha miljøgiftkonsentrasjoner lavere eller lik Klifs (nå Miljødirektoratets) tilstandsklasse II etter tiltak.
- Områder der tildekking ikke skal gjennomføres: Det skal observeres en gradvis nedgang i miljøgiftkonsentrasjoner.
- Hele området: Økt kunnskap om miljøgift i fisk og skalldyr skal gi grunnlag for differensiering, evt. fjerning, av kostholdsråd i fremtiden.

3.3 Forslag til operative tiltaksmål i Pollen

Arendal bystyre har i sin godkjenning av revidert tiltaksplan for Arendalsområdet vedtatt at bunnsedimentene skal ha en miljøgiftkonsentrasjon lik TK II eller lavere etter tiltak.

Miljødirektoratet anbefaler bruk av grenseverdien mellom TK II og III som mål der kilder er sanert, og vurderinger viser at denne klassegrense er hensiktsmessig å oppnå og kan forsvares ut fra kost/nyttevurderinger. I tilfeller hvor kildene ikke er stanset, og næring og industri skal kunne opprettholdes, anbefaler Miljødirektoratet at grenseverdien mellom TK III og IV benyttes som tiltaksmål (16).

Områdene rundt Pollen er i stor grad regulert til forretning, kontor, bolig og trafikkareal. Selve Pollen er regulert til småbåthavn og trafikkareal for sjøverts trafikk. Undersøkelser med bl.a. sedimentfeller og prøvetaking av sandfangkummer har vist at det var tilførsel av forurensning, bl.a. med overvann, overløp, elveutløp, biltrafikk, båtvirksomhet og diffus forurenset grunn og sediment. Noe tilførsel vil det trolig fortsatt være, selv om det både er utført og planlegges tiltak for å begrense dette.

Grenseverdi mellom TK II og III er et ambisiøst mål som setter store krav til tiltaksgjennomføring, både på land og i sjø, og videre overvåking av miljøtilstanden.

Et oppryddingstiltak vil bety at størsteparten av tiltaksarealet tilfredsstillers TK II eller bedre på kort sikt. Et alternativt tiltaks mål kan derfor være at overflatesedimentene i Pollen skal tilfredsstillers TK II i inntil fire uker etter avsluttet tildekking. På sikt forstås det at det tillates maksimum TK III.

Arendal bystyre vedtak gjelder metaller og organiske miljøgifter som listet opp i minimumslisten for analyser av sedimenter (17). Vi anbefaler at tiltakets suksess måles etter minimumslisten gitt i M-350 Veileder for håndtering av sedimenter (17) foruten TBT og Cu, d.v.s. metaller (Pb, Cd, Cr, Hg, Ni, Zn) og organiske miljøgifter (PCB og PAH).

Arendalsområdet er et av 17 prioriterte områder i regjeringens handlingsplan for forurenset sjøbunn. Til nå er det ryddet helt eller delvis opp i flere større havner, bl.a. Kristiansand, Oslo, Drammen, Trondheim, Honningsvåg, Stamsund, Tromsø og Harstad. Erfaringen fra flere gjennomførte oppryddingsprosjekter viser at sjøbunnen fremdeles er sterkt forurenset av bl.a. TBT og Cu etter tiltak (20; 21; 22). Dette indikerer at man ennå ikke har kontroll over kildene til TBT i det marine miljøet. Miljødirektoratet mener derfor at det i svært mange tilfeller er liten nytte i å gjennomføre sedimenttiltak kun på bakgrunn av TBT (16). Av den grunn har ikke TBT vært en av de prioriterte miljøgiftene i noen av de gjennomførte oppryddingsprosjektene. Store mengder TBT og Cu vil likevel bli tatt ut av sirkulasjon dersom det gjennomføres tiltak rettet mot de øvrige miljøgiftene.

TBT har i hovedsak vært benyttet til tre- og tekstilimpregnering og som antibegroingsmiddel i bunnstoff. Det ble vedtatt et internasjonalt forbud mot ny påføring av TBT-holdig bunnstoff fra 2003, og fra 2008 skulle stoffet enten fjernes helt eller males over.

Cu har erstattet bruk av CCA (Cr, Cu, As) og kreosot (PAH) til treimpregnering, samt TBT i bunnstoff. Cu blir også benyttet i impregneringsmidler for oppdrettsnøtter for å redusere vekst eller begroing av planter, alger og dyr. I tillegg brukes Cu i en rekke andre produkter, for eksempel elektronikk, ledninger, rør og kabler. Cu er ikke lenger på Miljødirektoratets sin liste for prioriterte miljøgifter og er heller ikke prioritert i Vanndirektivet eller Vannforskriften.

Tabell 3-1 gir en oversikt over hvilke miljøgifter som var påvist i TK IV og V før tiltak, og hvilke miljøgifter som ble prioritert under opprydding i fem norske havner (Horten og Hammerfest planlagt utført i 2018-2019). Cu og TBT er påvist i flere havner hvor det har vært utført eller planlegges oppryddingstiltak. For alle, unntatt prosjektet Renere havn i Trondheim og Ren havn Honningsvåg, er TBT og Cu utelatt som tiltakets prioriterte miljøgifter.

Tabell 3-1 Oversikt over påviste og prioriterte miljøgifter i gjennomførte og planlagte oppryddingsprosjekter.

Sted	Påviste miljøgifter i kl. IV-V før tiltak	Prioriterte miljøgifter i tiltaket
Tromsø (2010-2012)	PAH ₁₆ , PCB ₇ , TBT, Hg, Cu	PAH ₁₆ , PCB ₇
Harstad (2012-2014)	PAH ₁₆ , PCB ₇ , TBT, Hg, Cu	PAH ₁₆ , PCB ₇ , Cd, Pb, Hg
Honningsvåg (2010-2011)	PAH ₁₆ , TBT, Pb, Hg, Cu, Zn	PAH ₁₆ , PCB ₇ , TBT
Trondheim (Kanalen, Brattørbassenget, Nyhavna, 2015-2016)	PAH ₁₆ , PCB ₇ , TBT, As, Pb, Cd, Hg, Cu, Ni, Zn	PAH ₁₆ , benzo(a)pyren, PCB ₇ , Cd, Pb, Hg, Cu
Horten (2018-2019)	PAH ₁₆ , PCB ₇ , TBT, Pb, Hg	PAH ₁₇ , PCB ₇ , Pb, Hg
Hammerfest (2018-2019)	PAH ₁₆ , PCB ₇ , TBT, Pb, Hg, Cu	PAH ₁₆ , PCB ₇ , Pb, Hg

4 Vurdering av mulige tiltak

4.1 Nullalternativet

Nullalternativet forutsetter naturlig forbedring av sedimentene. Sedimentkonsentrasjonene målt i 2017 er lavere enn det som er målt tidligere, unntatt for Cu og Pb. Det er usikkert om dette skyldes en faktisk bedring i forurensningssituasjonen, lokale variasjoner eller fortykning som følge av ulikt prøveintervall (tidligere 0-2 og 0-5 cm, mot 0-10 cm i 2017). Hvis man sammenligner snittet i prøvene ser man at snittverdien er relativ lik, noe som indikerer at det ikke har vært en bedring i forurensningssituasjonen.

Analyser av kjerneprøver utført av NIVA i 2012 (14) viste en svak forbedring i Hg-, PAH- og PCB-nivåer i Pollen i nyere sedimenterte masser (0-5 cm) enn i dypere liggende sjikt (5-15 cm). Gjennomsnittlig sedimentasjonsrate i havneområdet utenfor Pollen ble beregnet til 2,1 mm/år. NIVA estimerer at hvis forbedringen fortsetter i samme tempo vil det kunne ta 26 og 63 år før TK II nås for henholdsvis PCB₇ og PAH₁₆. Når det gjelder metallene hadde alle undersøkte metaller (Cd, Hg, Pb), unntatt Cu, lik eller økende konsentrasjon nedover i sedimentene. Høyest forurensningsgrad av Cu ble derimot funnet i de øverste 0-2 cm og de nederste 10-11 cm, og det tyder på at tilførselen kan ha økt de siste årene. Dette kan relateres til TBT-forbudet og den økte bruken av Cu i bunnsmurning.

NIVA undersøkte også innholdet av Cd, Cu, Pb, Hg, PCB₇ og PAH₁₆ i suspenderte partikler (TSM), og fant, for alle forbindelser foruten PCB₇, høyere konsentrasjoner i TSM enn i sedimentene for alle forbindelsene. De suspenderte partiklene består trolig av partikler tilført fra land, partikler dannet i vannmassene (mikroalger) og resuspenderte partikler forårsaket av propellersosjon. At resuspensjon fra sedimentene som følge av propellersosjon er en viktig kilde til partikkelspredning, er også bekreftet av COWIs undersøkelser av materiale fra sedimentfeller og sjøvannsprøver ved skipsanløp (5).

Resultatene viser at det trolig foregår en naturlig forbedring for de fleste forbindelsene i Pollen, men det vil ta lang tid før TK II er nådd. For Cu vil man ikke kunne nå TK II, som følge av ny tilførsel. I mellomtiden er det risiko for spredning av både løste og partikkelbundne miljøgifter fra sedimentene slik de nå ligger. Dette er ikke forenelig med Arendal kommunes miljømål, og nullalternativet anses ikke som en aktuell løsning for Pollen.

4.2 Mudring

Mudring innebærer å fjerne masser fra sjøbunnen, og transportere og deponere de en annen plass. Mudring, transport og disponering må utføres med en skånsom metode som ikke medfører spredning av forurensning og partikler over toleransegrensen til omkringliggende områder. Denne typen tiltak setter store krav til overvåking og kontroll i gjennomføringsfasen.

Mudrede masser må transporteres til godkjent deponi. Dette kan for eksempel være strandkantdeponi etablert for formålet, et sjøbunnsdeponi eller allerede etablerte deponier som Langøyene. Mudrede masser vil inneholde store mengder vann som må håndteres før transport til godkjent deponi, eksempelvis ved hjelp av et avvanningsbasseng eller annen filtrering.

Sedimentene i Pollen har et vanninnhold på 29-77 %. Ved mudring vil vanninnholdet øke, og ved bruk av for eksempel sugemudring kan vanninnholdet øke opp til ca. 90 %. Mudring setter derfor store krav til tilgjengelige områder og effektive filtreringsløsninger.

Det er ikke store nok områder tilgjengelig ved Pollen eller i Arendal sentrum for å håndtere verken avvanning eller deponering, så massene må transporteres til områder utenfor Arendal sentrum for behandling før eventuell transport til deponi.

Forurensningens vertikale utbredelse er ukjent, da det ikke er analysert på prøver fra dypere transekt enn ca. 10 cm ned i sjøbunnsedimentene. Det er påvist miljøgifter ned til minst 30 cm utenfor Pollen og minst 11 cm i Pollen (14). Det er derfor stor usikkerhet knyttet til hvor dypt det må mudres for å tilfredsstillende tiltaksmålene.

Mudring av forurensede sedimenter er hovedsakelig aktuelt i de tilfeller hvor det er behov for økt seilingsdyp og/eller sedimentene har en svært høy forurensningsgrad. Dette er ikke tilfellet i Pollen. Mudring vurderes derfor ikke som et aktuelt tiltak her.

4.3 Tildekking

Tildekking av forurensede sedimenter skal hindre utlekking av miljøgifter og hindre bunnlevende organismer i å komme i kontakt med de underliggende sedimentene. Metodikken er blitt benyttet i mange oppryddingsprosjekter i Norge, for eksempel i Harstad, Trondheim, Sandefjord og Horten, og er bl.a. planlagt brukt i Hammerfest.

Det skilles mellom isolering av den forurensede sjøbunnen og tynnsjiktstildekking. Isolering av sjøbunnen innebærer fullstendig tildekking av sjøbunnen med et lag masser som motstår erosjon, reduserer diffusjon og adveksjon og hindrer at bunnlevende organismer graver seg ned i de opprinnelige massene slik at de blandes inn i tildekkingslaget (bioturbasjon). Slike tildekkingslag blir normalt designet med 30-50 cm tykkelse, men kan også designes med mindre eller større mektighet, avhengig av de stedlige forholdene. Her vil det bl.a. være av betydning hvor erosjonsutsatt området er mtp. bølger, strøm og propellpåvirkning.

Tynnsjiktstildekking består av et tildekkingslag på 2-15 cm tykkelse, og benyttes hovedsakelig hvor det er store områder som skal tildekkes eller i områder hvor verdifullt biologisk mangfold vil utradere ved bruk av konvensjonell tildekking. Et tynnsjiktstag er utsatt for bioturbasjon, diffusjon og adveksjon av løste miljøgifter, utlekking av porevann og spredning av forurensede partikler gjennom tildekkingslaget. En tynnsjiktstildekking kan derfor sies å være en framskynding av naturlig remediering, framfor isolering av miljøgifter. Aktive materialer, eksempelvis aktivt kull, med absorberende egenskaper, kan derfor vurderes som en bestanddel i et tynnsjiktstag. En tynnsjiktstildekking er svært sårbar for erosjon, og ikke egnet i områder med fare for erosjon pga. bølger, strøm eller propelloppvirvling.

Det er gjort forsøk med tynnsjiktstildekking både med og uten bruk av aktivt kull i bl.a. Trondheim (Renere havn) og Grenlandsfjordene (Opticap, THINC og Carbocap). Resultater fra forsøk med tynnsjiktstildekking uten aktive materialer viser at lagets isolerende effekt kan reduseres over tid. Overvåking av tynnsjiktstag med aktivt kull viser derimot at effekten øker over tid, som følge av at bioturbasjon øker kontakten mellom sedimentet og tildekkingsmaterialet, men foreløpig er erfaringene fra metoden for begrenset til å konkludere på den langsiktige effekten (23).

Andre forsøk viser at det er indikasjoner på at aktivt kull kan hindre reetablering av organismer i områder som er tildekket med slike materialer, og at det dermed bør brukes med forsiktighet i områder med verdifullt biologisk mangfold (23; 24).

Foreløpige erfaringer med bruk av tynnsjiktstildekking indikerer at aktive materialer kan ha god effekt for å redusere utlekking fra sedimentene, men det kan tid før effekten er målbar. Tynnsjiktstildekking stiller store krav til tiltaksgjennomføring og nøyaktighet ved utlegging av materialet.

Arendal havn ønsker å tildekke med skjellsand i deler Pollen, av estetiske hensyn. Skjellsand har lav egenvekt og høy permeabilitet, og det må påregnes erosjon og transport ved båtanløp.

Dersom den forurensede sjøbunnen tildekkes med aktivt kull før utlegging av et topplag med skjellsand, er det usikkert om det aktive kullet over tid vil migrere gjennom skjellsandlaget og legge seg i svarte lag over den hvite skjellsanden. Ved bruk av aktivt kull bør i så fall de ulike lagene adskilles med bruk av geotekstil eller lignende.

4.4 Oppsummering – anbefalt tiltaksløsning

Siden det ikke stilles krav til seilingsdyp anses tildekking som det mest aktuelle tiltaket i Pollen. Dette vil være de mest kostnadseffektive tiltaket, spesielt da det ikke vil være behov for deponiløsning.

Konvensjonell tildekking anses som den sikreste og rimeligste tiltaksmetoden, og videre prosjektering og kostnadsberegning er basert på denne tiltaksmetoden. Det er i tillegg oppgitt kostnader for tynnsjiktstildekking med bruk av aktive materialer, se kap. 8.3.

5 Prosjektering av tildekkingslag

5.1 Krav til tildekkingsmasser

Tildekkingsmassene må tilfredsstillende krav gitt i Miljødirektoratets veileder M-411/2015 Testprogram for tildekkingsmasser (25). Dette innebærer bl.a. vurderinger om permeabilitet og filteregenskaper, egenvekt, materialets effekt på organismer og kjemisk karakterisering. Potensial for rekolonisering, egenvekt og kjemisk karakterisering må vurderes for det spesifikke tildekkingsmaterialet som skal benyttes. Ved endelig valg av tildekkingsmateriale skal krav til kjemisk karakterisering og fysiske egenskaper dokumenteres, jf. M-411.

Tildekkingsmassene må ha tilstrekkelig permeabilitet for å hindre oppbygging av porevann og gassdannelse, og ha gode filteregenskaper for å hindre utvasking av finstoff. Dette sikres ved å hensynta følgende relasjon:

$$2 * d_{15(sediment)} < d_{15(filter)} < 5 * d_{85(sediment)}$$

Hvor $2 * d_{15(sediment)} < d_{15(filter)}$ skal sikre tilstrekkelig permeabilitet i filterlaget, mens $d_{15(filter)} < 5 * d_{85(sediment)}$ skal sikre mot utvasking av finstoff.

Tabell 5-1 viser orienterende verdier for kornstørrelser for aktuelle tildekkingsmaterialer.

Det har vist seg vanskelig å få opp prøvemateriale fra skråningene siden de trolig består av hard, steinete bunn. Dette kommer også frem på bunnkartlegging utført av Agder Dykk i 2017. De prøvetatte sedimentene i Pollen karakteriseres som siltig sand med et finstoffinnhold (partikler med diameter mindre enn 0,063 mm) fra 5,8 til 59 % TS. Undersøkelser viser også at sedimentene i indre del av Pollen er noe erosjonspåvirket, med sand og grus i overflaten. Siden det ikke foreligger siktekurver, er sedimentenes d_{15} og d_{85} ukjent, men antas å ligge innenfor verdiene oppgitt for ensgradert til velgradert sand i Figur 5-1. Egnede filterlag skal ifølge tabellen ha følgende kriterier: $0,08 \text{ mm} < d_{15(filter)} < 30 \text{ mm}$ (sand/grus).

Tabell 5-1 Typiske kornstørrelser for aktuelle materialer ved tildekking av forurensede sedimenter (tabell 1 i M-411/2015).

Forurenset sediment			Egnet tildekkingsmateriale		
Forurenset sediment	Kornstørrelse d_{15} , (mm)	Permeabilitet k , (m/s)	Kornstørrelse d_{85} , (mm)	Kornstørrelse d_{15} , (mm)	Beskrivelse, i tilfelle bruk av ensgradert materiale
Siltig leire	< 0.002	$10^{-8} - 10^{-11}$	0.006	< 0.004 - 0.03	Middels til grov silt
Ensgadert silt	0.004	Ca. 10^{-7}	0.02	0.008 - 0.1	Middels silt til fin sand
Velgradert silt	0.006	Ca. 10^{-6}	0.1	0.012 - 0.5	Grov silt til middels sand
Ensgadert sand	0.08	Ca. 10^{-5}	0.2	0.08 - 1	Middels til grov sand
Velgradert sand	0.08	Ca. 10^{-5}	6	0.08 - 30	Middels sand til grov grus

5.2 Skjellsand som tildekkingslag

Arendal havn har fremmet ønske om bruk av skjellsand som et estetisk virkemiddel i Pollen. Naturlig skjellsand kommer ofte i fraksjonen 0-8 mm. Basert på beregnede verdier av propellstrøm ved anløp og buksering av båter fra lignende forhold, forventes propellstrøm i indre og ytre del av Pollen å være så kraftig at skjellsand vil transporteres og man risikerer erosjon av tildekkingslaget. Indre del av Pollen er riktignok avgrenset på 3 sider, noe som vil bidra til at skjellsanden ikke transporteres like lett ut av området.

Det har vært foreslått bruk av duk over de forurensede sedimentene og skjellsand på toppen. Duk bør ikke benyttes i skråning og ved oppstikkende fjell og stein siden det da er fare for strekk og brist, samt at man lager en glideflate. Siden skjellsand er så utsatt for transport og erosjon, vil en slik løsning kreve kontinuerlig overvåking og trolig hyppig tilførsel av ny skjellsand. I mellomtiden vil underliggende duk og sedimenter ligge utildekket. Bruk av duk og skjellsand som tildekkingslag vil være beheftet med stor usikkerhet sammenlignet med bruk av masser med bedre erosjonsmotstand.

Vi kan derfor ikke anbefale bruk av skjellsand som tildekkingsmasser alene, men skjellsand kan legges på toppen av erosjonslaget for å oppnå den visuelle effekten. Skjellsanden vil dermed ikke være en del av det funksjonelle tildekkingslaget.

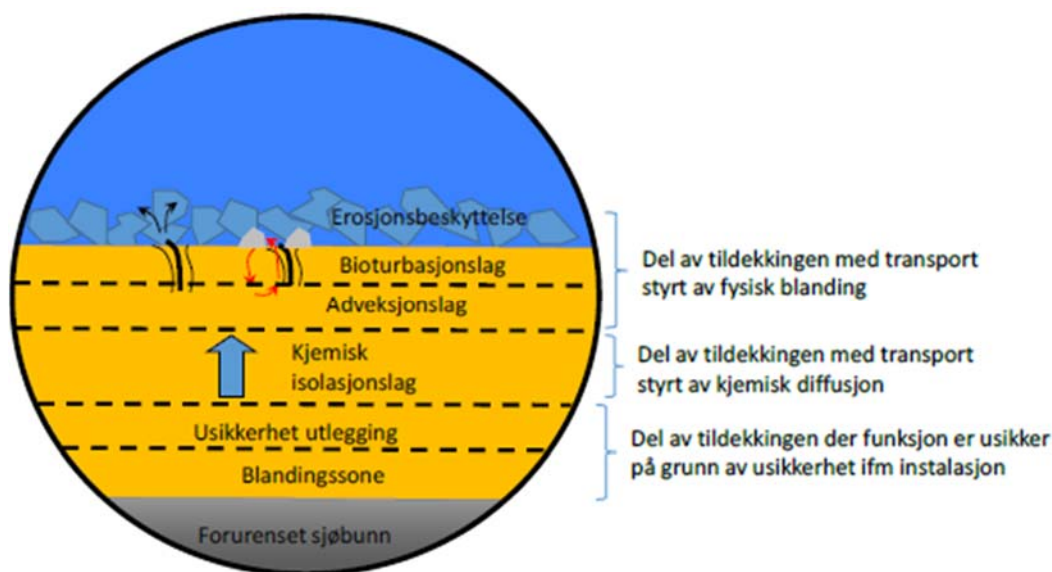
Faktiske strømforhold i Pollen er ikke målt, og det er derfor usikkert hvor hyppig det vil være behov for tilførsel av ny skjellsand.

Vi vil i denne sammenhengen presisere at skjellsand ikke skal hentes fra forekomster hvor det er registrert stillehavsøsters.

5.3 Beregning av tildekkingslagets mektighet

5.3.1 Generell oppbygging av tildekkingslag

Tildekking av forurensede sedimenter gjøres for å hindre spredning av miljøgifter til vannet eller organismene som lever på sjøbunnen. Et tildekkingslag skal motstå erosjon, redusere diffusjon av miljøgifter og utlekking som følge av bølger og vannstrøm (adveksjon), og hindre at bunnlevende organismer graver ned i de opprinnelige massene. Utleggingen må også ta høyde for usikkerhet i effekt, og innblanding i opprinnelige sedimenter og spredning ved utlegging. Ofte kan mektigheten reduseres ved at to eller flere lag slås sammen dersom et lag kan ivareta funksjonen til et annet lag. Prinsippskisse for oppbygging av tildekkingslaget er vist i Figur 5-1.

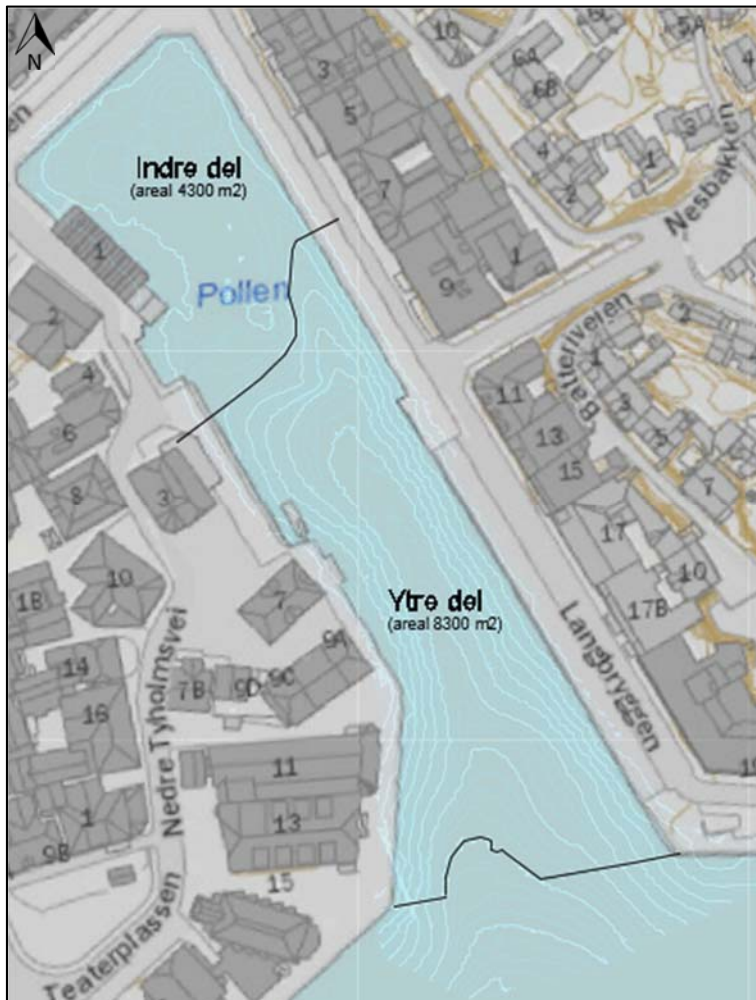


Figur 5-1 Prinsipp for oppbygging av tildekkingslag (utsnitt fra NGI-rapport 20160682-01-TN Tildekking i Stavanger havn Vurdering av stedlige masser og tildekkingsmasser).

5.3.2 Erosjonsbeskyttelse

For å unngå erosjon av tildekkingslaget må kornstørrelse i tildekkingslaget dimensjoneres for å motstå påvirkning av vannstrøm og propellpåvirkning. Pollen ligger beskyttet mot vær og vind, og det er liten tidevannsforskjell langs denne delen av norskekysten. Det antas derfor at det er propellstrøm fra bukserende båter som vil ha størst fysisk påvirkning på tildekkingslaget. Det er hastighetsbegrensning på 4 knop i Pollen.

Behov for erosjonsbeskyttelse er vurdert separat for indre og ytre del av Pollen, siden områdene blir brukt av ulike båttypene og har ulike dybdeforhold, se delområder i Figur 5-2. Erosjonslagets mektighet estimeres ved å multiplisere d_{50} med en faktor på 3 dersom erosjonssikringslagets d_{50} er <100 mm (26). Dette gjøres for å sikre at erosjonssikringslaget har tilstrekkelig mektighet til å tolerere noe transport i overflaten.



Figur 5-2 Avgrensning mellom indre og ytre del av Pollen av hensyn til behov for erosjonssikring. Avgrensning følger kote -6.

Indre del av Pollen

Dybden i indre del av Pollen varierer mellom kote -2 (NN2000) innerst ved kaikant og ned til kote -6 i sentrale deler. Indre del av Pollen er som følge av dybden forbeholdt fritidsbåter og mindre fiskefartøy som anløper gjestebryggen og fiskehallen i Nedre Tyholmsvei 1. Sedimentundersøkelser i indre del av Pollen viser at sedimentene består av siltig sand med noe grus i overflaten.

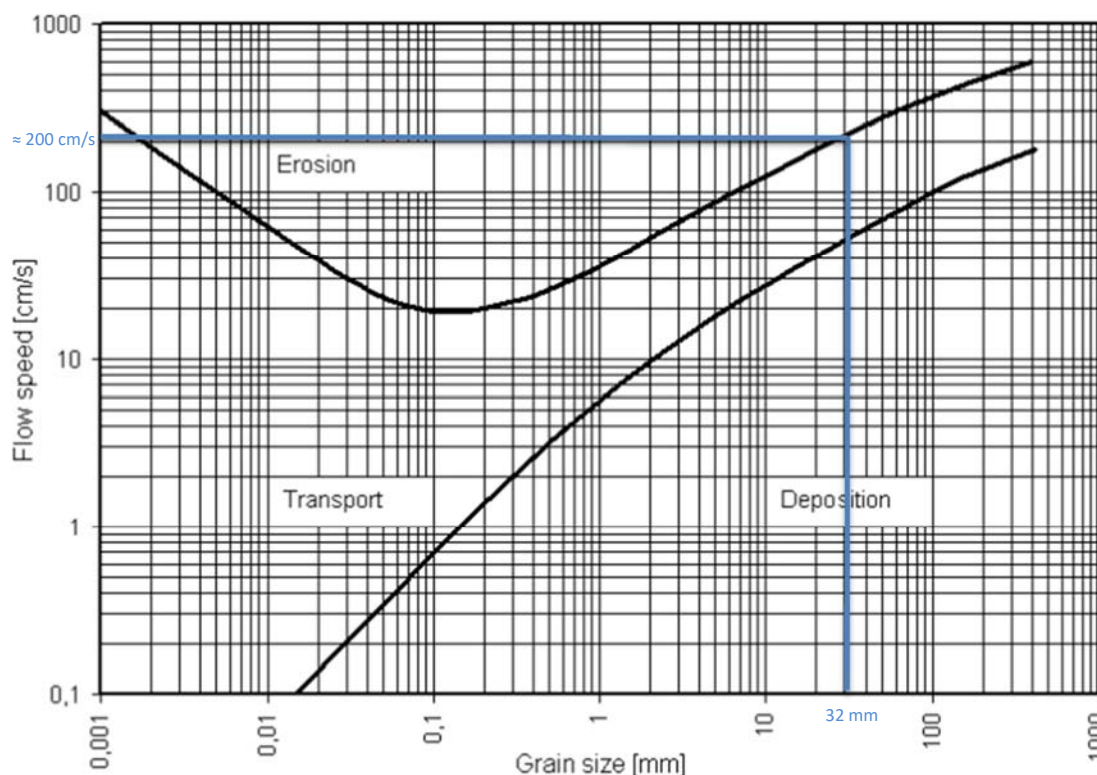
I oppryddingsprosjektet Ren Harstad havn ble fraksjon 0/32 mm ($d_{15} = 0,75$ mm, $d_{50} = 11$ mm, $d_{85} = 30$ mm) benyttet som erosjonsbeskyttelse ved varierende dybder mellom 0 og -7 m (sjøkartnull) ved Harstad Marina i Harstadbotn. Overvåking henholdsvis 1 og 2 år etter at tiltaket ble avsluttet viser at tildekkingslaget i småbåthavna er intakt (27). SINTEFs modellering i oppryddingsprosjektet Renere havn i Trondheim viste at en seilbåt (Delphia 40 e.l.) kan forårsake en bunnstrøm opp til 0,4 m/s ved 70 % motorpådrag (ca. 3 meter over bunnen). Ved en slik påvirkning må d_{50} være større enn 0,5 mm for å unngå suspensjon. For en noe større fritidsbåt (Princess 52 e.l.) er indusert bunnstrøm beregnet til 0,9 m/s ved 39 % motorpådrag (ca. 4,5 meter over bunnen). Ved en slik påvirkning må d_{50} være større enn 3 mm for å unngå suspensjon. I prosjektet Renere havn i Trondheim ble fraksjon 0/8 mm benyttet som filterlag og erosjonsbeskyttelse i Kanalen (ca. -3,5 m (sjøkartnull)).

Siden det er vanskelig å forutsi effekten av motorpådrag ved buksering av anløpende fritidsbåter, bør erosjonssikringslaget overdimensjoneres noe. På bakgrunn av dette vurderes det som nødvendig med en største korndiameter som kan motstå erosjon ved bunnstrømmer mellom 1 til 2 m/s.

Hjulstrøms diagram i Figur 5-3 gir en indikasjon på transport og erosjon ved økende strømhastighet ved bunnen. Diagrammet viser at en kornstørrelse 10 mm kan eroderes ved ca. 1 m/s. For partikler med korndiameter på ca. 30 mm forventes det først erosjon ved ca. 2 m/s. Ut fra dette kan fraksjon 0/32 mm eller lignende ha akseptabel erosjonsmotstand.

Dersom finstoffinnholdet tilfredsstillende kravene til filtrering og permeabilitet ($0,08 \text{ mm} < d_{15(\text{filter})} < 30 \text{ mm}$) kan fraksjon 0/32 eller lignende også være egnet som filterlag. Dette er en lett tilgjengelig fraksjon som er mye brukt blant annet i veibygging.

Beregnet mektighet på erosjonslaget er ca. 3 cm ($3 \cdot d_{50}$), men siden dette laget også skal ivareta funksjonen som bioturbasjonslag settes mektigheten til minimum 10 cm.



Figur 5-3 Hjulstrøms diagram med kornstørrelse på x-akse og strømshastighet på y-akse. Strømshastighet hvor det forventes erosjon av masser med korndiameter 32 mm er markert i blått.

Ytre del av Pollen

Ca. 50 meter fra den innerste delen av Pollen øker vanddybden raskt. Sjøbunnen i ytre del av Pollen har skråninger på tre sider som raskt faller fra ca. kote -2/-4 under kaiene til ca. kote -14 (NN2000). Derfra faller sjøbunnen slakt ned mot kote -20. Tiltaksområdet avgrensnes mot sør ved kote -20, se også Figur 5-2. Sedimentene er beskrevet som siltige sandmasser med finstoffinnhold mellom 15 og 39 % TS. Skråningene er beskrevet som harde og det har ikke vært mulig å få tatt sedimentprøver med grabb i dette området.

Kaiene på vestsiden av Pollen er forbeholdt charter- og rutebåter som MS Nidelv og MF Merdø (dypgående ca. 1 m), mens østsiden (Langbryggen) er forbeholdt gjesteanløp og anløpes ved spesielle anledninger av større fartøy som eksempelvis kongeskipet KS Norge og skoleskipet MS Sjøkurs (dypgående 4,9 m, propelldybde 4,5 m, propelldiameter 2,25 m, motoreffekt 2177 kW).

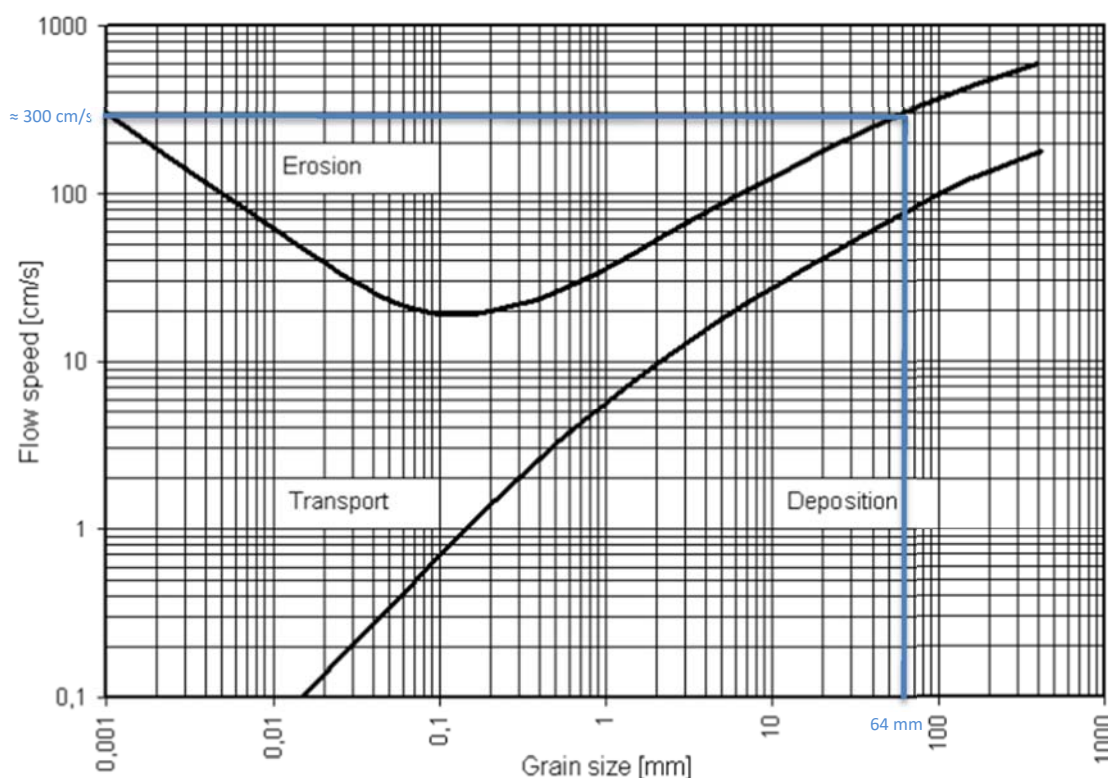
Modellering utført av SINTEF for prosjektet Renere havn i Trondheim med lastebåten MV Nordvåg (dypgående 5,2 m, propelldybde 3,4 m, propelldiameter 2,5 m, motoreffekt 2237 kW) ved kote -8

benyttes som eksempel for vurdering av erosjonssikring (28). Ved 30 % pådrag er det modellert en bunnstrøm på 1,5 m/s. Ved høyt pådrag er modellert bunnstrømmen på like under 2 m/s. Ved slike strømhastigheter viser modelleringene at minste d_{50} som motstår erosjon er henholdsvis 7 og 14 mm.

I forbindelse med tildekking av forurensede sedimenter i Bangavågen, Stavanger, har NGI beregnet at erosjonssikringslaget må bestå av masser med $d_{50} = 30$ mm (inkludert usikkerhetsfaktor på 1,5) ved en dimensjonerende strømhastighet på 1,5 m/s (26).

Basert på dette kan eksempelvis fraksjon 0/64 mm eller lignende fraksjoner ha akseptabel erosjonsmotstand. Hjulstrøms diagram viser at partikler med korndiameter på 64 mm kan motstå erosjon opp til ca. 3 m/s, se Figur 5-4. Erosjonslaget må ha en mektighet på minimum 10 cm.

Fraksjon 0/64 vil inneholde forholdsvis lite finstoff, og bruk av kun denne fraksjonen vil medføre risiko for utvasking av underliggende sedimenter. Tildekkingslaget i ytre del av Pollen må derfor bygges opp av to fraksjoner. Den nederste fraksjonen, som skal ivareta filterfunksjonen, kan bestå av finere sand/grus, eksempelvis 0/4, 0/8, 0/16 eller 0/32. For et tildekkingslag bygget opp av et filterlag og et erosjonssikringslag vil relasjonen $d_{15}(\text{erosjonssikringslag}) < 5 * d_{85}(\text{filterlag})$ (nærmere beskrevet i avsnitt 5.1) hindre utvasking av finstoff fra filterlaget.



Figur 5-4 Hjulstrøms diagram med kornstørrelse på x-akse og strømshastighet på y-akse. Strømshastighet hvor det forventes erosjon av masser med korndiameter 64 mm er markert i blått.

5.3.3 Bioturbasjonslag

Dyr som lever i sedimentene kan føre med seg forurensede sedimenter opp til overflaten og dermed bidra til å spre miljøgifter. Det biologisk aktive laget strekker seg normalt ikke dypere enn 10 cm (17), og bioturbasjonslaget prosjekteres derfor til 10 cm.

5.3.4 Adveksjonslag

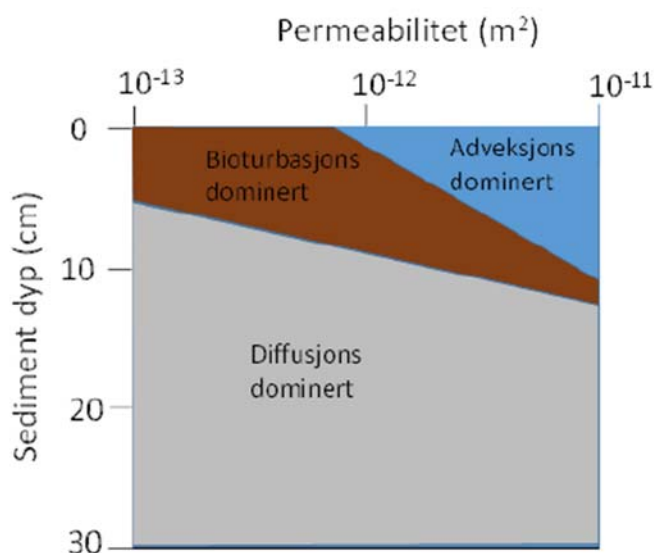
Trykkforskjeller som følge av strømmende vann over tildekkingsmassene kan medføre vannstrøm og transport av forurensede partikler opp gjennom tildekkingslaget. Dette kalles adveksjon.

Adveksjonslagets formål er å redusere vannstrømmen slik at den ikke påvirker det underliggende isolasjonslaget. Normalt er kun de øverste 10 centimeterne som vil være påvirket av adveksjon, se Figur 5-5. Forutsatt at tildekkingslagets øverste lag er ensartet, dvs. at erosjons- og bioturbasjonslaget ikke består av masser med betydelig høyere permeabilitet enn filterlaget, kan adveksjonslagets funksjon dekkes av erosjons- og bioturbasjonslaget.

I indre del av Pollen er det beskrevet bruk av samme type masser for alle lag i tildekkningen. Den øvre delen av tildekkingslaget vil derfor også kunne ivareta formålet for adveksjonslaget. Erosjonslag, bioturbasjonslag og adveksjonslag skal derfor ha en samlet mektighet på min. 10 cm i indre del, jf. Tabell 5-2.

I ytre del av Pollen er det beskrevet et eget erosjonssikringslag bestående av fraksjon 0/64 mm eller lignende, over filtermasser bestående av en finere fraksjon (eks. 0/32). Fraksjon 0/64 vil ha høy permeabilitet sammenlignet med filtermassene, og vil derfor ikke bidra til å redusere adveksjon i like stor grad som finere fraksjon. På bakgrunn av dette prosjekteres det et eget adveksjonslag mellom erosjonssikringslag/bioturbasjonslag og underliggende filterlag (isolasjonslag og innblandingslag). Siden beregninger av isolasjonslag viser at det kun er behov for opptil 2 cm mektighet på isolasjonslaget, anses denne sammenslåingen som akseptabel.

Adveksjonslaget bygges opp av samme type masser som ellers av filterlaget, jf. Tabell 5-3.



Figur 5-5 Oversikt over mekanismer for utlekking fra forurenset sediment (fra Huettel and Webster 2001, og referanser i denne).

5.3.5 Kjemisk isolasjonslag

Diffusjon er en fysisk prosess som innebærer transport fra et sted med høy konsentrasjon til et sted med lavere konsentrasjon, drevet av molekylers egentransport i et forsøk på å utligne konsentrasjonsforskjellene.

Det kjemiske isolasjonslaget skal hindre diffusjon av miljøgifter fra sedimentene. Mektigheten på isolasjonslaget må dimensjoneres slik at laget skal oppfylle kravene også etter at bindingskapasiteten

er oppbrukt. Beregningene er utført ved hjelp av en analytisk modell utviklet av David Lampert og Danny Reible ved Texas Tech University (29). Regnearket er lastet ned fra <https://www.depts.ttu.edu/ceweb/groups/reiblesgroup/downloads.html>. Regnearket beregner konsentrasjonen av en gitt miljøgift ved ønsket dybde i et isolasjons- og bioturbasjonslag. Beregningen tar utgangspunkt i porevannskonsentrasjonen. Forutsetning som lagtykkelse endres deretter til den beregnede konsentrasjonen ligger under ønsket nivå, som i dette tilfellet er grenseverdien mellom tilstandsklasse II og III. Det er lagt inn en forutsetning om et bioturbasjonslag med 10 cm mektighet.

Analyser viser at porevannskonsentrasjonen av As, Pb, Zn, flere PAH-forbindelser og TBT overskrider $PNEC_w$. Under forutsetning av et bioturbasjonslag på 10 cm, viser regneverktøyet at nødvendig tykkelse på isolasjonslaget er ≤ 2 cm. Beregningen basert på PAH16-forbindelsen benzo(a)antracen viser behov for 2 cm mektighet på isolasjonslaget, mens beregninger for forbindelsene fluoranten, pyren, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten og benzo(a)pyren og TBT resulterer i behov for 1 cm tykkelse på isolasjonslaget. For øvrige forbindelser viser beregningene at det ikke behov for isolasjonslag.

Isolasjonslagets mektighet settes likevel til minimum 10 cm for å ta høyde for usikkerheter ved prøvegrunnlag og beregningsverktøy. Se vedlegg A for resultater fra beregningene.

5.3.6 Blandingslag

Ved utlegging vil massene blande seg med de underliggende sedimentene i en sone som tilsvarer maksimum 2-3 ganger største korndiameter. Det prosjekteres derfor et blandingslag på 10 cm for å ta høyde for dette.

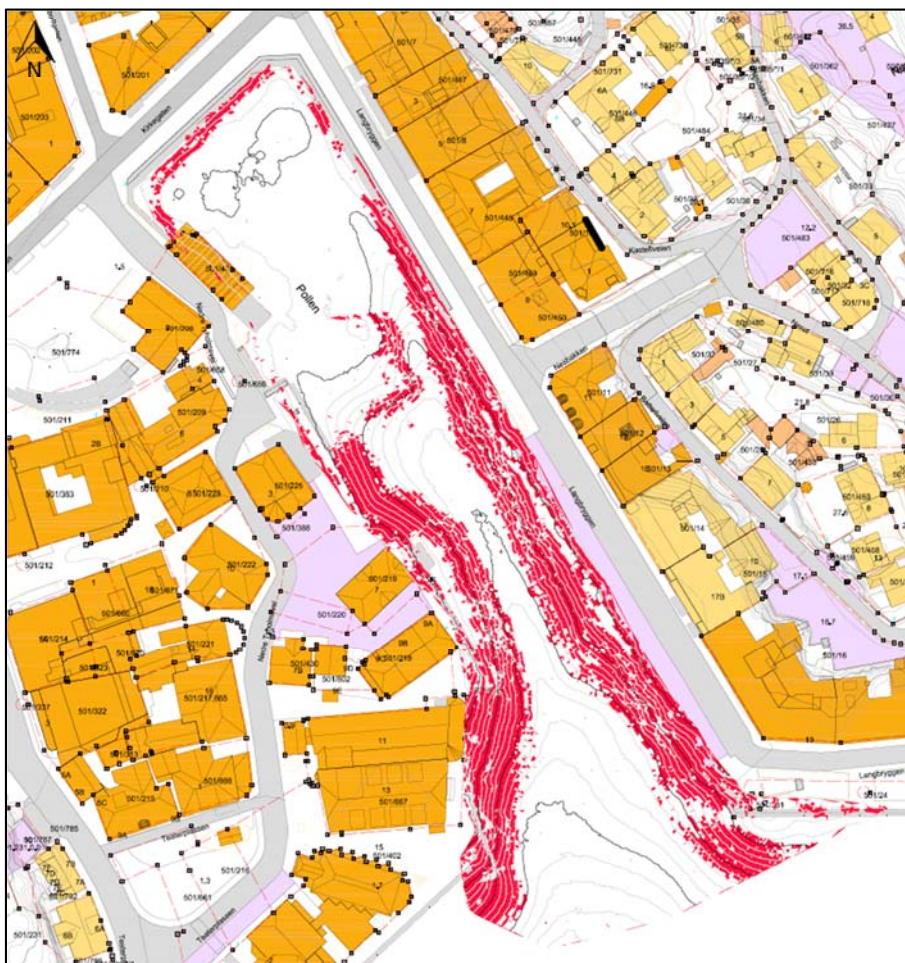
5.4 Skråningsstabilitet

Multiconsult har vurdert skråningsstabiliteten til et tildekkingslag i Pollen, se vedlegg B Multiconsult notat 418803-RIG-NOT-001.

Sjøbunnen i Pollen faller ut mot midten og sørover ut av bukten. I den ytre delen av Pollen er det stedvis registrert helning over 40° . Friksjonsvinkelen til løst lagret sand ligger erfaringsmessig rundt $33-36^\circ$. For et tildekkingslag er det også relevant å vurdere stabilitet mot glidning på underlaget.

Det foreligger ingen geotekniske undersøkelser fra Pollen, men ifølge vurderinger og undersøkelser fra Kittelsbukta og Barbubukta er grunnforholdene dårlige med tanke på skråningsstabilitet. Med utgangspunkt i NGIs undersøkelser i Illsvika/Fagervika (31) anbefales det derfor en praktisk grense på helning 1:2 ($26,6^\circ$), hvor det ikke utføres tildekking i skråninger med større helning enn dette. Se Figur 5-6 for områder hvor det er registrert helning brattere enn 1:2.

For å vurdere eventuell tildekking i skråninger med helning brattere enn 1:2 må det utføres supplerende undersøkelser. Både dykkerinspeksjon, grunnboringer og nærmere stabilitetsanalyser er nødvendig.



Figur 5-6 Oversikt over områder med helning over 1:2 (rød markering).

5.5 Oppsummering

Det er gitt en oppsummering av beregnet minimumsmektighet og anbefalt massebeskaffenhet for hhv. indre og ytre del av Pollen i Tabell 5-2 og Tabell 5-3. Den oppgitte mektigheten er minimumtykkelse på lagene. Som følge av ujevn utlegging og spredning av partikler ved utspyling er det i mengdeberegningen, som danner grunnlaget for kostnadsberegningene, tatt inn en sikkerhetsfaktor på 20 % for å sikre minimumsmektighet på tildekkingslaget.

Tabell 5-2 Tildekkingsdesign i indre del av Pollen.

Lag	Minimumsmektighet	Type masse
Erosjonsbeskyttelse	10	$d_{50} \geq 10$ mm, $d_{90} \approx 30$ mm, eksempelvis 0/32 mm eller lignende
Bioturbasjonslag	Inngår i erosjonslag	-
Adveksjonslag	Inngår i erosjonslag	-
Kjemisk isolasjonslag	10	Middel sand til grov grus, eksempelvis 0/32 mm eller lignende
Blandingslag	10	Middel sand til grov grus, eksempelvis 0/32 mm eller lignende
Samlet mektighet	30	-

Tabell 5-3 Tildekkingsdesign i ytre del av Pollen.

Lag	Minimumsmektighet	Type masse
Erosjonsbeskyttelse	10 cm	$D_{50} \geq 30$ mm, $d_{90} \approx 60$ mm, eksempelvis fraksjon 0/64 mm eller lignende
Bioturbasjonslag	Inngår i erosjonslag	-
Adveksjonslag	Inngår i underliggende filterlag	Middels sand til grov grus, eksempelvis 0/4, 0/8, 0/16, 0/32
Kjemisk isolasjonslag	10	Middels sand til grov grus, eksempelvis 0/4, 0/8, 0/16, 0/32
Blandingslag	10	Middels sand til grov grus, eksempelvis 0/4, 0/8, 0/16, 0/32
Samlet mektighet	30	-

6 Tiltaksbeskrivelse

6.1 Vurdering av tildekkingsareal

Pollen ligger generelt beskyttet til mot bølger og havstrømmer, og COWIs risikovurdering (5) har vist at båttrafikk kan forårsake oppvirvling og spredning av forurensede partikler fra sjøbunnen. Propelloppvirvling, sammen med spredning gjennom opptak i organismer, antas å være de viktigste mekanismene for spredning av miljøgifter fra Pollen.

Måling av turbiditet ved anløp av Redningskøyta viste at den grunneste delen av Pollen er mest utsatt for propellersosjon. Her anløper hovedsakelig små fritidsbåter og fiskeskøyter, mens passasjerferger, charterbåter og større skip legger til kai i den ytre delen av Pollen. Propelloppvirvling av båter (ikke småbåter) blir normalt vurdert å virke ned til 20 m vanddyb. Det er også påvist

forurensning i områder med vanddyb større enn 20 m i Arendalsområdet. Med utgangspunkt i påvirkning av propellerosjon avgrenses tiltaksområdet ved kote -20 (sjøkartnull). Vertikal avgrensning i øvrige deler av Pollen følger tilgjengelig arealer under kaiene og avgrenses ved kote 0 (NN2000; tilsvarer +0,54 m i forhold til sjøkartnull). I områder hvor det er begrensninger mht. stabilitet (bratte skråninger), må stabiliteten være styrende for avslutning av tildekkingslaget.

I områder med kaier skal det tilstrebes lik kvalitet på tildekkingslaget som ellers i Pollen. Tildekkingslaget skal avsluttes under kaier der hvor det er mulig. Kaifundamenter skal ikke påvirkes, og tildekkingslaget skal avsluttes foran eventuelle kaier med fundamenter som ikke tåler belastningen. Dette kan medføre at begrensede arealer oppnår lavere mektighet enn det som er beskrevet generelt for området.

Det har vært vanskelig å prøveta områdene i skråningene, og det kan indikere at skråningene består av blokk og stein, eller berg. Stemmer dette, kan disse områdene utgå fra tiltaksområdet. Det anbefales derfor at det foretas en undersøkelse for å kartlegge omfang og type løsmasser i skråningene, samt under kaiene. Dette gjøres enten av dykker eller med ROV.

6.2 Rydding av avfall

Arendal undervannsklubb utførte i mai 2017 en frivillig ryddeaksjon i indre del av Pollen, og det ble tatt opp tilsammen 1,6 tonn metall- og plastikkrot. Det er ikke kjent hvor mye som ligger igjen eller hvordan situasjonen er i ytre del av Pollen.

Skrot/avfall som står opp av sjøbunnen kan forstyrre utlegging av tildekkingsmasser, og effekten av tildekkingslaget ved at det dannes «lekkasjebroer» gjennom tildekkingslaget. For å sikre et ensartet tildekkingslag, må skrot fjernes før utlegging.

6.3 Gjennomføringsperiode

For å minimere påvirkning på omgivelsene planlegger Arendal kommune å gjennomføre tiltaket i løpet av perioden høst-vinter 2018, utenfor hensynsperioden 15. mai til 15. september. Dette er utenfor vekstsesongen til fugler, dyr og marine organismer og utenfor den mest aktive båtsesongen i Arendal.

Det er registrert et gyteområde for torsk i byfjorden mellom sentrum, Hisøy og Tromøya (Arendal byfjord, verdi C-1 mindre viktig gytefelt). Kysttorsk gyter i perioden februar-mai. Ved gjennomføring av tiltak i Pollen og Kittelsbuk, bør man derfor vurdere å gjennomføre tiltak i Pollen først.

Det anslås at tiltaket i Pollen kan gjennomføres i løpet av to måneder, inkludert rigg og forberedelser.

6.4 Utlegging av tildekkingsmasser

Den begrensede seilingsdybden og manøvreringsarealet i Pollen vil kunne gi føringer for hvilket utstyr som kan benyttes. Tiltaksområdet er for grunt til at splittlekter er egnet for utlegging av masser.

Ved utlegging av tildekkingsmasser kan det forekomme resuspensjon av underliggende, forurensede sedimenter.. For å sikre at eventuelt resuspendert materiale fra sedimentene også dekkes til, skal tildekkingslaget legges ut i minimum to omganger. Dette vil også bidra til å øke stabiliteten ved å la overskytende porevann noe tid til å migrere ut fra sedimentene.

Første tildekkingslag skal legges ut i hele Pollen, før påfølgende lag kan legges ut. Utleggingen skal starte på dypeste punkt og fortsette til grunnere vann (32).

7 Kontroll og overvåking

Det skal gjennomføres kontroll og overvåking av tiltaket før og etter tiltaksgjennomføring, for å dokumentere effekten av tiltaket og at tiltaksålet er nådd. I tillegg skal det gjennomføres kontroll og overvåking av tiltaket under tiltaksgjennomføring, for å sikre at tiltaket gjennomføres på en mest mulig skånsom måte, samt for å sikre at vilkår i tillatelsen overholdes. Dersom det oppstår situasjoner som gir økt fare for spredning av forurensning, skal avbøtende tiltak iverksettes.

Kontroll- og overvåkingsprogrammet skal utarbeides med tanke på at tiltaksmetoden vil bestå av tildekking i tillegg til naturlig restitusjon av dypere områder utenfor tiltaksområdet.

Kontroll- og overvåkingsprogrammet må vurderes nærmere når tillatelse fra Miljødirektoratet foreligger.

7.1 Kontrollmålinger før tiltak

Før tiltakene igangsettes bør aktuelt kontroll- og overvåkingsutstyr (turbiditetsmålere) ha vært utplassert ved samme stasjoner og i samme vanddybde som skal benyttes under overvåkingen av tiltaket.

Siden Pollen er et avgrenset område, anses det som tilstrekkelig med én måler plassert i ytterkanten av området. Dette for å få en referanseverdi for mengde partikler (turbiditet) som normalt spres fra området. Måleren må stå lenge nok ute til at de fanger opp naturlig variasjon som følge av for eksempel vind, nedbør, normaltstand og vårflom i Nidelva, og helst også noe av småbåtsesongen.

7.2 Overvåking under tiltak

Under hele anleggsfasen vil det kunne bli trafikkbegrensninger og fartsreduksjon i berørte områder. I tillegg må det forventes at anleggsarbeidet må tilpasses normal havnetrafikk.

Tiltaket skal overvåkes slik at det umiddelbart kan igangsettes avbøtende tiltak dersom arbeidet medfører uakseptabel spredning av forurensning.

Siden Pollen er et avgrenset område med kun en åpning hvor spredning til omgivelsen kan skje, anses det som hensiktsmessig med én måler plassert i ytre del av Pollen. Det vil foregå noe spredning av både rene og forurensede partikler innad i Pollen, men dette vurderes som akseptabelt. Spredning av rene tildekkingsmasser vil også kunne bidra til å redusere spredning av forurensede partikler fra foreløpig ikke tildekkede områder.

7.2.1 Beredskapsplaner

Før arbeidene igangsettes skal det utarbeides beredskapsplaner for å sikre at skader på miljøet unngås eller reduseres mest mulig i tilfelle det skulle oppstå noe uforutsett. Utarbeidelse av beredskapsplaner må gjøres i samråd med utførende entreprenør, og innholdet i planen vil bl.a. avhenge av type utstyr og tiltaksmetode som blir valgt.

7.2.2 Turbiditetsmålinger

Mens tiltakene gjennomføres er det viktig å forhindre uakseptabel spredning av miljøgifter. COWIs måling av turbiditet og analyse av sjøvannsprøver ved anløp (5) viser at man kan få en god indikasjon på om det foregår spredning av miljøgifter ved å måle mengden partikler (turbiditet) i vannet i området hvor mudring foregår. Den naturlige turbiditeten i vannmassene vil variere, for eksempel som et resultat av algeoppblomstring, nedbør, vårflom i Nidelva eller vindindusert omrøring av vannmassene. Turbiditeten i området hvor tildekking pågår må derfor alltid sammenlignes med

turbiditet i et referanseområde. Vanddyp og plassering av målerne bestemmes ut fra innledende kartlegging av turbiditet i en periode før igangsetting av tiltaket.

Turbiditetsmåleren vil ikke kunne skille mellom rene masser (tildekkingsmasser) og eventuelt oppvirvlet sediment i suspensjon. Dersom det er mye blakking i vannet kan det eventuelt samles inn vannprøver til kjemisk analyse for innhold av miljøgifter. Det kan også være aktuelt å benytte en eller flere sedimentfeller, for å undersøke og dokumentere forurensningsspredning i tiltaksfasen.

Risikoen for oppvirvling av forurenset sediment er størst ved utlegging av det første tildekkingslaget. Siden påfølgende lag legges over allerede rene masser er risikoen for spredning av forurensede partikler minimert. Det foreslås at det opereres med to alarmgrenser, som i prosjektet Renere havn i Trondheim (33):

- **Lav alarmgrense** ved utlegging av første tildekkingslag. Grenseverdi: referanse + 10 NTU over 20 minutter. Grenseverdi satt for å begrense spredning av miljøgifter.
- **Høy alarmgrense** ved utlegging av påfølgende tildekkingslag. Grenseverdi: referanse + 20 NTU over 4 timer. Grenseverdi satt for å beskytte omgivelsene mot turbiditet (partikler i suspensjon).

Turbiditetsmålerne må være online og ha varsling/alarm ved overskridelse av gitt grenseverdi. Dersom det registreres vedvarende høy turbiditet ved tildekkingsfartøyet som ikke kan forklares av naturlige endringer og skyldes annen aktivitet enn tildekkingen, skal tildekkingen stanses umiddelbart inntil årsak er avdekket og eventuelle tiltak gjennomført.

7.3 Sluttkontroll av tiltak

Sluttkontrollen omfatter alle tildekkede områder og består av sedimentprøvetaking og kontroll av tildekkingslag.

7.3.1 Sedimentprøvetaking

Etter tildekking skal det innen fire uker gjennomføres sluttkontroll ved hjelp av prøveinnsamling og kjemiske analyser for innhold av miljøgifter i overflatesedimentene (0-10 cm). Sedimentprøvene analyseres for minimumslisten, jf. Miljødirektoratets veileder M-350 (17). Dersom analyseresultatene fra denne kontrollen viser at tiltaksålet (se kap. 3.3) ikke er oppnådd, kan det være aktuelt med ekstra tildekking. Ny sluttkontroll må utføres på nytt etter retildekking.

7.3.2 Kontroll av tildekkingslag

Det er viktig med god posisjoneringskontroll ved utlegging av tildekkingsmassene. Entreprenør må kunne dokumentere at tildekkingslaget er heldekkende og utført i beskrevet mektighet. Tildekkingslagets mektighet kan kontrolleres ved nøyaktig dybdeoppmåling før og etter utleggingen, supplert med markeringsstenger som plasseres ut i flere punkter innenfor tildekkingsområdet. Markeringsstengene kontrolleres av dykker eller ved bruk av ROV.

7.4 Overvåking etter tiltak

Etter at tiltaket er avsluttet må det gjennomføre overvåking for å vurdere om miljøtilstanden opprettholdes og de langsiktige miljømålene blir nådd.

7.4.1 Sedimentprøvetaking

For å kontrollere at det ikke foregår resedimentering av forurenset sediment i sanert område, utlekking gjennom tildekkingslaget eller utlekking fra kilder på land, bør det jevnlig samles inn

sedimentprøver fra tildekkede områder. Overflatesedimentene (0-10 cm) analyseres for minimumslisten, jf. veileder M-350 (17), og sammenlignet med grenseverdier for forurenset sediment (M-608) (7). Anbefalt prøvetakingsfrekvens er én gang i året de tre første årene etter tildekking.

7.4.2 Kontroll av tildekkingslag

Tilstanden til erosjonssikringslaget skal årlig kontrolleres ved dykkerinspeksjoner eller med ROV, for å dokumentere at det ikke eroderes som følge av bølgepåvirkning, generell bunnstrøm eller propellstrøm.

8 Kostnadsoverslag

8.1 Massebehov

Tabell 8-1 viser oversikt over tildekkingsarealer og beregnede mengder for tildekkingslag basert på designet beskrevet i kap. 5. For å oppnå nødvendig minimumsmektighet ved utlegging er det i mengdeberegningene medtatt et tillegg på 20 %.

Geoteknisk vurdering av skråningsstabilitet (30) ha satt en foreløpig praktisk grense ved helning 1:2, hvor det ikke utføres tildekking i skråninger med større helning enn dette. Disse områdene utgjør ca. 4130 m² av totalt ca. 12 600 m² i Pollen, og det er usikkert hvor stort innslag av finkornige sedimenter det er her. Før det vurderes tildekking i områder med brattere helning enn 1:2, må det gjennomføres dykker-/ROV-undersøkelser for å kartlegge massesammensetningen, og evt. grunnboringer og nærmere stabilitetsanalyser hvis det registreres finkornige sedimenter i antatt betydelig mektighet.

I de videre mengdeberegningene er det lagt til grunn at også de 4130 m² med skråning brattere enn 1:2, kan tildekkes.

Tabell 8-1 Oversikt over arealer og beregnede mengder for tildekkingslag.

Område	Vanddybde (m)	Areal (m ²)	Behov for eget erosjonssikringslag?		Mengde (m ³)	
			Filtermasser	Erosjonssikring	Skjellsand	
Indre del av Pollen	0-6	4320	Nei	1600 ¹	-	1050 ²
Ytre del av Pollen	0-20	8290	Ja	2000 ²	1000 ³	-

¹ For å oppnå minimumsmektighet på tildekkingslag på 30 cm (+20 %).

² For å oppnå minimumsmektighet på tildekkingslag på 20 cm (+20 %).

³ For å oppnå minimumsmektighet på tildekkingslag på 10 cm (+20 %).

8.2 Logistikk og råvaretilgang

Per i dag er leverandør og typen masser ikke bestemt, dette vil bli avgjort i en anbudskonkurranse. Egnede masstyper kan for eksempel være knuste masser i fraksjon 0/32, som vil tilfredsstille både filterfunksjon og erosjonssikringsbehov i indre del av Pollen. I ytre del av Pollen er fraksjon 0/64 anbefalt som erosjonssikring, mens filterlaget kan her bestå av f.eks. fraksjon 0/4, 0/8, 0/16 eller 0/32. I kostnadsoverslaget er det benyttet én pris for innkjøp, transport og utlegging av fraksjon 0/32, og én pris for innkjøp, transport og utlegging av fraksjon 0/64.

Det kan være betydelige kostnader å spare ved å finne lokale leverandører med etablert logistikk for utskipping av tildekkingsmassene. Eksempler på råvareleverandører med utskipingsmuligheter er Klodeborg og Landvik Pukkverk med mellomlager og utskipingsmuligheter i Eydehavn i Arendal kommune, Reddal Sand AS i Arendal kommune, og Rekefjord Stone AS i Sogndal kommune. Rekefjord Stone AS oppgir at hver utskipning kan være på ca. 3500-4500 tonn eller ca. 1300-1700 m³.

Eksempler på skjellsandleverandører er Boston AS med utskipingskai i Hausvik, Lyngdal kommune, og Midtstøl Sjø i Arendal kommune. Boston AS oppgir at de kan legge ut mellom ca. 50-300 m³/time. Utspylingsrate avhenger bl.a. kapasiteten til utstyr som blir brukt og krav til nøyaktighet.

Enhetsprisene i kostnadsberegningene i kap. 8.3 er basert på informasjon fra disse leverandørene.

Det presiseres imidlertid at eksemplene over ikke på noen måte er en utfyllende liste over mulige råvareleverandører, og at leverandørevaluering må ivaretas i anbudskonkurransen.

Følgende områder kan vurderes for mellomlagring av masser hvis behov (havnefogd Rune Hvass, pers.med.):

- Vindholmen, Arendal industrier
- Pusnes, Tromøya
- Krana/His, Arendal havn
- Eydehavn, Arendal havn
- Skilsø, Arendal havn

8.3 Kostnader knyttet til forberedelse og gjennomføring

Kostnadsberegningene tar utgangspunkt i bruk av sand/grus som tildekkingsmasser. Kostnadene presentert i tabellen under er basert på oppgitte enhetspriser fra råvareleverandører og erfaringstall fra lignende tiltak i sjø. Beregningene er et estimat og usikkerheten er presentert gjennom å oppgi en høy og en lav pris.

Store deler av skråningene i ytre del av Pollen er sannsynligvis for bratte til at tildekkingsmasser vil bli liggende, og videre er behovet for tiltak i disse områdene usikkert.

Det er ikke lagt til grunn at det vil være behov for mellomlagring av masser. Skjellsand er forutsatt brukt kun i indre del av Pollen.

Det er usikkert hvor mye skrot som må fjernes, da det ikke er gjort noen visuell kartlegging av bunnen.

En kan oppnå besparelser ved å gjennomføre tiltak i Pollen og Kittelsbukta samtidig, og slik redusere posten for rigg og drift i de to områdene. Besparelser kan også oppnås ved å velge teknologi som reduserer behovet for å flytte flytebrygger og kaier. Bruk av sandpumpe og styrbart utleggingsrør er et eksempel på slik teknologi.

Tabell 8-2 Estimerte kostnader for tiltak i Pollen (NOK, eks. mva.).

Beskrivelse	Antall	Enhet	Enhetspris lav	Enhetspris høy	Pris lav	Pris høy
Undersøkelser før oppstart						
Geotekniske undersøkelser	1	RS	400 000	500 000	400 000	500 000
Dykker-/ROV-undersøkelse	1	RS	120 000	170 000	120 000	170 000
Turbiditetsmålinger	1	RS	220 000	280 000	220 000	280 000
Rydding av skrot	12 610	m ²	10	30	126 100	378 300
Rigg og drift	1	RS	600 000	1 500 000	600 000	1 500 000
Innkjøp og utlegging tildekkingsmasser						
Indre del av Pollen (fraksjon 0/32, 2 lag)	1600	m ³	280	345	448 000	552 000
Ytre del av Pollen (fraksjon 0/32, 1 lag)	2000 ¹	m ³	280	345	560 000	690 000
Innkjøp og utlegging av erosjonssikringslag						
Ytre del av Pollen (fraksjon 0/64, 1 lag)	1000 ¹	m ³	300	370	300 000	370 000
Innkjøp og utlegging av skjellsand	1050	m ³	200	260	210 000	273 000
Bunnkartlegging, før og etter	2	RS	100 000	150 000	200 000	300 000
Overvåking under tiltak	1	RS	400 000	600 000	400 000	600 000
Overvåking etter tiltak	3	RS	150 000	200 000	450 000	600 000
Uforutsett (20 %)	1	RS	806 820	1 242 660	806 820	1 242 660
SUM (eks. mva.)					5 080 920	8 953 560

¹Mengde kan reduseres dersom undersøkelser viser liten andel finkornige sedimenter i skråninger.

Prosjektering og prosjektadministrasjon er ikke medtatt i kostnadsestimatet. Kostnad for dette estimeres til 10 % av prosjektsummen, dvs. mellom NOK 500.000,- og 900.000,- eks.mva.

Kostnader ved utlegging av sand med aktiv materiale min. 5 cm tykt (2 kg aktivt kull pr m²) antas å beløpe seg til ca. 400-550 kr/m² ferdig utlagt.

I de bratte partiene vil det være utfordringer forbundet med utlegging av materialer. Hvis undersøkelser viser at det er behov for tildekking (at andelen av finkornig og forurenset materiale er betydelig), må tildekking med betongmadrasser vurderes. Kostnader for å dekke til områder med betongmadrass ventes å utgjøre ca. 2500 kr/m² inklusive nødvendige riggekostnader. Alternativt kan det vurderes å benytte gabionmadrasser, hvor aktive materialer emballes i en madrass av fiberduk.

Tildekking med aktivt materiale i gabionmadrass (23 cm høyde x 2 m x 6 m) antas å ha en kostnad på ca. 650-850 kr/m².

Dersom det skulle bli aktuelt med denne type tildekkning, anbefales det å utrede denne muligheten med leverandør som tilbyr løsningen.

9 Referanser

1. **Asplan Viak As.** *Sluttrapport Eydehavn*. 2013.
2. **NIVA.** *Miljøundersøkelser i havner på Agder 1997-1998. PAH, PCB, tungmetaller og TBT i sedimenter og organismer. Statlig program for forurensningsovervåking 799/00. NIVA-rapport 1. nr. 4232-2000*. 2000.
3. —. *Undersøkelse for revurdering av kostholdsrestriksjoner i Arendal fjordbasseng 2007. NIVA rapport LNR 5639-2008*. 2008.
4. **Fylkesmannen i Aust-Agder.** *Fylkesvise tiltaksplaner for forurensede sedimenter. Forslag til tiltaksplan for Arendal kommune*. 2005.
5. **COWI.** *Risiko- og tiltaksvurdering av forurenset sjøbunn i Pollen, Arendal kommune*. 2015.
6. **Miljødirektoratet.** *Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, TA-2229/2007*. 2007.
7. —. *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota, M-608*. 2016.
8. **Byguiden.no.** [Internett] [Sisert: 28 08 2017.] <http://bysiden.no/sted/arendal/places/info/>.
9. **Vann-nett.no.** *Faktaark vannforekomst Nidelva (utløp Hølen)*. [Internett] [Sisert: 28 08 2017.] <http://vann-nett.no/portal/Water?WaterbodyID=019-402-R>.
10. **Havforskningsinstituttet.** *Marine naturforhold og naturverdier i Raet*. 2014.
11. **NIVA.** *Sonderende undersøkelse i norske havner og utvalgte kystområder - Fase 1. Miljøgifter på strekningen Narvik - Kragerø. NIVA rapport LNR 3275. SFT overvåkningsrapport nr. 587/94, TA-1159/1994*. 1994.
12. **COWI.** *Miljøgiftundersøkelse av blåskjell i Arendal havenområde. COWI rapport A039914*. 2013.
13. **NIVA.** *Sedimentundersøkelser i forbindelse med tiltaksplan for forurensede sedimenter i Arendal: fase 2*. 2005.
14. —. *Oppfølgende sedimentundersøkelse i Arendal havneområde. NIVA rapport LNR 6408-2012*. 2012.
15. **Multiconsult.** *Kildesøk av PCB i Arendals havneområde. Multiconsult rapport nr. 311657-1*. 2009.
16. **Miljødirektoratet.** *M-409 Veileder for risikovurdering av forurenset sediment*. 2016.
17. —. *Veileder for håndtering av sedimenter M-350*. 2015.
18. **Vannregion Agder.** *Regionalt tiltaksprogram for vannregion Agder*. 2015.
19. **Bystyret Arendal kommune.** *Saksfremlegg- Forslag til revidert tiltaksplan for Arendal kommune. Fylkesvise tiltaksplaner for forurensede sedimenter. 29.5.2013*. 2013.
20. **Multiconsult.** *Prostneset. Miljøprosjektet Tromsø havn. Sluttrapport. Multiconsult rapport nr. 711493-1*. 2013.
21. —. *Ren Harstad havn. Sluttrapport. Multiconsult rapport nr. 711266-RIGm-RAP-001*. 2014.
22. —. *Etterkontroll av mudring i Honningsvåg havn, miljøundersøkelse av sjøbunnsediment. Multiconsult rapport nr. 712171-RIGm-RAP-001*. 2013.
23. *Aktiv og passiv tynn tildekkning av forurenset sediment: fem år med overvåking av verdens største pilottest i Grenlandsfjordene*. Cornelissen, G., et al. 2017.
24. **Eek, E., Schaaning, M. og Cornelissen, G.** *Tynntildekking av sedimenter - Overvåking av fire testfelt i Grenlandsfjorden*. 2014.
25. **Miljødirektoratet.** *M-411/2015 Testprogram for tildekkingsmasser Forurenset sjøbunn*. 2015.
26. **NGI.** *20160682-01-TN Vurdering av tildekkingsmasser ved tildekkning av forurenset sjøbunn i Bangarvågen og ved Engøy*. 2016.
27. **Multiconsult.** *Overvåking Harstad havn Overvåking tildekkingslag 2. kvartal 2016*. 2016.
28. **NGI.** *Prosjektering av mudring og tildekkning i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna Forprosjekt 2013033902-R*. 2014.
29. *An analytical modeling approach for evaluation of capping of contaminated sediments*. Lampert, David J. og Reible, Danny. s.l. : Soil and sediment contamination: An international journal, 2009, Vol. 18:4.
30. **NGI.** *Pilottest tynntildekking Fagervika/Ilsvika. NGI rapport 20120404-04-R. Rev. 2*. 2015.
31. **Multiconsult.** *418803-RIG-NOT-001 Geoteknisk vurdering av stabilitet*. 2017.
32. **NGI.** *Renere havn Månedrapport april 2016. Dok. nr. 20130339-22-R*. 2016.
33. **Multiconsult.** *Geoteknisk vurdering av stabilitet. Multiconsult rapport 418803-RIG-NOT-001*. 2017.

Parametere	Porevannskonsentrasjon (µg/l)	TOC (% TS)	K _d	log K _d	log K _{OC}	log K _{ow} (M- 409)	Grenseverdi TK II/III (µg/kg)	Beregnet konsentrasjon (µg/kg)	Tildeckingslag (cm)	Isolasjonslag (tildeckingslag - 10 cm bioturbasjonslag)
Arsen	3,3800	4	3 240	3,5	-	-	18 000	114	10	0
Bly	7,6650	4	27 723	4,4	-	-	150 000	2 142	10	0
Kadmium	0,0435	4	9 195	4,0	-	-	2 500	4,1	10	0
Kvikksølv	0,0025	4	95 600	5,0	-	-	520	2,4	10	0
Kobber	1,9950	4	125 564	5,1	-	-	84 000	2 527	10	0
Krom	2,0625	4	21 552	4,3	-	-	660 000	449	10	0
Nikkel	3,8000	4	3 184	3,5	-	-	42 000	123	10	0
Sink	23,0000	4	9 739	4,0	-	-	139 000	2 263	10	0
Naftalen	0,0080	4	9 188	4,0	5,4	3,3	27	18,6	10	0
Acenaftylene	0,0050	4	10 400	4,0	5,4	4	33	13,2	10	0
Acenaften	0,0165	4	3 485	3,5	4,9	3,9	96	15,1	10	0
Fluoren	0,0255	4	2 686	3,4	4,8	4,2	150	17,9	10	0
Fenantren	0,1095	4	5 708	3,8	5,2	4,5	780	160,3	10	0
Antracen	0,0335	4	7 687	3,9	5,3	4,7	4,6	4,3	11	1
Fluoranten	0,1700	4	8 324	3,9	5,3	5,2	400	14,0	10	0
Pyren	0,2150	4	6 140	3,8	5,2	5	84	23,4	11	1
Benzo[a]antracen	0,0865	4	7 168	3,9	5,3	5,9	60	49,6	12	2
Krysen	0,1055	4	5 166	3,7	5,1	5,8	280	139,7	10	0
Benzo[b]fluoranten	0,2100	4	7 643	3,9	5,3	5,8	140	21,6	11	1
Benzo[k]fluoranten	0,0615	4	9 837	4,0	5,4	6,1	135	23,8	11	1
Benzo[a]pyren	0,1200	4	7 833	3,9	5,3	6,1	183	12,5	11	1
Indeno[1,2,3-cd]pyren	0,0890	4	3 399	3,5	4,9	6,7	63	78,0	10	0
Dibenzo[a,h]antracen	0,0165	4	3 727	3,6	5,0	6,6	27	15,8	10	0
Benzo[ghi]perylene	0,0890	4	2 933	3,5	4,9	6,6	84	67,3	10	0
TBT	0,0425	4	713	2,9	5,3	3,8	5	4	11	1
Sum PCB7	n.d.	4	-	-	-	5,7	4,1	-	-	-

NOTAT

OPPDRAAG	Forurensede sedimenter Kittelsbukt, Pollen og Barbubukt, Arendal kommune	DOKUMENTKODE	418803-RIG-NOT-001
EMNE	Geoteknisk vurdering av stabilitet	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Arendal kommune	OPPDRAAGSLEDER	Ida Almvik
KONTAKTPERSON	Ragnhild Trønnes	SAKSBEHANDLER	Stian Skjeldnes Berre
KOPI		ANSVARLIG ENHET	3012 Midt Geoteknikk

SAMMENDRAG

Multiconsult vurderer området i Arendal havn som sensitivt med tanke på områdestabilitet. En tildekning av forurenset sjøbunn vil kunne gjennomføres i skrånninger opptil 25,6° helning. Tildekning i brattere terreng vurderes som risikabelt med tanke på stabilitet.

1 Vurdering av helningsvinkel og stabilitet

1.1 Generelt

Kittelsbukt, Pollen og Barbubukt er sensitive områder med tanke på områdestabilitet. Fra tidligere undersøkelser er det registrert løsmasser av leire med høyt vanninnhold, lav tyngdetetthet og lav udrenert- og omrørt skjærstyrke. Leiren betegnes som middels sensitiv og meget plastisk. Forhold som valg av tildekningsmateriale, lagets tykkelse, utleggingsmetode og erosjonsforhold er med på å påvirke stabiliteten.

1.2 Helning

Sjøbunnen i Arendal havn har en bratt helning og hovedutfordringen er å få tildekningsmateriale til å ligge stabilt. Sjøbunnen har varierende topografi og helning for de ulike buktene. I indre Kittelsbukt, Barbubukt og Pollen er det registrert skråningshelning over 40°.

1.2.1 Kittelsbukt

Sjøbunnen faller ut mot midten av bukta og sørover ut av bukta. Det er registrert skråningshelning over 40° flere steder. Bergoverflaten i Kittelsbukt varierer stort og indikerer stedvis fjellskrenter eller meget bratt fjell. Det registreres et øvre meget bløtt lag med leire med tykkelse opp mot 20 m. over et opptil 8 m. tykt fast lag med morene. Basert på skråningshelning og dårlige grunnforhold vurderes en ytterligere utfylling som risikabelt i skrånningen.

1.2.2 Barbubuka

I Barbubukta synes det at eksisterende fylling ligger delvis på fast grunn/fjell og delvis på løsmasser. Eksisterende fylling er av sprengtstein. Skråningshelning på fylling ligger i overkant av 40°. Stedvis er det også brattere partier. Området øst i Barbubukt er noe slakere med liten dybde til fjell i

00	19.09.2017	Versjon for utsendelse	Stian Skjeldnes Berre	Håvard Narjord	Håvard Narjord
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

skråning og kan være en konsekvens av tidligere skred. Utenfor fyllingsfot faller sjøbunnen av med en helning på 1:15 og utenfor fylling er det bløt leire i opptil 20 m. tykkelse over fast morene. Stabilitetsanalyser viser at skråningen har en sikkerhet på rundt 1,2-1,3. Dette vurderes som for lavt.

Basert på stabilitetsvurderinger og dårlige grunnforhold med bløt leire av stor mektighet anses en videre utfylling i skråning å være risikofylt. Effekten av tildekning av fyllmasser (sprengtstein) med tildekningsmasser som sand er også usikker.

1.2.3 Pollen

Sjøbunnen faller ut mot midten av bukta og sørover ut av bukta. Skråningshelning i overkant av 40° registreres også stedvis her. Det er manglende vurderingsgrunnlag for Pollen, men basert på grunnundersøkelser fra Kittelsbukt og Barbubukt antas samme grunnforhold med bløte løsmasser og bratte fjellskrenter i skråning.

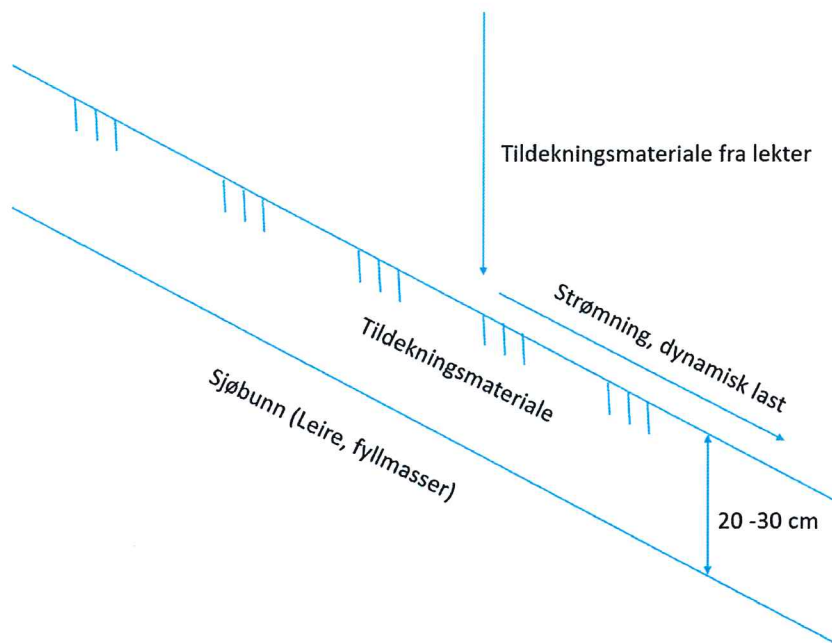
1.3 Stabilitet

En grunnleggende utfordring for at laget skal ligge stabilt er at tildekningsmaterialet bærer sin egen vekt. For et tildekningsmateriale på 20-30 cm er det relevant å vurdere stabilitet mot glidning på underlaget. Bruddet kan skje i original grunn eller i tildekningsmateriale.

For brudd i tildekningsmateriale antas det at det meste av bidrag til styrke kommer gjennom kohesjon mellom kornene i tildekningsmateriale. Et tynt lag på 20-30 cm vil medføre at lasten og styrken er lav i underkant av laget. Original grunn, bestående av bløt leire, har gjennom årenes løp satt seg og opparbeidet kohesjon. Styrken i originalmateriale vil overgå tildekningsmaterialets styrke. På denne måten vil brudd i tildekningsmaterialet være kritisk. Friksjonsvinkelen til løst lagret sand ligger erfaringsmessig rundt 33-36°, men utlegging av materialet på sjøbunn gir en dynamisk last som bidrar til å presse tildekningsmaterialet nedover i skråningen, vist i Figur 1. Tidligere undersøkelser (NGI, 2015) viser at i bratte partier vil tildekningsmaterialet samle seg i tykkere lag bunnen av skråninger og at i områder med helning større enn 18,4° (1:3) og mindre enn 30° (1:1,7) ligger det jevne lag med tildekningsmateriale.

Skråningsforholdene i Arendal havn er veldig bratte. En lav sikkerhet mot brudd er påvist flere steder og en ytterligere utfylling vil medføre en enda lavere sikkerhet, og dermed større risiko for brudd. Grunnforholdene er som nevnt tidligere dårlige med tanke på skråningsstabilitet og gjennom en samlet vurdering anbefales en praktisk grense på 26,6° (1:2). Det anbefales å bygge opp tildekningen utenfra og jobbe seg innover mot skråningene. Tildekning av sjøbunn i flatere områder vil gi en stabiliserende effekt på skråningene. Det påpekes at et tildekningslag på 30 cm kan være lite dersom tildekningsmassene fordeles ujevnt i skråningene.

I områder som er utilgjengelige for bruk av sand, slik som under kaier o.l., kan betongmadrasser benyttes som tildekningsmetode.



Figur 1 Tildeckningsmateriale over sjøbunn

1.4 Stabilitet mot erosjon

Tildeckningsmateriale vil påvirkes av strømningskrefter over sjøbunn og vil ha en eroderende virkning på tildeckningsmateriale. Finstoffet i øvre sjikt vil kunne vaskes bort og på denne måten vil det være fordelaktig med et grovere material i erosjonsutsatte områder som Pollenbukta med større båttrafikk. Det er lite trolig at erosjon vil påvirke stabiliteten av laget eller skråningen som nevnt ovenfor. Dypere enn -5 m. under havoverflate vurderes tildeckningsmassene som stabil med tanke på erosjon.

2 Referanser

NGI. (2015). *Pilottest tynntildekning Fagervika/Ilsvika. NGI rapport 20120404-04-R. Rev 2.* Oslo:
NGI.

Multiconsult AS
 Sluppenvegen 15
 7037 TRONDHEIM
Attn: Ida Almvik

AR-17-MM-016328-02
EUNOMO-00170902

Prøvemottak: 04.07.2017

Temperatur:

Analyseperiode: 04.07.2017-15.08.2017

 Referanse: 418803 Forurensede
 sedimenter Arendal

ANALYSERAPPORT

Denne analyserapporten erstatter tidligere versjon(er). Vennligst makuler tidligere
 tilsendt analyserapport.
 AR-17-MM-016328XX

Merknader prøveserie:

Versjon 2: reanalyse for PAH med endret resultat for naftalen, fluoranten, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenso(a,h)antracen, benzo(g,h,i)perylene og sum PAH 16 på prøve 439-2017-07040523(AR-4).

Prøvenr.:	439-2017-07040510	Prøvetakingsdato:	03.07.2017
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	AR-1	Analysestartdato:	04.07.2017
Analyse	Resultat	Enhhet	LOQ MU Metode
d)* Ekstraksjon av porevann			
d)* Kommentar	Utført		Technique

Prøvenr.:	439-2017-07040511	Prøvetakingsdato:	03.07.2017
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	AR-2	Analysestartdato:	04.07.2017
Analyse	Resultat	Enhhet	LOQ MU Metode
d)* Ekstraksjon av porevann			
d)* Kommentar	Utført		Technique

Prøvenr.:	439-2017-07040512	Prøvetakingsdato:	03.07.2017
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	AR-3	Analysestartdato:	04.07.2017
Analyse	Resultat	Enhhet	LOQ MU Metode
d)* Ekstraksjon av porevann			
d)* Kommentar	Utført		Technique

Prøvenr.:	439-2017-07040513	Prøvetakingsdato:	03.07.2017
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	AR-4	Analysestartdato:	04.07.2017
Analyse	Resultat	Enhhet	LOQ MU Metode
d)* Ekstraksjon av porevann			
d)* Kommentar	Utført		Technique

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040514	Prøvetakingsdato:	03.07.2017
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	AR-5	Analysestartdato:	04.07.2017
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ MU Metode
d)* Ekstraksjon av porevann			
d)* Kommentar	Utført		Technique

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
 Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040515	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-1	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)					
c) Arsen (As) ICP-MS	0.16	µg/l	0.02	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)					
c) Bly (Pb) ICP-MS	0.18	µg/l	0.01	20%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)					
c) Kadmium (Cd) ICP-MS	0.017	µg/l	0.004	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)					
c) Kobber (Cu) ICP-MS	0.78	µg/l	0.05	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)					
c) Krom (Cr) ICP-MS	0.078	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Nikkel (Ni)					
c) Nikkel (Ni) ICP-MS	0.48	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)					
c) Sink (Zn) ICP-MS	6.7	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
c) PAH 16 EPA					
c) Naftalen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaftylen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaften	0.024	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoren	0.031	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fenantren	0.12	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Antracen	0.031	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoranten	0.15	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Pyren	0.16	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]antracen	0.067	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Krysen/Trifenylen	0.078	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[b]fluoranten	0.15	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[k]fluoranten	0.043	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[a]pyren	0.082	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.082	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.016	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[ghi]perylen	0.094	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Sum PAH(16) EPA	1.1	µg/l		30%	Intern metode
c) PCB 7					
c) PCB 28	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 52	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 101	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 118	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 138	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 153	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 180	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Sum 7 PCB	nd				Intern metode
c) Kvikksølv (Hg)	< 0.005	µg/l	0.002		EN ISO 17852
a) Tributyltinn (TBT)	0.0073	µg/l			Kalkulering
a) Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)					
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	0.003	µg/l	0.001		Internal Method 2285

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040516	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-2	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)					
c) Arsen (As) ICP-MS	11	µg/l	0.02	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)					
c) Bly (Pb) ICP-MS	20	µg/l	0.01	20%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)					
c) Kadmium (Cd) ICP-MS	0.077	µg/l	0.004	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)					
c) Kobber (Cu) ICP-MS	19	µg/l	0.05	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)					
c) Krom (Cr) ICP-MS	4.8	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Nikkel (Ni)					
c) Nikkel (Ni) ICP-MS	2.4	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)					
c) Sink (Zn) ICP-MS	52	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
c) PAH 16 EPA					
c) Naftalen	0.085	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Acenaftylen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaften	0.18	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Fluoren	0.21	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Fenantren	0.46	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Antracen	0.026	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoranten	0.16	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Pyren	0.14	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]antracen	0.055	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Krysen/Trifenylen	0.060	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[b]fluoranten	0.11	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[k]fluoranten	0.034	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[a]pyren	0.067	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.067	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.012	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[ghi]perylen	0.070	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Sum PAH(16) EPA	1.7	µg/l		30%	Intern metode
c) PCB 7					
c) PCB 28	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 52	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 101	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 118	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 138	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 153	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 180	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Sum 7 PCB	nd				Intern metode
c) Kvikksølv (Hg)	< 0.005	µg/l	0.002		EN ISO 17852
a) Tributyltinn (TBT)	0.0049	µg/l			Kalkulering
a) Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)					
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	0.002	µg/l	0.001		Internal Method 2285

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040517	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-3	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)					
c) Arsen (As) ICP-MS	0.16	µg/l	0.02	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)					
c) Bly (Pb) ICP-MS	0.33	µg/l	0.01	20%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)					
c) Kadmium (Cd) ICP-MS	0.039	µg/l	0.004	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)					
c) Kobber (Cu) ICP-MS	0.29	µg/l	0.05	35%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)					
c) Krom (Cr) ICP-MS	< 0.050	µg/l	0.05		NS EN ISO 17294-2
c) Nikkel (Ni)					
c) Nikkel (Ni) ICP-MS	1.2	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)					
c) Sink (Zn) ICP-MS	10.0	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
c) PAH 16 EPA					
c) Naftalen	0.011	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Acenaftalen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaften	0.028	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoren	0.037	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fenantren	0.13	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Antracen	0.021	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoranten	0.17	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Pyren	0.22	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]antracen	0.081	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Krysen/Trifenylen	0.091	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[b]fluoranten	0.20	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[k]fluoranten	0.058	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]pyren	0.11	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.089	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.015	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[ghi]perylene	0.092	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Sum PAH(16) EPA	1.3	µg/l		30%	Intern metode
c) PCB 7					
c) PCB 28	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 52	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 101	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 118	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 138	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 153	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 180	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Sum 7 PCB	nd				Intern metode
c) Kvikksølv (Hg)	< 0.005	µg/l	0.002		EN ISO 17852
a) Tributyltinn (TBT)	0.041	µg/l			Kalkulering
a) Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)					
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	0.017	µg/l	0.001		Internal Method 2285

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040518	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-4	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)					
c) Arsen (As) ICP-MS	6.6	µg/l	0.02	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)					
c) Bly (Pb) ICP-MS	15	µg/l	0.01	20%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)					
c) Kadmium (Cd) ICP-MS	0.048	µg/l	0.004	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)					
c) Kobber (Cu) ICP-MS	3.7	µg/l	0.05	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)					
c) Krom (Cr) ICP-MS	4.1	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Nikkel (Ni)					
c) Nikkel (Ni) ICP-MS	6.4	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)					
c) Sink (Zn) ICP-MS	36	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
c) PAH 16 EPA					
c) Naftalen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaftylen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaften	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Fluoren	0.014	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fenantren	0.089	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Antracen	0.046	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoranten	0.17	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Pyren	0.21	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]antracen	0.092	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Krysen/Trifenylen	0.12	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[b]fluoranten	0.22	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[k]fluoranten	0.065	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]pyren	0.13	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.089	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.018	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[ghi]perylen	0.086	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Sum PAH(16) EPA	1.4	µg/l		30%	Intern metode
c) PCB 7					
c) PCB 28	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 52	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 101	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 118	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 138	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 153	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 180	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Sum 7 PCB	nd				Intern metode
c) Kvikksølv (Hg)	< 0.005	µg/l	0.002		EN ISO 17852
a) Tributyltinn (TBT)	0.044	µg/l			Kalkulering
a) Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)					
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	0.018	µg/l	0.001		Internal Method 2285

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040519	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-5	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)					
c) Arsen (As) ICP-MS	2.7	µg/l	0.02	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)					
c) Bly (Pb) ICP-MS	45	µg/l	0.01	20%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)					
c) Kadmium (Cd) ICP-MS	0.092	µg/l	0.004	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)					
c) Kobber (Cu) ICP-MS	59	µg/l	0.05	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)					
c) Krom (Cr) ICP-MS	5.8	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Nikkel (Ni)					
c) Nikkel (Ni) ICP-MS	3.1	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)					
c) Sink (Zn) ICP-MS	120	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
c) PAH 16 EPA					
c) Naftalen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Acenaftalen	0.012	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Acenaften	0.010	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoren	0.021	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fenantren	0.11	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Antracen	0.032	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Fluoranten	0.22	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Pyren	0.25	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]antracen	0.11	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Krysen/Trifenylen	0.14	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[b]fluoranten	0.26	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[k]fluoranten	0.076	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]pyren	0.14	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.15	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.025	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[ghi]perylene	0.17	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Sum PAH(16) EPA	1.7	µg/l		30%	Intern metode
c) PCB 7					
c) PCB 28	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 52	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 101	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 118	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 138	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 153	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 180	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Sum 7 PCB	nd				Intern metode
c) Kvikksølv (Hg)	< 0.005	µg/l	0.002		EN ISO 17852
a) Tributyltinn (TBT)	0.0073	µg/l			Kalkulering
a) Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)					
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	0.003	µg/l	0.001		Internal Method 2285

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040520	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-1	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)	42	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)	470	mg/kg TS	0.5	40%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)	0.94	mg/kg TS	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)	330	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)	70	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Kvikksølv (Hg)	1.19	mg/kg TS	0.001	20%	028311mod/EN ISO17852mod
c) Nikkel (Ni)	31	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)	1200	mg/kg TS	2	30%	NS EN ISO 17294-2
c) PCB(7)					
c) PCB 28	0.010	mg/kg TS	0.0005	30%	EN 16167
c) PCB 52	0.014	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 101	0.026	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 118	0.027	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 153	0.043	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 138	0.040	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 180	0.036	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) Sum 7 PCB	0.20	mg/kg TS		25%	EN 16167
c) PAH(16)					
c) Naftalen	0.13	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Acenaftalen	0.12	mg/kg TS	0.01	40%	ISO 18287, mod.
c) Acenaften	0.053	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoren	0.18	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Fenantren	2.0	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Antracen	0.65	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoranten	4.0	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Pyren	3.5	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]antracen	1.6	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Krysen/Trifenylen	1.2	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[b]fluoranten	3.0	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[k]fluoranten	1.0	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]pyren	1.7	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.62	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.13	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[ghi]perylen	0.56	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Sum PAH(16) EPA	20	mg/kg TS			ISO 18287, mod.
a) Tributyltinn (TBT)	220	µg/kg tv	2.4		Kalkulering
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	90	µg/kg tv	1		Internal Method 2085
b) Kornstørrelse <2µm					
b) Kornstørrelse <2 µm	2.9	% TS	1		Internal Method 6
b) Kornstørrelse <63µm					
b) Kornstørrelse < 63 µm	54.4	% TS	0.1		Internal Method 6
TOC kalkulert					
Totalt organisk karbon kalkulert	0.0	% TS		12%	Intern metode
c) Total tørrstoff glødetap	< 0.1	% tv	0.1		EN 12879

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

c) Tørrstoff				
c) Total tørrstoff	24.9 %	0.1	10%	EN 12880

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040521	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-2	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)	23	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)	250	mg/kg TS	0.5	40%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)	0.60	mg/kg TS	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)	160	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)	34	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Kvikksølv (Hg)	0.358	mg/kg TS	0.001	20%	028311mod/EN ISO17852mod
c) Nikkel (Ni)	19	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)	360	mg/kg TS	2	30%	NS EN ISO 17294-2
c) PCB(7)					
c) PCB 28	0.0033	mg/kg TS	0.0005	30%	EN 16167
c) PCB 52	0.0047	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 101	0.013	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 118	0.012	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 153	0.024	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 138	0.019	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 180	0.018	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) Sum 7 PCB	0.094	mg/kg TS		25%	EN 16167
c) PAH(16)					
c) Naftalen	0.11	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Acenaftylen	0.11	mg/kg TS	0.01	40%	ISO 18287, mod.
c) Acenaften	0.099	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoren	0.15	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Fenantren	1.5	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Antracen	0.35	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoranten	3.1	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Pyren	2.9	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]antracen	1.4	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Krysen/Trifenylen	1.2	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[b]fluoranten	3.7	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[k]fluoranten	1.2	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]pyren	1.9	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.71	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.14	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[ghi]perylen	0.63	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Sum PAH(16) EPA	19	mg/kg TS			ISO 18287, mod.
a) Tributyltinn (TBT)	58	µg/kg tv	2.4		Kalkulering
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	24	µg/kg tv	1		Internal Method 2085
b) Kornstørrelse <2µm					
b) Kornstørrelse <2 µm	3.1	% TS	1		Internal Method 6
b) Kornstørrelse <63µm					
b) Kornstørrelse < 63 µm	62.4	% TS	0.1		Internal Method 6
TOC kalkulert					
Totalt organisk karbon kalkulert	8.2	% TS		12%	Intern metode
c) Total tørrstoff glødetap	14.3	% tv	0.1	10%	EN 12879

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

c) Tørrstoff				
c) Total tørrstoff	39.6 %	0.1	10%	EN 12880

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040522	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-3	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)	4.9	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)	25	mg/kg TS	0.5	40%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)	0.11	mg/kg TS	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)	21	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)	9.9	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Kvikksølv (Hg)	0.144	mg/kg TS	0.001	20%	028311mod/EN ISO17852mod
c) Nikkel (Ni)	6.2	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)	98	mg/kg TS	2	30%	NS EN ISO 17294-2
c) PCB(7)					
c) PCB 28	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) PCB 52	0.0012	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 101	0.0022	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 118	0.0021	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 153	0.0026	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 138	0.0022	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 180	0.0017	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) Sum 7 PCB	0.012	mg/kg TS		25%	EN 16167
c) PAH(16)					
c) Naftalen	0.017	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Acenaftylen	0.014	mg/kg TS	0.01	40%	ISO 18287, mod.
c) Acenaften	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.
c) Fluoren	0.017	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Fenantren	0.15	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Antracen	0.045	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoranten	0.33	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Pyren	0.34	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]antracen	0.14	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Krysen/Trifenylen	0.12	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[b]fluoranten	0.31	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[k]fluoranten	0.11	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]pyren	0.18	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.065	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.013	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[ghi]perylen	0.062	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Sum PAH(16) EPA	1.9	mg/kg TS			ISO 18287, mod.
a) Tributyltinn (TBT)	37	µg/kg tv	2.4		Kalkulering
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	15	µg/kg tv	1		Internal Method 2085
b) Kornstørrelse <2µm					
b) Kornstørrelse <2 µm	<1.0	% TS	1		Internal Method 6
b) Kornstørrelse <63µm					
b) Kornstørrelse < 63 µm	15.0	% TS	0.1		Internal Method 6
TOC kalkulert					
Totalt organisk karbon kalkulert	0.9	% TS		12%	Intern metode
c) Total tørrstoff glødetap	1.6	% tv	0.1	10%	EN 12879

Teignforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

c) Tørrstoff				
c) Total tørrstoff	71.1 %	0.1	10%	EN 12880

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040523	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-4	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)	17	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)	400	mg/kg TS	0.5	40%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)	0.69	mg/kg TS	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)	480	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)	79	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Kvikksølv (Hg)	0.334	mg/kg TS	0.001	20%	028311mod/EN ISO17852mod
c) Nikkel (Ni)	18	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)	350	mg/kg TS	2	30%	NS EN ISO 17294-2
c) PCB(7)					
c) PCB 28	0.0082	mg/kg TS	0.0005	30%	EN 16167
c) PCB 52	0.019	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 101	0.031	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 118	0.024	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 153	0.029	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 138	0.028	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 180	0.017	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) Sum 7 PCB	0.16	mg/kg TS		25%	EN 16167
c) PAH(16)					
c) Naftalen	0.058	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Acenaftylen	0.090	mg/kg TS	0.01	40%	ISO 18287, mod.
c) Acenaften	0.11	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoren	0.12	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Fenantren	1.1	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Antracen	0.47	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoranten	2.5	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Pyren	2.3	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]antracen	1.1	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Krysen/Trifenylen	0.97	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[b]fluoranten	2.9	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[k]fluoranten	1.1	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]pyren	1.7	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	1.2	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.27	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[ghi]perylen	1.8	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Sum PAH(16) EPA	18	mg/kg TS			ISO 18287, mod.
a) Tributyltinn (TBT)	630	µg/kg tv	2.4		Kalkulering
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	260	µg/kg tv	1		Internal Method 2085
b) Kornstørrelse <2µm					
b) Kornstørrelse <2 µm	2.3	% TS	1		Internal Method 6
b) Kornstørrelse <63µm					
b) Kornstørrelse < 63 µm	36.4	% TS	0.1		Internal Method 6
TOC kalkulert					
Totalt organisk karbon kalkulert	7.1	% TS		12%	Intern metode
c) Total tørrstoff glødetap	12.4	% tv	0.1	10%	EN 12879

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

c) Tørrstoff				
c) Total tørrstoff	39.2 %	0.1	10%	EN 12880

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøvenr.:	439-2017-07040524	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-5	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)	7.6	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)	28	mg/kg TS	0.5	40%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)	0.12	mg/kg TS	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)	19	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)	17	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Kvikksølv (Hg)	0.034	mg/kg TS	0.001	20%	028311mod/EN ISO17852mod
c) Nikkel (Ni)	12	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)	74	mg/kg TS	2	30%	NS EN ISO 17294-2
c) PCB(7)					
c) PCB 28	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) PCB 52	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) PCB 101	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) PCB 118	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) PCB 153	0.00063	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 138	0.00051	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 180	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
c) Sum 7 PCB	0.0011	mg/kg TS		25%	EN 16167
c) PAH(16)					
c) Naftalen	0.014	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Acenaftylene	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.
c) Acenaften	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.
c) Fluoren	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.
c) Fenantren	0.095	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Antracen	0.036	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoranten	0.21	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Pyren	0.22	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]antracen	0.11	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Krysen/Trifenylen	0.084	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[b]fluoranten	0.19	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[k]fluoranten	0.070	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]pyren	0.12	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.059	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.011	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[ghi]perylene	0.053	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Sum PAH(16) EPA	1.3	mg/kg TS			ISO 18287, mod.
a) Tributyltinn (TBT)	7.1	µg/kg tv	2.4		Kalkulering
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	2.9	µg/kg tv	1		Internal Method 2085
b) Kornstørrelse <2µm					
b) Kornstørrelse <2 µm	3.8	% TS	1		Internal Method 6
b) Kornstørrelse <63µm					
b) Kornstørrelse < 63 µm	56.0	% TS	0.1		Internal Method 6
TOC kalkulert					
Totalt organisk karbon kalkulert	2.5	% TS		12%	Intern metode
c) Total tørrstoff glødetap	4.3	% tv	0.1	10%	EN 12879

Teignforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

c) Tørrstoff			
c) Total tørrstoff	56.7 %	0.1 10%	EN 12880

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a) Eurofins Environment A/S (Vejen), Ladelundvej 85, DK-6600, Vejen DS EN ISO/IEC 17025 DANAK 168,
- b) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne DS EN ISO/IEC 17025 DANAK 168,
- c) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,
- d)* Eurofins Expertises Environnementales (Maxeville), Rue Lucien Cuenot, Site Saint-Jacques II, BP 51005, F-54521, Maxeville cedex

Kopi til:

Anne Guri Weihe Steindal (anne.guri.weihe.steindal@multiconsult.no)
 Felles e-post for Miljøgeologi i Trondheim (RSTrheimMiljogeologi@multiconsult.no)

Moss 15.08.2017


 Stig Tjomsland

ASM/Bachelor Kjemi

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.
 Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).