
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 tilfredsstille 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.

Kostnadsspennet 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.

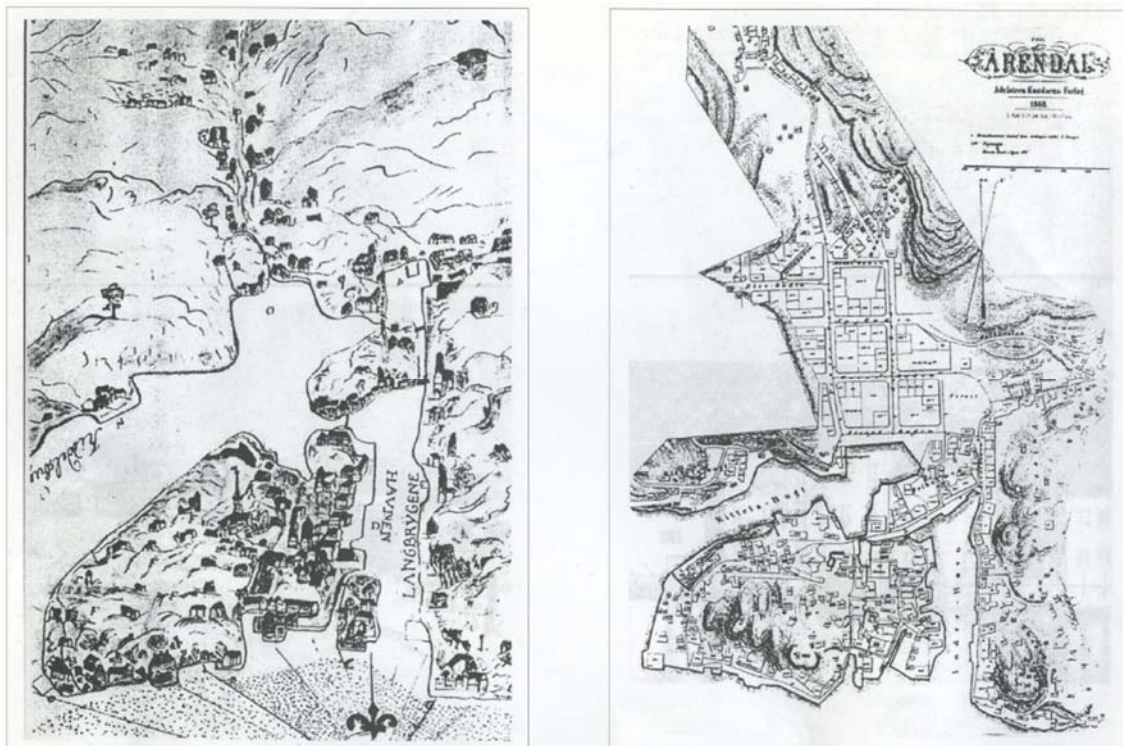
Oppryddingen av Kittelsbukt var opprinnelig planlagt med oppstart i 2016, men ble utsatt som følge av forsinkelser og ønsket om mulig samkjøring av tiltak i Kittelsbukt, Pollen og Barbubukt. Tiltaksområdets areal er på ca. 34 000 m².



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 Kittelbukkt, 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 Kittelbukkt til Svinodden.

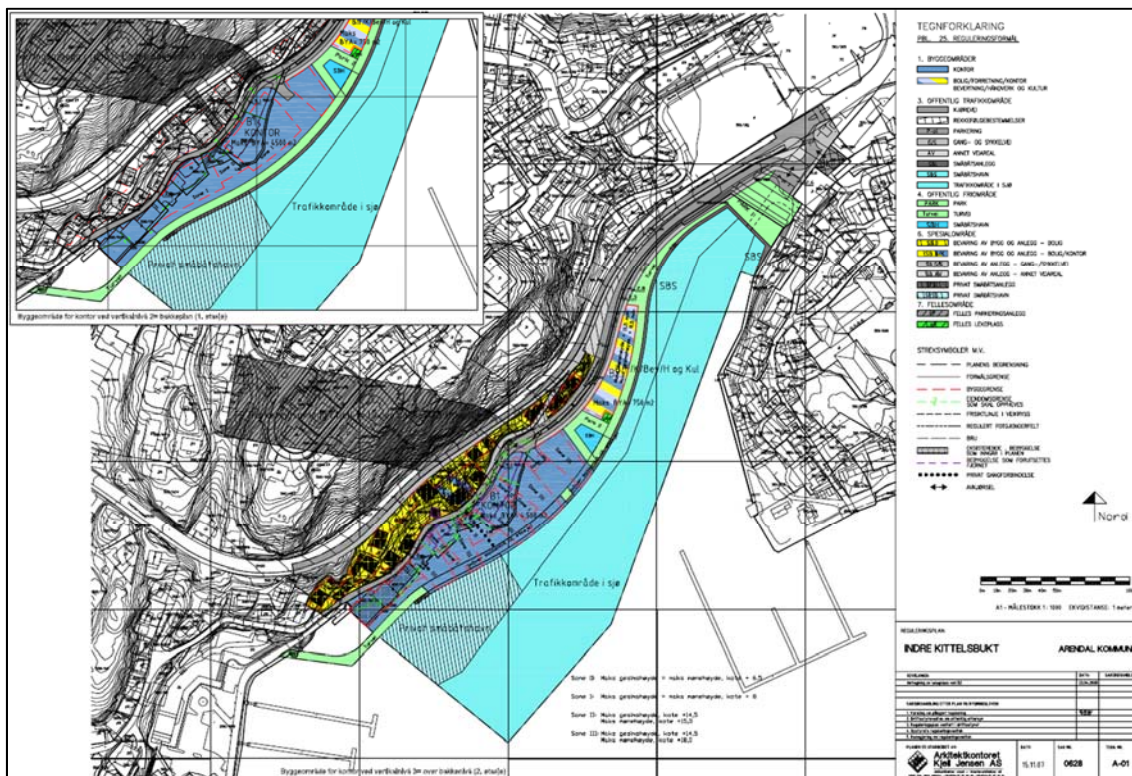
I østre hjørne kommer to fjernvarmeledninger ut. Den ene ledningen går raskt inn mot land på østsiden igjen, mens den andre fortsetter ut Kittelbukkt og over til Svinodden.

1.4 Arealbruk og planlagte utbyggingsprosjekter

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

Det foreligger planer om utfylling og bygging av nærings- og boligbygg på vestre side av Kittelbukta. 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), polysykliske 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.

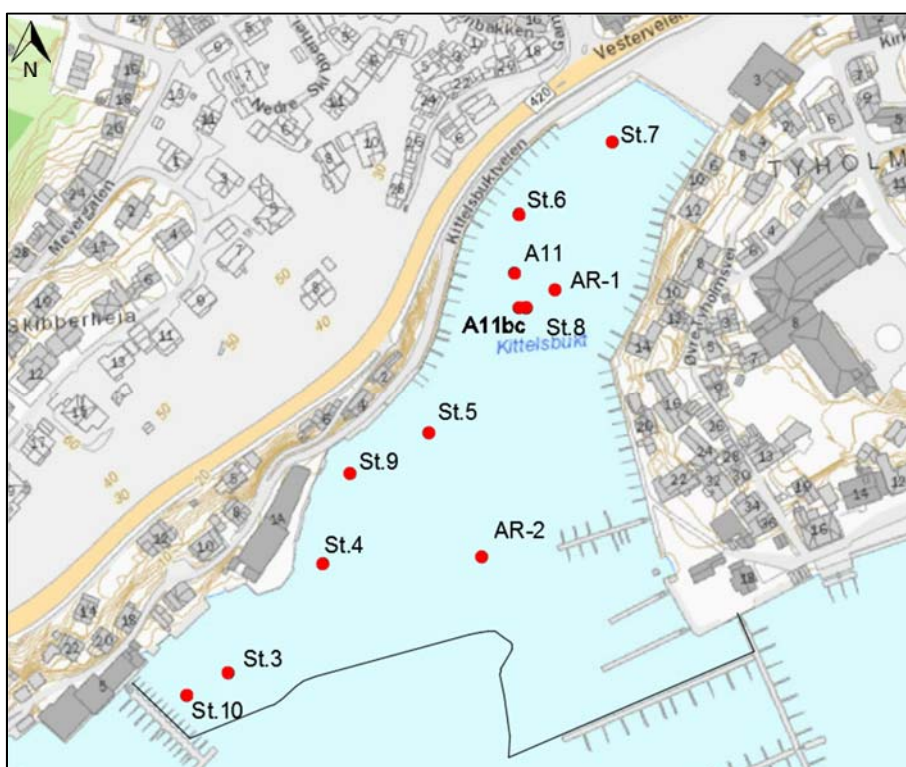
Multiconsult innhentet nye prøver fra to stasjoner i Kittelsbukta i juli 2017. Formålet med undersøkelsen var å bestemme porevannskonsentrasjonen, slik at denne kunne benyttes som inngangsdata ved beregning av tildekkingsmekthet. Analyser av porevann viser overskridelse av Predicted No Effect Concentration 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 utstrekning 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 kostholdsråd 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/nytteturvurderinger. 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 Miljødirektoratet 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

Kittelsbukt ligger relativt beskyttet til mot bølger og havstrømmer, og er utbygd med flytebrygger og kaier langs store deler av strandkanten. Innerst i Kittelsbukt 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.

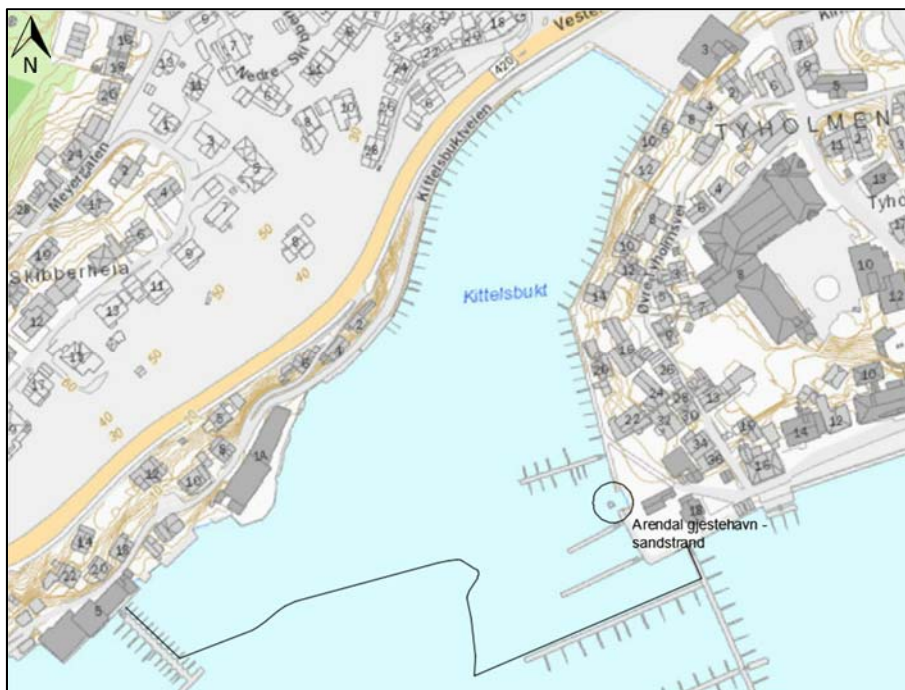
Tiltaksområdet avgrenses av flytebryggen ved Kittelsbuktsveien 5 (Sevan Marine ASA) på vestlig side og den buede gangbroen ved Arendal gjestehavn og sjøbad på østlig side. Bukten blir kun anløpt av småbåter, og det er satt maksfart på 5 knop. Propelloppvirvling fra småbåter blir normalt vurdert å ikke 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 Kittelsbukt (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 Kittelsbukt 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).

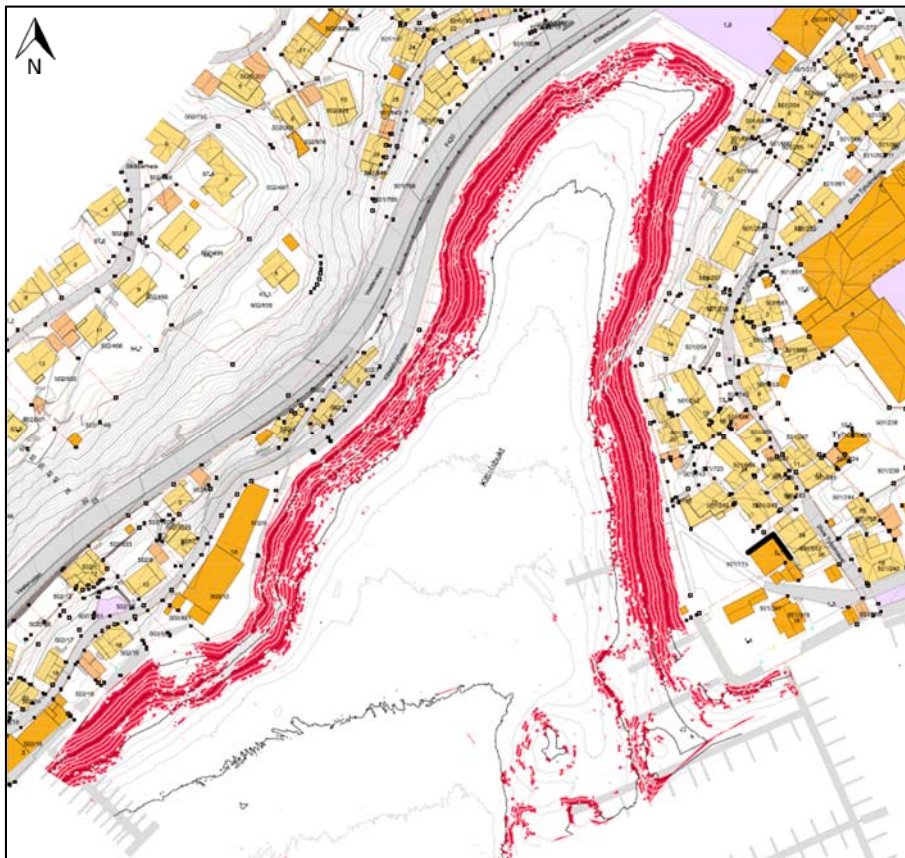
4.1.1 Skråningsstabilitet

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 splittelakter 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 Kittelsbuk, bør man fortrinnsvis gjennomføre tiltak i Pollen først, for å unngå evt. påvirkning nær gyteperioden.

Det anslås at tiltaket i Kittelsbuk 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 Kittelsbuk 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.

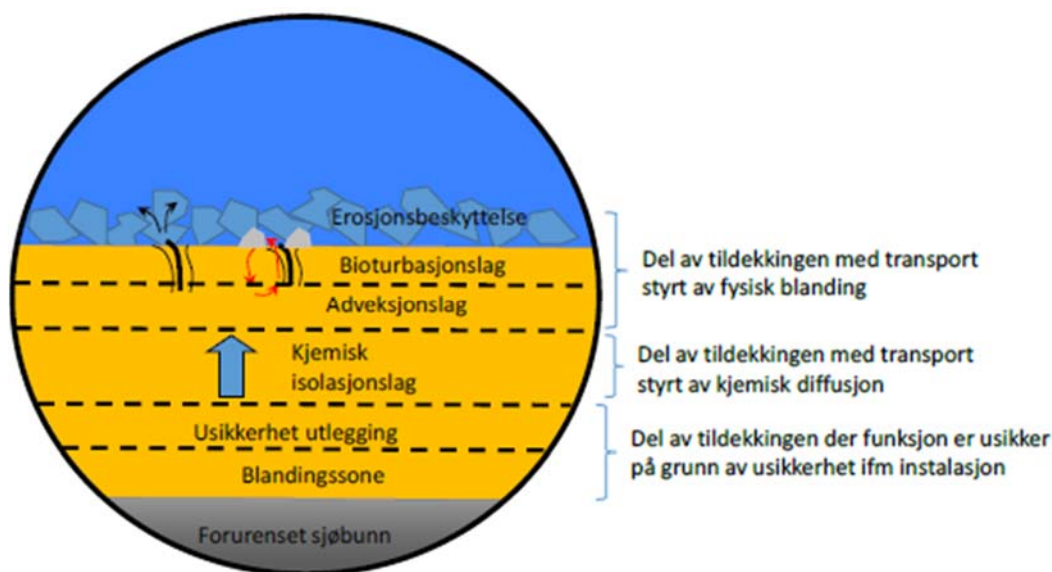
Faktiske strømforhold i Kittelsbuktt er ikke målt, og det er derfor usikkert hvor hyppig det vil være behov for tilførsel av ny skjellsand.

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)).

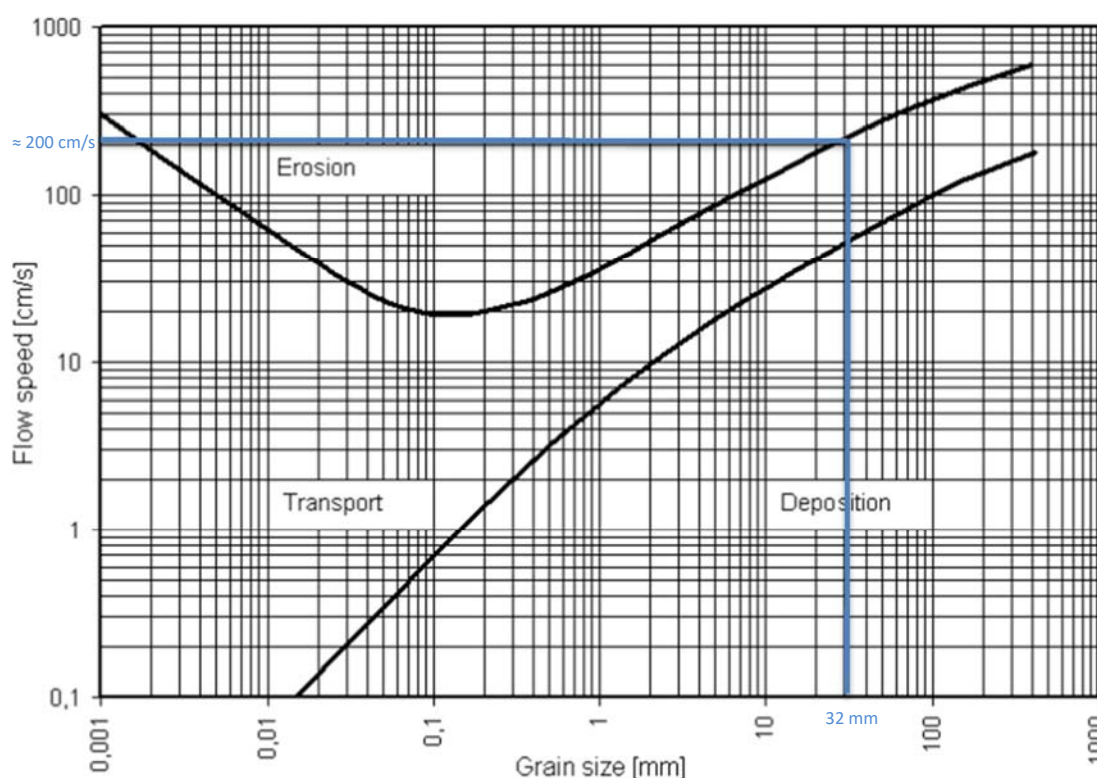
Siden det er vanskelig å forutsi effekten av motorpådrag ved buksering av anløpende fritidsbåter, bør erosjonssikringslaget overdimensjoneres noe. På bakgrunn av dette vurderes det som nødvendig med en største korndiameter som kan motstå erosjon ved bunnstrømmer mellom 1 til 2 m/s.

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

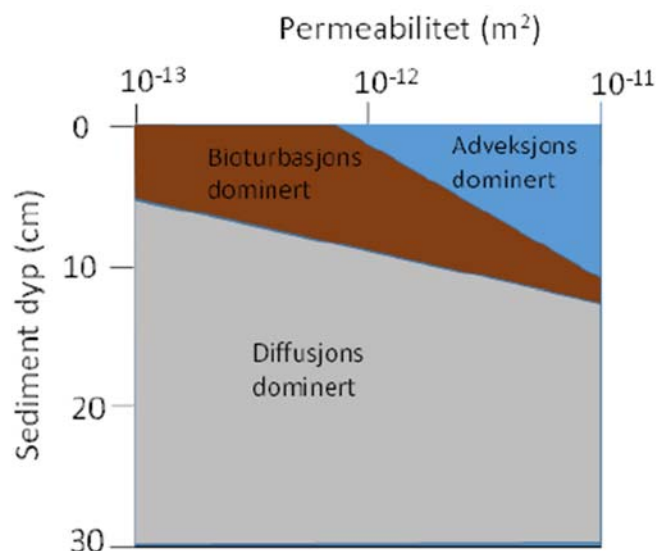
Trykkforskjeller som følge av strømmende vann over tildekkingsmassene kan medføre vannstrøm og transport av forurensede partikler opp gjennom tildekkingslaget. Dette kalles adveksjon.

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. **Byguiden.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/Illsvika. 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 foruenet 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.

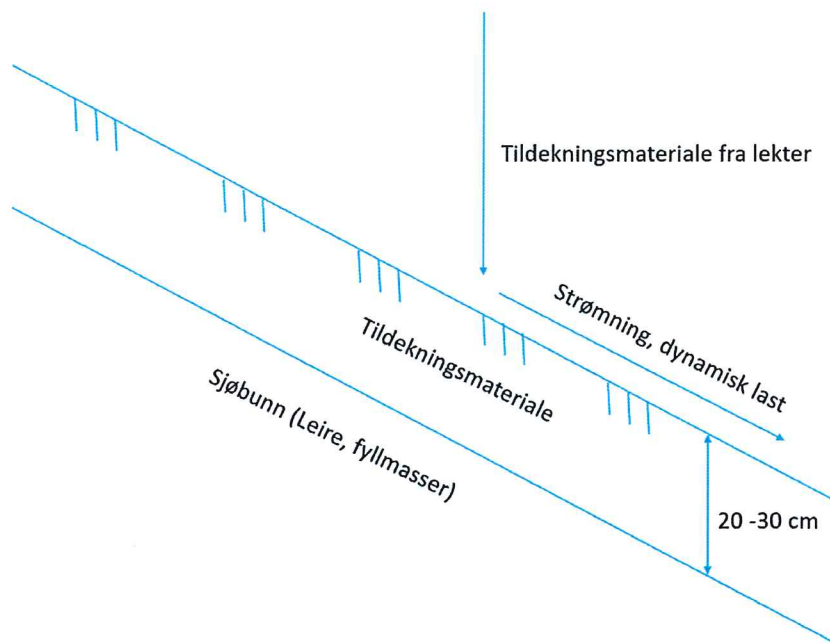
1.3 Stabilitet

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 betongmadraser 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	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) Acenaftylen	<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]perylen	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) Acenaftalen	<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/Trifenylene	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]perylene	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) 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: 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	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).