
RAPPORT

Miljøtiltak forurensede sedimenter, Arendal

OPPDRAGSGIVER

Arendal kommune

EMNE

Tiltaksplan forurenset sjøbunn Pollen

DATO / REVISJON: 11. oktober 2017 / 00

DOKUMENTKODE: 418803-RIGm-RAP-001



Multiconsult

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

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

RAPPORT

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

SAMMENDRAG

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

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

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

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

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

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

INNHOLDSFORTEGNELSE

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

VEDLEGG

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

1 Innledning

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

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

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

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

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

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

1.1 Områdebeskrivelse

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

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

Tiltaksområdets areal er ca. 12 600 m³.



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

1.2 Historikk

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

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

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

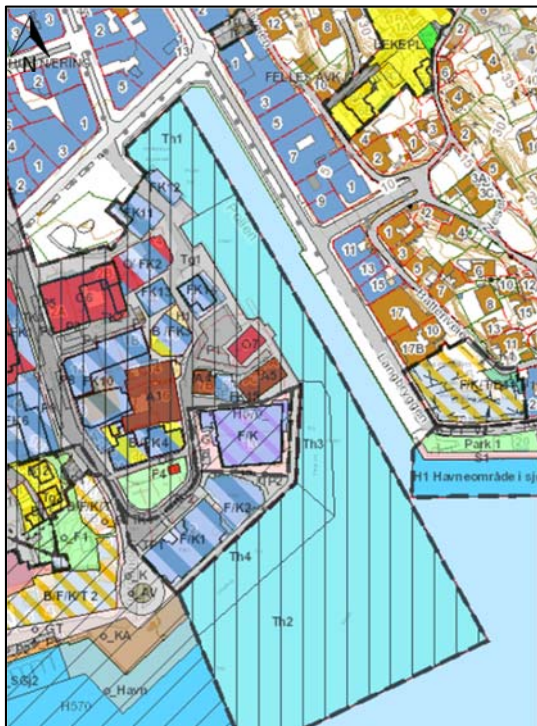


Figur 1-2 Historisk kart over Arendal sentrum fra 1884 (kilde: 1881.no).

1.3 Brukerinteresser og arealbruk

De viktigste brukerinteressene er i dag næringsvirksomhet og rekreasjon.

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



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

1.4 Planlagte utbyggingsprosjekter

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

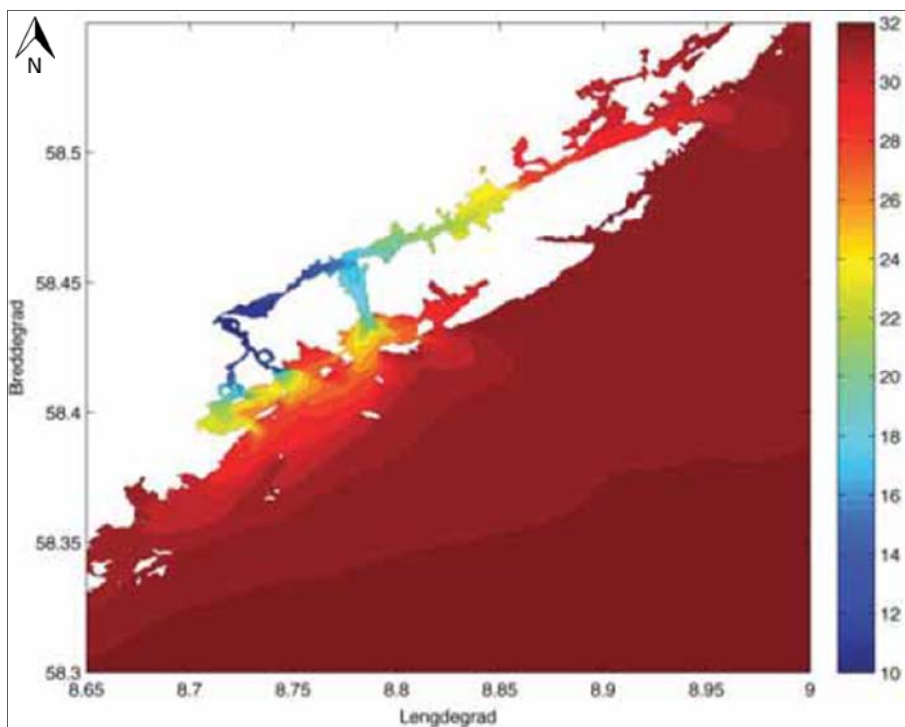
1.5 Bunntopografi og bunnforhold

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

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

1.6 Strømforhold

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



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

1.7 Økologisk status og kulturminner

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



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

2 Forurensningstilstand

2.1 Undersøkelser

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

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

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

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

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

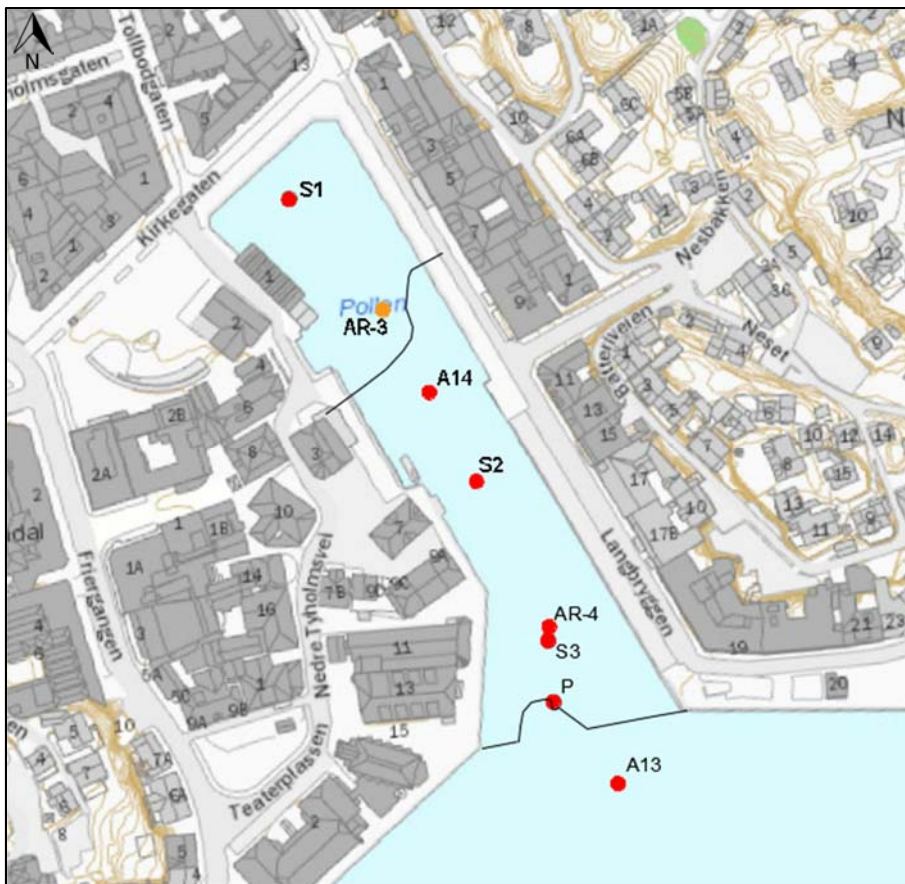
COWI utførte i 2015 en risikovurdering for Pollen (5). I den forbindelse ble det utført analyse av sedimenter fra 3 nye stasjoner, samt toksisitetstester (veksthemmingstest, dødelighetstest, DR Calux in vitro biotest og helsesedimenttest). Resultatene viste at Pollen er forurenset med hensyn til bly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

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

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

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

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



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

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

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

i.a. = ikke analysert

¹ Klassifisert etter TA-2229/2009.

2.2 Forurensningskilder og spredningsveier

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

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

Nidelva kan også ha tilført noe forurensning.

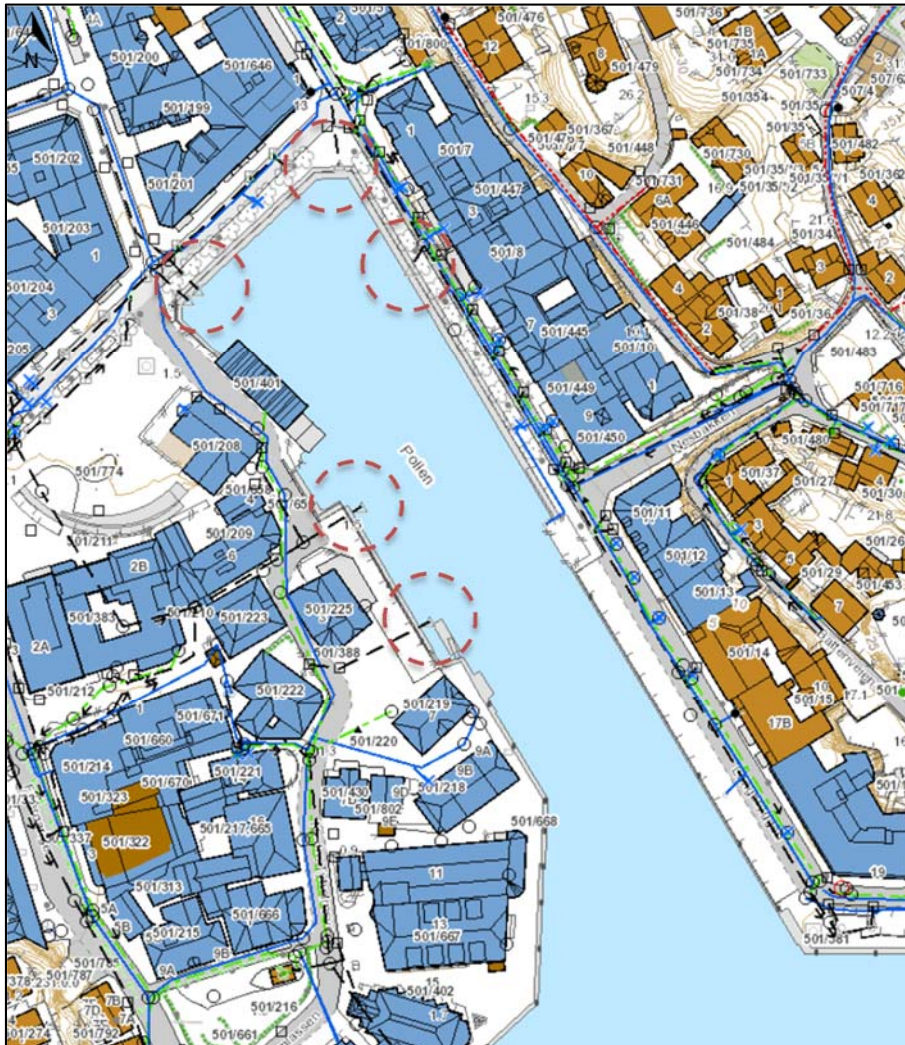
Det er blant annet påvist høye konsentrasjoner av TBT og kobber i sedimentene, som kan stamme fra bunnsmurning og maling på skip. I 2008 ble det innført totalforbud mot bruk av antibegroingsmiddel av TBT som ytterlag på skip, men det er fremdeles en svært vanlig forbindelse i sedimenter i havneområder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

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

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

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

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



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

2.3 Risikovurdering av forurenset sediment

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

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

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

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

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

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

2.4 Vurdering av datagrunnlag

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

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

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

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

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

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

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

3 Miljømål

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

3.1 Tilstand i henhold til Vannforskriften

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

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

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

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

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

3.2 Overordnede miljømål Arendal kommune

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

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

Det langsiktige miljømålet skal nås gjennom følgende delmål:

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

3.3 Forslag til operative tiltaksmål i Pollen

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

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

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

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

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

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

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

TBT har i hovedsak vært benyttet til tre- og tekstilimpregnering og som antibegroingsmiddel i bunnstoff. Det ble vedtatt 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 oppdrettsnøtter for å redusere vekst eller begroing av planter, alger og dyr. I tillegg brukes Cu i en rekke andre produkter, for eksempel elektronikk, ledninger, rør og kabler. Cu er ikke lenger på Miljødirektoratet sin liste for prioriterte miljøgifter og er heller ikke prioritert i Vanndirektivet eller Vannforskriften.

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

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

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

4 Vurdering av mulige tiltak

4.1 Nullalternativet

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

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

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

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

4.2 Mudring

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

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

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

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

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

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

4.3 Tildekking

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

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

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

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

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

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

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

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

4.4 Oppsummering – anbefalt tiltaksløsning

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

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

5 Prosjektering av tildekkingslag

5.1 Krav til tildekkingsmasser

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

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

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

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

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

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

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

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

5.2 Skjellsand som tildekkingslag

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

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

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

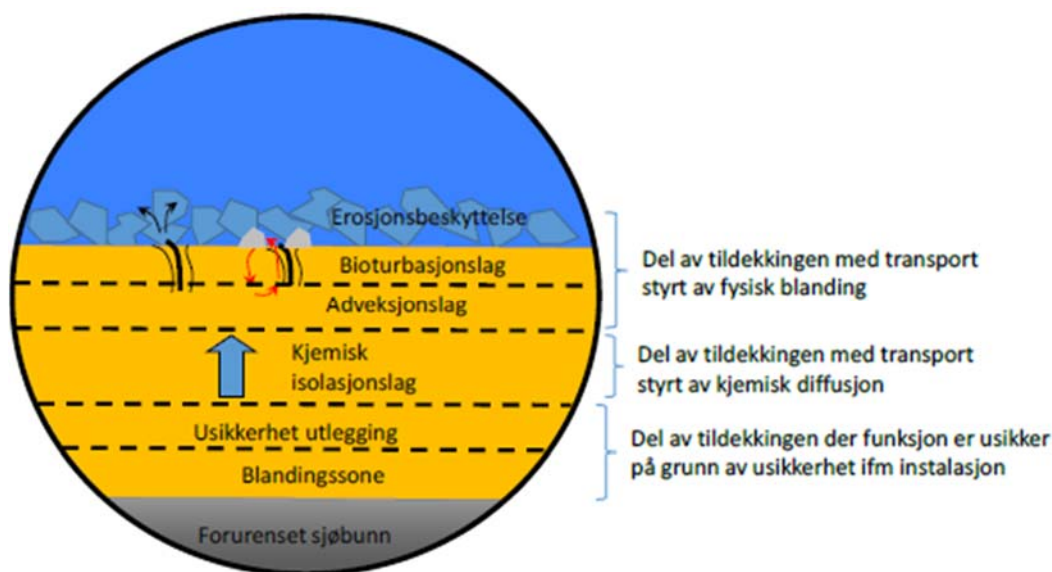
Faktiske strømforhold i Pollen er ikke målt, og det er derfor usikkert hvor hyppig det vil være behov for tilførsel av ny skjellsand.

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

5.3 Beregning av tildekkingslagets mektighet

5.3.1 Generell oppbygging av tildekkingslag

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

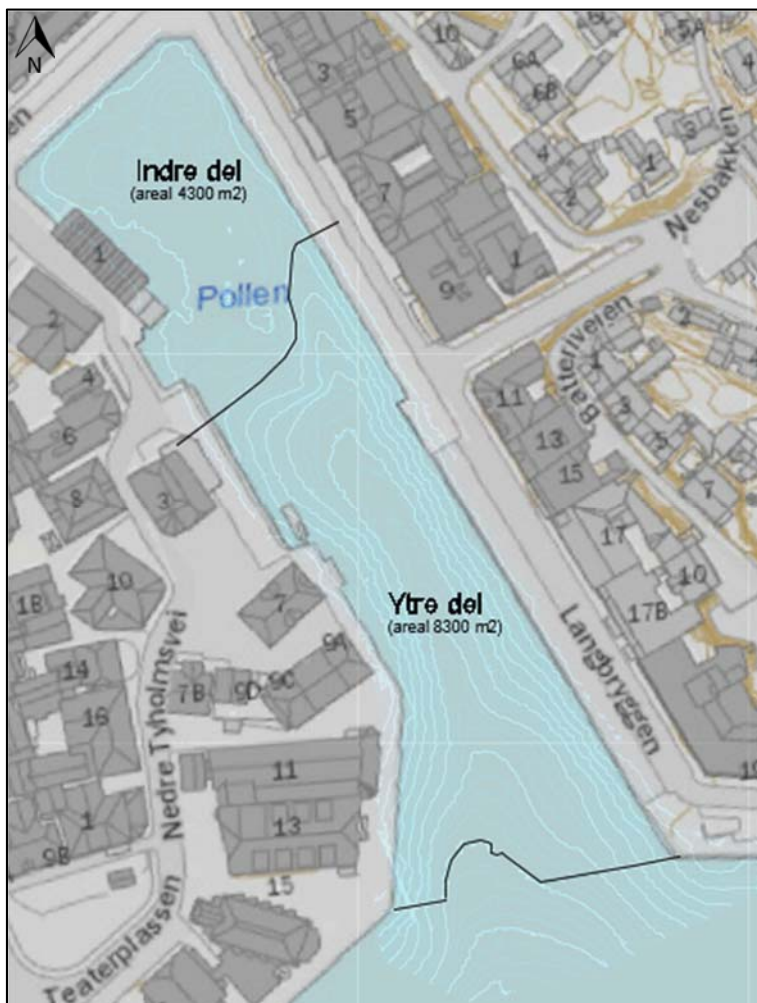


Figur 5-1 Prinsipp for oppbygging av tildekkingslag (utsnitt fra NGI-rapport 20160682-01-TN Tildekking i Stavanger havn Vurdering av stedlige masser og tildekkingsmasser).

5.3.2 Erosjonsbeskyttelse

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

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



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

Indre del av Pollen

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

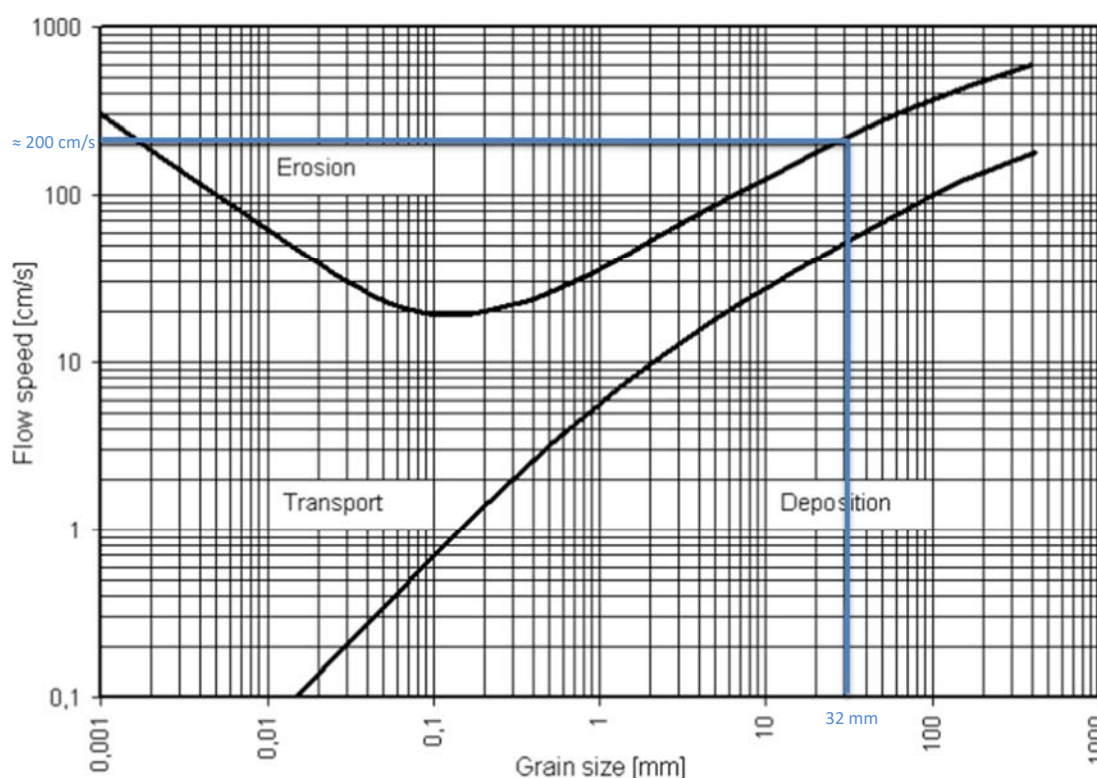
I oppryddingsprosjektet Ren Harstad havn ble fraksjon 0/32 mm ($d_{15} = 0,75$ mm, $d_{50} = 11$ mm, $d_{85} = 30$ mm) benyttet som erosjonsbeskyttelse ved varierende dybder mellom 0 og -7 m (sjøkartnull) ved Harstad Marina i Harstadbotn. Overvåking henholdsvis 1 og 2 år etter at tiltaket ble avsluttet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

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

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

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

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



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

Ytre del av Pollen

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

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

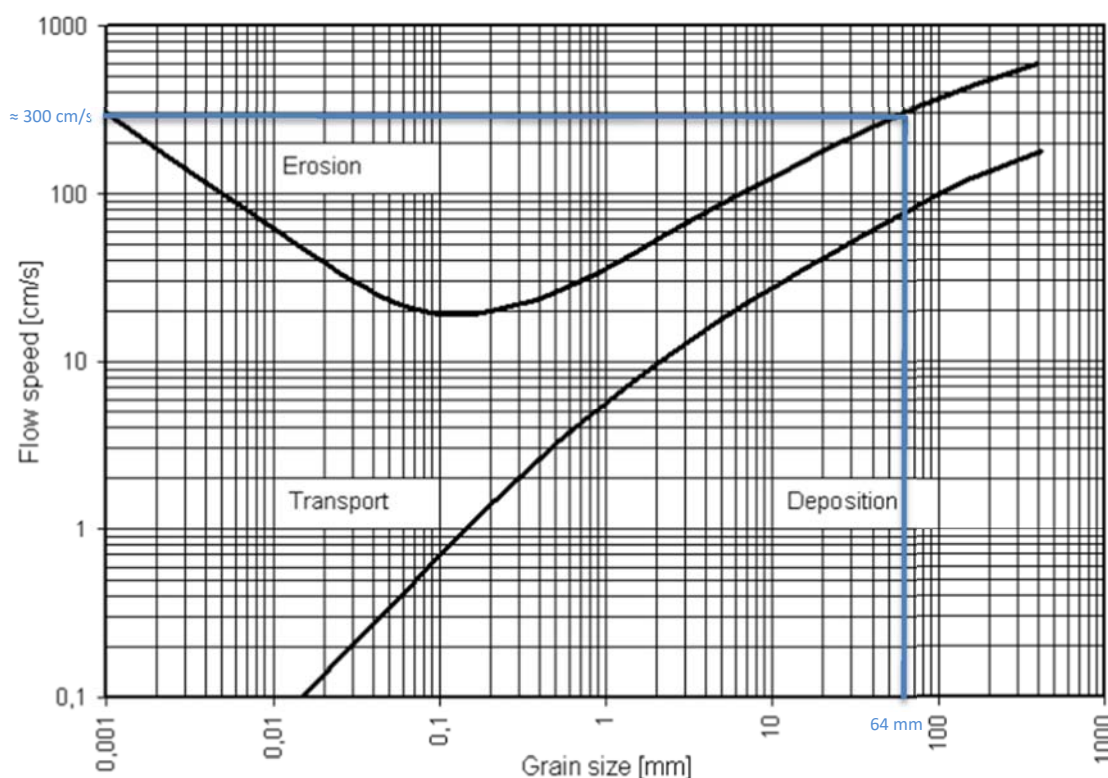
Modellering utført av SINTEF for prosjektet Renere havn i Trondheim med lastebåten MV Nordvåg (dypgående 5,2 m, propelldybde 3,4 m, propelldiameter 2,5 m, motoreffekt 2237 kW) ved kote -8

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

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

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

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



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

5.3.3 Bioturbasjonslag

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

5.3.4 Adveksjonslag

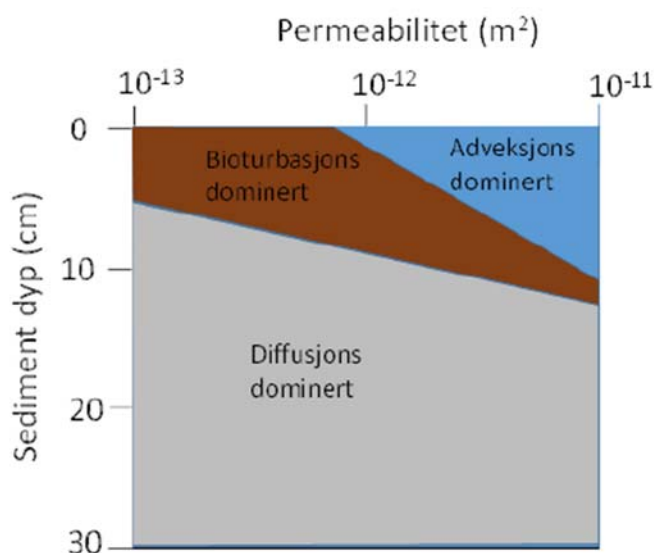
Trykkforskjeller som følge av strømmende vann over tildekkingsmassene kan medføre vannstrøm og transport av forurensede partikler opp gjennom tildekkingslaget. Dette kalles adveksjon.

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

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

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

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



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

5.3.5 Kjemisk isolasjonslag

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

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

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

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

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

5.3.6 Blandingslag

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

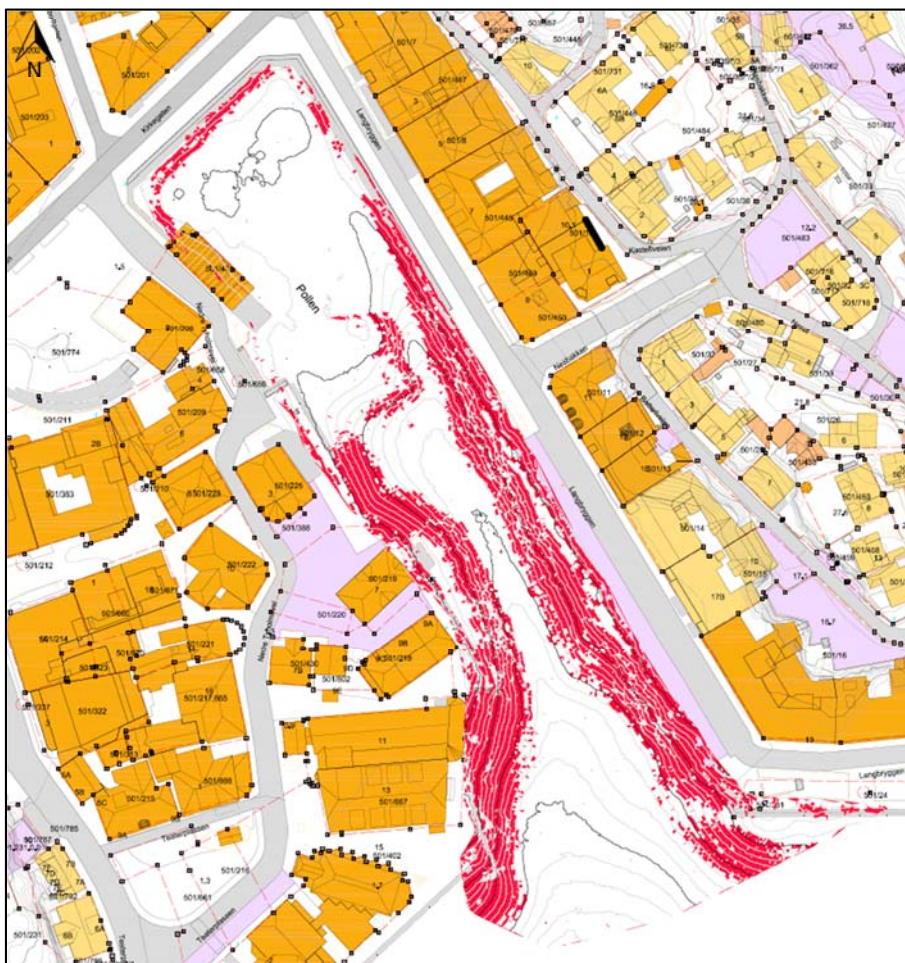
5.4 Skråningsstabilitet

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

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

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

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



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

5.5 Oppsummering

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

Tabell 5-2 Tildekkingsdesign i indre del av Pollen.

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

Tabell 5-3 Tildekkingsdesign i ytre del av Pollen.

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

6 Tiltaksbeskrivelse

6.1 Vurdering av tildekkingsareal

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

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

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

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

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

6.2 Rydding av avfall

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

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

6.3 Gjennomføringsperiode

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

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

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

6.4 Utlegging av tildekkingsmasser

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

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

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

7 Kontroll og overvåking

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

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

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

7.1 Kontrollmålinger før tiltak

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

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

7.2 Overvåking under tiltak

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

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

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

7.2.1 Beredskapsplaner

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

7.2.2 Turbiditetsmålinger

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

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

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

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

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

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

7.3 Sluttkontroll av tiltak

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

7.3.1 Sedimentprøvetaking

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

7.3.2 Kontroll av tildekkingslag

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

7.4 Overvåking etter tiltak

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

7.4.1 Sedimentprøvetaking

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

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

7.4.2 Kontroll av tildekkingslag

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

8 Kostnadsoverslag

8.1 Massebehov

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

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

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

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

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

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

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

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

8.2 Logistikk og råvaretilgang

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

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

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

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

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

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

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

8.3 Kostnader knyttet til forberedelse og gjennomføring

Kostnadsberegningene tar utgangspunkt i bruk av sand/grus som tildekkingsmasser. Kostnadene presentert i tabellen under er basert på oppgitte enhetspriser fra råvareleverandører og erfaringstall fra lignende tiltak i sjø. Beregningene er et estimat og usikkerheten er presentert gjennom å oppgi en høy og en lav pris.

Store deler av skråningene i ytre del av Pollen er sannsynligvis for bratte til at tildekkingsmasser vil bli liggende, og videre er behovet for tiltak i disse områdene usikkert.

Det er ikke lagt til grunn at det vil være behov for mellomlagring av masser. Skjellsand er forutsatt brukt kun i indre del av Pollen.

Det er usikkert hvor mye skrot som må fjernes, da det ikke er gjort noen visuell kartlegging av bunnen.

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

Tabell 8-2 Estimerte kostnader for tiltak i Pollen (NOK, eks. mva.).

Beskrivelse	Antall	Enhet	Enhetspris lav	Enhetspris høy	Pris lav	Pris høy
Undersøkelser før oppstart						
Geotekniske undersøkelser	1	RS	400 000	500 000	400 000	500 000
Dykker-/ROV-undersøkelse	1	RS	120 000	170 000	120 000	170 000
Turbiditetsmålinger	1	RS	220 000	280 000	220 000	280 000
Rydding av skrot	12 610	m ²	10	30	126 100	378 300
Rigg og drift	1	RS	600 000	1 500 000	600 000	1 500 000
Innkjøp og utlegging tildekkingsmasser						
Indre del av Pollen (fraksjon 0/32, 2 lag)	1600	m ³	280	345	448 000	552 000
Ytre del av Pollen (fraksjon 0/32, 1 lag)	2000 ¹	m ³	280	345	560 000	690 000
Innkjøp og utlegging av erosjonssikringslag						
Ytre del av Pollen (fraksjon 0/64, 1 lag)	1000 ¹	m ³	300	370	300 000	370 000
Innkjøp og utlegging av skjellsand	1050	m ³	200	260	210 000	273 000
Bunntegning, før og etter	2	RS	100 000	150 000	200 000	300 000
Overvåking under tiltak	1	RS	400 000	600 000	400 000	600 000
Overvåking etter tiltak	3	RS	150 000	200 000	450 000	600 000
Uforutsett (20 %)	1	RS	806 820	1 242 660	806 820	1 242 660
SUM (eks. mva.)					5 080 920	8 953 560

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

Prosjektering og prosjektadministrasjon er ikke medtatt i kostnadsestimatet. Kostnad for dette estimeres til 10 % av prosjektsummen, dvs. mellom NOK 500.000,- og 900.000,- eks.mva.

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

I de bratte partiene vil det være utfordringer forbundet med utlegging av materialer. Hvis undersøkelser viser at det er behov for tildekking (at andelen av finkornig og forurenset materiale er betydelig), må tildekking med betongmadrasser vurderes. Kostnader for å dekke til områder med betongmadrass ventes å utgjøre ca. 2500 kr/m² inklusive nødvendige riggekostnader. Alternativt kan det vurderes å benytte gabionmadrasser, hvor aktive materialer emballes i en madrass av fiberduk.

Tildekking med aktivt materiale i gabionmadrass (23 cm høyde x 2 m x 6 m) antas å ha en kostnad på ca. 650-850 kr/m².

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

9 Referanser

1. **Asplan Viak As.** *Sluttrapport Eydehavn*. 2013.
2. **NIVA.** *Miljøundersøkelser i havner på Agder 1997-1998. PAH, PCB, tungmetaller og TBT i sedimenter og organismer. Statlig program for forurensningsovervåking 799/00. NIVA-rapport 1. nr. 4232-2000*. 2000.
3. —. *Undersøkelse for revurdering av kostholdsrestriksjoner i Arendal fjordbasseng 2007. NIVA rapport LNR 5639-2008*. 2008.
4. **Fylkesmannen i Aust-Agder.** *Fylkesvise tiltaksplaner for forurensede sedimenter. Forslag til tiltaksplan for Arendal kommune*. 2005.
5. **COWI.** *Risiko- og tiltaksvurdering av forurenset sjøbunn i Pollen, Arendal kommune*. 2015.
6. **Miljødirektoratet.** *Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, TA-2229/2007*. 2007.
7. —. *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota, M-608*. 2016.
8. **Byguiden.no.** [Internett] [Sisert: 28 08 2017.] <http://bysiden.no/sted/arendal/places/info/>.
9. **Vann-nett.no.** *Faktaark vannforekomst Nidelva (utløp Hølen)*. [Internett] [Sisert: 28 08 2017.] <http://vann-nett.no/portal/Water?WaterbodyID=019-402-R>.
10. **Havforskningsinstituttet.** *Marine naturforhold og naturverdier i Raet*. 2014.
11. **NIVA.** *Sonderende undersøkelse i norske havner og utvalgte kystområder - Fase 1. Miljøgifter på strekningen Narvik - Kragerø. NIVA rapport LNR 3275. SFT overvåkningsrapport nr. 587/94, TA-1159/1994*. 1994.
12. **COWI.** *Miljøgiftundersøkelse av blåskjell i Arendal havenområde. COWI rapport A039914*. 2013.
13. **NIVA.** *Sedimentundersøkelser i forbindelse med tiltaksplan for forurensede sedimenter i Arendal: fase 2*. 2005.
14. —. *Oppfølgende sedimentundersøkelse i Arendal havneområde. NIVA rapport LNR 6408-2012*. 2012.
15. **Multiconsult.** *Kildesøk av PCB i Arendals havneområde. Multiconsult rapport nr. 311657-1*. 2009.
16. **Miljødirektoratet.** *M-409 Veileder for risikovurdering av forurenset sediment*. 2016.
17. —. *Veileder for håndtering av sedimenter M-350*. 2015.
18. **Vannregion Agder.** *Regionalt tiltaksprogram for vannregion Agder*. 2015.
19. **Bystyret Arendal kommune.** *Saksfremlegg- Forslag til revidert tiltaksplan for Arendal kommune. Fylkesvise tiltaksplaner for forurensede sedimenter. 29.5.2013*. 2013.
20. **Multiconsult.** *Prostneset. Miljøprosjektet Tromsø havn. Sluttrapport. Multiconsult rapport nr. 711493-1*. 2013.
21. —. *Ren Harstad havn. Sluttrapport. Multiconsult rapport nr. 711266-RIGm-RAP-001*. 2014.
22. —. *Etterkontroll av mudring i Honningsvåg havn, miljøundersøkelse av sjøbunnsediment. Multiconsult rapport nr. 712171-RIGm-RAP-001*. 2013.
23. *Aktiv og passiv tynn tildekking av forurenset sediment: fem år med overvåking av verdens største pilottest i Grenlandsfjordene*. Cornelissen, G., et al. 2017.
24. **Eek, E., Schaaning, M. og Cornelissen, G.** *Tynntildekking av sedimenter - Overvåking av fire testfelt i Grenlandsfjorden*. 2014.
25. **Miljødirektoratet.** *M-411/2015 Testprogram for tildekkingsmasser Forurenset sjøbunn*. 2015.
26. **NGI.** *20160682-01-TN Vurdering av tildekkingsmasser ved tildekking av forurenset sjøbunn i Bangarvågen og ved Engøy*. 2016.
27. **Multiconsult.** *Overvåking Harstad havn Overvåking tildekkingslag 2. kvartal 2016*. 2016.
28. **NGI.** *Prosjektering av mudring og tildekking i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna Forprosjekt 2013033902-R*. 2014.
29. *An analytical modeling approach for evaluation of capping of contaminated sediments*. Lampert, David J. og Reible, Danny. s.l. : Soil and sediment contamination: An international journal, 2009, Vol. 18:4.
30. **NGI.** *Pilottest tynntildekking Fagervika/Ilsvika. NGI rapport 20120404-04-R. Rev. 2*. 2015.
31. **Multiconsult.** *418803-RIG-NOT-001 Geoteknisk vurdering av stabilitet*. 2017.
32. **NGI.** *Renere havn Månedrapport april 2016. Dok. nr. 20130339-22-R*. 2016.
33. **Multiconsult.** *Geoteknisk vurdering av stabilitet. Multiconsult rapport 418803-RIG-NOT-001*. 2017.

Parametere	Porevannskonsentrasjon (µg/l)	TOC (% TS)	K _d	log K _d	log K _{OC}	log K _{ow} (M- 409)	Grenseverdi TK II/III (µg/kg)	Beregnet konsentrasjon (µg/kg)	Tildeckingslag (cm)	Isolasjonslag (tildeckingslag - 10 cm bioturbasjonslag)
Arsen	3,3800	4	3 240	3,5	-	-	18 000	114	10	0
Bly	7,6650	4	27 723	4,4	-	-	150 000	2 142	10	0
Kadmium	0,0435	4	9 195	4,0	-	-	2 500	4,1	10	0
Kvikksølv	0,0025	4	95 600	5,0	-	-	520	2,4	10	0
Kobber	1,9950	4	125 564	5,1	-	-	84 000	2 527	10	0
Krom	2,0625	4	21 552	4,3	-	-	660 000	449	10	0
Nikkel	3,8000	4	3 184	3,5	-	-	42 000	123	10	0
Sink	23,0000	4	9 739	4,0	-	-	139 000	2 263	10	0
Naftalen	0,0080	4	9 188	4,0	5,4	3,3	27	18,6	10	0
Acenaftylene	0,0050	4	10 400	4,0	5,4	4	33	13,2	10	0
Acenaften	0,0165	4	3 485	3,5	4,9	3,9	96	15,1	10	0
Fluoren	0,0255	4	2 686	3,4	4,8	4,2	150	17,9	10	0
Fenantren	0,1095	4	5 708	3,8	5,2	4,5	780	160,3	10	0
Antracen	0,0335	4	7 687	3,9	5,3	4,7	4,6	4,3	11	1
Fluoranten	0,1700	4	8 324	3,9	5,3	5,2	400	14,0	10	0
Pyren	0,2150	4	6 140	3,8	5,2	5	84	23,4	11	1
Benzo[a]antracen	0,0865	4	7 168	3,9	5,3	5,9	60	49,6	12	2
Krysen	0,1055	4	5 166	3,7	5,1	5,8	280	139,7	10	0
Benzo[b]fluoranten	0,2100	4	7 643	3,9	5,3	5,8	140	21,6	11	1
Benzo[k]fluoranten	0,0615	4	9 837	4,0	5,4	6,1	135	23,8	11	1
Benzo[a]pyren	0,1200	4	7 833	3,9	5,3	6,1	183	12,5	11	1
Indeno[1,2,3-cd]pyren	0,0890	4	3 399	3,5	4,9	6,7	63	78,0	10	0
Dibenzo[a,h]antracen	0,0165	4	3 727	3,6	5,0	6,6	27	15,8	10	0
Benzo[ghi]perylene	0,0890	4	2 933	3,5	4,9	6,6	84	67,3	10	0
TBT	0,0425	4	713	2,9	5,3	3,8	5	4	11	1
Sum PCB7	n.d.	4	-	-	-	5,7	4,1	-	-	-

NOTAT

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

SAMMENDRAG

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

1 Vurdering av helningsvinkel og stabilitet

1.1 Generelt

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

1.2 Helning

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

1.2.1 Kittelsbukt

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

1.2.2 Barbubuka

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

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

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

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

1.2.3 Pollen

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

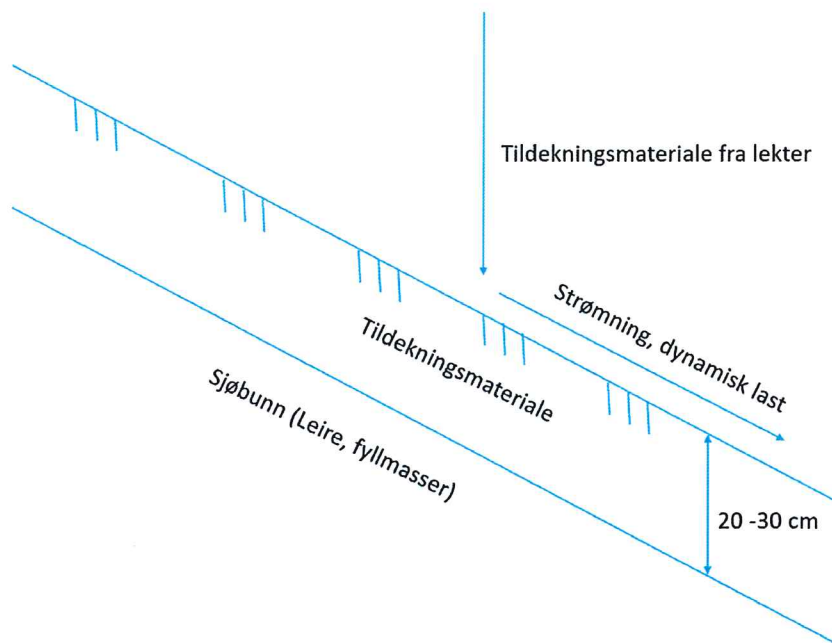
1.3 Stabilitet

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

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

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

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



Figur 1 Tildeckningsmateriale over sjøbunn

1.4 Stabilitet mot erosjon

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

2 Referanser

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

Multiconsult AS
 Sluppenvegen 15
 7037 TRONDHEIM
Attn: Ida Almvik

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

Prøvemottak: 04.07.2017

Temperatur:

Analyseperiode: 04.07.2017-15.08.2017

 Referanse: 418803 Forurensede
 sedimenter Arendal

ANALYSERAPPORT

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

Merknader prøveserie:

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

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

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

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

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

Tegnforklaring:

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

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

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

Tegnforklaring:

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

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

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

Tegnforklaring:

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

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

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



Tegnforklaring:

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

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

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

Tegnforklaring:

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

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

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



Tegnforklaring:

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

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

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

Tegnforklaring:

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

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

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



Tegnforklaring:

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

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

Prøvenr.:	439-2017-07040518	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Urent vann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-4	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)					
c) Arsen (As) ICP-MS	6.6	µg/l	0.02	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)					
c) Bly (Pb) ICP-MS	15	µg/l	0.01	20%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)					
c) Kadmium (Cd) ICP-MS	0.048	µg/l	0.004	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)					
c) Kobber (Cu) ICP-MS	3.7	µg/l	0.05	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)					
c) Krom (Cr) ICP-MS	4.1	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Nikkel (Ni)					
c) Nikkel (Ni) ICP-MS	6.4	µg/l	0.05	15%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)					
c) Sink (Zn) ICP-MS	36	µg/l	0.2	25%	NS EN ISO 17294-2
c) PAH 16 EPA					
c) Naftalen	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) 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/Trifenylen	0.12	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[b]fluoranten	0.22	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[k]fluoranten	0.065	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Benzo[a]pyren	0.13	µg/l	0.01	30%	Intern metode
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.089	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.018	µg/l	0.01	40%	Intern metode
c) Benzo[ghi]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) Acenaftylen	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]perylen	0.17	µg/l	0.002	30%	Intern metode
c) Sum PAH(16) EPA	1.7	µg/l		30%	Intern metode
c) PCB 7					
c) PCB 28	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 52	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 101	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 118	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 138	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 153	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) PCB 180	<0.010	µg/l	0.01		Intern metode
c) Sum 7 PCB	nd				Intern metode
c) Kvikksølv (Hg)	< 0.005	µg/l	0.002		EN ISO 17852
a) Tributyltinn (TBT)	0.0073	µg/l			Kalkulering
a) Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)					
a) Tributyltinn (TBT) - Sn	0.003	µg/l	0.001		Internal Method 2285

Tegnforklaring:

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

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Tegnforklaring:

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

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

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

Tegnforklaring:

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

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

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

Tegnforklaring:

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

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

Prøvenr.:	439-2017-07040521	Prøvetakingsdato:	03.07.2017		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	AR-2	Analysestartdato:	04.07.2017		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
c) Arsen (As)	23	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Bly (Pb)	250	mg/kg TS	0.5	40%	NS EN ISO 17294-2
c) Kadmium (Cd)	0.60	mg/kg TS	0.01	25%	NS EN ISO 17294-2
c) Kobber (Cu)	160	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Krom (Cr)	34	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Kvikksølv (Hg)	0.358	mg/kg TS	0.001	20%	028311mod/EN ISO17852mod
c) Nikkel (Ni)	19	mg/kg TS	0.5	30%	NS EN ISO 17294-2
c) Sink (Zn)	360	mg/kg TS	2	30%	NS EN ISO 17294-2
c) PCB(7)					
c) PCB 28	0.0033	mg/kg TS	0.0005	30%	EN 16167
c) PCB 52	0.0047	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 101	0.013	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 118	0.012	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 153	0.024	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 138	0.019	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) PCB 180	0.018	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
c) Sum 7 PCB	0.094	mg/kg TS		25%	EN 16167
c) PAH(16)					
c) Naftalen	0.11	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Acenaftalen	0.11	mg/kg TS	0.01	40%	ISO 18287, mod.
c) Acenaften	0.099	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoren	0.15	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Fenantren	1.5	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Antracen	0.35	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Fluoranten	3.1	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Pyren	2.9	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]antracen	1.4	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Krysen/Trifenylen	1.2	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[b]fluoranten	3.7	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[k]fluoranten	1.2	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[a]pyren	1.9	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.71	mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.
c) Dibenzo[a,h]antracen	0.14	mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.
c) Benzo[ghi]perylene	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

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	39.6 %	0.1	10%	EN 12880

Tegnforklaring:

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

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

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

Teignforklaring:

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

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

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

Tegnforklaring:

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

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

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

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	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).