

SEPTEMBER 2018
ARENDALE INDUSTRIER AS

TILTAKSPLAN FORURENSEDE SEDIMENTER VINDHOLMEN

TILTAKSPLAN



COWI

SEPTEMBER 2018
ARENDALE INDUSTRIER AS

TILTAKSPLAN FORURENSEDE SEDIMENTER VINDHOLMEN

TILTAKSPLAN

OPPDRAGSNR. DOKUMENTNR.
A087751-001 RAP002

VERSJON	UTGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET	KONTROLLERT	GODKJENT
1	30.09.2018	Tiltaksplan	Ragnhild Kluge og Aud Venke Sundal	Arild Vatland	Ragnhild Kluge

SAMMENDRAG

Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder har pålagt Arendal Industrier AS å utarbeide en tiltaksplan for opprydding i forurenset sjøbunn ved det tidligere skipsverftet på Vindholmen, gnr. 509, bnr. 240 i Arendal kommune. Vindholmen-området skal bygges ut med boliger. Tidligere utfylling i sjø skal fjernes slik at Løkholmen igjen blir en holme, og her skal det etableres et attraktivt friområde med badebrygger og –strand. Det skal tilrettelegges for mulig fremtidig fergeanløp på sørsiden av holmen.

Sedimentene ved det nedlagte skipsverftet er til dels sterkt forurenset av tungmetaller, PAH, PCB og TBT. Risikovurderinger viser at sedimentene utgjør en risiko for økologi, human helse, og spredning av forurensning. Det er inntak av fisk og skaldyr som utgjør den klart største risikoen for human helse. Med hensyn til bading er det oralt inntak av sediment som har størst betydning, mens hudkontakt med vann og sediment samt inntak av overflatevann og partikler er mindre viktige eksponeringsmekanismer.

Det er gjort en vurdering av strømforhold og spredning av forurensning som en følge av kanalåpning, og konklusjonen er at dette vil medføre svært små endringer i strømbildet. Dersom kanalen etableres vil det gå en tilnærmet konstant strøm med klokka (medurs) i kanalen. Denne vil hindre sedimenter å trenge inn i kanalen fra sør. For selve badeområdet forventes derfor vannkvaliteten å være god, selv om en ferge etableres.

Det er behov for tiltak og tildekking med rene sandmasser er vurdert som det beste og rimeligste alternativet. Arealet som skal tildekkes utgjør 16 700 m², fordelt på to delområder hhv. sør og nord for Løkholmen.

Estimerte kostnader for tiltaket er 4 540 780,-. Kostnader til detaljprosjektering og prosjektleidelse er ikke inkludert. Dette beregnes til ca. 500 000,-.

INNHOOLD

1	Innledning	9
1.1	Bakgrunn	9
1.2	Formål	9
2	Rammebetingelser	11
3	Områdebeskrivelse	12
3.1	Geografi	12
3.2	Reguleringsplan	13
3.3	Topografi og bunnforhold	15
3.4	Hydrauliske forhold ved Vindholmen	16
3.5	Geotekniske undersøkelser	21
3.6	Forurensningskilder	22
3.7	Kostholdsråd	26
3.8	Naturforhold	26
3.9	Kulturminner	29
3.10	Ledninger og kabler	29
3.11	Bruksverdi	30
4	Forurensningstilstand	32
4.1	Supplerende prøvetaking 2018	33
4.2	Analyseresultater	35
4.3	Risikovurderinger	39
4.4	Kilder til forurensning	42
4.5	Vurdering av datagrunnlaget	45
5	Miljømål	46
5.1	Overordnede miljømål	46
5.2	Miljømål Vindholmen	46
5.3	Tiltaksmål	46
5.4	Bruk og tilstand etter tiltak	47
6	Tiltaksvurdering	48
6.1	Nullalternativet	48
6.2	Alternativ 1: Fjerning av forurensede masser	48
6.3	Alternativ 2: Isolering av forurensning – tildekking	49

7	Tiltaksområde	52
8	Anbefalt tiltaksløsning	54
8.1	Tildekking med rene masser	54
9	Kontroll, overvåking og avbøtende tiltak	58
9.1	Kontroll av tildekkingsmasser	58
9.2	Risiko for rekontaminering	58
9.3	Overvåking under tiltak i sjø	58
9.4	Avbøtende tiltak	59
9.5	Støv og støy	60
9.6	Sluttkontroll	60
9.7	Overvåking i etterkant av tiltak	61
9.8	Oppdatering av databaser	61
10	Tiltaksrettede undersøkelser – og andre forhold som kan påvirke prioritering, fremdrift, kostnader	62
10.1	Ledninger og kabler	62
10.2	Kulturminner	62
10.3	Skrot på sjøbunnen	63
10.4	Eksploderer	65
10.5	Geoteknisk stabilitet	65
10.6	Erosjonssikring	65
10.7	Informasjon og medvirkning	67
11	Budsjett og fremdriftsplan	68
11.1	Prioritert rekkefølge av tiltak	68
11.2	Kostnader	69
12	Konklusjon	70
13	Referanser	71

1 Innledning

I brev datert 01.06.2018 pålegger Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder Arendal Industrier AS (tiltakshaver) å utarbeide en tiltaksplan for opprydding i forurenset sjøbunn ved det tidligere skipsverftet på Vindholmen, gnr. 509, bnr. 240 i Arendal kommune (Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder, 2018).

Pålegget er gjort med hjemmel i forurensningsloven § 51. Fylkesmannen ønsker at tiltakshaver gjennomfører oppryddingstiltak senest i perioden 2019-2020. Dette er i tråd med vannforskriftens mål om god økologisk og kjemisk tilstand innen 2021. Frist for levering av tiltaksplan er satt til 30.09.2019 (Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder, 2018).

1.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for pålegget er regjeringens handlingsplan for forurenset sjøbunn, St. meld nr. 14 (2006-2007), "*Sammen for et giftfritt miljø – forutsetninger for en tryggere framtid*" som legger opp til opprydding ved de mest forurensete skipsverftene i Norge. Virksomheten på Vindholmen, tilknyttet Arendal Industrier AS, er prioritert for oppfølging av forurensningsmyndighetene.

Det er utført en rekke undersøkelser av forurensning på land og i sjøsedimenter ved Vindholmen (NIVA, 2002), (COWI AS, 2012), (COWI AS, 2017). Gjennomførte sedimentundersøkelser og risikovurderinger viser at sedimentene er forurenset og ikke tilfredsstillende kriterier med hensyn til human og økologisk risiko.

Miljødirektoratets veileder for håndtering av forurensete sedimenter, M350, ble oppdatert i mai 2018. Veilederen beskriver planlegging, metoder og regelverk for tiltak i sediment (Miljødirektoratet, 2015).

1.2 Formål

Målsettingen med tiltaksplanen skal være å klarlegge årsaken til den inntrådte forurensningen, samt hva som skal gjøres for å stanse, fjerne eller begrense virkningen av forurensningen slik at det ikke er fare for helse og/eller miljø på kort eller lang sikt.

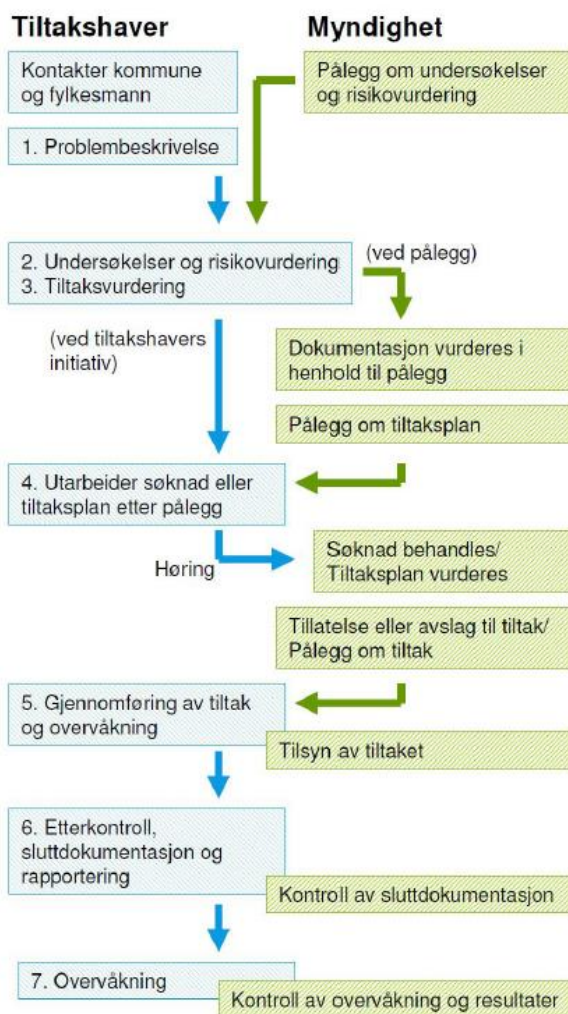
Tiltakshaver har engasjert COWI AS til å utarbeide tiltaksplan for forurensete sjøsedimenter utenfor Vindholmen, inkludert Løkholmen. Tiltaksplan og fremtidige tiltak gjelder kun området som er knyttet til den tidligere skipsverftaktiviteten. Det er kjent at Tromøysund er forurenset med tungmetaller og PAH (Vann-nett, 2018) og det er flere kilder, blant annet eksisterende småbåthavner, som potensielt kan rekontaminere den fremtidige badeplassen.

Tiltaksplanen er utarbeidet med hensyn til planlagt arealbruk. Området er nå regulert til bolig og rekreasjon (inkludert strand og bading) i tillegg til en offentlig fergekai (Arendal kommune, 2018). Planen beskriver løsninger og tiltak for å fjerne/begrense virkningen av forurenset sjøbunn ved Vindholmen/Løkholmen. Det er gjort en vurdering av egnethet for ulike tiltaksløsninger basert på effekt og kostnader, og det foreslås en løsning som i størst mulig grad ivaretar miljø- og samfunnsmessige hensyn.

Tiltaksplanen er utarbeidet i henhold til retningslinjer gitt i Miljødirektoratets revidert veileder M-350/2015, "Håndtering av sedimenter" (Miljødirektoratet, 2015) og faktaark M-325/2015, "Tiltaksplaner for opprydding i forurenset sjøbunn" (Miljødirektoratet, 2015).

2 Rammebetingelser

Miljødirektoratets veileder M-350 beskriver saksgang for tiltakshaver ved tiltak i sediment (Miljødirektoratet, 2015). Ved Vindholmen er det fylkesmannen (FM) som er miljømyndighet. Dette er illustrert i Figur 1.

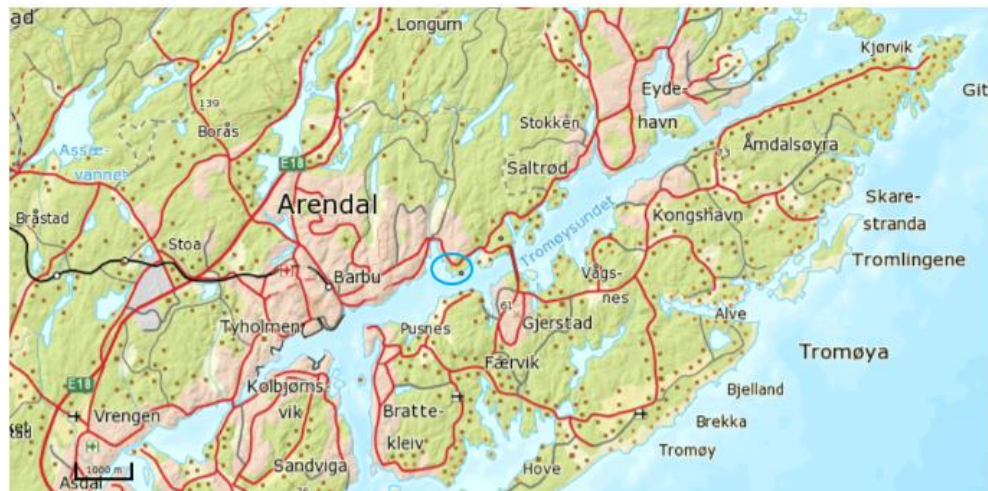


Figur 1: Generell saksgang for tiltakshaver og forurensningsmyndighet ved tiltak i sediment. Tiltakshavers oppgaver gitt i blå felt og piler, myndighetenes oppgaver er gitt i grønne felt og piler.

3 Områdebeskrivelse

3.1 Geografi

Vindholmen ligger på nordsiden av Tromøysund, ca. 2,5 km øst for Arendal sentrum og like ved fylkesvei 410 – Kystveien. Området grenser til sjø på tre kanter, se kart i Figur 2 og Figur 3. Mot nord ligger boligområdene Engehaven og Vindholmheia, mot øst boligområdet på Krøgenes. I Krøgeneskilen er det noen private småbåtanlegg og brygger. Innenfor Løkholmen, i Songekilen og Mortenstøbukta, ligger flere småbåthavner.



Figur 2: Vindholmens beliggenhet er markert med blå sirkel på kartet (Kartverket.no).

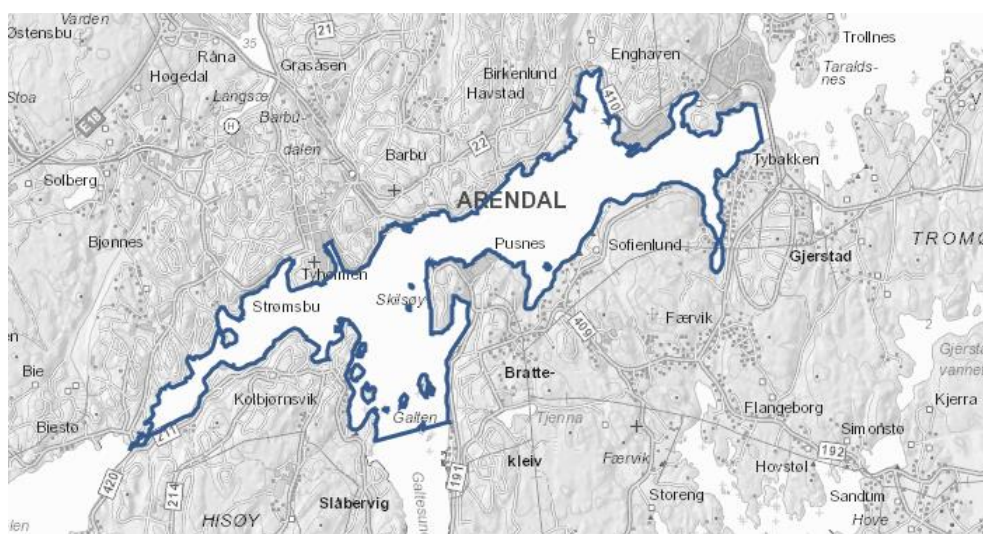


Figur 3: Vindholmen og det tidligere verftsområdet til høyre på kartet, Songekilen med småbåthavner til venstre (Kartverket.no).

3.1.1 Vannforskriften

Tiltaksområdet ligger i vannforekomsten Tromøysund – Arendal (ID nr. 0120030203-2-C), se Figur 4, og er beskrevet som en beskyttet fjord/kyst med lav tidevannsforskjell (< 1 m) og moderat oppholdstid (uker) for bunnvann. Strømhastigheten er satt til moderat (1-3 knop) (Vann-nett, 2018).

Vannforekomsten er vurdert til å være i dårlig kjemisk og økologisk tilstand. Tromøysundet er forurenset av miljøgifter fra industri, renseanlegg og mer diffus avrenning fra byer/tettsteder/infrastruktur. Det er registrert høye konsentrasjoner av tungmetaller og PAH i sedimentene. Det er ikke registrert noen unntak for dette vannområdet, og miljømålet er god kjemisk og økologisk tilstand innen 2021.

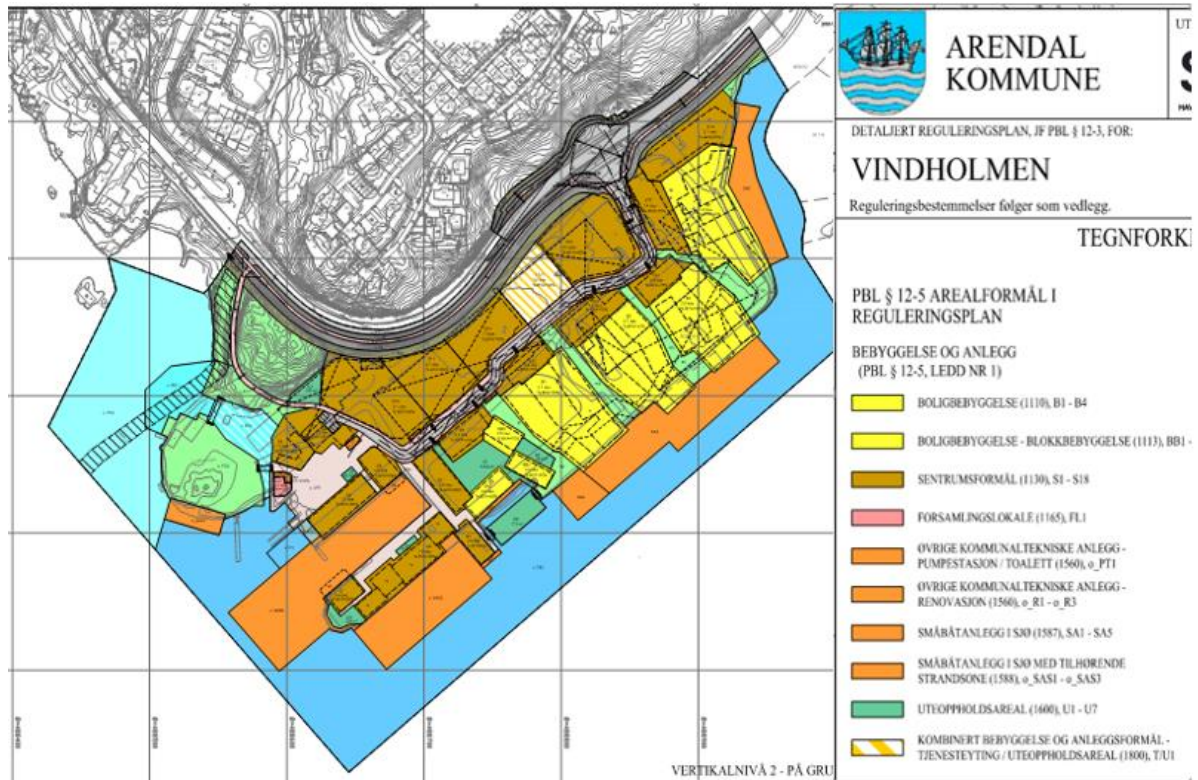


Figur 4: Avgrensning av vannforekomsten Tromøysund – Arendal (ID nr. 0120030203-2-C). Hentet fra Vann-nett.no.

Arendal kommune skal dekke til forurenset sjøbunn i Arendal havneområde i 2018/2019. Det forventes at dette, sammen med tiltak ved Vindholmen, vil bidra til forbedring av tilstanden i sjøsedimenter i Arendal (Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder, 2018).

3.2 Reguleringsplan

Reguleringsplan for Vindholmen ble vedtatt 15.02.2018, se kart i Figur 5 (Arendal kommune, 2018). De mest attraktive arealene mot Tromøysund er regulert til boligområde med tilhørende småbåtanlegg i sjø (Figur 6). Det legges til rette for næringsareal med for eksempel mindre butikker, kafeér og kontorer.



Figur 5: Utdrag fra reguleringsplan for Vindholmen, vedtatt 15.02.2018.

Løkholmen med tilhørende sjøareal er regulert til friområde og småbåthavn. Området mellom Løkholmen og land skal graves ut slik at Løkholmen på nytt blir en holme. Friområdet ved Løkholmen skal tilrettelegges for allmenn ferdsel og vannaktiviteter, med ny sandstrand, badebrygger og -flåter (Figur 7).

Det er også regulert inn en fergekai med tilhørende havneområde i sjø, se Figur 7 for plassering av fergeleie. Her vil det tilrettelegges for fergeanløp til/fra Arendal sentrum, men det er ikke bestemt om fergen blir realisert.

Utbyggingsprosjektet har egen hjemmeside med beskrivelser og illustrasjoner av den planlagte nye bydelen i Arendal: <http://www.bryggebyenvindholmen.no/>.



Figur 6: Illustrasjon av Vindholmen sett fra nordvest med Løkholmen i forgrunnen (Everyday, Atelier Lorentzen Langkilde).

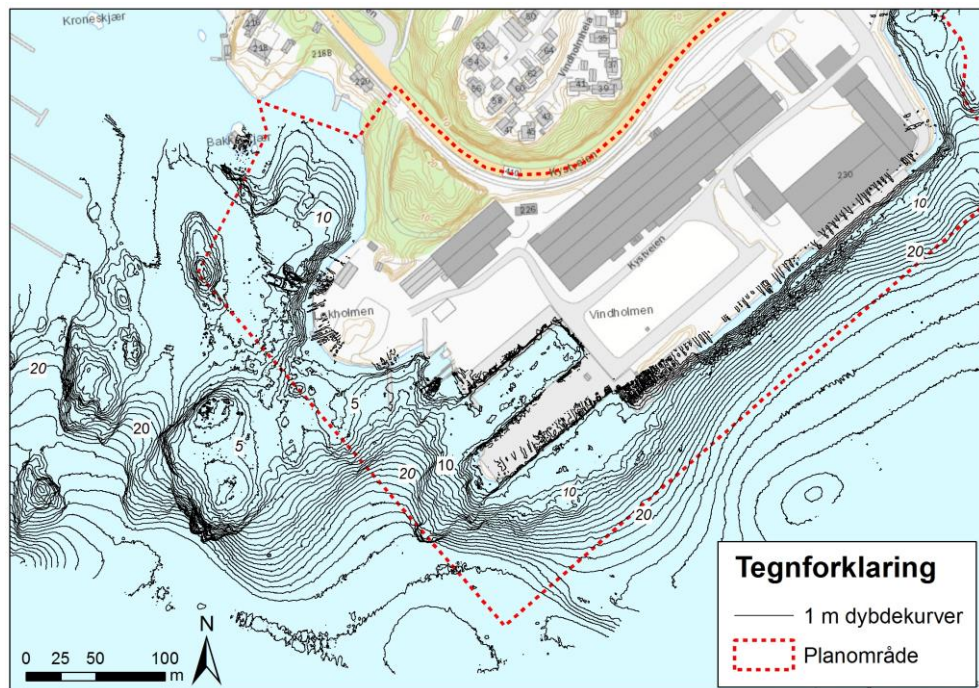


Figur 7: Illustrasjonsplan Vindholmen (Everyday, Atelier Lorentzen Langkilde). Rød pil viser området som er regulert til havneområde i sjø med tilhørende kai. Arealet mellom Løkholmen og land skal graves ut slik at denne igjen blir en holme med vann på alle kanter.

3.3 Topografi og bunnforhold

Sjøbunnen sør for Vindholmen skråner bratt ned til dybder på 20-30 meter i Tromøysund. På kartet under (Figur 8) er data fra bunnscanning lagt inn, og de bratte skråningene kommer tydelig fram. Rundt og nord for Løkholmen er det

også til dels bratte skråninger ned mot vanddyp <15 meter. I indre del av Songekilen er det grunnere enn 10 m.



Figur 8: Topografi på sjøbunnen rundt Vindholmen

3.4 Hydrauliske forhold ved Vindholmen

Norconsult har gjort en vurdering av strømforhold av naturlige strømmer og strøm fra båttrafikk (Norconsult, 2018). Det er også gjort en bølgeanalyse (vindbølger og båtbølger), stormfloanalyse og vurdering av nødvendig erosjonssikring.

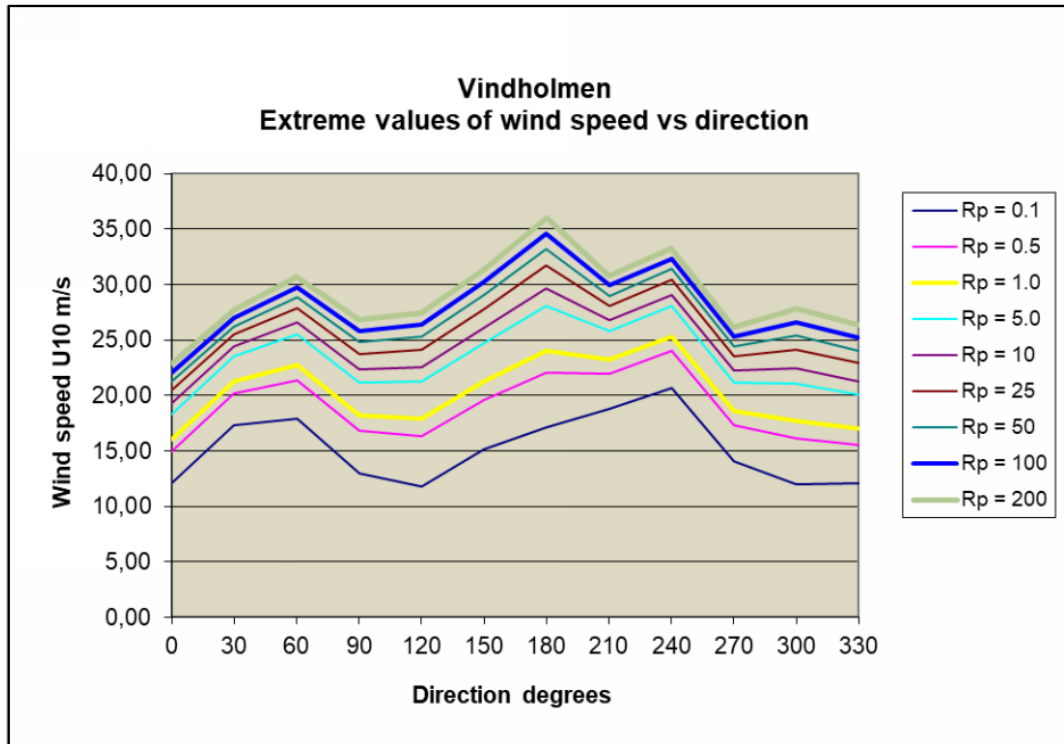


Figur 9: Kolbjørn III går i trafikk til/fra Arendal i dag

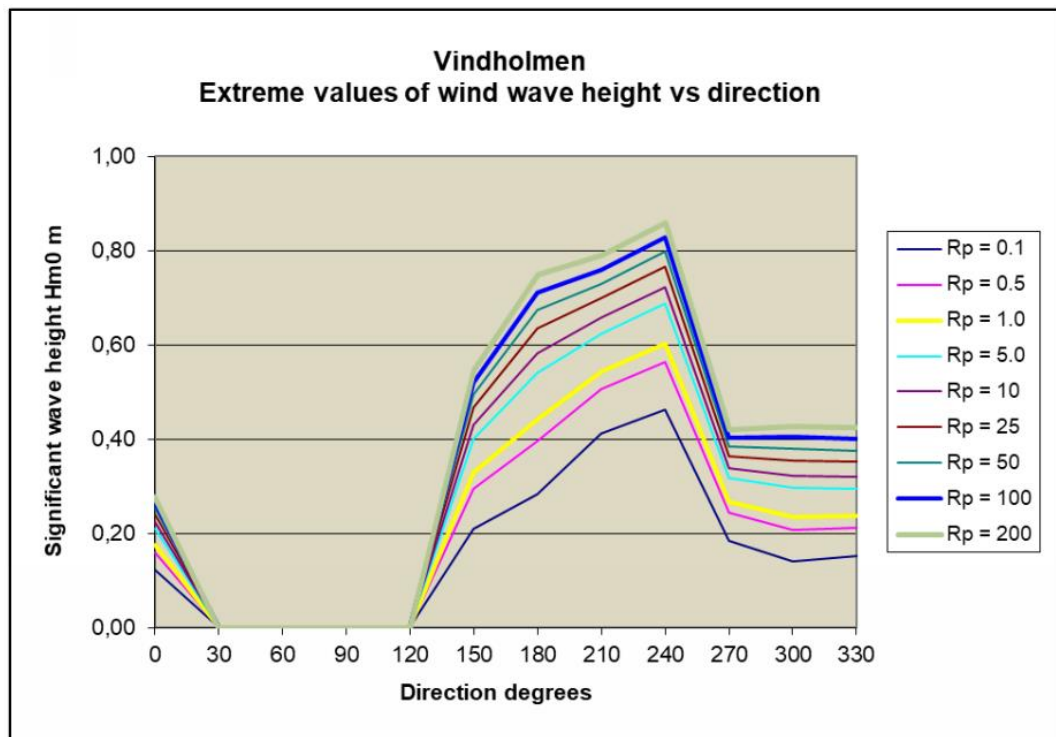
Det er antatt at størrelsen på dagens ferge, Kollbjørn III, kan være aktuell for en fremtidig fergerute og dimensjoner fra denne er lagt til grunn ved beregning av propellstrøm i forbindelse med fergekai (Figur 9).

Mekanismene som påvirker strømforhold ved Vindholmen kan generelt deles inn i:

- > **Vindstrøm:** Når vinden blåser over havet, overføres deler av vindenergien til havoverflaten der den brukes til å akselerere overflatelaget og til å blande det. Bølgene som kommer inn mot Vindholmen, vil være lokalt genererte vindbølger fra sørvest og nordøst. Beregninger utført av Norconsult viser at vind fra sør (180°) dominerer (Figur 10), og at de høyeste bølgene finnes i sektoren 240° (sør-vestlig retning) med en høyde på 0,9 m med 200 års returperiode. Bølgene mot Løkholmen er moderate; under storm med en returperiode på 1 år vil det være tilnærmet ingen merkbar bølgebevegelse under ca. 3 m vanddyb.



Figur 10: Ekstremverdier av 10 min middelvind fra Torungen målestasjon. Rp er returperiode i år. Retning 0° er vind (og bølger) fra nord, 90° fra øst, 180 ° fra sør og 270° fra vest.

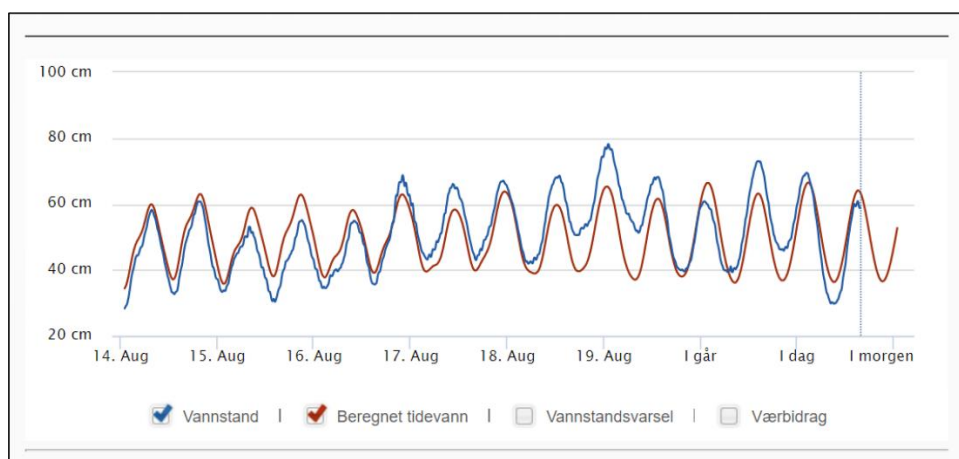


Figur 11: Ekstremverdier og returperioder for signifikant bølgehøyde, Hsvind (Norconsult, 2018).

- > **Havstrøm:** Havstrømmene i området domineres av den norske kyststrømmen som dominerer i Tromøysundet. Hovedstrømretningen i

Tromøysund er fra NØ til SV. Strømhastighet i overflatevann (0,5 m dyp) er tidligere målt av NIVA til 4-16 cm/s.

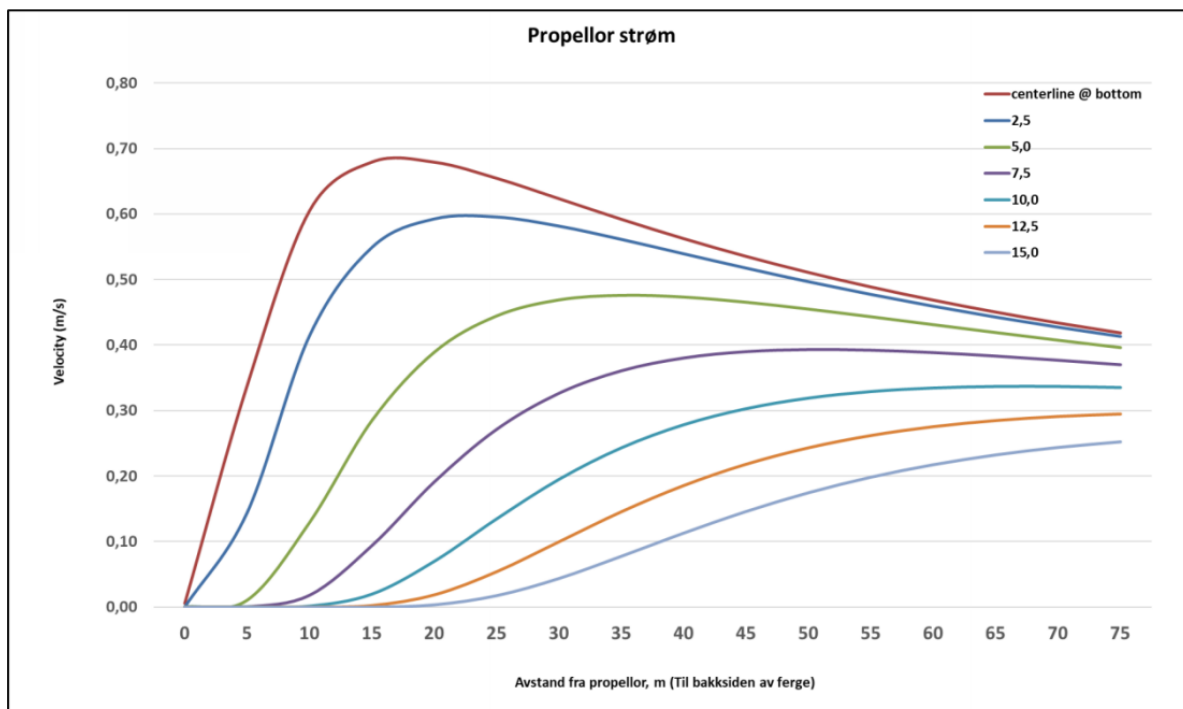
- > **Tidevannsstrøm:** Tidevannet i området er svakt og bidrar lite til strømhastigheter og vannutskifting. Ved nærmeste målestasjon, Tregde, er forskjellen mellom høyeste og laveste astronomiske tidevann (HAT og LAT) 50 cm, noe som gir opphav til meget lave strømhastigheter (Figur 12).



Figur 12: Eksempel på vannstandsobservasjoner fra Tregde, 14.-21. august 2018. Hentet fra (Norconsult, 2018).

- > **Strøm fra båtpropeller - Kolbjørn III:** Når ferge anløper fergekai på Vindholmen genereres propellstrømmer som kan virvle opp forurenset sediment i vannmassene. Basert på dimensjoner og motorkraft av Kolbjørn III, er det beregnet strøm fra propell på bunn, se Figur 13. Strømhastigheten kan maksimalt bli 0,7 m/s på bunnen med en vanndybde på 4-5 meter LAT (Laveste Astronomisk Tidevann) nær kaiområdet.

Det er utført bølgeanalyser som viser at for ferge (Kolbjørn III) med en fart på 10 knop, vil bølgene være under 0,25-0,30 meter med en periode på ca. 2,8 s mellom hver bølge i en avstand på 15-20 meter fra ferga (Figur 13). Skipstrafikk i Tromøysundet vil kunne generere bølger med en høyde fra 0,2-0,3 m i en avstand på 50-200 m fra skipet (basert på største skip som passerte Vindholmen i perioden 2013-15).

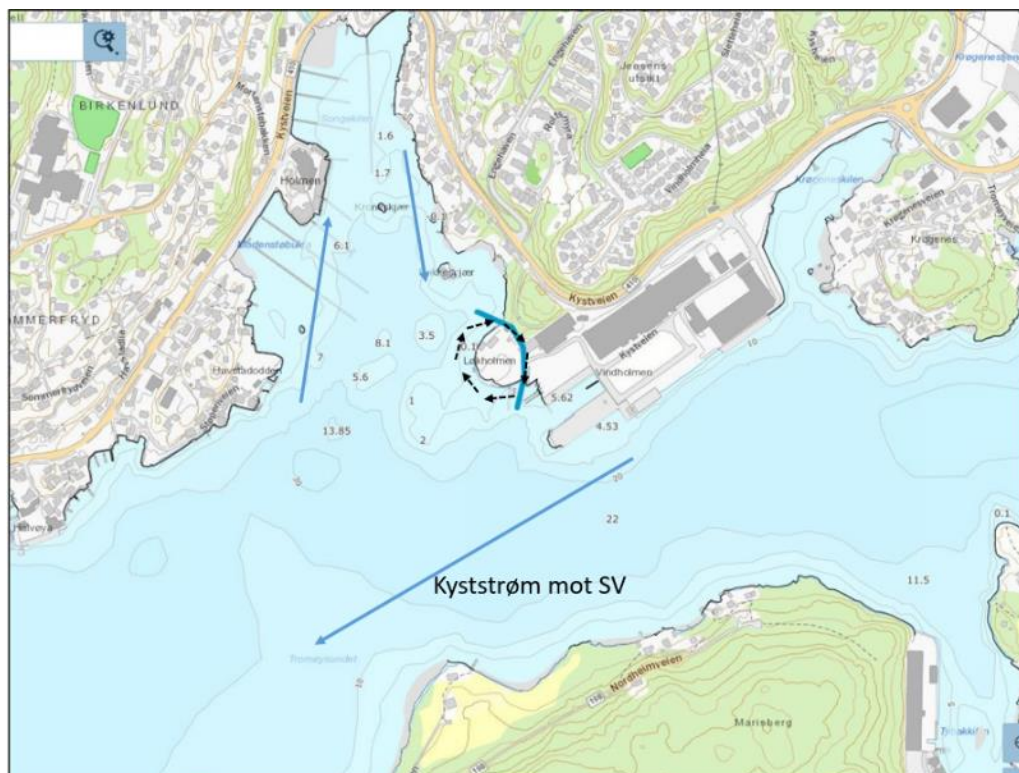


Figur 13: Strøm fra båtpropell i forhold til avstand fra propellens senterlinje. Strømprofilen er fullt utviklet ca. 15 meter bak båtpropell. Linjene viser strømhastighet ved forskjellige avstander vinkelrett på båtpropell. Figur hentet fra (Norconsult, 2018).

Strømforhold ved Vindholmen er forsøkt illustrert i Figur 15 under. Den jevne, sørvestlige kyststrømmen vil skape en medrivning av vann fra Songekilen og videre sørover ut Galtesund. For å kompensere for vannet som trekkes ut må det tilføres nytt vann som sannsynligvis strømmer inn på vestsiden av bukta. Denne mekanismen sørger for en jevn utskifting i Songekilen (Norconsult, 2018).

Etablering av kanal mellom Løkholmen og Vindholmen vil medføre svært små endringer i strømbildet. Den planlagte kanalen får en minste bredde på 2 meter med en antatt dybde på 1-1,5 m, noe som gir et tverrsnitt som er neglisjerbart i forhold til tverrsnittarealet inn i Songekilen.

På grunn av medrivningseffekten, vil det sannsynligvis etableres en tilnærmet konstant strøm med klokka rundt Løkholmen (se Figur 14 15). Strømmen kan stoppe ved enkelte vindretninger, særlig ved vestlig vind, men den generelle tendens er at strømmen går fra nordsiden av holmen via østsiden til sørsiden (Norconsult, 2018). Strømhastigheten vil være liten, mest sannsynlig under < 1 m/s, og noe lavere enn den strømmen som passerer langs land på vestsiden av Songekilen. Så lav strømhastighet vil ikke medføre noen problemer eller fare for badende gjester, men siden den er tilnærmet konstant vil den sørge for god utskifting og vannkvalitet i kanalen (samme vannkvalitet som vannet utenfor).



Figur 14: Kart som viser sannsynlige strømretninger i området. Rundt Løkholmen vil det genereres en svak strøm med klokka (medurs) når kanalen er etablert. Moderert kart fra (Norconsult, 2018)

Beregningene utført av Norconsult viser at bølgebelastning fra vind og båttrafikk er begrenset og håndterbart. Kyststrømmen dominerer strømforholdene i området, mens tidevann, bølger og lokalt tilsig har mindre betydning. Strømhastighetene som tidligere er målt og som er avledet fra Vindholmen-området, er ikke høye nok til å erodere sjøbunnen eller bringe sedimenter i suspensjon.

Ny fergekai kan derimot gi en utfordring med oppvirvling av sediment. Den antatt dominerende strømretningen medfører at resuspenderte sedimenter fra fergeanløp forflytter seg sørover, ut fra land. Medurs strøm rundt Løkholmen vil sørge for at svært lite eller ingen oppvirvlede sedimenter vil kunne bli brakt sørfra inn i kanalen og mot badestrand. For selve badeområdet forventes derfor vannkvaliteten å være god, selv om en ferge etableres.

3.5 Geotekniske undersøkelser

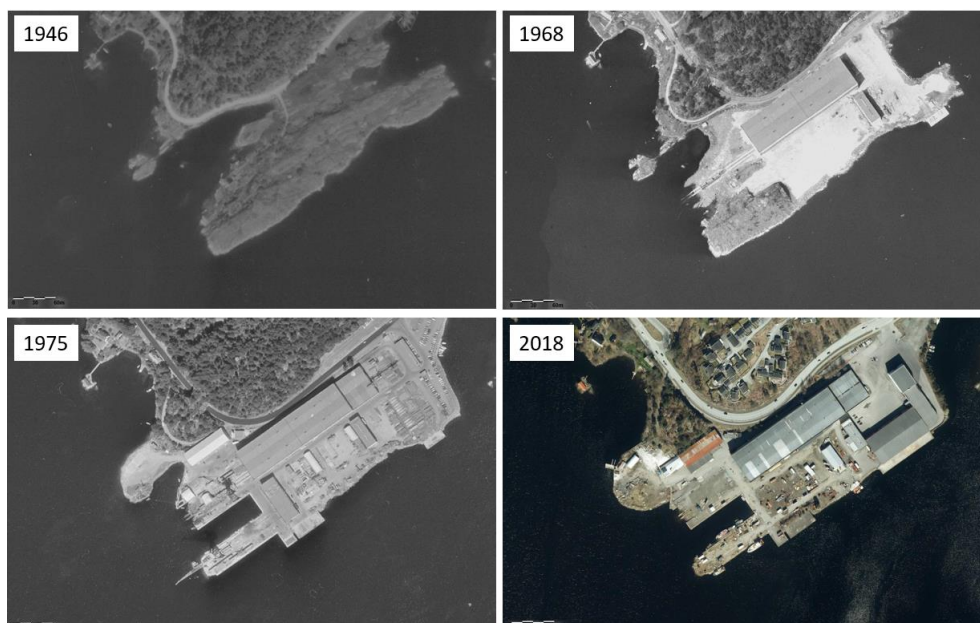
Det er utført geotekniske undersøkelser på land og i sjø. Rapporter fra disse undersøkelsene forventes å foreligge i løpet av oktober/november 2018.

3.6 Forurensningskilder

3.6.1 Skipsverft

Vindholmen har vært benyttet til industrivirksomhet siden slutten av 60-tallet, se flyfoto i Figur 15. Selve industritomta ble etablert med utspregning i 1967. Opprinnelig var det skipsverft her, og det ble oppført skipsbyggehall, verksted, kontorbygg, kai, slipp og slipp. Fra 1967 og frem til 1973/74 ble det bygget skip. Fra 1973/74 ble industriområdet utvidet ytterligere, og aktiviteten ble endret til offshoreverft. Løkholmen ble landfast i denne perioden, ytterligere utfylling i sjø rundt Løkholmen ser ut til å ha skjedd i 1983/84.

Verftet ble avviklet på slutten av 1990-tallet. De siste årene har området blitt brukt til ulike næringsvirksomheter som lager, båtopplag og bilbutikk med parkering og lagerplass på utearealene.



Figur 15: Historiske flyfoto av Vindholmen viser utvikling og utvidelse av verftsområdet fra 1946 frem til i dag. Hentet fra <https://www.norgebilder.no/>

Nybygging, reparasjon og vedlikehold av båter og rigger har ført til utslipp av forurensninger ved mange skipsverft langs norskekysten. I SFTs oversikt over skipsverft hvor det kan ha oppstått forurensningsproblemer, ble det registrert følgende firmaer på området; (Nye) Vindholmen Offshore A/S, Vindholmen Services AS, Båtservice Arendal og Tangen verft (SFT, 2004). Vindholmen ble i rapporten kategorisert som prioritet 1, dvs. høyt potensial for forurensning.

Det er spesielt aktiviteter ved slipp og slipp med rengjøring og fjerning av maling og bunnstoff samt ny overflatebehandling, som kan føre til utslipp til sjø. Avfall fra rengjøringsarbeider i form av brukt blåsesand, avvirket materiale og malings- og bunnstoffrester har sannsynligvis i stor grad gått rett i sjøen. De mest vanlige forurensninger i tilknytning til skipsverft er tungmetaller, organiske miljøgifter som PAH, PCB, TBT og ulike løsemidler (SFT, 2004).

3.6.2 Forurensede sedimenter

Forurenset sjøbunn er en hovedkilde til utslipp av miljøgifter til sjø i vannregion Agder (Vannregion Agder, 2016). Det er påvist forurensede sedimenter i hele Arendalsområdet, og det er laget tiltaksplaner for opprydding. Industriområdet Eydehavn i Tromøysundet, øst for Arendal sentrum, ble kartlagt på 1990-tallet og resultatene viste svært høye nivåer av blant annet tungmetaller, PCB, og PAH i grunn og sedimenter. Forurensninger fra Eydehavn kan muligens ha kontaminert deler av Tromøysund, mye på grunn av kyststrømmen som drar sjøvann fra NØ mot SV.

Også i sentrum er det påvist høye konsentrasjoner av kvikksølv og PCB rundt Pollen og Kittelsbukta, og generelt høye verdier av TBT og PAH (NIVA, 2005), (COWI, 2015). Oppryddingstiltak i Pollen og Kittelsbukta er planlagt å starte opp i 2018/2019.

Ved Vindholmen er det utført sedimentundersøkelser i 2001, 2011 og 2016, (NIVA, 2002), (COWI AS, 2012) og (COWI AS, 2017). Analyseresultater fra COWIs undersøkelser er presentert og klassifisert iht. tilstandsklasser i veileder M-608 i Tabell 2, kapittel 4. I alle undersøkelsene her ble det påvist forhøyede konsentrasjoner av PAH-forbindelser, tilstandsklasse (TK) 2-5. Det ble også påvist høye konsentrasjoner av TBT (TK3-5), kobber (TK5), sink (TK4), nikkel (TK3) og PCB (TK3).

Miljøgifter i sedimenter kan spres videre til omgivelsene, blant annet ved at miljøgifter lekker ut til vann, eller at miljøgiftene tas opp i organismer som lever i eller graver i sedimentet. Enkelte miljøgifter, slik som PCB, kan spres oppover i næringskjeden dersom fisk spiser organismer som har fått i seg denne typen miljøgifter.

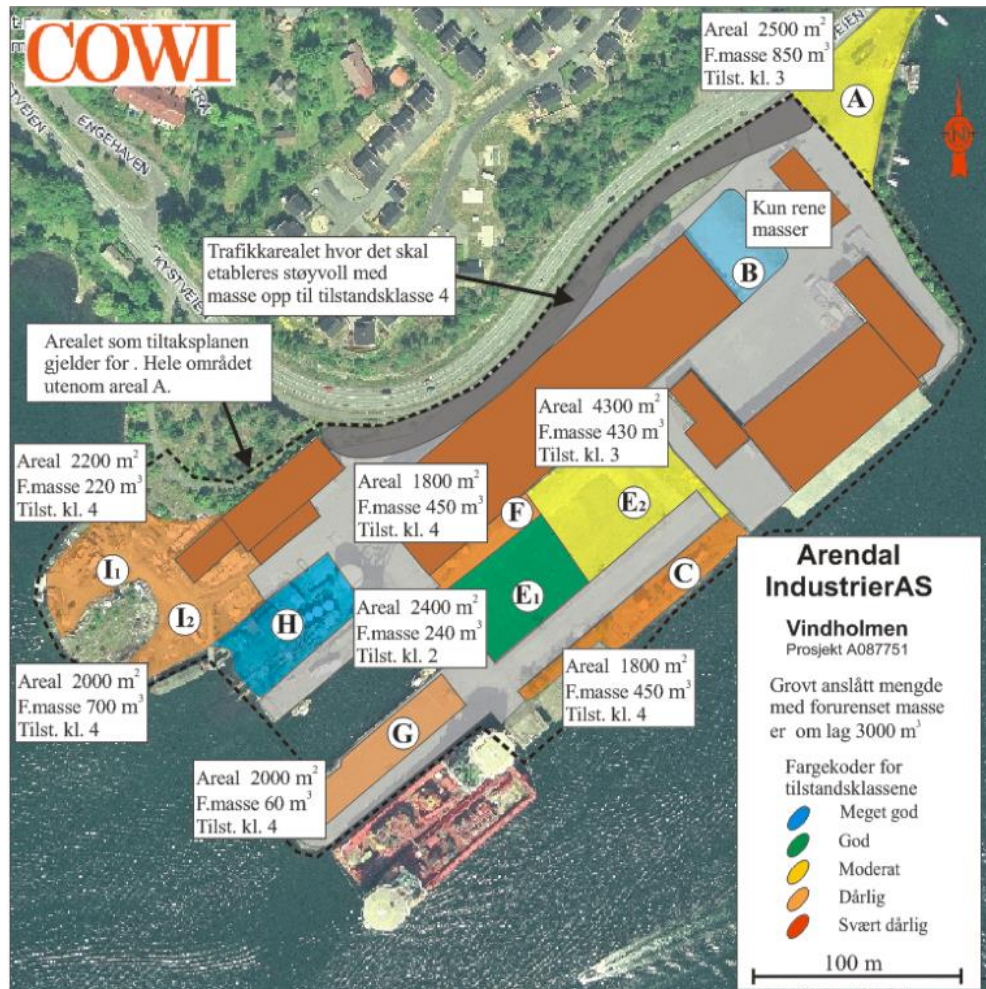
Forurensede partikler som virvles opp på grunn av skipstrafikk eller naturlige strømforhold, utgjør også et forurensningsproblem ved at de spres til renere områder eller blir mer tilgjengelige for opptak i organismer i vannsøylen. Miljøgifter kan derfor spres i lang tid, selv om utslippene er stanset (Miljøstatus.no, 2017).

3.6.3 Forurenset grunn

Industriomta på Vindholmen ble etablert med utsprenning i 1967. Før dette hadde det ikke vært noen aktivitet i området. Hele området ligger enten på sprengte flater i fjell eller på sprengte masser som er fylt ut i sjøen. Store deler av områdene på Vindholmen består av asfalterte eller støpte flater over et tynt lag med finstoff, og med hovedsakelig steinfylling under dette.

Det er utført flere miljøtekniske grunnundersøkelser på Vindholmen, og det er tidligere gjennomført tiltak for å tilfredsstille krav til arealbruk industri. Masser i tilstandsklasse 5 er fjernet i et tidligere tiltak. I massene som ligger på Vindholmen nå, er det påvist forurensning tilsvarende tilstandsklasse 4 for bly, sink, nikkel og arsen. Kobber, olje og krom er påvist i tilstandsklasse 3 (COWI AS, 2017). Anslagvis 3000 m³ med forurensede masser skal fjernes.

I forbindelse med omregulering fra industriområde til boligområde ble det i 2017 laget en ny tiltaksplan som innebærer fjerning av all forurensing fra areal som skal brukes til boligområde (COWI AS, 2017). Det betyr at alt av finstoff i det øverste lagene skal fjernes, og det er dermed god sikkerhet for at alt av forurensing blir fjernet (se Figur 16). Tiltaksplanen er godkjent av Arendal kommune.



Figur 16: Kart over Vindholmen med gradering og mengder med forurenset masse.
Figuren er hentet fra tiltaksplan forurenset grunn (COWI AS, 2017).

3.6.4 Småbåthavner

Småbåthavnene Songekilen og Mortenstø ligger i bukta ved Vindholmen (Figur 17). Det er ca. 600 båtplasser her og stor aktivitet i sesongen som varer fra 15. april til 15. november. Undersøkelser ved småbåthavner har vist at både sedimenter, grunnmasser, sandfangmasser og løse masser som ligger på opplagsplasser er sterkt forurenset av stoffer som finnes i nytt og gammelt bunnstoff (kobber, sink, TBT). Analyserte prøver tyder på at også utslipp av drivstoff, olje og maling forurenser (Miljødirektoratet, 2017). PAH-forbindelser er også funnet i høye konsentrasjoner (Rinde, 2012).



Figur 17: Bilde tatt i småbåthavnen i Songekilen august 2018.

Bunnstoff som er i bruk i dag inneholder enten kobber- eller sinkforbindelser. Når båten ligger på vann, avgir bunnstoffet kontinuerlig biocider som skal hindre at organismer etablerer seg på skroget. Svenske miljømyndigheter har beregnet at hver fritidsbåt i gjennomsnitt avgir 0,82 g kobber og 0,92 g sink per dag når båtene ligger i sjøen (Miljødirektoratet, 2017). Dersom tallene er representative for norske forhold, innebærer dette et årlig utslipp (180 dagers sesong) av ca. 88 kg kobber og 99 kg sink fra båter på sjø i Songekilen.

På land er det hovedsakelig spyling og rengjøring av skrog og generelt vedlikehold (skraping, pussing), som medfører spredning av miljøgifter og partikler til omgivelsene.

3.6.5 Overvann og spillvann

Kartet i Figur 18 er hentet fra Arendal kommunes kartløsning (Arendal kommune, 2018). I Songekilen er det to overløp (grønne) for kommunalt spillvann (kloakk). Spillvannsledningen ved Løkholmen er koblet til pumpeledning som går inn til renseanlegg i Arendal. Det er flere utløp for overvann til Songekilen, blant annet like nord for Løkholmen (svart ledning). Overvann fra vei og tette flater inneholder i varierende grad tungmetaller, organiske miljøgifter, partikler og næringsalter (COWI, 2012).

Oppgradering av avløpsnett er igangsatt og skal være ferdigstilt i 2020 (Vannnett, 2018). Det er også igangsatt tiltak for naturlig fordrøyning av vann i form av infiltrasjon, grønne tak og vegger, regnbred etc.



Figur 18: Vann og avløpssystem ved tiltaksområdet (Arendal kommune, 2018). Grønne ledninger er spillvann, svarte er overvann og blå er vannledninger.

3.7 Kostholdsråd

Hvis fisk og skalldyr fra forurensede områder har for høyt innhold av miljøgifter, gir Mattilsynet advarsler om å begrense eller ikke spise visse typer sjømat fra disse områdene, såkalte kostholdsråd. Det er ikke lenger kostholdsråd for Arendal (Mattilsynet, 2018), men man fraråder generelt mot å spise lever av fisk tatt i skjærgården. Advarselen er gitt på bakgrunn av undersøkelser som viser at nivåer av dioksiner og dioksinlike PCB overskrider den grensen som er satt for når det er trygt å spise fiskelever. Disse miljøgiftene opphopes i fiskens lever.

3.8 Naturforhold

Rødlistearter er sjeldne arter, eller arter som er i ferd med å bli sjeldne. På rødlisten havner arter som:

- > Er i kraftig nedgang i populasjonsstørrelse
- > Har begrenset utbredelse kombinert med fragmentering av leveområder, eller nedgang i populasjon
- > Har begrenset populasjon som er i nedgang og små delpopulasjoner.
- > Har svært liten populasjon eller forekomst

Rødlisten opererer med følgende kategorier:

Regionalt utdødd	RE
Kritisk truet	CR
Sterkt truet	EN
Sårbar	VU
Nær truet	NT

I Naturbase er det registrert tre viktige naturtyper og flere rødlistearter i området nær Vindholmen, se kart i Figur 19 og liste i teksten under (Naturbase, 2018).



Figur 19: Kartutdrag fra Naturbase som viser viktige naturtyper og rødlistearter (arter av særlig stor/stor forvaltningsinteresse). Nummerering på kartet refererer til punktene 1-7 i teksten under.

- 1 ID BN00043734 Ålegrassamfunn Bukkeskjær. Verdi B. 1,3 daa
- 2 ID BN00079465 Engene S. Parklandskap.
- 3 ID BN00043738 Ålegrassamfunn Krøgeneskilen. Verdi B. 5,8 daa
- 4 Makrellterne (EN)
- 5 *Labidoplax buskii* (LC) – marin makroinvertebrat, bløtbunn
- 6 Ærfugl (NT), svartand (NT), fiskemåke (NT)
- 7 Hettmåke (VU), krykkje (EN), sothøne (VU), havørn

3.8.1 Ålegras

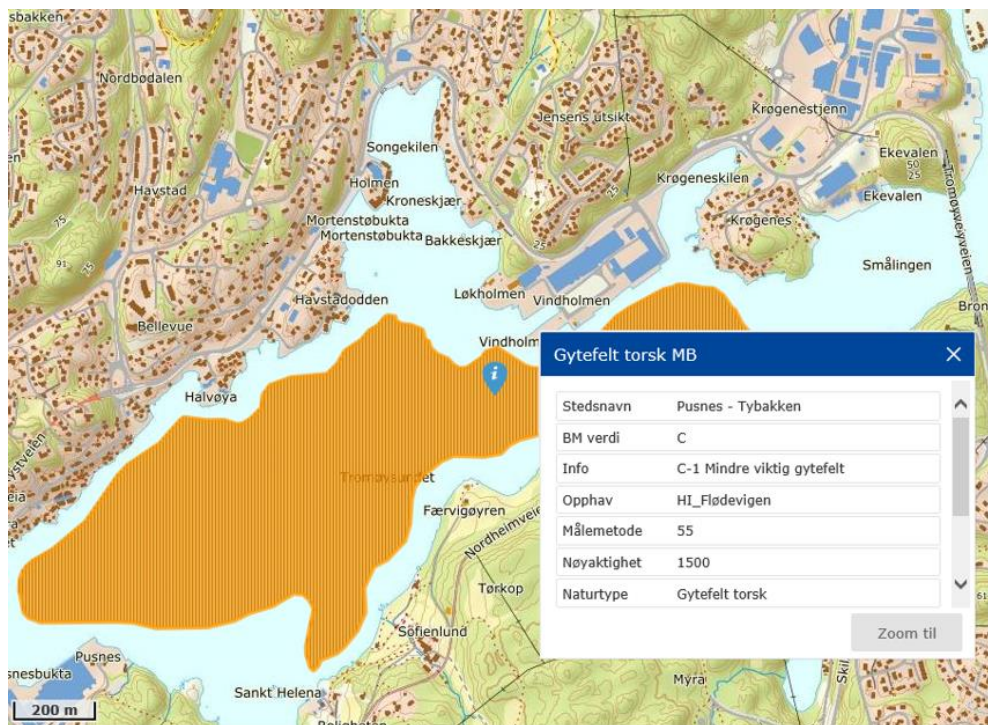
Det er to forekomster av ålegras nær Vindholmen, hvorav den ved Bukkeskjær (ID BN00043734) er mest utsatt i forbindelse med tiltaket. Ålegras er en viktig naturtype som danner undervannsenger med langsmale blad fra 10 cm til over 1 m lange. Biomassen er størst på sensommeren, og de fleste blader reduseres eller dør ut om vinteren. Nye blad gror opp fra rotstammen neste vår.

Ålegraset vokser i spredte forekomster på sand-, leire- og mudderbunn i grunne havområder med løs eufotisk (lyspåvirket) saltvannsbunn. Nedre voksedyp varierer fra strandsonen ned til 5-10 m dyp avhengig av siktedypet. Plantene krever mye lys, minst 15 % av overflatelyst og er derfor sårbare med hensyn til tilslamming (Direktoratet for naturforvaltning, 2011). Partikler i vannmassene fører til redusert lystilgang for ålegraset og kan gi en reduksjon av nedre voksegrense.

Ålegrasenger er leve- og gytested for småfisk og viktige for dyregrupper som børstemark, krepsdyr og bløtdyr og dermed viktige for det biologiske mangfoldet. Tilbakegang av ålegras er knyttet til nedbygging av kystsonen med utvikling av industriområder, utfylling og mudring og forurensning.

3.8.2 Gytefelt torsk

I Tromøysundet er det registrert gytefelt for torsk i kategorien C-1, mindre viktig gytefelt (se kart i Figur 20).



Figur 20: Gytefelt torsk utenfor Vindholmen. Fra Fiskeridirektoratets kartløsning; <https://kart.fiskeridir.no/plan>.

Gytefelt skiller seg fra for eksempel ålegrasenger og tareskog ved at de er funksjonelle bare i noen tider på året, inngrep på andre tider av året vil ikke

nødvendigvis påvirke gytefeltet (Havforskningsinstituttet, 2013). Torsk gyter over lang tid, fra februar til mai avhengig av vanntemperaturen.

3.9 Kulturminner

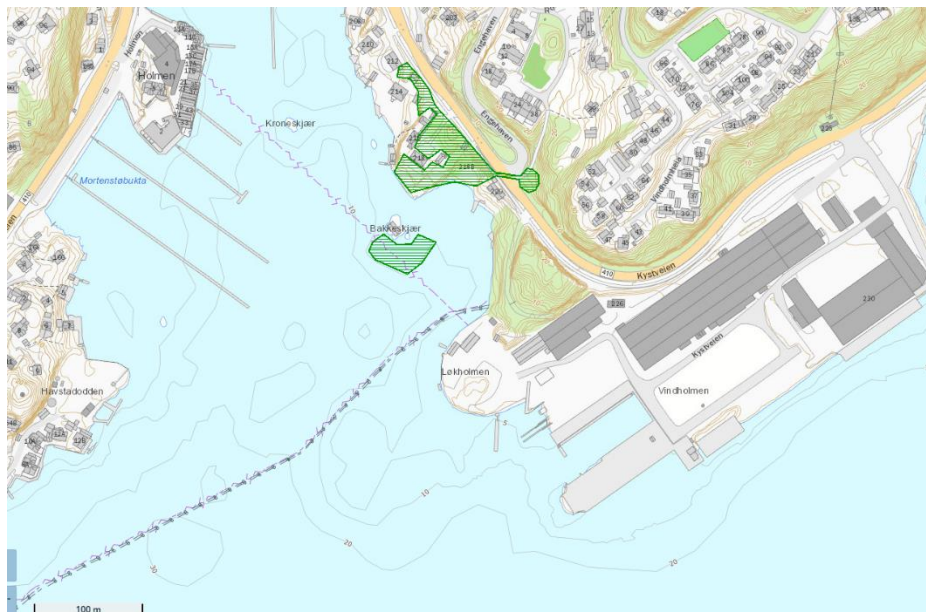
Det er registrert ett kulturminne i sjø og ett kulturminne på land nær Løkholmen. Lokaliteten i sjø med ID140606 er Havstad, KM_Kategori L-ARK, Vernetype FJE, KOMM 906. Vraket bestod av en bunnseksjon av skipskonstruksjon i tre fra 1700-tallet. Det ble fjernet med taubåter og løftet på land på Vindhomen og senere flyttet til Havstad (Riksantikvaren, 2018). Lokaliteten på land har ID 424472, LokalitetsID 139184, Bakkehus. Dette er en eiendom med bygninger fra før 1900 (Sefrak). Eiendommen er også registrert som viktig naturtype – parklandskap, se Figur 22. Båthuset på Bakkeskjær Figur 21 er en del av denne eiendommen.



Figur 21: Båthus på Bakkeskjær er fra 1800-tallet og registrert i Riksantikvarens Sefrak register.

3.10 Ledninger og kabler

Som nevnt i kapittel 3.6.5 går det en kommunal spillvannsledning fra Løkholmen mot Arendal sentrum. Mellom Holmen og Løkholmen går det en elektrisk sjøkabel, se kart i Figur 22. Disse må hensyntas ved tiltak i sjø.



Figur 22: Kart fra Kystverkets karttjeneste (kystinfo.no) viser registrerte ledninger og kabler som kan komme i konflikt med tiltak på Vindholmen.

3.11 Bruksverdi

Vindholmen har vært benyttet til industrivirksomhet siden slutten av 60-tallet. Opprinnelig var det skipsverft her, nå brukes området til ulike næringsvirksomheter som lager, båtopplag og bilbutikk.



Figur 23: Løkholmen. Foto fra sedimentprøvetaking 22.08.2018.

Selve Løkholmen og Vindholmen brukes per i dag lite til rekreasjon og bading (se bilde i Figur 23), men det forekommer fritidsfiske med stang fra land.

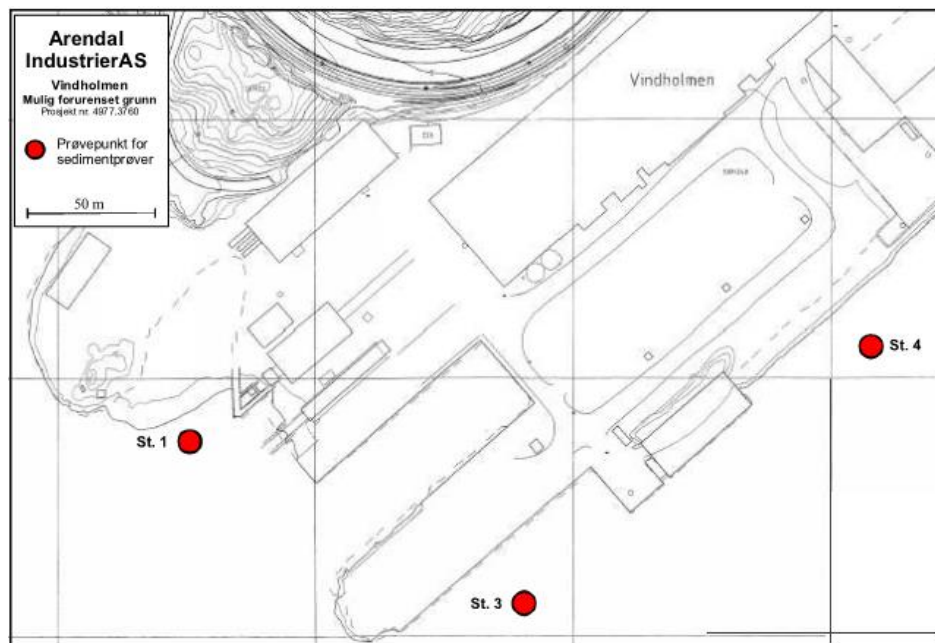
Bruksverdien vil øke betraktelig med utbygging av Vindholmen, tilrettelegging av friområde og etablering av småbåthavn. Løkholmen skal på ny bli en holme og friområdet her tilrettelegges for allmenn ferdsel. Det skal blant annet lages ny sandstrand, badebrygger og –flåter, se illustrasjon i Figur 24 under. Eventuell framtidig passasjerferge fra sentrum vil gjøre området lett tilgjengelig for byens øvrige befolkning. Det legges opp til at Løkholmen skal bli hele Arendals nye, grønne rekreasjonsområde, tilrettelagt for lek og vannaktiviteter.



Figur 24: Illustrasjon Løkholmen fra Everyday, Atelier Lorentzen Langkilde. Fergekai/-anløp markert med rød pil.

4 Forurensningstilstand

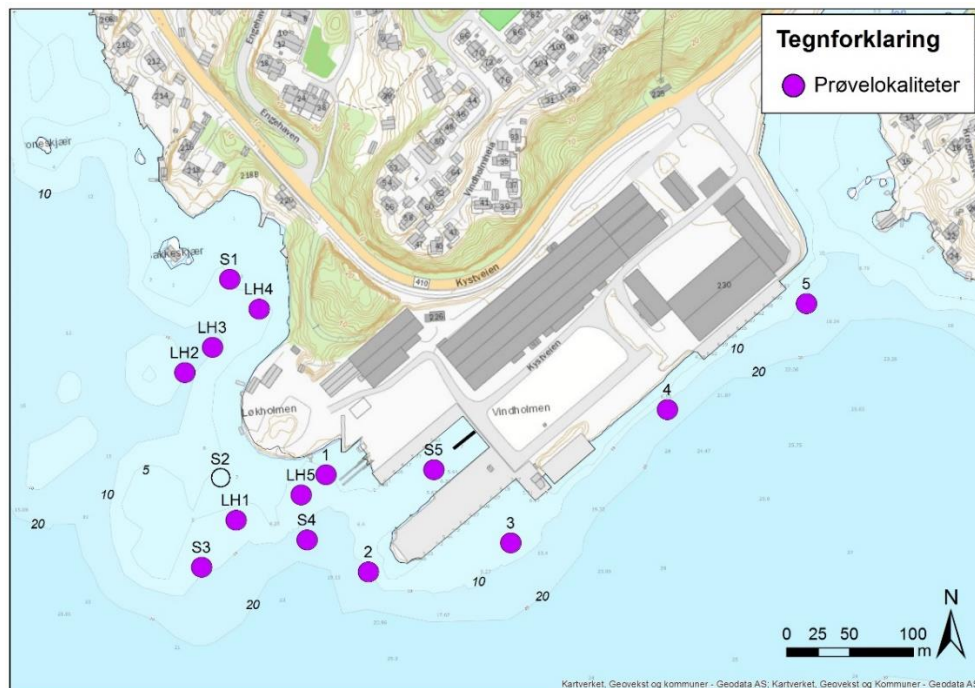
Resultater fra tidligere sedimentundersøkelser (2001-2018) er brukt som grunnlag for tiltaksplanen. NIVA undersøkte i 2001 sedimenter rundt Vindholmen i forbindelse med en planlagt utfylling i sjø (NIVA, 2002). De fant høyest konsentrasjoner av metaller og PAH16 i stasjon 1, nærmest den gamle slippen (Figur 25). For kobber og bly var innholdet 2-3 ganger høyere i stasjon 1, enn på sørsiden av slippområdet, stasjon 3 og 4. Alle prøvene var sterkt forurenset av TBT (TK4). NIVA sammenlignet resultatene med tidligere undersøkelser i Tromøysund, og konkluderte med at *"Innholdet av miljøgifter i sedimentene ved Vindholmen var i samme størrelsesorden, eller lavere, enn det som tidligere er målt ved Trollsnes, Songekilen og Skilsø. En spredning av sedimentene fra Vindholmen vil derfor ikke kunne medføre økte miljøgiftnivåer til områdene rundt"*.



Figur 25: Lokalisering av sedimentprøver tatt i 2001 (NIVA, 2001).

I den senere tid har COWI prøvetatt analysert sediment fra området i flere omganger, hhv. i 2011, 2016 og nå sist i 2018, se oversikt i kart, Figur 26.

Risikovurdering av forurenset sediment ble utført for Vindholmen-området i 2011 og området rundt Løkholmen i 2016. Det er ikke utført biotaundersøkelser, men toksisitetstester ble utført i forbindelse med risikovurderingen i 2011.



Figur 26: Alle prøvelokaliteter COWI 2011-2018. Prøvene fra 2011 er merket 1-5, de fra 2016 er merket LH1-LH5 mens supplerende prøver fra 2018 er merket S1-S5. Området sørvest for Løkholmen ble forsøkt prøvetatt både i 2016 og 2018 (S2), men her er det hardbunn.

4.1 Supplerende prøvetaking 2018

Fylkesmannen krever i sitt pålegg at tiltaksplanen skal ta utgangspunkt i reguleringsplanen (Arendal kommune, 2018) hvor det er regulert inn fergekai og legges til rette for kollektivtransport på sjø. For å vurdere avgrensning av tiltaksområdet, ble det tatt fire nye sedimentprøver i august 2018.

To av de nye prøvepunktene ble plassert nær planlagt fergekai og sannsynlig anløpsrute for en eventuell passasjerferge mellom Vindholmen og Arendal sentrum. Det ble også tatt en prøve inne i den gamle slippen og en prøve i bukta hvor det planlegges etablert badestrand (punkt S1-S5 i kartet, Figur 26).

4.1.1 Feltarbeid 22.08.2018

Supplerende prøver ble tatt av Ragnhild Kluge COWI AS med assistanse fra fisker Atle Svendsen på båten "Anfield". Prøvene ble tatt med en håndholdt Van Veen grabb (250 cm²), se Figur 27.



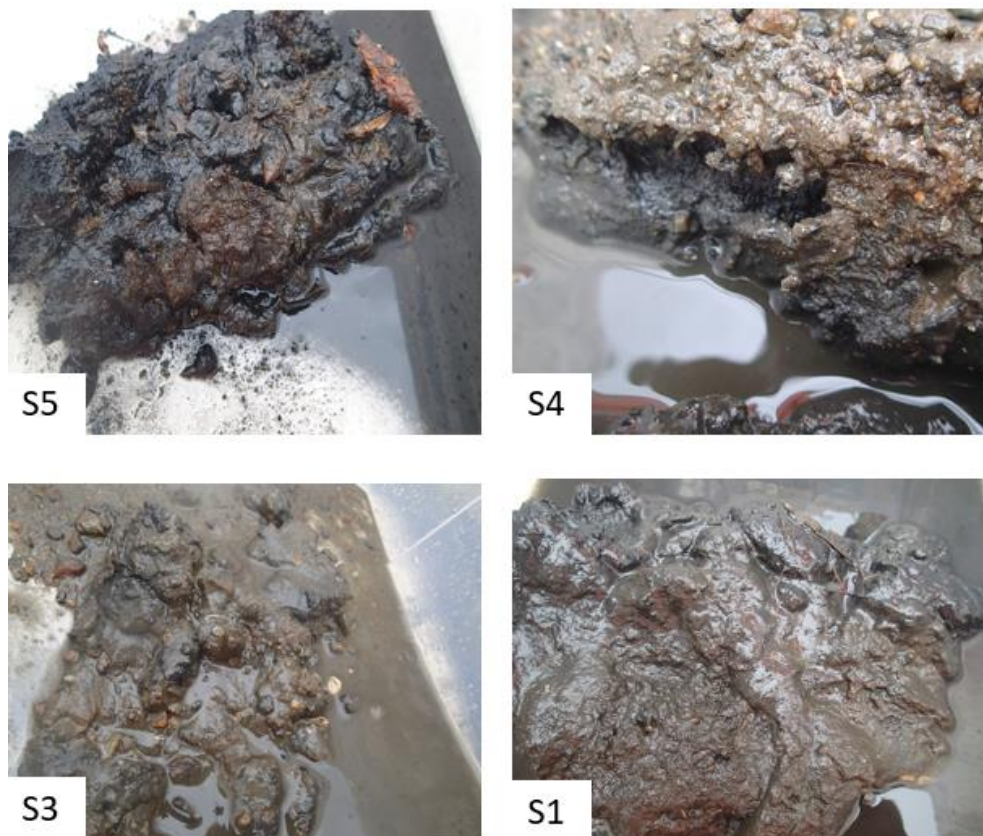
Figur 27: Van Veen grabb. Her tom grabb pga. stein i åpningen. Fra prøvetaking av S5, inne i gammel slipp.

Det ble laget blandprøver av sediment (Figur 28) fra fire parallelle grabbskudd på hver stasjon iht. veileder M-409/2015 (Miljødirektoratet, 2015).



Figur 28: Blandprøver fra de fire stasjonene

Det var opprinnelig planlagt fem prøvestasjoner, men på grunn av hard bunn i S2 ble det kun tatt prøver på fire stasjoner. Som sist (COWI AS, 2017) var det ikke mulig å få opp sedimentprøve fra området rett vest for Løkholmen. Her er det hardbunn/fjell. Det var også vanskelig å få nok materiale på stasjonen inni slippet, (S5) og stasjonen inni bukta nordøst for Løkholmen (S1). På sistnevnte stasjon satte grabben seg i tillegg fast i noe på bunnen, og blandprøven fra denne stasjonen består derfor av kun 2 prøver. Se Tabell 2 og Bilag B for beskrivelse av sedimentene.



Figur 29: Sedimentprøver 2018

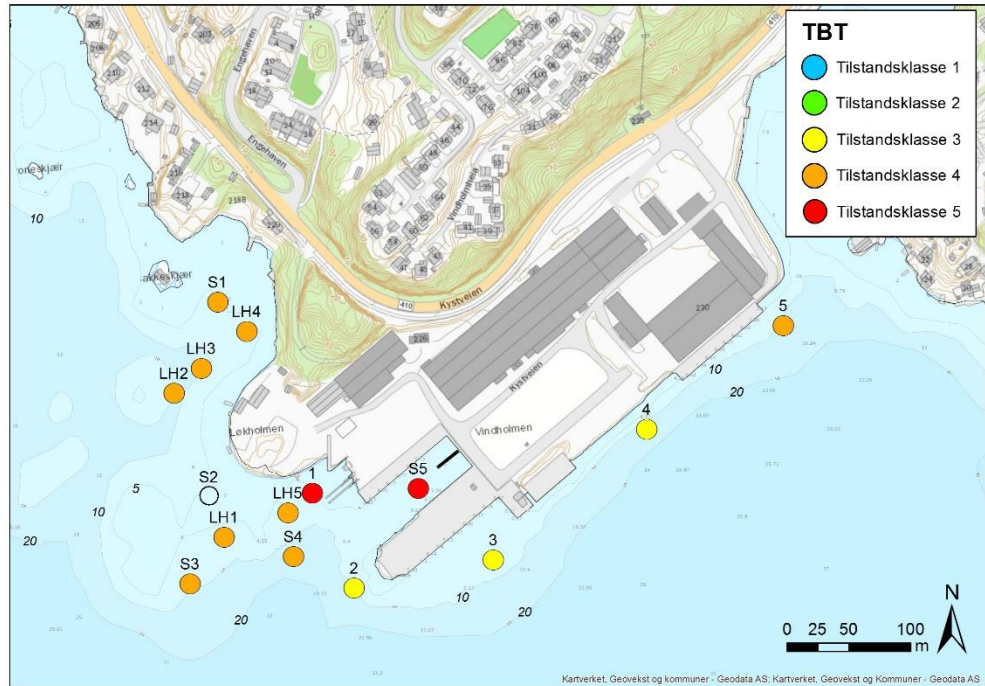
4.2 Analyseresultater

4.2.1 Resultater sedimentprøver 2011-2018

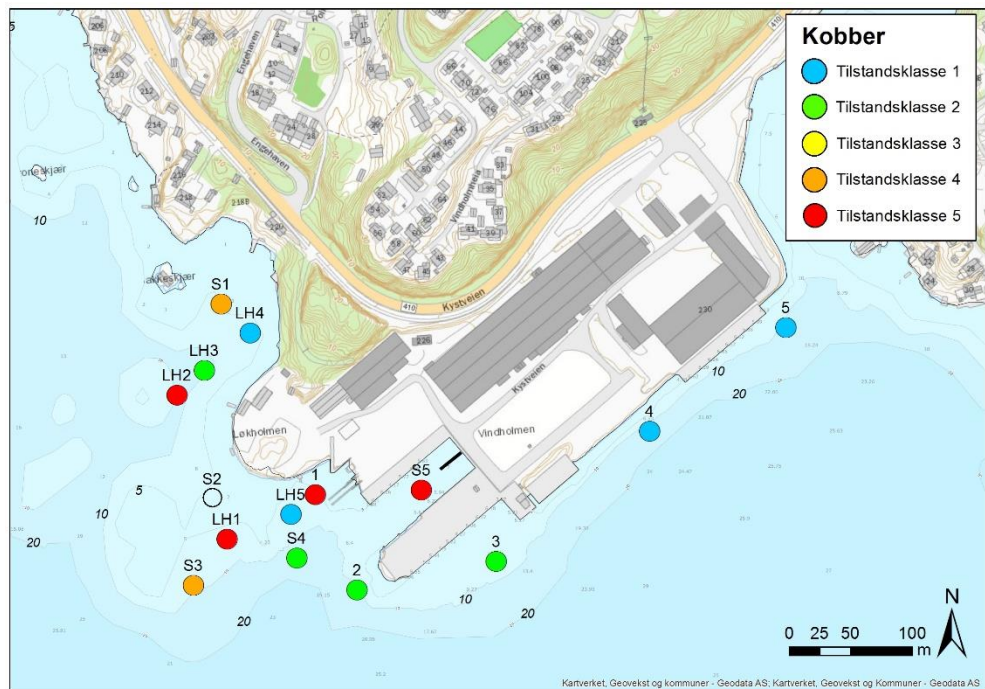
Resultatene fra supplerende prøver i 2018 er presentert i Tabell 1. For fullstendige analyserapporter se Bilag A. Resultater fra sedimentprøvene tatt i 2011 og 2016 er vist i Tabell 2. Samlede resultater for utvalgte parametere er illustrert på kartene i Figur 30, Figur 31 og Figur 32.

Det er generelt målt høye konsentrasjoner av miljøgifter i prøvene fra Vindholmen. Området i og utenfor gammel slipp (prøve S5 og 1), skiller seg ut med konsentrasjoner av kobber og TBT i tilstandsklasse 5, se kart i Figur 30 og Figur 31. TBT-konsentrasjonen i S5 er mellom 24-55 ganger høyere enn i de andre punktene, som også har påvist høye konsentrasjoner (TK3-4).

Av tungmetallene er det kobber og sink som skiller seg ut med de høyeste verdiene på til dels sammenfallende stasjoner. I punktene LH1, LH2, 1, S1 og S3 er det påvist kobber i TK 4-5 og sink i TK2-4 (Figur 31). I S1 er det også målt høye verdier av kvikksølv (TK4) og arsen (TK3). Punktene LH4, LH5 og 4 er ikke forurenset av tungmetaller, og er i tilstandsklasse 1.



Figur 30: Tilstandsklasser for TBT i alle prøvepunktene fra 2011-2018.

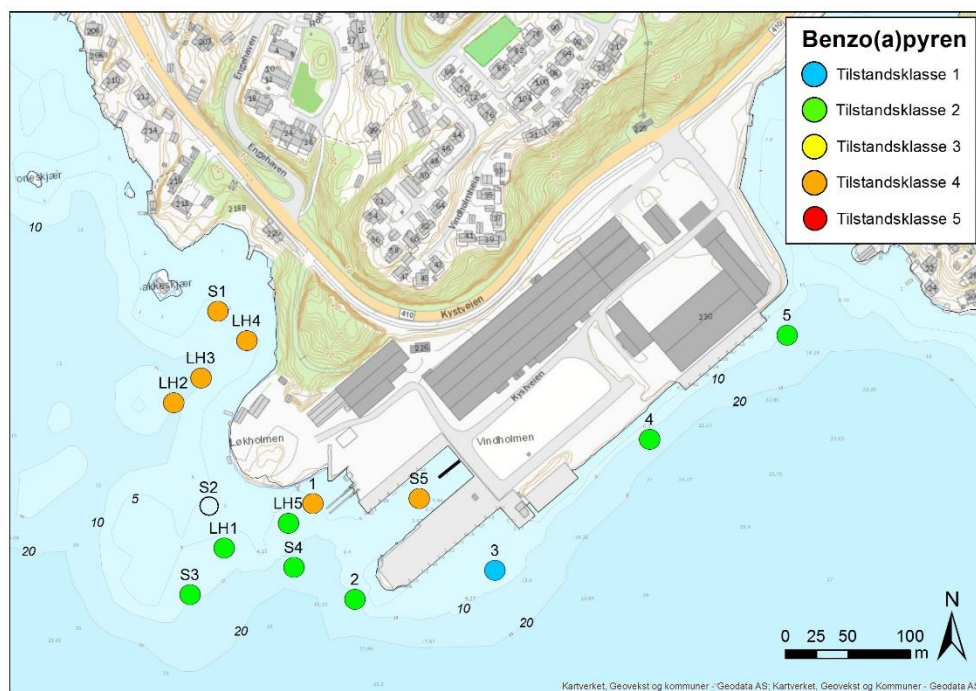


Figur 31: Tilstandsklasser for kobber i alle prøvepunktene fra 2011-2018.

Som i resten av Arendalsområdet er det funnet høye konsentrasjoner av PAH-forbindelser i sedimentene. Antracen og fluoranten er funnet i konsentrasjoner tilsvarende klasse 5 på stasjon LH4 nord for Løkholmen. Øvrige PAH-forbindelser er funnet i konsentrasjoner tilsvarende TK 2-4 i de fleste punktene. Kartet i Figur 32 illustrerer utbredelse og konsentrasjoner av benzo(a)pyren.

Høyest konsentrasjoner av PCB er funnet rundt Løkholmen, TK3 er påvist både på S1, LH2, LH3, LH4 og 1. I resterende prøver er PCB i TK 2 eller ikke påvist (TK1).

Lavest nivåer av miljøgifter er funnet i stasjonene LH5 samt stasjonene 3 og 5 som ligger mot Tromøysund. Hvis man ser bort fra TBT, er den kjemiske tilstanden i disse punktene god, TK2.



Figur 32: Tilstandsklasser for benzo(a)pyren i alle prøvepunktene fra 2011-2018.

Sammensetning av sedimentene i området varierer noe. Innholdet av leire er lavt, 0,9 % i snitt. I området nord for Løkholmen er det generelt finere sediment enn i resten av området, andelen silt er 67,9 %. I prøvene på sørsiden av holmen består sedimentene av 77 % sand (snitt). Gjennomsnittlig TOC-innhold i alle prøver er 4,7 %, høyeste innhold, 9,5 % er målt på S1.

Tabell 1: Analyseresultater supplerende sedimentprøver 2018 klassifisert og fargekodet i henhold til veileder M-608 (Miljødirektoratet, 2016). For TBT og er forvaltningsbasert grenseverdi fra gammel veileder, TA-2229 brukt. Grenseverdi fra TA-2229 er også brukt for PAH16. Alle verdier er oppgitt i mg/kg TS, foruten TBT og PCB7 som er oppgitt i µg/kg TS. Verdier som er under deteksjonsgrensen er farget blå. For parametere hvor det er sammenfallende verdier for TK2 og 3 er parameteren fargelagt iht. laveste tilstandsklasse, TK2 (ref. informasjon fra Miljødirektoratet).

Parameter	Enhet	2018			
		S1	S3	S4	S5
Arsen, As	mg/kg TS	20	8,8	6,9	12
Bly, Pb	mg/kg TS	120	37	26	120
Kadmium, Cd	mg/kg TS	1,4	0,37	0,27	<0,02
Kobber, Cu	mg/kg TS	110	89	31	220
Krom, Cr	mg/kg TS	46	15	14	31
Kvikksølv, Hg	mg/kg TS	0,84	0,11	0,18	0,14
Nikkel, Ni	mg/kg TS	23	16	12	38
Sink, Zn	mg/kg TS	570	170	81	550
Naftalen	mg/kg TS	0,049	0,014	0,018	0,013
Acenaftilen	mg/kg TS	0,088	0,02	0,05	0,05
Acenaften	mg/kg TS	0,034	0,02	0,021	0,02
Fluoren	mg/kg TS	0,067	0,024	0,034	0,027
Fenantren	mg/kg TS	0,57	0,17	0,26	0,13
Antracen	mg/kg TS	0,19	0,045	0,077	0,059
Fluoranten	mg/kg TS	1,5	0,31	0,4	0,37
Pyren	mg/kg TS	1,3	0,25	0,33	0,35
Benzo(a)antracen	mg/kg TS	0,75	0,16	0,23	0,25
Krysen	mg/kg TS	0,78	0,16	0,25	0,28
Benso(b)fluoranten	mg/kg TS	0,72	0,12	0,15	0,21
Benzo(k)fluoranten	mg/kg TS	0,58	0,1	0,13	0,17
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,82	0,15	0,18	0,24
Indeno(1,2,3,cd)pyren	mg/kg TS	0,65	0,12	0,14	0,19
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS	0,24	0,05	0,057	0,082
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TS	0,73	0,14	0,16	0,21
Sum PAH(16)	mg/kg TS	9,1	1,9	2,5	2,7
Sum PCB_7	ug/kg TS	<4	<4	<4	6,3
Tributyltinn	µg/kg TS	33,5	28,5	43,2	1020
Vanninnhold	%	79,1	52,2	38,9	46,6
Kornstørrelse >63 µm	%	30,2	81,6	93,1	93,8
Kornstørrelse <2 µm	%	1,3	0,4	0,2	0,2
TOC	% TS	9,5	1,9	1,5	4,2
Tørrstoff (L)	%	19,6	44,6	60,9	47,2

Tabell 2: Sedimentprøver ved Vindholmen fra hhv. 2016 og 2011 klassifisert og fargekodet iht. ny veileder M-608 (Miljødirektoratet, 2016). For TBT og er forvaltningsbasert grenseverdi fra gammel veileder, TA-2229 brukt. Grenseverdi fra TA-2229 er også brukt for PAH16. Alle verdier er oppgitt i mg/kg TS, foruten TBT og PCB7 som er oppgitt i µg/kg TS. Verdier som er under deteksjonsgrensen er farget blå. For parametere hvor det er sammenfallende verdier for TK2 og 3 er parameteren fargelagt iht. laveste tilstandsklasse TK2 (ref. informasjon fra Miljødirektoratet).

Parameter	Enhet	2016					2011				
		LH1	LH2	LH3	LH4	LH5	1	2	3	4	5
Arsen, As	mg/kg TS	10,5	2,91	3,94	<0,50	3,76	9,75	6,36	<0,50	3,05	1,88
Bly, Pb	mg/kg TS	24,2	105	68,6	2,5	14,4	94,3	26,3	4,6	22,2	30,6
Kadmium, Cd	mg/kg TS	0,53	0,37	0,28	<0,10	0,16	0,26	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Kobber, Cu	mg/kg TS	180	471	52,8	6,26	15,4	206	33,3	54,2	16,8	16
Krom, Cr	mg/kg TS	26,8	22,1	37,5	12,7	14,2	47,6	13,8	6,13	12,1	10,6
Kvikksølv, Hg	mg/kg TS	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Nikkel, Ni	mg/kg TS	75,5	27,3	16,6	6,8	6,2	51,6	11,9	6,6	7,6	6,9
Sink, Zn	mg/kg TS	1560	276	112	20,6	52,2	532	95,9	31,9	74,4	43,3
Naftalen	mg/kg TS	<0,01	0,022	0,03	0,034	<0,00029	0,016	0,023	<0,010	<0,010	<0,010
Acenaftilen	mg/kg TS	<0,01	0,026	0,024	0,043	<0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Acenaften	mg/kg TS	<0,01	0,038	0,029	0,056	<0,01	0,025	0,027	<0,010	0,016	<0,010
Fluoren	mg/kg TS	<0,01	0,06	0,043	0,117	<0,01	0,015	0,033	<0,010	0,016	<0,010
Fenantren	mg/kg TS	0,088	0,569	0,364	1,22	0,036	0,147	0,196	<0,010	0,156	0,048
Antracen	mg/kg TS	0,027	0,142	0,094	0,307	<0,01	0,024	0,046	<0,010	0,038	<0,010
Fluoranten	mg/kg TS	0,197	1,2	0,925	3,22	0,074	0,341	0,336	0,018	0,323	0,1
Pyren	mg/kg TS	0,157	0,96	0,761	2,41	0,064	0,344	0,281	0,014	0,273	0,082
Benzo(a)antracen	mg/kg TS	0,106	0,557	0,523	1,44	0,039	0,157	0,164	0,011	0,151	0,049
Krysen	mg/kg TS	0,142	0,736	0,439	1,94	0,05	0,231	0,182	0,015	0,191	0,063
Benzo(b)fluoranten	mg/kg TS	0,123	0,857	0,722	1,82	0,037	0,277	0,159	0,019	0,189	0,07
Benzo(k)fluoranten	mg/kg TS	0,116	0,756	0,595	1,61	0,04	0,184	0,141	0,01	0,14	0,048
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,09	0,672	0,523	1,43	0,038	0,255	0,179	<0,010	0,173	0,054
Indeno(1,2,3,cd)pyren	mg/kg TS	0,085	0,479	0,368	1,26	0,023	0,199	0,105	<0,010	0,13	0,045
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS	0,021	0,121	0,087	0,213	<0,01	0,052	0,032	<0,010	0,034	0,014
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TS	0,095	0,596	0,559	1,2	0,027	0,197	0,106	<0,010	0,128	0,047
Sum PAH(16)	mg/kg TS	1,3	7,8	6,1	18	0,43	2,46	2,01	0,087	1,96	0,62
Sum PCB_7	ug/kg TS	2,1	17	14	15	n.d.	6,99	1,86	n.d.	3,51	n.d.
Tributyltinn	µg/kg TS	33,2	46,6	67,3	71,1	54,8	377	19	18,7	19,5	39,4
Vanninnhold	%	57,1	72,3	77,5	81,7	84,8	72	40	21,2	39,3	30,3
Kornstørrelse >63 µm	%	73,3	38	23,5	31,1	44,6	38,6	88,7	92	78,9	82,4
Kornstørrelse <2 µm	%	0,8	1,4	1,7	1,3	1,6	1,5	0,4	0,7	0,8	0,8
TOC	% TS	3,99	5,62	6,37	7,69	9,32	5,42	3,36	1,33	3,01	2,74
Tørrestoff (L)	%	40	26,4	22,3	18,3	15,3	24,6	68,3	74,1	65,1	60,4

4.3 Risikovurderinger

Basert på analyseresultatene i Tabell 2 ble det gjort steds spesifikke risikovurderinger av sedimentene rundt hhv. Vindholmen i 2011 (COWI AS, 2012) og Løkholmen i 2016 (COWI AS, 2017). Begge risikovurderingene viste at forurensede sedimenter i området utgjør en økologisk og human risiko, og at det er en risiko for spredning av miljøgifter.

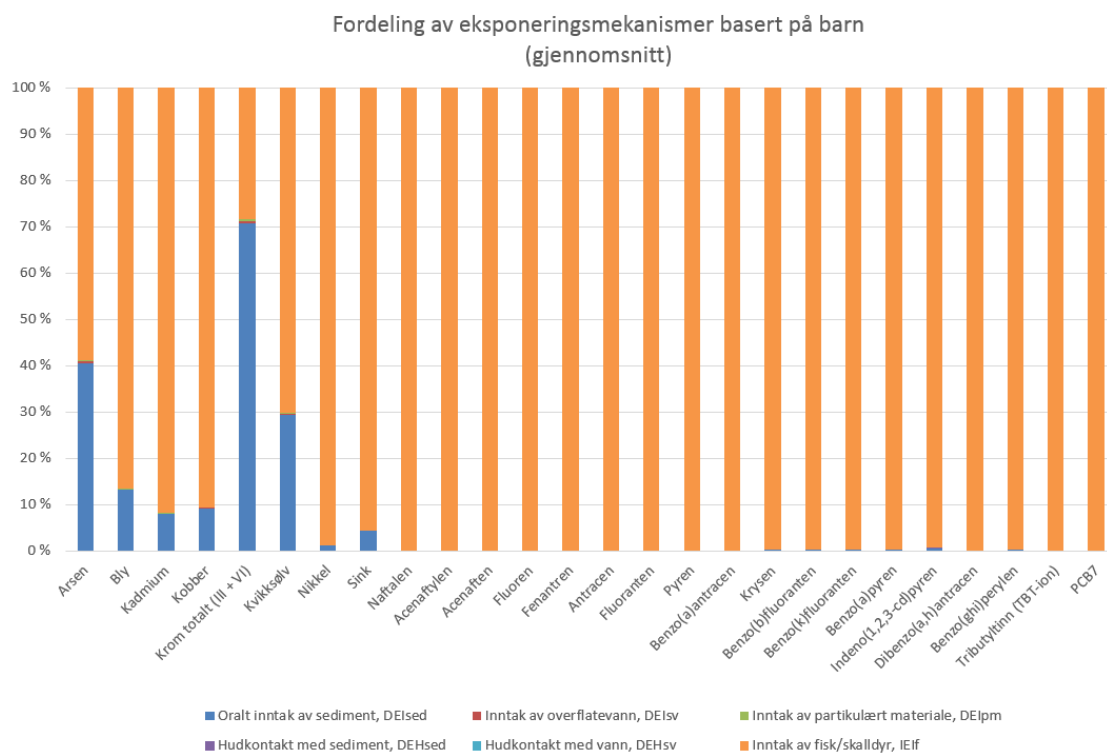
4.3.1 Risikovurdering Løkholmen

Spredning: Risikovurderingen av sediment fra området nord for Løkholmen (COWI AS, 2017) viser at det er risiko for spredning til miljøet av flere metaller og organiske miljøgifter. Beregnet spredning viser overskridelser for metallene kobber og sink, PCB₇, TBT samt alle de tyngre PAH-forbindelsene.

Overskridelsen er størst for antracen og pyren. Spredning som følge av propelloppvirvling er den dominerende spredningsmekanismen for de fleste miljøgiftene i det undersøkte området. For TBT og PAH-forbindelsene fenantren og pyren, er spredning via opptak i organismer den dominerende mekanismen.

Human helse: Risiko for human helse er vurdert konservativt med tanke på at området skal brukes til rekreasjon og vannsport. Den viktigste eksponeringsveien for mennesker er gjennom inntak av lokalt fanget fisk og skalldyr, og det er knyttet helseisiko til TBT og PCB. De høye konsentrasjonene av PAH-forbindelser i sedimentet kan også bidra til økt opptak av disse stoffene i stedefødt lokal sjømat som blåskjell. Risiko knyttet til inntak av sjømat vil gjelde for hele Arendalsområdet.

I forbindelse med tilrettelegging av friområde med badestrand på Løkholmen er helseisikoen knyttet til kontakt med og inntak av vann og sediment. Risikovurderingen viser at oralt inntak av sediment har størst betydning, mens hudkontakt med vann og sediment samt inntak av overflatevann og partikler er mindre viktige eksponeringsmekanismer (Figur 33).



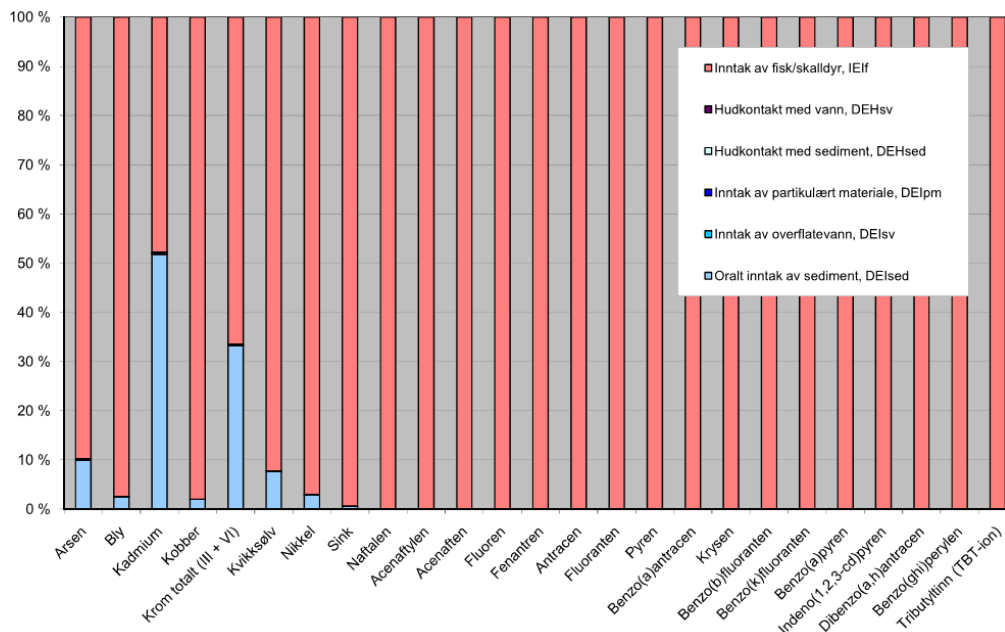
Figur 33: Relativ fordeling av eksponeringsmekanismer basert på barn (gjennomsnitt). Det er eksponering gjennom inntak av fisk/skalldyr og oralt inntak av sediment som utgjør størst eksponeringsfare.

Økologisk effekt: Grenseverdiene for negativ økologisk effekt overskrides for flere miljøgifter både i sediment, porevann (beregnet) og sjøvann (beregnet). Det er særlig TBT og tyngre PAH-forbindelser som utgjør en risiko for økosystemet. Beregnet porevannskonsentrasjon av TBT overskrider grenseverdien hele 3760 ganger.

4.3.2 Risikovurdering Vindholmen

Spredning: Beregnet spredning overskrider tillatt spredning for kobber, TBT og de fleste PAH-forbindelsene. Beregningene som ble gjort i 2012 viser at oppvirvling som følge av skipstrafikk i dette området hadde liten betydning (COWI AS, 2012). Det er lagt til grunn 2 skipsanløp i året, noe som var realistisk ved et nedlagt verft i 2011, men ikke tar høyde for ev. fremtidige fergeanløp. Diffusjon til vann og opptak i organismer er vurdert å være de dominerende spredningsmekanismene.

Human helse: Beregnet total livstidsdose overskrider grenseverdien for bly, benzo(a)antracen, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren og TBT. Størst er overskridelsen benzo(a)pyren, hele 133 352 % over grenseverdien. Risikovurderingen viser at det er inntak av fisk og skalldyr som utgjør den største risikoen for human helse, se Figur 34. Oralt inntak av sediment utgjør en risiko mht. tungmetaller.



Figur 34: Prosentvis fordeling som viser hvilke eksponeringsveier som er viktigst i forhold til human helse (COWI AS, 2012).

Økologisk effekt: Toksisitetstestene, utført på en blandprøve av de fem sedimentprøvene, viste overskridelse av grenseverdi for økotoksitet for Skeletonema med 140 % (Tabell 3). Beregnede porevannskonsentrasjoner overskred grenseverdier for økologisk risiko for kobber, nikkel, fem av de tyngre PAH-forbindelsene samt svært store overskridelser for TBT.

Tabell 3: Toksisitetstester med overskridelser av grenseverdier

Parameter	Målt økotoks		Grenseverdi for økotoksisitet	Målt økotoksisitet overskrider grenseverdi med:	
	Maks	Middel		Maks	Middel
Porevann, Skeletonema (TU)	0	0	1,0		
Organisk ekstrakt, Skeletonema (TU som l/g)	1,2	1,2	0,5	140 %	140 %
Organisk ekstrakt, DRCalux/EROD (TEQ i ng/kg)	12	12	TEQ < 50 ng/kg		

Følgende forbindelser utgjør en særlig risiko ved Vindholmen etter Trinn 1 risikovurdering:

- > Kobber
- > PAH-forbindelsene: fluoranten, benzo(a)antracen, indeno(1,2,3-cd)pyren og benzo(ghi)perylene
- > TBT

4.4 Kilder til forurensning

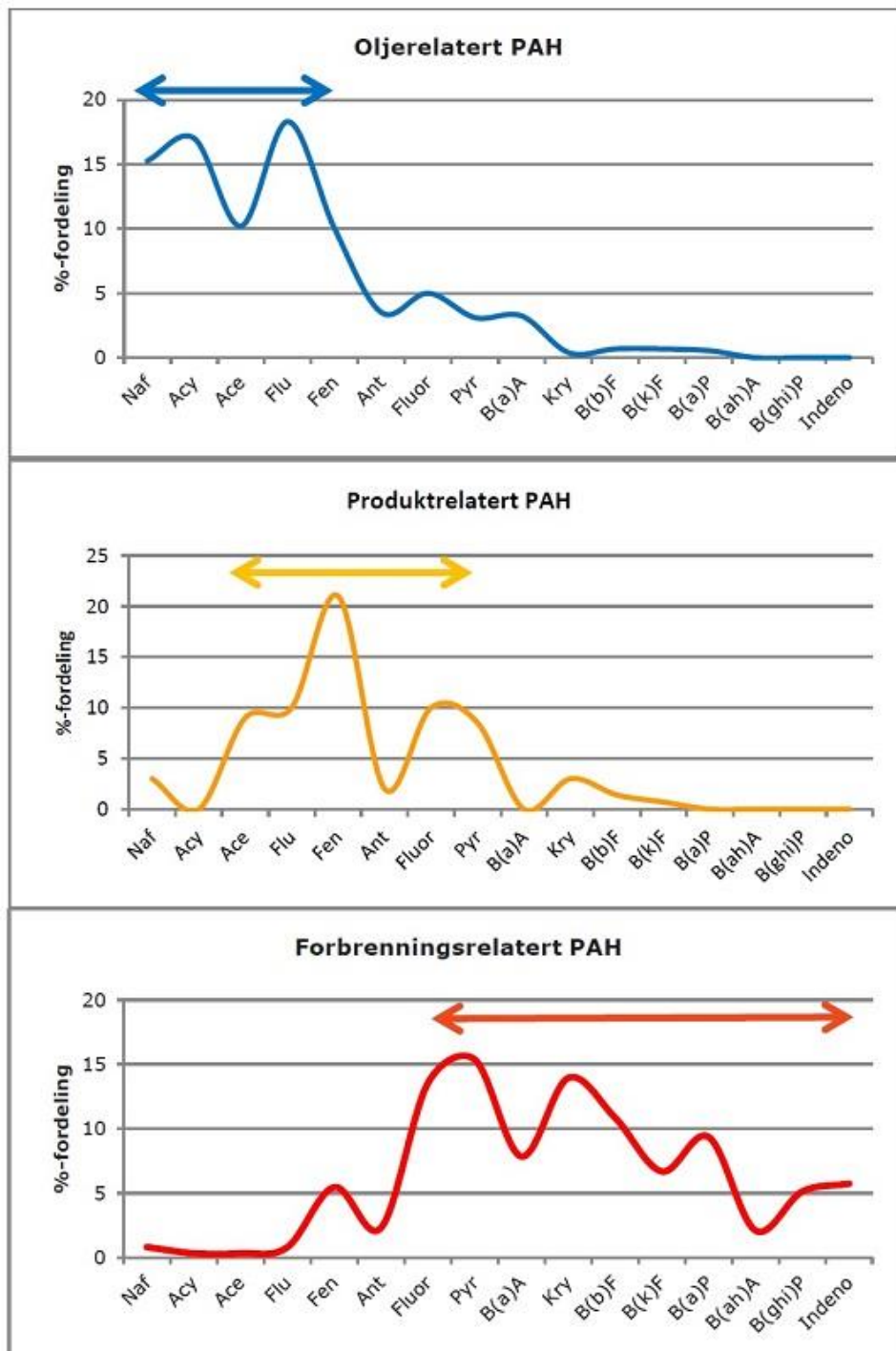
De mest vanlige forurensninger i tilknytning til skipsverft er ulike tungmetaller og organiske miljøgifter; PAH, PCB, TBT og løsemidler.

TBT (tributyltinnforbindelser) ble tidligere hovedsakelig brukt i bunnstoff på skip og i treimpregneringsmidler for å hindre begroing og råte. Dette ble forbudt i 1990 og fra 2003 ble forbudet utvidet til å også omfatte påføring av organiske tinnforbindelser i bunnstoff på skip over 25 meter.

Overflatebehandling og vedlikehold av skip kan føre til utslipp av TBT, for eksempel sandblåseavfall med malingsflak med TBT og annet avvirket materiale. Høye nivåer av TBT er funnet i sedimenter nær skipsverft, småbåthavner, trafikkerte havner og skipsleier. TBT er giftige ved svelging og irriterende for hud og øyne. De forårsaker organskade (immunsystemet) ved langvarig eller gjentatt påvirkning og de kan skade forplantningsevnen og gi fosterskader. Stoffet er også meget giftig i miljøet og har langtidsvirkning på vannlevende organismer.

Tungmetaller: Arsen, bly, kadmium, kobber, krom og kvikksølv er brukt i begroingshindrende midler, maling og annen overflatebehandling for båter og skip. Det er satt veiledende grenseverdier for utslipp av disse metallene fra skipsverft (Miljødirektoratet, 2014). Moderne bunnstoff inneholder for det meste kobber- og sinkbaserte biocider. Kobber- og nikkelslag er også blitt brukt som blåsesand (SFT, 2004).

PAH: Enkelte av PAH-forbindelsene (PAH16) er særlig viktige miljømessig siden de er (eller kan bli) karsinogene (kreftfremkallende) eller mutagene. Disse vurderes som særlig viktige på grunn av deres toksisitet for pattedyr og akvatiske organismer.

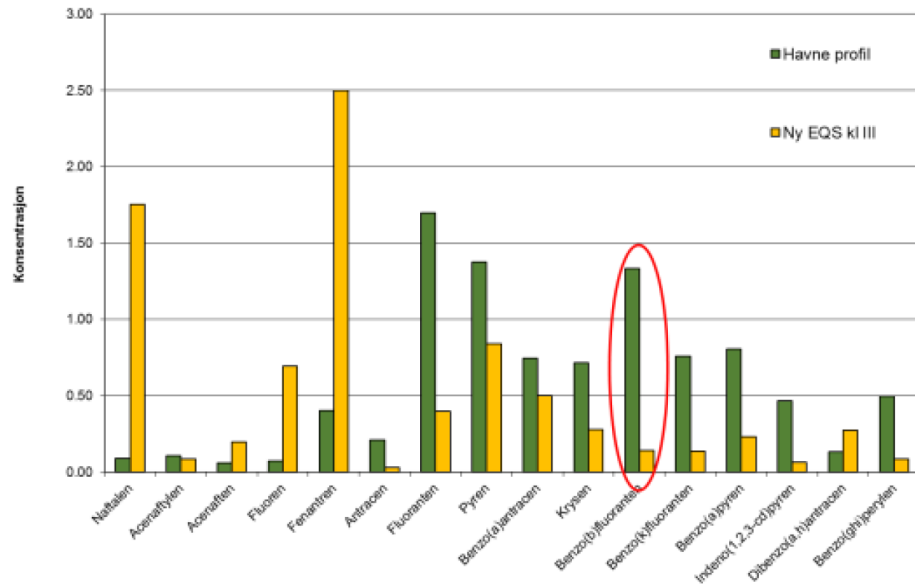


Figur 35: Skjematisk fremstilling av typiske kildeprofiler for henholdsvis oljerelatert, produktrelatert (kreosot) og forbrenningsrelatert PAH. Figur fra Koniieczny, R., hentet fra (COWI, 2015).

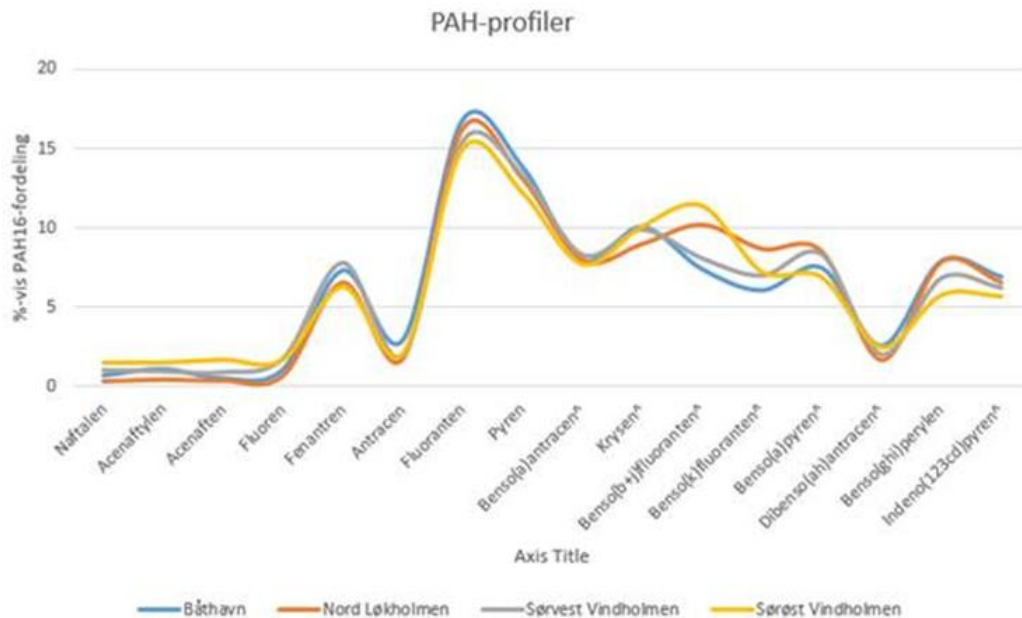
PAH-forbindelser dannes i praktisk talt alle forbrenningsprosesser. I det marine miljø er PAH av pyrogen og petrogen opprinnelse av størst betydning (Miljødirektoratet, 2016):

- Pyrogen PAH: Generert gjennom forbrenningsprosesser, ufullstendig forbrenning eller pyrolyse av organisk materiale.

- > Petrogen PAH: Avledet fra fossilt brensel (kull og petroleumsprodukter): tilføres marint miljø ved bl.a. oljesøl, utslipp fra skip, utslipp fra oljeraffinerier, naturlig utlekking fra havbunnen.



Figur 36: Sammenligning av PAH-profil som er karakteristisk for et havneområde (grønne søyler) og klasse III grenseverdier (gule søyler) for de individuelle PAH-forbindelsene. Figuren er hentet fra rapport M436 (Miljødirektoratet, 2016).



Figur 37: PAH-profiler fra områdene rundt Vindholmen inkludert prøver fra en båthavn i området. Sammenligning med Figur 35 viser at kildene til PAH-forurensning i området hovedsakelig er forbrenningsrelaterte.

PAH-forurensningen i området er forbrenningsrelatert (se Figur 35 og Figur 37), men profilen skiller seg ikke veldig fra det som er vanlig i havneområder (Figur 36). Hele Arendalsområdet er forurenset av PAH. Det er sannsynlig at deler av PAH-forurensningen skyldes industriutslipp fra Eydehavn. Bare Arendal Smelteverk alene slapp tidligere ut >1300 kg PAH til luft årlig pga. forbrenningsprosesser i smelteovnene, og mye av dette har nok havnet på land og sjø i nærområder.

PCB ble oppført på myndighetens prioritetsliste i 1997. Målet er at vi kontinuerlig skal redusere utslipp og bruk av stoffet i den hensikt å stanse utslippene innen 2020. PCB er svært giftig, med langtidsvirkning for liv i vann, særlig for marine organismer. PCB ble blant annet brukt i elektrisk utstyr, fugemasse og maling. PCB ble også benyttet i skipsmaling, spesielt i perioden fra 1950-1980 (SFT, 2004).

Konklusjon: De høye konsentrasjonene av PCB, TBT, kobber og andre tungmetaller som er påvist, stammer sannsynligvis fra bygging og vedlikehold av skip og offshoreinstallasjoner på verftet. Det er funnet spesielt høye konsentrasjoner i området nær gammel slipp, og observert blåsesand i sedimentene her. Dette tilsier at kildene til forurensing i dette området er blåsesand og avvirket materiale med bunnstoff og maling fra skip. PAH er også en vanlig forurensingsparameter i tilknytning til skipsverft, men i Arendalsområdet er det flere andre sannsynlige bidragskilder til PAH i sedimentene.

4.5 Vurdering av datagrunnlaget

I reguleringsplanen for Vindholmen (Arendal kommune, 2018) er det planlagt et offentlig friområde spesielt tilrettelagt for bading og vannaktiviteter ved Løkholmen. I planen er det også avsatt et areal til offentlig kai som skal kunne benyttes til fremtidig fergeanløp. For å få mer informasjon om sedimentene i disse to områdene, ble det tatt supplerende prøver innenfor tiltaksområdet høsten 2018. Resultatene er benyttet inn i beregning og vurdering av hydrauliske forhold og erosjonssikring av bunn i forbindelse med et fremtidig fergeanløp (Norconsult, 2018).

Kunnskapsgrunnlaget vurderes som tilstrekkelig. Det er tatt totalt 17 sedimentprøver rundt Vindholmen og Løkholmen fra 2001-2018 som alle viser tilnærmet samme forurensingsmønster. Konsentrasjoner i sedimentprøvene fra 2018 tilsvarer det som tidligere er påvist.

Det er utført to separate risikovurderinger for hhv. området rundt Løkholmen og Vindholmen. Beregninger av strømforhold viser at planlagt kanal ikke vil påvirke det generelle strømmønsteret i området, og strømrretningen rundt holmen vil hindre eventuelle suspenderte sedimenter fra ferge å trenge inn i kanalen fra sør. Tidligere risikovurderinger anses derfor som dekkende for tiltaksområdet.

5 Miljømål

For alle oppryddingstiltak må det defineres hva som er målsettingen for tiltaket, både i form av langsiktige miljømål og konkrete tiltaks mål (Miljødirektoratet, 2015). Inntil videre anbefaler Miljødirektoratet innstramning av praksisen med å bruke miljøgiftbudsjett og -regnskap.

5.1 Overordnede miljømål

Forurenset sjøbunn er hovedkilden til utslipp av miljøgifter i Agder (Vannregion Agder, 2016). I tiltaksplanen for Arendalsområdet er følgende langsiktige forvaltningsmål gitt:

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

Vindholmen med Løkholmen ligger innenfor tiltaksområdet for Arendal havneområde.

Vannforskriften legger opp til at det skal settes miljømål for vannforekomster. Miljømålene skal nås innen utgangen av 2021. Det generelle målet er at alle vannforekomster minst skal opprettholde eller oppnå "god tilstand" i tråd med nærmere angitte kriterier. Dette gjelder både den økologiske og den kjemiske tilstanden. Der hvor tilstanden ikke når opp til god i dag må man gjennomføre miljøforbedrende tiltak.

Løkholmen ligger i vannforekomst 0120030203-2-C Tromøysund - Arendal. Vannforekomsten er registrert med dårlig kjemisk og økologisk tilstand. Det er ikke registrert noen unntak for dette vannområdet (Vann-nett, 2018).

- > Miljømålet er god kjemisk og økologisk tilstand innen utgangen av 2021.

5.2 Miljømål Vindholmen

- > Miljømålet er god kjemisk og økologisk tilstand i tiltaksområdet innen utgangen av 2021
- > Sedimentene skal ikke utgjøre en uakseptabel helserisiko for badende/brukere av friområdet ved Løkholmen

5.3 Tiltaks mål

I Håndteringsveilederen, M-350 gis følgende definisjon av tiltaks mål:

"Et tiltaks mål er en konkret målsetting for gjennomføringen av et tiltak, og skal oppfylles i gjennomføringen av dette. Tiltaks mål skal være definert ut fra målsetningen om å redusere påvirkning eller belastning knyttet til miljøgifter og

biologisk påvirkning i et avgrenset areal. Tiltaks målet må være lokalt tilpasset brukerinteresser og påvirkninger, og vise miljøgevinst på kort og lang sikt."

På bakgrunn av dette foreslås følgende tiltaks mål:

- > I de øverste 10 cm av sedimentene skal innholdet av organiske miljøgifter (PAH16 og PCB7) og tungmetaller (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn) være i tilstandsklasse II eller lavere i henhold til M-608, i minst 4 uker etter avsluttet tiltak i sjø.
- > Tiltak i sjø skal ikke medføre tilslamming av ålegrasforekomst ved Bakkeskjær. For å redusere risikoen bør tiltak utføres vinterstid, utenom ålegrasets vekstsesong.

Målene er satt i tråd med anbefalingene i Håndteringsveilederen, hvor tilstandsklasse II gjelder i områder hvor forureningskilder er sanert.

Ved tiltak i forurensete sedimenter er det risiko for oppvirvling av sediment og spredning i større eller mindre grad. Dette kan medføre høyere konsentrasjoner i sedimentene enkelte steder i tiltaksområdet. Dette vil være særlig relevant for TBT. TBT er flyktig og spres lett, og kan dermed relativt raskt etter tiltak bidra til forhøyede verdier i sedimentene. Miljødirektoratet anser ikke TBT som tiltaksdrivende, men funn av TBT i sedimentene i tiltaksfasen vil kunne være en god indikator på spredning. Det anbefales derfor at det analyseres for TBT, men at innholdet ikke skal være styrende for vurdering av tiltakenes vellykkethet.

5.4 Bruk og tilstand etter tiltak

Erfaringene med forurenset sjøbunn så langt, viser at det er urealistisk å forvente at langsiktige forvaltningsmål for et større område med forurenset sjøbunn kan oppnås med et enkelt tiltak (Miljødirektoratet, 2015). Arendal kommune skal i perioden september 2018 - mai 2019 foreta tildekking av forurenset sjøbunn i Kittelsbukta og Pollen. Totalt 31 500 m² skal dekkes med sand til en minimum mektighet på 30 cm (Doffin, 2018). Samlet vil tiltak i havneområdet og ved Vindholmen bidra til en forbedring av sjøsedimentene i Arendal.

Det vil fortsatt være forurenset sediment i tilgrensende områder, både i Tromøysund og høyst sannsynlig også i småbåthavnene i Songekilen (Miljødirektoratet, 2017). Det er derfor sannsynlig at det kan forekomme noe rekontaminering fra forurensete områder utenfor tiltaksområdet. Når tiltak i forurenset grunn er utført på Vindholmen, vil de mest relevante landkildene være avrenning fra vei og tette flater og overløp spillvann.

6 Tiltaksvurdering

Alternativene for tiltak i forurensede sedimenter kan grovt deles inn i to kategorier; **mudring** for å fjerne de forurensede massene eller isolering av sedimentene på stedet gjennom **tildekking** (Miljødirektoratet, 2015). Ved mudring finnes flere alternativer for disponering/deponering av massene, mens tildekking kan utføres ved bruk av ulike typer masser som kan ha forskjellige egenskaper og tykkelse. Alle metodene har fordeler og ulemper som blant annet avhenger av eksisterende og planlagt arealbruk, miljømål, sjøbunnens stabilitet og bæreevne.

6.1 Nullalternativet

Nullalternativet innebærer at det ikke utføres noen tiltak med sedimentene på sjøbunnen for å bedre miljøtilstanden. Det er mulig å iverksette tiltak på land for å bedre kontrollen på landkildene, eller minske oppvirvling av sedimenter ved å endre arealbruken i området. Et null-alternativ kan være akseptabelt dersom en naturlig forbedring av forurensningstilstanden skjer gjennom tilførsel av rene sedimenter.

Tromøysund er i risiko for å ikke oppnå miljømålet om god kjemisk og økologisk kvalitet innen 2021. Fylkesmannen mener at tiltak mot forurensede sedimenter må prioriteres for å oppnå målsetningene i vannforskriften (Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder, 2018). Tiltak i sjøbunnen utenfor Vindholmen inkl. Løkholmen er nødvendig.

Konklusjon: Null-alternativet anses ikke som et alternativ.

6.2 Alternativ 1: Fjerning av forurensede masser

Fjerning av forurensede masser fra sjøbunnen (mudring) er først og fremst en tiltaksløsning for å fjerne lokale "hot-spots" med spesielt høy forurensning, eller for å opprettholde seilingsdyp (Miljødirektoratet, 2015). Kartleggingen av forurensning viser at stasjon S5, inni gammel slipp, er en "hot-spot" med særlig høye nivåer av miljøgifter.

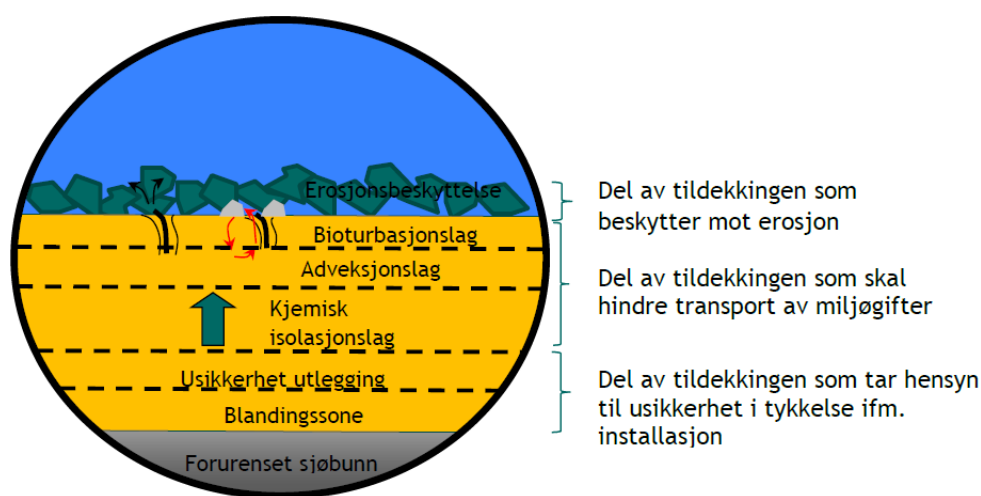
Særlig langs kaier kan det i enkelte tilfeller bli for grunt dersom man ønsker å tildekke forurensede sedimenter. I slike tilfeller kan man mudre i forkant av tildekkingen for å opprettholde ønsket dybde.

Mudring virvler opp sedimentene og kan bidra til å spre miljøgifter.

Konklusjon: Mudring kan være aktuelt dersom det er nødvendig for å opprettholde seilingsdyp.

6.3 Alternativ 2: Isolering av forurensning – tildekking

Tildekking av forurensete sedimenter er en tiltaksløsning der rene masser legges ut på sjøbunnen for å hindre spredning av forurensning fra sedimentene, og for å redusere bunnfaunaens eksponering for forurensningen (Miljødirektoratet, 2016). Tykkelsen på tildekkingslagene kan variere. Tykkelser under ca. 15 cm blir referert til som tynnsjikttildekking. Valg av tildekkingsmaterialer avhenger av faktorer som strømforhold, behov for seilingsdyp, potensialet for erosjon og sjøbunnens egenskaper. Tildekkingslaget består vanligvis av mineralske masser eller aktivt materiale, eller en kombinasjon av disse Figur 38.



Figur 38: Skjematisk illustrasjon av tildekkingsdesign. Figuren er kopiert fra Miljødirektoratets rapport M-502 (Miljødirektoratet, 2016)

Formålet med tildekking er å hindre:

- > Diffusjon av forurensning gjennom tildekkingen
- > Oppbygging av stort porevannsovertrykk i det forurensete sedimentet
- > Partikulær transport av forurensning gjennom tildekkingslaget
- > Oppvirvling av forurenset sediment og av tildekkingsmasse
- > Kontakt med gravende organismer og spredning til næringskjeden

Tildekkingsmassenes egnethet må vurderes i forhold til en rekke faktorer som er beskrevet i veileder M-411, "Testprogram for tildekkingsmasser – forurenset sjøbunn" (Miljødirektoratet, 2015). I dette ligger det vurderinger av massenes permeabilitet, filteregenskaper, egenvekt, konsolideringsegenskaper mm. Det må utføres en vurdering av geoteknisk stabilitet i tildekkingsområdet mot tildekkingsmaterialets egenskaper (sedimentets bæreevne og konsolideringsegenskaper).

For tildekking av relativt finkornige sedimenter (silt/leire) bør tildekkingsmassene ha noe høyere permeabilitet enn de forurensete sedimentene. Dette for å redusere økningen i poretrykk som vil oppstå ved sammenpressing av disse sedimentene (Tabell 4). Samtidig må ikke

tildekkingsmassen være så grovkornig at man risikerer utvasking av finstoff fra sedimentet gjennom tildekkingslaget. Det kan i noen tilfeller være aktuelt å legge på tildekkingen i flere omganger. Generelt er det anbefalt at tildekkingsmassene bør være $> 2 \times d_{15 \text{ sediment}}$ (for å sikre tilstrekkelig permeabilitet) og $< 5 \times d_{85 \text{ sediment}}$ (for å hindre utvasking av finstoff).

Tabell 4: Typiske kornstørrelser for aktuelle materialer hvor d_{15} og d_{85} er den korndiameteren som henholdsvis 15 % og 85 % (vekt) av kornene er mindre enn. Hentet fra Miljødirektoratets veileder M-411 (Miljødirektoratet, 2015).

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

Tildekkingsmaterialets barriereegenskaper, som beregning av diffusjon av forurensning og tildekkingslagets mektighet, kan utføres i forbindelse med detaljprosjektering av tiltaket. Dimensjonering av total tykkelse og antall utleggingslag kan også gjøres samtidig med en vurdering av sedimentets bæreevne under detaljprosjekteringen. Det må også dokumenteres at tildekkingsmassene har vært testet etter testprogram for masser til bruk av tildekking av forurensete sedimenter, veileder M-411 (Miljødirektoratet, 2015).

6.3.1 Tildekking med sand/skjellsand

Mineralske masser som sand og finknuste steinmasser er den vanligste tildekkingsløsningen i Norge (Miljødirektoratet, 2015). Denne type masser er ofte lett tilgjengelige og relativt rimelige, men de har som regel liten evne til å binde forurensningen. Massene fungerer derfor kun som isolering av de forurensete sedimentene. Tildekkingslaget må derfor være vesentlig tykkere enn bioturbasjonsdypet (det laget som blandes av aktiviteten til sedimentlevende dyr). Typisk tildekkingsstykkelse er 20-50 cm.

Skjellsand har generelt lavere egenvekt enn sand fra sandtak eller nedknust sprengstein, noe som kan være gunstig i områder med bløt sjøbunn. Tildekking vil utgjøre en last på eksisterende sjøbunn. Hvis denne lasten overskrider bæreevnen til underliggende sedimenter vil tildekkingsmassene synke inn i de forurensete sedimentene og ikke lenger ha en tildekkingsfunksjon.

Skjellsand er estetisk fint og kan vurderes brukt i badekanal og på badestrand for å gjøre området ekstra innbydende. Det er viktig at skjellsand som eventuelt brukes er stedegen slik at man ikke innfører fremmede arter.

Konklusjon: Tildekking av forurenset sjøbunn med sand/skjellsand er et aktuelt tiltak.

6.3.2 Tildekking med mineralske masser inkl. aktivt lag

For å øke tildekkingens evne til å binde forurensning som kan transporteres fra de forurensede sedimentene og gjennom tildekkingen, kan det blandes inn aktive materialer. Denne metoden er særlig aktuell dersom grunnvannstransport gjennom den forurensede sjøbunnen er en viktig transportmekanisme for vannløst eller fri fase forurensning.

Området består av bart fjell og det er ikke grunnvannspotensial i løsmassene (NGU, 2018). Det antas derfor at forurensningstransport med grunnvannsutstrømning er et begrenset problem.

Konklusjon: Tildekking av forurenset sjøbunn med mineralske masser inkludert et aktivt lag anses ikke som et aktuelt tiltak.

6.3.3 Tynnsjikttildekking med aktivt materiale

Tynnsjikttildekking med aktivt materiale (tildekking < 10-15 cm tykkelse) er velegnet dersom man skal dekke til store arealer, områder med særlig verdifull biota eller områder hvor det er bløte sedimenter med fare for innsynking av tildekkingslaget.

Denne type tildekking vil i vesentlig grad blandes med det forurensede sedimentet under. Tynnsjikttildekking med kun passivt materiale har vist seg å ha liten eller ingen positiv effekt. For at denne løsningen skal redusere spredning og biotilgjengelighet av miljøgiftene er det nødvendig at tildekkingen inneholder aktive materialer som binder miljøgiftene (Miljødirektoratet, 2015).

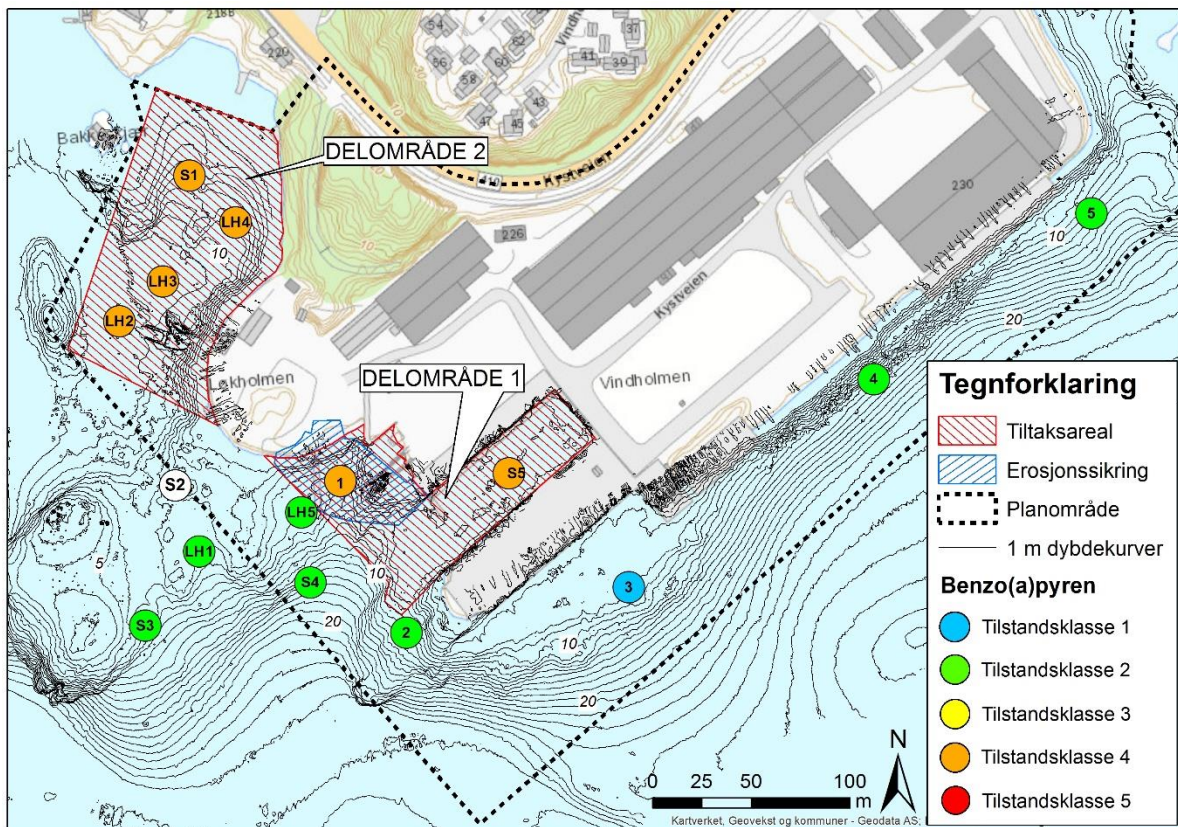
Tynnsjikttildekking er ikke prøvd ut i stor skala i Norge, men bruk av aktivt kull har gitt lovende resultater i forhold til å redusere biotilgjengelighet og utlekking av organiske miljøgifter (Miljødirektoratet, 2014).

Konklusjon: Tynnsjikttildekking av forurenset sjøbunn med aktivt materiale kan være et aktuelt tiltak.

7 Tiltaksområde

Analyser og risikovurderinger av sediment rundt Vindholmen/Løkholmen viser at sedimentene er forurenset, og utgjør en risiko både med hensyn til helse, miljø og spredning. Det må gjøres tiltak slik at brukere av det nye friluftsområdet ved Løkholmen ikke kommer i kontakt med forurensete sedimenter. I områder hvor det legges til rette for strandaktiviteter og bading på grunne områder, må forurensete sedimenter fjernes eller dekkes til. Hensikten er at det ikke skal være noen risiko for at brukere av området, spesielt barn, kommer i kontakt med forurensete sedimenter.

Avgrensingene er satt innenfor yttergrensene av planområdet basert på målte konsentrasjoner i sedimentene, beregnet påvirkningsdyp fra ferge på kote -10 m (Norconsult, 2018), bunnforhold og planlagte badearealer. Konsentrasjoner av benzo(a)pyren, som antas å være en av de mest helseskadelige PAH-forbindelsene, er brukt som indikator for avgrensning av tiltaksområder på kartet i Figur 39.



Figur 39: Tiltaksareal markert med rutenett. Alle prøvepunkter fra 2011-2018 er klassifisert og fargekodet basert på målte konsentrasjoner av PAH-forbindelsen benzo(a)pyren, som antas å være en av de mest helseskadelige. Området ved fergekai som anbefales erosjonssikret er også angitt. S2 ble forsøkt prøvetatt på nytt i 2018, men her var det ikke mulig å få opp sedimentprøve, antakelig på grunn av stein og fjell i området.

Som illustrert i kartet (Figur 39) er det bratte skråninger og lave konsentrasjoner av benzo(a)pyren (og andre miljøgifter) i prøvepunktene på sørsiden av Vindholmen. I bratte skråninger er det lite sediment og de egner seg ikke for tildekking. Dette området er derfor ikke vurdert som aktuelt for tiltak. Også utenfor Løkholmen er det bratte skråninger og hard bunn, spesielt på sørvest-siden.

Områdene inni og ved gammel slipp (punkt 1 og S5) skiller seg ut som "hotspots" med spesielt høye konsentrasjoner av TBT og kobber (TK5) samt høye konsentrasjoner av PAH-forbindelser (TK4). Dumping og utspyling av brukt blåsesand antas å utgjøre den viktigste kilden til forurensning her (SFT, 2004). Det planlegges for nytt fergeleie i dette området, og for å unngå propelloppvirvling av forurenset sediment er tiltaksområdet trukket ut til kote -10 m. Området som anbefales ekstra erosjonssikret i forbindelse med ferge er markert med blått (Norconsult, 2018).

Nord for Løkholmen er det påvist konsentrasjoner av benzo(a)pyren i tilstandsklasse 4 på alle prøvepunktene. Det er også funnet høye konsentrasjoner av andre PAH-forbindelser (TK 2-5), kobber (TK 1-5), kvikksølv (TK 1-4) og PCB (TK 3). TBT konsentrasjonene er jevnt høye i hele området, TK 4. I dette delområdet er det til dels bratte skråninger og steinfyllinger, hvor det ikke legger seg sediment og som heller ikke egner seg for tildekking.

Sprøytemaling av større metallkonstruksjoner har tradisjonelt foregått utendørs med ulik grad av tildekking (SFT, 2004). Både primer, bunnstoff, maling og lakk har blitt påført på denne måten, noe som kan ha bidratt til spredning av tungmetaller, PCB og TBT. Funn av gamle lektere på sjøbunnen og forurenset grunn på hele Løkholmen sannsynliggjør at sedimentene i området er påvirket av driften på skipsverftet.

Det foreslås derfor tildekking av følgende delområder:

- > **Delområde 1** ved gammel slipp utgjør ca. 7000 m².
- > **Delområde 2** nord for Løkholmen utgjør totalt ca. 11 000 m². Minst 1300 m² av disse består av svært bratt skråning/steinfylling som ikke egner seg for tildekking. I videre beregninger er det tatt utgangspunkt i et areal på 16 700 m².

Flere skråninger i delområde 2 kan være uegnet for tildekking, men dette må avklares i detaljprosjekteringen. Storparten av sedimentene ligger sannsynligvis i gropa mellom kote -10 og -12. Skjærene er brukt som en naturlig avgrensning av området. I videre beregninger er det tatt utgangspunkt i et tiltaksareal på totalt 16 700 m², selv om dette sannsynligvis er noe overestimert pga. skråninger.

Under utfylling av Løkholmen på 70- og 80-tallet er det ikke usannsynlig at forurensete masser er brukt. Både utgravde masser og sjøbunnen i ny kanal bør og skal prøvetas underveis i tiltaket.

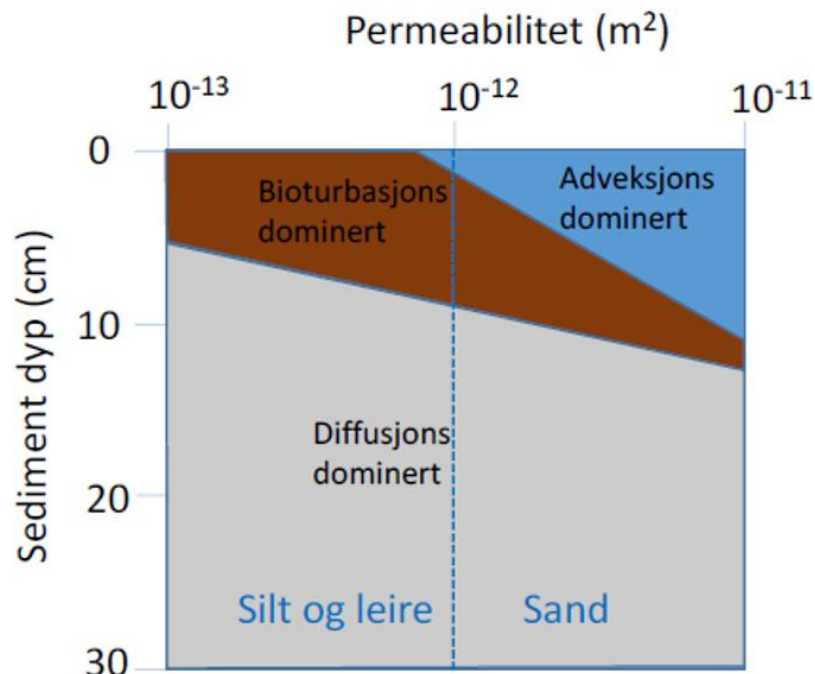
8 Anbefalt tiltaksløsning

Det er skissert ulike løsninger for tiltak på land og i forurenset sjøbunn utenfor Vindholmen/Løkholmen i Arendal. Anbefalte tiltaksløsninger er basert på hensyn til miljø, naboer og kost-nytte effekt. Siden det ikke stilles krav til seilingsdyp, med unntak av en mulig ferge, er anses tildekking med rene sandmasser som det beste og billigste alternativet.

Massene må tilfredsstillende krav i veileder M411 "Testprogram for tildekkingsmasser" (Miljødirektoratet, 2015). Tildekking forutsetter at de topografiske forholdene ligger til rette for det. Dersom de geotekniske rapportene avdekker forhold som kan ha betydning for tildekkingsmasser og utlegging må dette hensyntas i detaljprosjekteringen.

8.1 Tildekking med rene masser

Hensikten med tildekking med rene masser er å hindre spredning av forurensning fra sedimentene og redusere bunnfaunaens eksponering for forurensningen. Som illustrert i Figur 38 skal tildekkingen bygges opp for motstå erosjon, redusere diffusjon og utlekking av miljøgifter og hindre at bunnlevende organismer kommer i kontakt med de forurensete sedimentene. Lag som kan ivareta flere funksjoner kan slås sammen og total tildekkingstykkelse vil da reduseres.



Figur 40: Illustrasjon av prosesser som påvirker transport i sedimenter

Flere prosesser kan styre transporten av stoffer i porevannet i sedimentene. De styrende prosessene er diffusjon, adveksjon og bioturbasjon, se illustrasjon

Figur 40. Ved Vindholmen er det tatt ut utgangspunkt i at de øverste 10 cm er påvirket av adveksjon og bioturbasjon.

8.1.1 Krav til permeabilitet og filteregenskaper

Kravene til permeabilitet og filteregenskapene i tildekkingsmaterialet er knyttet til at enhver tildekking vil gi en sammenpressing av sedimentene og dermed et midlertidig økt poretrykk. Siden tildekkingslaget normalt ikke er utsatt for store trykkforskjeller og vannstrømmer er følgende relasjon anbefalt i veileder for tildekkingsmasser, M411:

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

d_{15} = den korndiameteren som 15 % (vekt) av kornene er mindre enn

d_{85} = den korndiameteren som 85 % (vekt) av kornene er mindre enn

Kravet om $d_{15} \text{ (filter)} < 5*d_{85} \text{ (sediment)}$ sikrer mot utvasking av finstoff gjennom tildekkingslaget, mens $2*d_{15} \text{ (sediment)} < d_{15} \text{ (filter)}$ skal sikre at tildekkingslaget har tilstrekkelig permeabilitet til å hindre overtrykk i sedimentet. Typiske kornstørrelser for tildekkingslag er gitt i Tabell 4.

Sedimentene ved Vindholmen består av sand og silt. Gjennomsnitt for området samlet er 63,5 % sand (> 63 µm) og 37,4 % silt (2-63 µm). Siktekurver foreligger ikke, og dermed er $d_{15} \text{ (sediment)}$ og $d_{85} \text{ (sediment)}$ ukjente, men det antas ligger innenfor verdiene for ensgradert –velgradert sand, Tabell 4. Egnede filtermateriale skal da tilfredsstillende:

$$0,08 \text{ mm} < d_{15} \text{ filter} < 30 \text{ mm}$$

Fraksjonen som skal ivareta tildekkingsfunksjonen kan bestå av fin sand av størrelse 0/4, 0/8, 0/16 eller 0/32 dersom finstoffinnholdet i sistnevnte tilfredsstillende krav til filtrering og permeabilitet gitt i formelen over.

8.1.2 Blandingslag

Under utleggingen vil de rene massene blande seg med forurensede sedimenter. Det planlegges derfor for et blandingslag på 10 cm.

8.1.3 Kjemisk isolasjonslag

Dette laget skal hindre diffusjon av miljøgifter fra sedimentene, se Figur 40. For tiltaksplanen i Pollen med tilsvarende konsentrasjoner av miljøgifter ble dette laget beregnet til ≤2 cm. Isolasjonslaget settes likt som i Pollen; 10 cm for å ha en konservativ tilnærming.

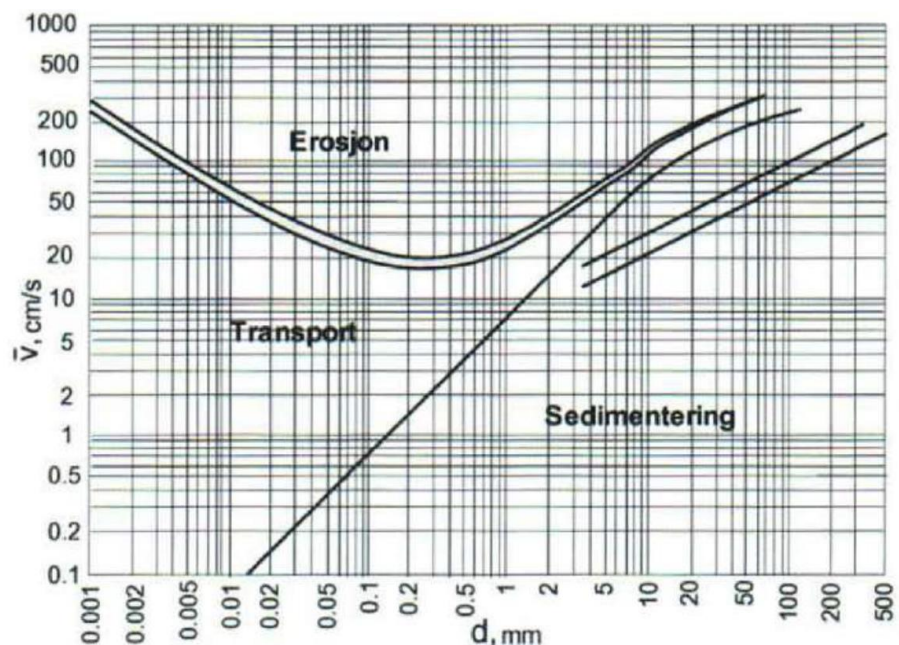
8.1.4 Bioturbasjonslag

Bioturbasjon er vanligvis begrenset til de øvre 10 cm av sedimentet. Under prøvetaking ble det observert lite/ingenting liv i sedimentene og et bioturbasjonslag på 10 cm skal være tilstrekkelig til å unngå kontakt med forurensede sedimenter. Dette laget dekker også funksjonen til adveksjonslaget.

8.1.5 Erosjonsbeskyttelse

Tildeckingsmassene må kunne motstå erosjon og oppvirvling fra strøm/bølger og skipstrafikk. Strømhastighetene som er målt er ikke høye nok til å erodere sjøbunnen eller bringe sedimenter i suspensjon (Norconsult, 2018). Det er fartsrestriksjoner i området (4 knop), og med unntak av mulig fremtidig ferge er det kun småbåter som trafikkerer i Songekilen. Bølgepåvirkningen er begrenset, men propellstrøm fra ferge kan bringe sedimenter i suspensjon og området ved fergeleie må erosjonssikres. Med utgangspunkt i Kollbjørn III er det beregnet at strømhastigheten maks vil bli 0,7 m/s på bunn med en vandybde på 4-5 m.

Hjulstrøms diagram (Figur 41) kan benyttes for å estimere erosjon av partikler i området mellom 1 µm (leire/slam) og 10 cm (grov grus/knust stein). Diagrammet viser om et korn med en gitt størrelse kan forventes å sedimenteres, transporteres eller eroderes som funksjon av midlere strømhastighet langs bunnen. Fin sand er mest utsatt for erosjon. Diagrammet kan benyttes til å bestemme kritisk resuspensjonshastighet for et tildeckingsmateriale.



Figur 41: Hjulstrøms diagram. Strømhastighet mot kornstørrelse.

Med en strømhastighet på 0,7 m/s vil partikler med kornstørrelse 5 mm eroderes på 4-5 meters dyp. Med en bunnstrøm på 2 m/s eroderes partikler under 30 mm. Knust stein/sand i fraksjon 0/32 vil være egnet som filterlag. Erosjonssikringslag bør overdimensjoneres for å ta høyde for ev andre

fergetyper og større båter. Under fergeområdet bør det øverste tildekkingslaget erstattes med et lag med grovere masser, for eksempel fraksjon 0/64 før et lag med stein (se Figur 47).

8.1.6 Utlekking av masser

Tildeckingsmassene skal legges ut skånsomt og kontrollert i to lag/omganger og fra dypeste til grunneste område. Dette for å forårsake minst mulig oppvirvling av forurensete sedimenter, sikre en heldekkende tildekking og redusere risiko for utrasing.

9 Kontroll, overvåking og avbøtende tiltak

Alle arbeidene blir underlagt krav til overvåking og kontroll som defineres i en kontroll- og overvåkingsplan i forkant av oppstart. Entreprenøren skal beskrive metodevalg, rutiner og presisjon for de ulike oppgavene. Dette vil bl.a. være kontrollprogrammer for måloppnåelse for tildekking og spredning under tiltak.

9.1 Kontroll av tildekkingsmasser

Det skal dokumenteres at massene tilfredsstiller kravene til blant annet kjemisk sammensetning og -stabilitet i veileder M-411, "Testprogram for tildekkingsmasser" (Miljødirektoratet, 2015). Massene skal også tilfredsstille krav som blir beskrevet i detaljprosjekteringen.

9.2 Risiko for rekontaminering

Under tildekking er det en mulighet for tilførsel av ny forurensning (rekontaminering) knyttet til oppvirvling av sedimenter under utleggingen av tildekkingslaget. Ved å påføre massene skånsomt i flere lag, vil risikoen for oppvirvling reduseres.

Etter tiltak er det mulig at forurensede partikler fra sedimenter i Tromøysund og småbåthavnen vil også kunne rekontaminere tildekkingsområdet over tid. Det er sannsynligvis svak bunnstrøm i området så risikoen anses som begrenset.

Forurenset grunn på landarealet skal fjernes (COWI AS, 2017) og skal ikke utgjøre noen spredningsrisiko, men rekontaminering av tildekket sjøbunn fra andre kilder på land kan ikke utelukkes. Overløp for kommunalt spillvann og overvann fra vei og tette flater med varierende innhold av miljøgifter og partikler har utløp til sjø i området (se kapittel 3.6).

9.3 Overvåking under tiltak i sjø

Under gjennomføring av tildekkingstiltak vil det være behov for overvåking. Hensikten er blant annet å påse at de avbøtende tiltakene som utføres er tilstrekkelig effektive til å hindre uønskede effekter, kunne iverksette strakstiltak ved behov samt dokumentere at myndighetskrav overholdes.

For overvåking under tiltak brukes ofte turbiditetsmålinger, vannprøver, sedimentfeller og passive prøvetakere. For Vindholmen anbefales følgende overvåking:

Turbiditetsmålinger (målinger av partikler i vannet) skal gjennomføres kontinuerlig under tiltaksperioden. On-line turbiditetsmålere bør settes opp på oppankrede rigger i nærheten av tiltaksområdet og ved ålegrasforekomst på Bakkeskjær. Målerne sender data til ansvarlig overvåker via mobilnettet og er tilknyttet en alarmfunksjon.

På grunn av naturlige variasjoner i turbiditet anbefales det at man også har målinger på en upåvirket referansestasjon i nærheten. For tiltak av kortere varighet kan det også gjøres referansemålinger på forhånd i selve tiltaksområdet. Bakgrunnsverdiene bør da måles i tiltaksområdet over en periode på minimum en uke forut for tiltaket (Miljødirektoratet, 2015).

Ved utlegging av første tildekkingslag er det størst fare for spredning av miljøgifter, ved påfølgende lag er det spredning av partikler fra de rene tildekkingsmassene som utgjør en fare for tilslamming av ålegrasforekomsten ved Bakkeskjær.

Det foreslås derfor at det etableres en turbiditetsgrense på 10 NTU over bakgrunnsverdiene gjennom et 20 minutters tidsintervall, og at målestasjonen ligger innen 50 m fra anleggsarbeidet. Dersom arbeidene foregår på vinterstid (utenom ålegrasets vekstsesong) kan høyere turbiditetsgrense vurderes ved utlegging av påfølgende tildekkingslag.

Dersom grensen overskrides bør anleggsarbeidet stoppes inntil turbiditetsverdiene er under tillatt nivå i et 20 minutters intervall. Det bør da tas en vannprøve som analyseres for miljøgifter for å avdekke om spredningen er oppvirvling av forurenset sjøbunn eller tildekkingsmasser. Slike vannprøver bør analyseres som hastepøver. Dersom vannprøvene viser at det foregår en spredning av tildekkingsmasser, kan man vurdere å heve turbiditetsgrensen. Dette gjelder særlig dersom det blir hyppige driftsstans pga. høye turbiditetsverdier, men man må også vurdere justeringer opp mot andre hensyn (for eksempel fisk og ålegras). Visuell inspeksjon og manuelle turbiditetsmålinger bør gjøres samtidig ved vannprøvetaking for miljøgiftanalyser, og ved synlig blakking slik at vannprøvene tas i området med høyest turbiditet.

9.4 Avbøtende tiltak

Det vil være behov for avbøtende tiltak å unngå eller begrense spredning av forurensning og verne naturmangfold i området.

9.4.1 Hensyn til naturmangfold

Tildekking av sjøbunn med 30 cm rene masser vil ødelegge habitatet for de organismene som lever der i dag. Det ble imidlertid ikke observert levende organismer i sedimentene under prøvetakingen i 2018 (pers. obs.). Tildekking vil bedre leveforholdene og en bunndyrfauna vil trolig (re)etableres etter få år.

Det anbefales å unngå tildekkingsarbeider og mudring i perioden februar-mai grunnet gytesesong for torsk.

Det er ålegras nær tiltaksområdet, både ved Bakkeskjær og i Krøgeneskilen. Ålegras er en viktig naturtype og levested for en rekke arter. Arten er følsom for tilslamming og forekomsten ved Bakkeskjær vil være spesielt utsatt. Forekomsten(e) må beskyttes med siltgardiner eller boblegardiner under tiltak.

Kontinuerlige turbiditetsmålinger på hver side av partikkelsperren vil ivareta ålegraset og fare for tilslamming av dette. Dersom arbeidene foregår utenom ålegrasets vekstsesong, dvs. på vinterstid, reduseres risikoen

9.4.2 Hindre forurensning

Utlekking av tildekkingsmasser og eventuell mudring vil kunne føre til oppvirvling av forurensete sedimenter, særlig i områder hvor sedimentene er bløte. Metodikken ved både utlegging og ev. mudring bør derfor være så skånsom som mulig for å redusere oppvirvling og spredning.

Det skal ved behov iverksettes tiltak for å hindre at forurensning spres til omkringliggende områder. Partikkelsperrer i form av siltgardin eller boblegardin vil være viktige tiltak.

9.5 Støv og støy

Det forventes at entreprenører i forkant av tiltakene beskriver og utarbeider rutiner for å redusere spredning av støv og minimere støy. Arbeidet bør i størst mulig grad gjennomføres slik at det ikke kommer i konflikt med andre interesser.

I utgangspunktet antas det at det vil være mindre problemer knyttet til støv og støv i forbindelse med tildekking, men detaljprosjektering kan beskrive avbøtende tiltak i form av vanning av tildekkingsmasser, beskyttelse mot vind vha. presenning eller bruk av lukkede systemer som avgir lite støv og støv.

9.5.1 Beredskapsplaner

Entreprenøren bør utføre en miljørisikovurdering som for å identifisere hendelser som kan medføre miljøskade og tiltak for å redusere risikoen. Miljøhensyn må inkluderes i beredskapsplan og varslingsplan.

9.6 Sluttkontroll

Etter at tiltaket er utført skal det gjennomføres sluttkontroll. Prøver for sluttkontroll tas så snart tiltaket er gjennomført.

Tykkelse og utbredelse av tildekkingslaget skal dokumenteres. Sluttkontrollen av tildekkingslagets mektighet skal dokumenteres ved at bunntopografien kartlegges med tilstrekkelig nøyaktighet til at det kan sammenlignes med kartleggingen utført i forkant av tiltaket. Dette kan kontrolleres ved multistrålekartlegging av sjøbunn før og etter tiltak, kjerneprøver eller visuelle observasjoner (dykkere og målepinner).

En oversikt over alle tidligere sedimentstasjoner i tildekkingsområdet er gitt i Figur 39. Analyseresultatene fra disse lokalitetene representerer sjøbunnens "førtilstand". Disse resultatene vil bli sammenlignet med resultatene av prøver

av tildekkingslaget. Omfanget av prøvetakingen skal beskrives i kontrollplanen som utarbeides før tiltakene starter. Etter at tildekkingen er ferdig skal tas prøver av øvre 10 cm av tildekkingslaget. Prøvene skal analyseres for parameterne anbefalt i veileder M-350.

Akseptkriteriet er at prøvene tilfredsstiller tiltaks målet som innebærer at konsentrasjonen av miljøgifter i toppsedimentene skal være i tilstandsklasse 2 eller lavere i henhold til veileder M-350 (Miljødirektoratet, 2015) i inntil 4 uker etter tiltaket. Dersom resultatene viser at tiltaks målet ikke er nådd, kan det bli aktuelt med ytterligere tildekking. Krav til sluttkontroll for å dokumentere effekten av tiltaket bestemmes i tillatelse til tiltak.

9.7 Overvåking i etterkant av tiltak

I kontroll- og overvåkingsplanen skal også overvåking etter tiltak inngå. Denne overvåkingen vil gå over år, for å kontrollere utviklingen i det tildekkede området. Det er de samme måle metodene som utføres før og under tiltak som er aktuelle å utføre etter ferdig utført tiltak.

Det er fare for rekontaminering fra forurenset sediment i omkringliggende områder (småbåthavn, Tromøysund) og det kan forekomme utlekking gjennom tildekkingsmassene. Det bør derfor tas prøver av øvre 10 cm sediment i tildekket område. Prøvene analyseres for samme parametere som tidligere. Det bør tas prøver ett og tre år etter tildekkingen.

Dersom fergeanløp blir realisert, bør det foretas en kontroll av erosjonssikringen i dette området etter at ferge har vært i drift over en periode (ca. 1 år). Kontrollen kan utføres av dykker eller med undervannskamera/ROV.

9.8 Oppdatering av databaser

Myndighetspålagt overvåking skal legges inn i databasen Vannmiljø. Dette vil gjelde referanseprøver i forkant av tiltak og prøver tatt etter tiltak. Prøver fra tiltaksperioden er normalt mindre aktuelt å legge inn fordi situasjonen da er under endring og påvirkning.

10 Tiltaksrettede undersøkelser – og andre forhold som kan påvirke prioritering, fremdrift, kostnader

10.1 Ledninger og kabler

Hvilke beskyttelsestiltak som må gjennomføres ved tiltak mot forurenset sjøbunn med hensyn til ledninger/kabler på sjøbunnen må avklares i detaljprosjekteringen. Erfaringsmessig tåler vann- og avløpsledninger å tildekkes med inntil 0,5 m sand og grus, men dette må avklares nærmere med VA-avdelingen i Arendal kommune. Bildet under er fra dykkerinspeksjon ved Løkholmen (Figur 42).



Figur 42: Rørledning på sjøbunnen ved Løkholmen (Agder Dykk AS, 2018).

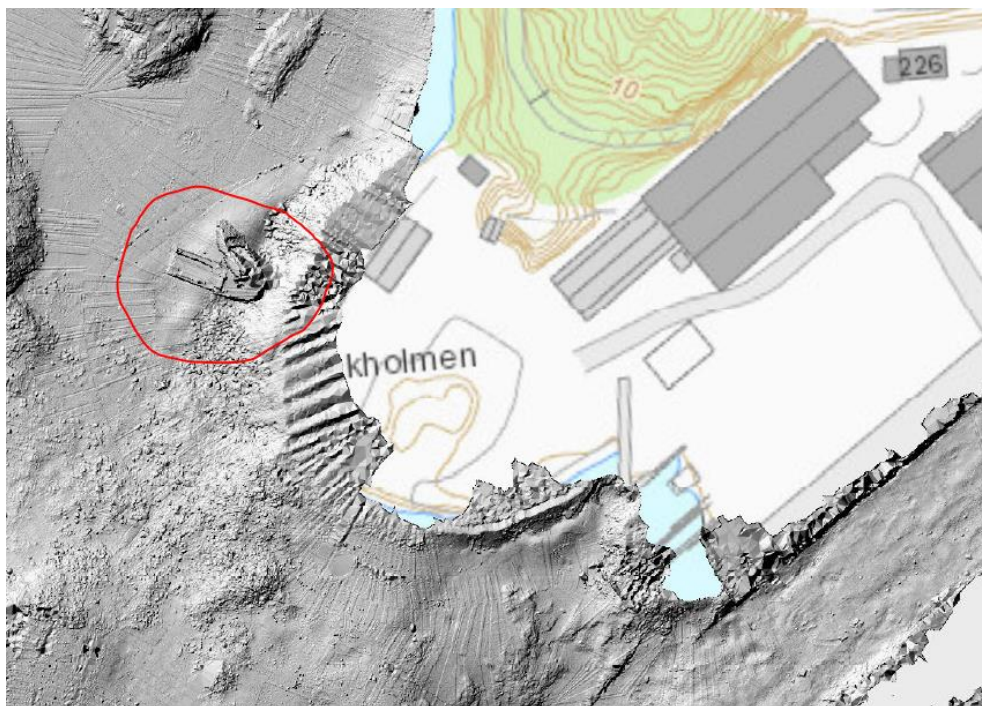
10.2 Kulturminner

Norsk Sjøfartsmuseum gjennomførte marinarkeologiske undersøkelser i sjø i forbindelse med planarbeidet som ble varslet igangsatt i 2001 (REF rapport 19.10.2001/planprogrammet). Det ble ikke registrert funn i sjøen. På Løkholmen er det registrert en bolt i fjell. Under utarbeidelse av planprogrammet ble arkeolog kulturminnevern hos Fylkesmannen i Aust-Agder kontaktet og det ble gitt tilbakemelding om at det i første omgang ikke stilles krav til nye undersøkelser i sjø (Stærk, 2016).

10.3 Skrot på sjøbunnen

For å få et heldekkende tildekkingslag er det viktig å fjerne fremmedelementer og søppel fra sjøbunnen. Gamle sjøbunnskabler (EE-avfall) kan inneholde olje eller andre miljøfarlige stoffer, mens større objekter vil hindre en effektiv tildekking. Omfanget av nødvendig skrottrydding må kartlegges i detaljprosjekteringsfasen. Dette kan for eksempel utføres med fjernstyrt undervannsbåt (ROV) eller dykkere.

Under bunns scanning av området i juli 2018 ble det oppdaget vrak, se plassering på Figur 43 og bilde fra bunns scanning i Figur 45. Oppfølgende dykkerinspeksjon i september avdekket at det er snakk om to ganske identiske vrak, to stållektere (Agder Dykk AS, 2018). Lengden på vrakene er ca. 24 meter, bredde 7-8 m og høyde ca. 5 m. Grunneste punkt på vrakene er ca. 0,5 m på laveste lavvann. Vrakene ligger i øst-vestlig retning ut fra land.



Figur 43: Plassering av vrak utenfor Løkholmen er markert med rød sirkel.

Vrakene vil bli fjernet av Aquasub AS som også har beskrevet en metode for fjerning av disse (Aquasub AS, 2018). Bergingen skal skje på en skånsom og sikker måte. Det vil iverksettes spesielle tiltak i forhold til at lasterommene kan inneholde forurensede sedimenter som må tas hånd om før heving.

Det planlegges å suge opp sedimentene i vraket på land inn i geotuber (se Figur 44) for avvanning. Bruk av geotuber er enkel og effektiv metode som sikrer massene i containere samtidig som rent vann slippes tilbake til sjø.

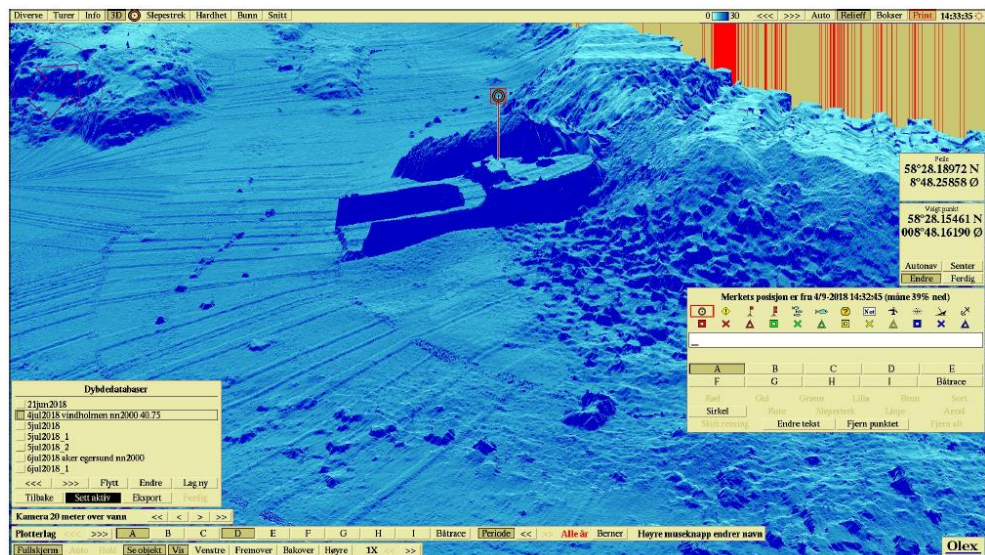
Rundt vraket blir det montert et boblegardin for å sikre at det ikke kan bli spredning av uønskede partikler under mudring og heving. Denne er egenutviklet og gir like god sikring som en siltgardin i dette området. Turbiditetsmålere kan også settes ut på utsiden av boblegardin for kontroll av

partikler hvis det skulle bli nødvendig. Måleren får en referanseverdi og vil gi alarm på SMS ved overskridelser.



Figur 44: Geotuber

Når vrakene er rengjort under vann, heises havaristene på land. Om det kan benyttes mobilkran eller den heves med en lektre må sjekkes ut noe nøyere med tanke på vekt. På land vil vrakene gjennomgås og rengjøres for resterende masser. Disse blir også pumpet inn i geotubene for avvanning og klargjort for videretransport. Sedimentene i geotubene blir analysert og deponert etter forurensingsklasse på godkjent deponi. Vrakene kan nå klippes opp og leveres til gjenvinning.



Figur 45: Vrak sett fra sør. Loddene på rørledningene viser på sjøbunnen akterut for vraket. Posisjon er gitt til høyre på bildet.

10.4 Eksplosiver

I løpet av detaljprosjekteringen må det eventuelt gjøres en vurdering av behovet for en kartlegging (ROV eller dykkere) av eventuelle ueksploderte objekter (UXO) fra krigens dager.

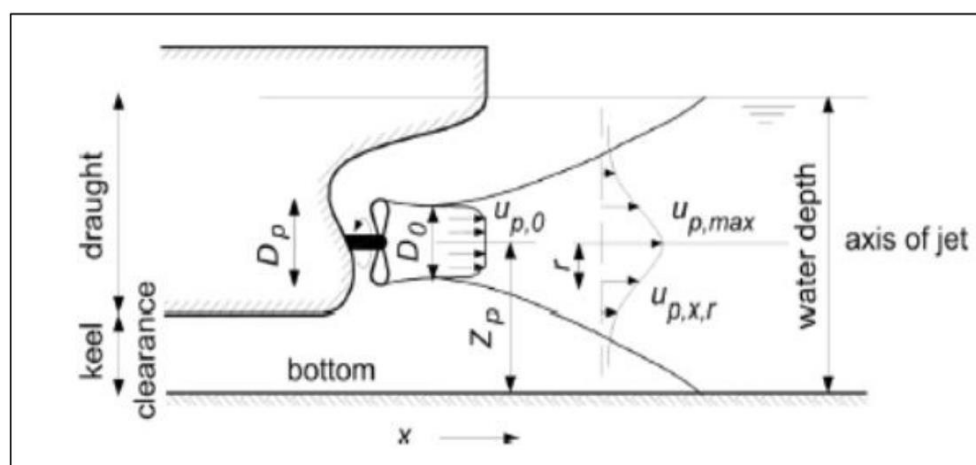
10.5 Geoteknisk stabilitet

Det må vurderes om det er nødvendig å utføre ytterligere geotekniske undersøkelser av sjøbunnens bæreevne og stabilitet. Rapporter fra utførte geotekniske undersøkelser er klare i løpet av høsten 2018.

10.6 Erosjonssikring

Vannstrømmer over tildekkingen kan ta med seg korn fra tildekkingsmassen og transportere disse vekk. Dersom det skjer i stort omfang kan dette føre til at tildekkingen eller deler av denne forsvinner. Erosjonssikring av tildekkingslaget må dimensjoneres slik at det tåler ytre påvirkning fra skipstrafikk og strømforhold. Propellstrøm fra skip/ferger kan gi betydelig strømhastighet og dermed erosjon, se Figur 46.

På Vindholmen skal det tilrettelegges for fergekai. Om fergeruter blir realisert og hvilke fergetyper som er aktuelle er ukjent, men her er det tatt utgangspunkt i fergetypen som trafikkerer Arendal i dag. Propellstrøm og erosjon fra en ferge á la Kollstrøm III som anløper planlagt fergekai på Vindholmen er utredet i Norconsult sin rapport (Norconsult, 2018). Basert på beregnede strømhastigheter fra propellstrøm kan man få en strøm på bunn med hastighet på 0,7 m/s. Dette overskrider grensehastigheten for å suspendere sedimenter fra bunnen. Når disse er suspendert vil de kunne transporteres videre av strømmen. Som beskrevet i 3.4 vil det være liten fare for spredning mot kanalen ved Løkholmen, men man har liten kontroll over spredningen for øvrig.

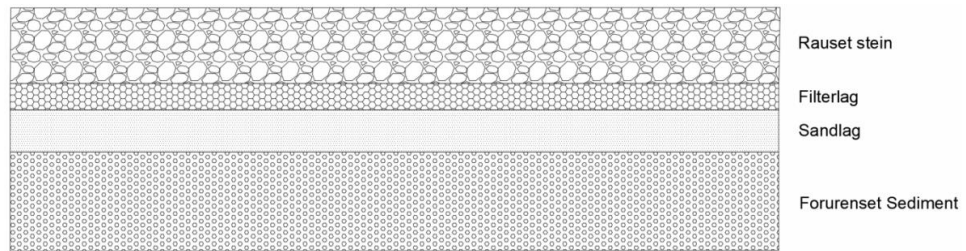


Figur 46: Propellstrøm profil, figur fra (Norconsult, 2018)

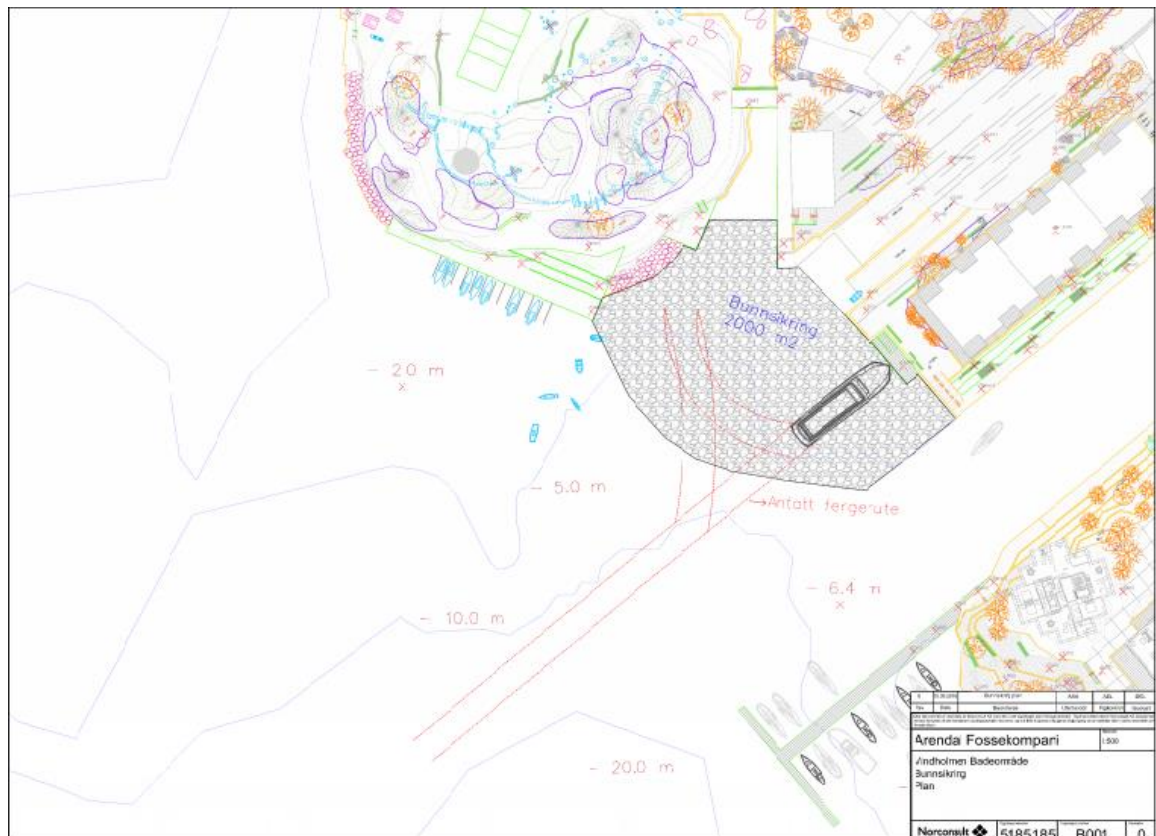
Tildekking av sedimentene med et sikringslag av stein og sand som vist i Figur 47 vil forhindre at strømmene kommer i kontakt med forurensede sedimenter

slik at disse ikke kan virvles opp og spres. Prøvetakingen av sediment rundt Løkholmen viser at det nær sørlige del av ny badekanal er løst sediment med en del treflis og bløtt materiale. Det er derfor viktig å etablere et filterlag med sand og overgangslager over de forurensede sedimentene innen erosjonssikringen etableres (Norconsult, 2018).

Beregninger basert på fergeanløp med ferge tilsvarende Kollbjørn III tilsier at et bunnareal på 2000 m² fra fergeleie mot Løkholmen må erosjonssikres, se kart i Figur 48.



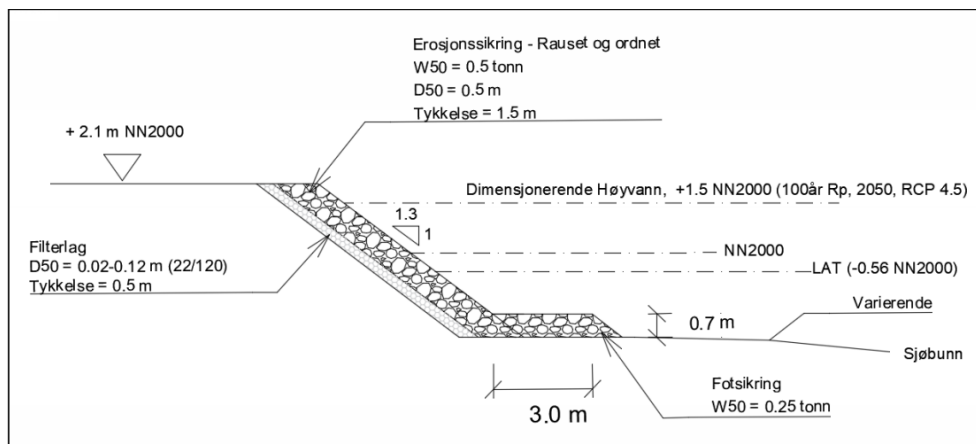
Figur 47: Typisk snitt for erosjonssikring på bunn, fra (Norconsult, 2018).



Figur 48: Anbefalt bunnareal som må erosjonssikres i forbindelse med fergekai på Vindholmen er 2000 m². Arealet er beregnet med utgangspunkt i bruk av samme fergetype som trafikkerer i Arendal nå, Kollbjørn III.

Det anbefales også erosjonssikring mot bølger på selve Løkholmen. Basert på anbefalt overskylling og kombinasjon av stormflo og bølger anbefales det en

høyde på erosjonssikringen på 2,1 m over NN2000 (havets middelvannstand). Dimensjoneringskriterier for erosjonssikring for å beskytte mot vindbølger er gitt i tabell 4 i Norconsults rapport og i Figur 49 under (Norconsult, 2018).



Figur 49: Typisk snitt for erosjonssikring med dimensjoneringskriterier for Vindholmen-området lagt inn. Fra (Norconsult, 2018)

10.7 Informasjon og medvirkning

Det bør lages en kommunikasjonsplan med oversikt over private og offentlige interessenter samt tidspunkt/faser for medvirkning. Utbyggingsprosjektet har allerede en nettside hvor det informeres om prosjektet og hvor ofte stilte spørsmål med svar ligger ute: <http://www.bryggebyenvindholmen.no/ofte-stilte-sporsmal>.

11 Budsjett og fremdriftsplan

11.1 Prioritert rekkefølge av tiltak

For at et tildekkningstiltak skal ha ønsket effekt bør mulige forurensningskilder på land fjernes/ reduseres før tiltak på sjøbunnen igangsettes. Graving og mudring vil kunne virvle opp og spre forurenset sediment og bør utføres i forkant av tildekking for å unngå at rene områder berøres. Fylkesmannen ønsker at tiltak skal være gjennomført innen 2021. Prioritert rekkefølge av tiltak vil derfor være som følger:

Tabell 5: Fremdriftsplan tiltak ved Vindholmen. Miljøtiltak i sjø skal være ferdig innen 2021.

Prioritet	Tiltak	Når	Kommentar
1	Tiltak forurenset grunn	Høsten 2018 –	Opprydding på Løkholmen pågår per september 2018. Bygninger og skrot fjernes først. Tiltaksplan forurenset grunn er godkjent av kommunen.
2	Vrakfjerning	Høsten 2018	Se beskrivelse i kap. 10.3
3	Utgraving av kanal + ev utdyping ved fergekai	Vår 2019	Kanalen må graves ut før tildekking
4	Detalj-prosjektering	Vår 2019	
5	Tildekking av forurensete sedimenter	Vinter 2019/2020	Både delområde 1 og 2 tildekkes med 30 cm sandmasser. Tiltak på vinterstid vil være en fordel mht. naturmangfold og båtliv.
6	Erosjonssikring ferge	Ev. senere	2000 m ² må erosjonssikres dersom det blir fergeanløp. Dette kan ev utsettes til ferge er bestemt.

11.2 Kostnader

Kostnadene for tildekking er basert på andre erfaringer fra planlegging av tiltak mot forurenset sjøbunn og prising av tjenester fra entreprenører. Det presiseres at estimatet er grovt. En detaljprosjektering vil kunne gi et mer riktig prisoverslag for gjennomføring av tiltak i sjø.

Erfaringer fra tildekkingsprosjekter tilsier at det vil bli noe svinn, det er derfor lagt til 20 % på masseberegningene i Tabell 6. Kostnadsestimatet er basert på et tiltaksareal på ca. 16 700 m². Det er sannsynlig at arealet reduseres noe som følge av skråninger hensyn til ålegrasforekomst i delområde 2. Øvrige kostnader er estimert i Tabell 7.

Tabell 6: Estimerte kostnader for selve tildekkingen basert på gjennomsnittspriser eks. mva. * Det er tatt høyde for 20 % svinn av masser. Ytterligere erosjonssikring (steinmasser) i ved fergekai er ikke inkludert i estimatet.

Område	Areal m ²	Tykkelse tildekking (m)	Fraksjon sandmasser	Mengde m ³ *	Pris per m ³ ferdig utlagt	Pris ferdig utlagte masser	
Delområde 1 totalt 7000 m ²	Delområde 1	5000	0,3	0/32	1800	315	kr 567 000
	Delområde 1 - ferge	2000	0,2	0/32	480	315	kr 151 200
	Delområde 1 - ferge	2000	0,1	0/64	240	340	kr 81 600
Delområde 2	Delområde 2	9700	0,3	0/32	3492	315	kr 1 099 980
Sum tildekking							kr 1 899 780
Rigg og drift							kr 1 000 000
Sum inkl. uforutsette kostnader + 20 %							kr 3 099 780

Tabell 7. Estimerte kostnader forberedende arbeider, kontroll og overvåking. Alle kostnader eks. mva.

	Antall	Enhetspris	Pris	Kommentar
Forberedende arbeider				
Fjerning av vrak	1	kr 350 000	kr 350 000	
Turbiditetsmålinger	1	kr 50 000	kr 50 000	Referansemålinger
Rydding av skrot	1	kr 100 000	kr 100 000	Estimat
Kontroll og overvåking				
Miljøovervåking under tiltak	1	kr 500 000	kr 500 000	
Miljøovervåking etter tiltak	2	kr 50 000	kr 100 000	
Bunnkartlegging etter tiltak	1	kr 100 000	kr 100 000	Det er gjort bunnkartlegging i forkant
Sum			kr 1 200 000	
Uforutsette utgifter 20 %			kr 1 440 000	

- > Samlet estimat for tildekkingen med tilhørende arbeider: 4 540 780,-.
- > Kostnader til detaljprosjektering og prosjektledelse/ byggeledelse er ikke inkludert. Dette beregnes til ca. 10 % av sluttsummen, dvs. ca. 500 000,-.

Dersom det blir egnede overskuddsmasser fra utbyggingen av Vindholmen kan disse vurderes å knuses ned og brukes som tildekkingsmasser. Dette kan redusere kostnader og massetransport. Massene må tilfredsstillende krav i veileder M-411 (Miljødirektoratet, 2015).

12 Konklusjon

Vindholmen-området i Arendal skal bygges ut med boliger, det skal etableres friområde med badebrygger og -strand samt tilrettelegges for mulig fremtidig fergeanløp. Sedimentene ved det nedlagte skipsverftet er til dels sterkt forurenset av tungmetaller, PAH, PCB og TBT. Risikovurderinger viser at sedimentene utgjør en risiko for økologi, human helse, og spredning av forurensning. Det er inntak av fisk og skalldyr som utgjør den klart største risikoen for human helse. Med hensyn til bading er det oralt inntak av sediment som har størst betydning, mens hudkontakt med vann og sediment samt inntak av overflatevann og partikler er mindre viktige eksponeringsmekanismer.

Det er behov for tiltak og tildekking med rene sandmasser er vurdert som det beste og rimeligste alternativet. Arealet som skal tildekkes utgjør 16 700 m², fordelt på to delområder hhv. sør og nord for Løkholmen.

Estimerte kostnader for tiltaket er 4 540 780,-. Kostnader til detaljprosjektering og prosjektledelse er ikke inkludert. Dette beregnes til ca. 500 000,-.

13 Referanser

- Agder Dykk AS. (2018, 9 4). Kartlegging av vrak ved Vindholmen.
- Aquasub AS. (2018, 09 13). Berging av havarister på Vidholmen.
- Arendal kommune. (2018, 06). Hentet fra https://karttjenester.ikt-agder.no/mobilgis/?Viewer=arendal_ekstern&locale=nb.
- Arendal kommune. (2018, 02 15). Vindholmen. Plan ID 090602016-5.
- COWI. (2012). Beregning av forurensning fra overvann. KLIF.
- COWI. (2015). Risiko- og tiltaksvurdering av forurenset sjøbunn i Pollen.
- COWI AS. (2012). Vindholmen - sedimentundersøkelse og risikovurdering.
- COWI AS. (2017, 05). Tiltaksplan i forbindelse med omregulering. Behov for ny tiltaksplan når området omreguleres fra industriområde til boligområde.
- COWI AS. (2017). Vindholmen - sedimentundersøkelse og risikovurdering Løkholmen.
- Direktoratet for naturforvaltning. (2011). Faggrunnlag for ålegraseng (*Zostera marina*).
- Doffin. (2018). <https://doffin.no/Notice/Details/2018-342987>.
- Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder. (2018, 06 01). Pålegg om å utarbeide tiltaksplan forurensede sedimenter utenfor Vindholmen.
- Havforskningsinstituttet. (2013). *Fisken og havet. 1/2013. Kartlegging av gytefelt. Gytefelt for kysttorsk.*
- Mattilsynet. (2018, 08 03). <http://www.miljostatus.no/tema/hav-og-kyst/miljogifter-langs-kysten/advarsler-mot-fisk-og-sjomat-fra-forurensede-omrader/>.
- Miljødirektoratet. (2014). Tynntildekking av forurensede sedimenter. Overvåking av fire testfelt i Grenlandsfjordene. Rapport 219.
- Miljødirektoratet . (2016). PAH i forurenset sediment. Rapport M436.
- Miljødirektoratet. (2014). Veilederen for skipsverft som omfattes av krav i forurensningsforskriften kapittel 29.
- Miljødirektoratet. (2015). Håndtering av sedimenter. Veileder M-350.
- Miljødirektoratet. (2015). M-409|2015: Risikovurdering av forurenset sediment.
- Miljødirektoratet. (2015). Testprogram for tildekkingsmasser. Forurenset sjøbunn. Veileder M-411.
- Miljødirektoratet. (2015). Tiltakplaner for opprydding i forurenset sjøbunn. Faktaark M-325.
- Miljødirektoratet. (2015). Veileder for håndtering av sediment - revidert 25. mai 2018. M-350.
- Miljødirektoratet. (2016). Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. Veileder M-608.
- Miljødirektoratet. (2016). Oppsummering av erfaring med tildekking av forurenset sjøbunn. M-502.
- Miljødirektoratet. (2017). Miljøvennlige småbåthavner. Fagrapport M-1048.
- Miljøstatus.no. (2017, 01 02). *Miljøstatus.no*.
- Multiconsult. (2017). Miljøtiltak i forurensede sedimenter, Arendal. Tiltaksplan forurenset sjøbunn Pollen.
- Naturbase. (2018, 08). <https://kart.naturbase.no/>.
- NGU. (2018, 09). Hentet fra <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>.
- NIVA. (2001). Miljøgiftundersøkelse ved Vindholmen, Arendal. Notat O-21814 a.

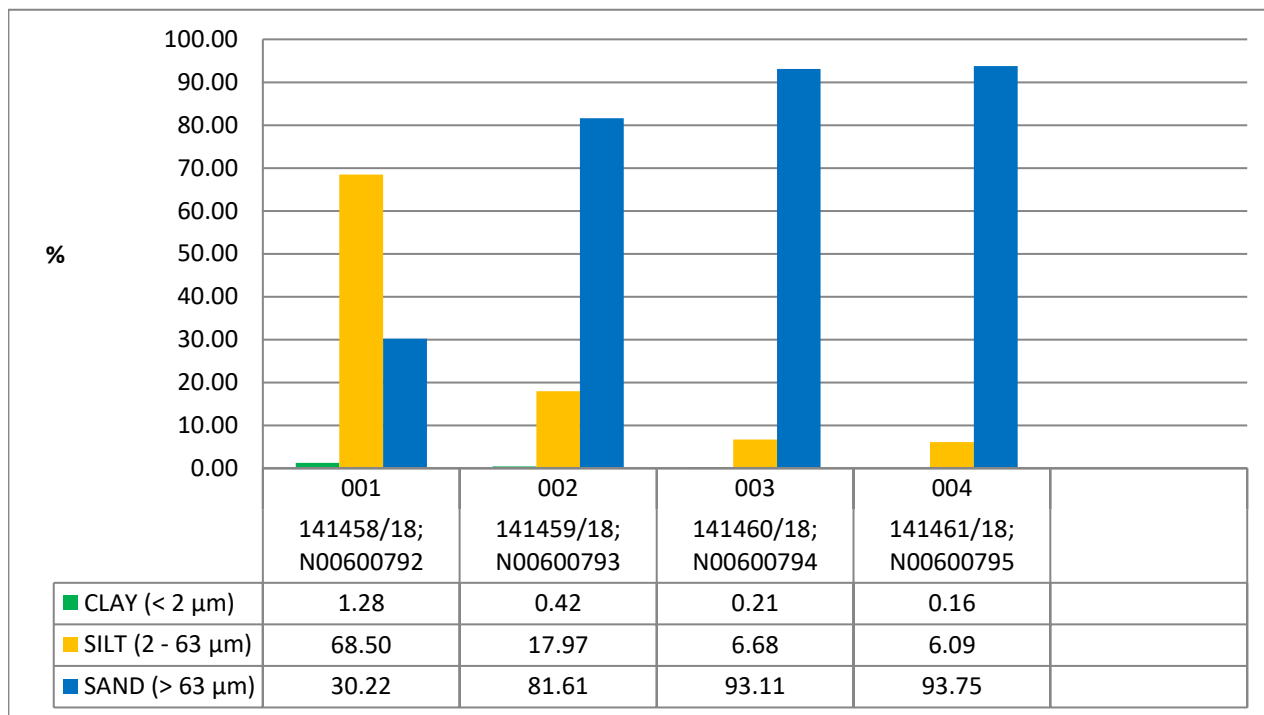
- NIVA. (2002). Miljøgiftundersøkelse ved Vindholmen, Arendal. Notat O-21814 a.
- NIVA. (2005). Sedimentundersøkelse i forbindelse med tiltaksplan for forurensete sedimenter i Arendal: fase 2. Rapport LNR 5118-2005.
- Norconsult. (2018). *Hydrauliske forhold ved Vindholmen. Badeområde og fergekai ved Løkholmen.* .
- Riksantikvaren. (2018, 09). Hentet fra <https://www.kulturminnesok.no/minne/?queryString=https%3A%2F%2Fdata.kulturminne.no%2Faskeladden%2Flokalitet%2F140606>.
- Rinde, E. C. (2012, 8 27). Småbåthavner - marinbiologiske aspekter. Innlegg på fagtreff i Norsk vannforening. Vann 04 2012.
- SFT. (2004). Kartlegging av skipsverft. Steder hvor det kan ha oppstått forurensningsproblemer knyttet til bygging, vedlikehold og reparasjon av skip og offshoreinstallasjoner.
- SFT. (2004). Kartlegging av skipsverft. TA-2044.
- Stærk. (2016, 06 17). Planprogram for områdeplan for Vindholmen Arendal kommune.
- Vann-nett. (2018, 08 07). <https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/0120030203-2-C>.
- Vannregion Agder. (2016). Regionalt tiltaksprogram for vannregion Agder 2016-2021.

Bilag A Analyserapporter 2018



Attachment no. 1 to the certificate of analysis for work order PR1886705

Results of soil texture analysis



Test method specification: CZ_SOP_D06_07_120 Grain size analysis using the wet sieve analysis using laser diffraction (fraction from 2 μm to 63 mm) Fraction > 0.063 mm determined by wet sieving method, other fractions determined from the fraction "< 0.063mm" by laser particle size analyzer using liquid dispersion mode. Fractions "Sand >63 μm", "Silt 2-63 μm" and "Clay <2 μm" evaluated from measured

The end of result part of the attachment the certificate of analysis



Mottatt dato **2018-08-27**
 Utstedt **2018-09-10**

COWI AS
Arild Vatland
3660.04
Tordenskjoldsgate 9
N-4612 Kristiansand
Norway

Prosjekt **Vindholmen**
 Bestnr **A087751**

Analyse av sediment

Deres prøvenavn	Vindholmen, S1, 22/8-18					
	Sediment					
Labnummer	N00600792					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Sedimentpakke-basis DK *	-----		-	1	1	SUHA
Tørrstoff (DK) ^{a ulev}	20.9	2.09	%	2	2	SAHM
Vanninnhold ^{a ulev}	79.1		%	2	2	SAHM
Kornstørrelse >63 µm ^{a ulev}	30.2		%	2	2	SAHM
Kornstørrelse <2 µm ^{a ulev}	1.3		%	2	2	SAHM
Kornfordeling ^{a ulev}	-----		se vedl.	2	2	SAHM
TOC ^{a ulev}	9.5	1.425	% TS	2	2	SAHM
Naftalen ^{a ulev}	49		µg/kg TS	2	2	SAHM
Acenaftilen ^{a ulev}	88		µg/kg TS	2	2	SAHM
Acenaften ^{a ulev}	34		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fluoren ^{a ulev}	67		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fenantren ^{a ulev}	570		µg/kg TS	2	2	SAHM
Antracen ^{a ulev}	190		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fluoranten ^{a ulev}	1500		µg/kg TS	2	2	SAHM
Pyren ^{a ulev}	1300		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(a)antracen[^] ^{a ulev}	750		µg/kg TS	2	2	SAHM
Krysen[^] ^{a ulev}	780		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(b+j)fluoranten[^] ^{a ulev}	720		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(k)fluoranten[^] ^{a ulev}	580		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(a)pyren[^] ^{a ulev}	820		µg/kg TS	2	2	SAHM
Dibenso(ah)antracen[^] ^{a ulev}	240		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(ghi)perylene[^] ^{a ulev}	730		µg/kg TS	2	2	SAHM
Indeno(123cd)pyren[^] ^{a ulev}	650		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PAH-16 ^{a ulev}	9100		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PAH carcinogene[^] ^{a ulev}	5300		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 28 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 52 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 101 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 118 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 138 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 153 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 180 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM



Deres prøvenavn	Vindholmen, S1, 22/8-18 Sediment					
Labnummer	N00600792					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Sum PCB-7 ^{a ulev}	<4		µg/kg TS	2	2	SAHM
As (Arsen) ^{a ulev}	20	6	mg/kg TS	2	2	SAHM
Pb (Bly) ^{a ulev}	120	24	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cu (Kopper) ^{a ulev}	110	15.4	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cr (Krom) ^{a ulev}	46	9.2	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cd (Kadmium) ^{a ulev}	1.4	0.28	mg/kg TS	2	2	SAHM
Hg (Kvikksølv) ^{a ulev}	0.84	0.1176	mg/kg TS	2	2	SAHM
Ni (Nikkel) ^{a ulev}	23	4.6	mg/kg TS	2	2	SAHM
Zn (Sink) ^{a ulev}	570	114	mg/kg TS	2	2	SAHM
Tørrstoff (L) ^{a ulev}	19.6	2.0	%	3	V	ERAN
Monobutyltinnkation ^{a ulev}	30.5	12.0	µg/kg TS	3	T	ERAN
Dibutyltinnkation ^{a ulev}	80.7	32.2	µg/kg TS	3	T	ERAN
Tributyltinnkation ^{a ulev}	33.5	10.7	µg/kg TS	3	T	ERAN



Deres prøvenavn	Vindholmen, S3, 22/8-18					
	Sediment					
Labnummer	N00600793					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Sedimentpakke-basis DK *	-----		-	1	1	SUHA
Tørrstoff (DK) ^{a ulev}	47.8	4.78	%	2	2	SAHM
Vanninnhold ^{a ulev}	52.2		%	2	2	SAHM
Kornstørrelse >63 µm ^{a ulev}	81.6		%	2	2	SAHM
Kornstørrelse <2 µm ^{a ulev}	0.4		%	2	2	SAHM
Kornfordeling ^{a ulev}	-----		se vedl.	2	2	SAHM
TOC ^{a ulev}	1.9	0.285	% TS	2	2	SAHM
Naftalen ^{a ulev}	14		µg/kg TS	2	2	SAHM
Acenaftilen ^{a ulev}	20		µg/kg TS	2	2	SAHM
Acenaften ^{a ulev}	20		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fluoren ^{a ulev}	24		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fenantren ^{a ulev}	170		µg/kg TS	2	2	SAHM
Antracen ^{a ulev}	45		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fluoranten ^{a ulev}	310		µg/kg TS	2	2	SAHM
Pyren ^{a ulev}	250		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(a)antracen ^A ^{a ulev}	160		µg/kg TS	2	2	SAHM
Krysen ^A ^{a ulev}	160		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(b+j)fluoranten ^A ^{a ulev}	120		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(k)fluoranten ^A ^{a ulev}	100		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(a)pyren ^A ^{a ulev}	150		µg/kg TS	2	2	SAHM
Dibenso(ah)antracen ^A ^{a ulev}	50		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(ghi)perylene ^{a ulev}	140		µg/kg TS	2	2	SAHM
Indeno(123cd)pyren ^A ^{a ulev}	120		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PAH-16 ^{a ulev}	1900		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PAH carcinogene ^A ^{a ulev}	1000		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 28 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 52 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 101 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 118 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 138 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 153 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 180 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PCB-7 ^{a ulev}	<4		µg/kg TS	2	2	SAHM
As (Arsen) ^{a ulev}	8.8	2.64	mg/kg TS	2	2	SAHM
Pb (Bly) ^{a ulev}	37	7.4	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cu (Kopper) ^{a ulev}	89	12.46	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cr (Krom) ^{a ulev}	15	3	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cd (Kadmium) ^{a ulev}	0.37	0.1	mg/kg TS	2	2	SAHM
Hg (Kvikksølv) ^{a ulev}	0.11	0.02	mg/kg TS	2	2	SAHM
Ni (Nikkel) ^{a ulev}	16	3.2	mg/kg TS	2	2	SAHM
Zn (Sink) ^{a ulev}	170	34	mg/kg TS	2	2	SAHM



Deres prøvenavn	Vindholmen, S3, 22/8-18					
	Sediment					
Labnummer	N00600793					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L) ^{a ulev}	44.6	2.0	%	3	V	ERAN
Monobutyltinnkation ^{a ulev}	12.3	4.9	$\mu\text{g}/\text{kg TS}$	3	T	ERAN
Dibutyltinnkation ^{a ulev}	23.0	9.1	$\mu\text{g}/\text{kg TS}$	3	T	ERAN
Tributyltinnkation ^{a ulev}	28.5	9.1	$\mu\text{g}/\text{kg TS}$	3	T	ERAN



Deres prøvenavn	Vindholmen, S4, 22/8-18 Sediment					
Labnummer	N00600794					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Sedimentpakke-basis DK *	-----		-	1	1	SUHA
Tørrstoff (DK) ^{a ulev}	61.1	6.11	%	2	2	SAHM
Vanninnhold ^{a ulev}	38.9		%	2	2	SAHM
Kornstørrelse >63 µm ^{a ulev}	93.1		%	2	2	SAHM
Kornstørrelse <2 µm ^{a ulev}	0.2		%	2	2	SAHM
Kornfordeling ^{a ulev}	-----		se vedl.	2	2	SAHM
TOC ^{a ulev}	1.5	0.225	% TS	2	2	SAHM
Naftalen ^{a ulev}	18		µg/kg TS	2	2	SAHM
Acenaftilen ^{a ulev}	50		µg/kg TS	2	2	SAHM
Acenaften ^{a ulev}	21		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fluoren ^{a ulev}	34		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fenantren ^{a ulev}	260		µg/kg TS	2	2	SAHM
Antracen ^{a ulev}	77		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fluoranten ^{a ulev}	400		µg/kg TS	2	2	SAHM
Pyren ^{a ulev}	330		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(a)antracen ^A ^{a ulev}	230		µg/kg TS	2	2	SAHM
Krysen ^A ^{a ulev}	250		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(b+j)fluoranten ^A ^{a ulev}	150		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(k)fluoranten ^A ^{a ulev}	130		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(a)pyren ^A ^{a ulev}	180		µg/kg TS	2	2	SAHM
Dibenso(ah)antracen ^A ^{a ulev}	57		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(ghi)perylene ^{a ulev}	160		µg/kg TS	2	2	SAHM
Indeno(123cd)pyren ^A ^{a ulev}	140		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PAH-16 ^{a ulev}	2500		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PAH carcinogene ^A ^{a ulev}	1300		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 28 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 52 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 101 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 118 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 138 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 153 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 180 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PCB-7 ^{a ulev}	<4		µg/kg TS	2	2	SAHM
As (Arsen) ^{a ulev}	6.9	2.07	mg/kg TS	2	2	SAHM
Pb (Bly) ^{a ulev}	26	5.2	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cu (Kopper) ^{a ulev}	31	4.34	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cr (Krom) ^{a ulev}	14	2.8	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cd (Kadmium) ^{a ulev}	0.27	0.1	mg/kg TS	2	2	SAHM
Hg (Kvikksølv) ^{a ulev}	0.18	0.0252	mg/kg TS	2	2	SAHM
Ni (Nikkel) ^{a ulev}	12	2.4	mg/kg TS	2	2	SAHM
Zn (Sink) ^{a ulev}	81	16.2	mg/kg TS	2	2	SAHM



Deres prøvenavn	Vindholmen, S4, 22/8-18					
	Sediment					
Labnummer	N00600794					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L) ^{a ulev}	60.9	2.0	%	3	V	ERAN
Monobutyltinnkation ^{a ulev}	27.2	10.7	$\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	3	T	ERAN
Dibutyltinnkation ^{a ulev}	55.6	21.9	$\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	3	T	ERAN
Tributyltinnkation ^{a ulev}	43.2	13.7	$\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	3	T	ERAN



Deres prøvenavn	Vindholmen, S5, 22/8-18					
	Sediment					
Labnummer	N00600795					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Sedimentpakke-basis DK *	-----		-	1	1	SUHA
Tørrstoff (DK) ^{a ulev}	53.4	5.34	%	2	2	SAHM
Vanninnhold ^{a ulev}	46.6		%	2	2	SAHM
Kornstørrelse >63 µm ^{a ulev}	93.8		%	2	2	SAHM
Kornstørrelse <2 µm ^{a ulev}	0.2		%	2	2	SAHM
Kornfordeling ^{a ulev}	-----		se vedl.	2	2	SAHM
TOC ^{a ulev}	4.2	0.63	% TS	2	2	SAHM
Naftalen ^{a ulev}	13		µg/kg TS	2	2	SAHM
Acenaftilen ^{a ulev}	50		µg/kg TS	2	2	SAHM
Acenaften ^{a ulev}	20		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fluoren ^{a ulev}	27		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fenantren ^{a ulev}	130		µg/kg TS	2	2	SAHM
Antracen ^{a ulev}	59		µg/kg TS	2	2	SAHM
Fluoranten ^{a ulev}	370		µg/kg TS	2	2	SAHM
Pyren ^{a ulev}	350		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(a)antracen ^A ^{a ulev}	250		µg/kg TS	2	2	SAHM
Krysen ^A ^{a ulev}	280		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(b+j)fluoranten ^A ^{a ulev}	210		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(k)fluoranten ^A ^{a ulev}	170		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(a)pyren ^A ^{a ulev}	240		µg/kg TS	2	2	SAHM
Dibenso(ah)antracen ^A ^{a ulev}	82		µg/kg TS	2	2	SAHM
Benso(ghi)perylene ^{a ulev}	210		µg/kg TS	2	2	SAHM
Indeno(123cd)pyren ^A ^{a ulev}	190		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PAH-16 ^{a ulev}	2700		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PAH carcinogene ^A ^{a ulev}	1600		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 28 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 52 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 101 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 118 ^{a ulev}	<0.50		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 138 ^{a ulev}	2.6		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 153 ^{a ulev}	2.0		µg/kg TS	2	2	SAHM
PCB 180 ^{a ulev}	1.7		µg/kg TS	2	2	SAHM
Sum PCB-7 ^{a ulev}	6.3		µg/kg TS	2	2	SAHM
As (Arsen) ^{a ulev}	12	3.6	mg/kg TS	2	2	SAHM
Pb (Bly) ^{a ulev}	120	24	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cu (Kopper) ^{a ulev}	220	30.8	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cr (Krom) ^{a ulev}	31	6.2	mg/kg TS	2	2	SAHM
Cd (Kadmium) ^{a ulev}	<0.02		mg/kg TS	2	2	SAHM
Hg (Kvikksølv) ^{a ulev}	0.14	0.02	mg/kg TS	2	2	SAHM
Ni (Nikkel) ^{a ulev}	38	7.6	mg/kg TS	2	2	SAHM
Zn (Sink) ^{a ulev}	550	110	mg/kg TS	2	2	SAHM



Deres prøvenavn	Vindholmen, S5, 22/8-18					
	Sediment					
Labnummer	N00600795					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (\pm)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Tørrstoff (L) ^{a ulev}	47.2	2.0	%	3	V	ERAN
Monobutyltinnkation ^{a ulev}	101	40	$\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	3	T	ERAN
Dibutyltinnkation ^{a ulev}	408	160	$\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	3	T	ERAN
Tributyltinnkation ^{a ulev}	1020	326	$\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	3	T	ERAN



"a" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS.

"a ulev" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert av underleverandør.

***" etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.

n.d. betyr ikke påvist.

n/a betyr ikke analyserbart.

< betyr mindre enn.

> betyr større enn.

Metodespesifikasjon	
1	Pakkenavn «Sedimentpakke basis» Øvrig metodeinformasjon til de ulike analysene sees under
2	«Sediment basispakke» Risikovurdering av sediment Bestemmelse av vanninnhold og tørrstoff Metode: DS 204:1980 Rapporteringsgrense: 0,1 % Bestemmelse av Kornfordeling (<63 µm, >63 µm og <2 µm) Metode: ISO 11277:2009 Måleprinsipp: Laserdiffraksjon Rapporteringsgrense: 0,1 % Bestemmelse av TOC Metode: EN 13137:2001 Måleprinsipp: IR Rapporteringsgrense: 0.1 % TS Måleusikkerhet: Relativ usikkerhet 15 % Bestemmelse av polysykliske aromatiske hydrokarboner, PAH-16 Metode: REFLAB 4:2008 Rapporteringsgrenser: 10 µg/kg TS for hver individuelle forbindelse Bestemmelse av polyklorerte bifenyler, PCB-7 Metode: GC/MS/SIM Rapporteringsgrenser: 0.5 µg/kg TS for hver individuelle kongener 4 µg/kg TS for sum PCB7. Bestemmelse av metaller Metode: DS259 Måleprinsipp: ICP Rapporteringsgrenser: As(0.5), Cd(0.02), Cr(0.2), Cu(0.4), Pb(1.0), Hg(0.01), Ni(0.1), Zn(0.4) alle enheter i mg/kg TS



Metodespesifikasjon	
3	<p>«Sediment basispakke» Risikovurdering av sediment</p> <p>Bestemmelse av tinnorganiske forbindelser</p> <p>Metode: ISO 23161:2011 Deteksjon og kvantifisering: GC-ICP-SFMS Rapporteringsgrenser: 1 µg/kg TS</p>

	Godkjenner
ERAN	Erlend Andresen
SAHM	Sabra Hashimi
SUHA	Suleman Hajizada

	Utf ¹
T	GC-ICP-QMS Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
V	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group Norway AS, Postboks 643 Skøyen, 0214 Oslo, Norge Leveringsadresse: Drammensveien 264, 0283 Oslo, Norge
2	Ansvarlig laboratorium: ALS Denmark A/S, Bakkegårdsvej 406A, 3050 Humlebæk, Danmark

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data □ Guide to the expression of uncertainty in measurement □ JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside www.alsglobal.no

Kopi sendt til:

¹ Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).



Anke Degelmann, COWI AS, N-4612 Kristiansand, Norway.

+

rakl@cowi.no

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.

Bilag B Beskrivelse av sedimenter 2018

Tabell 1: Oversikt over stasjoner, dyp, antall grabbhugg som ble tatt for å få nok materiale samt koordinater for nye, supplerende prøver tatt 2018. * På planlagt stasjon S2 utenfor Løkholmen var det hardbunn/fjell slik at denne utgikk.

Prøve	Dyp (m)	Antall hugg	Beskrivelse	Koordinater	
				WGS 84 DD MM.MMM	
				Latitude	Longitude
S1	6	17	Problemer med uåpnet/tom grabb pga. stein og/eller hard bunn. 2 grabbhugg med homogent, gråsvart siltig mudder, 5-6 cm tykt. H ₂ S lukt. Grabben satte seg fast i "noe" på bunnen (tau/kabel??) og prøvetakingen ble avsluttet. Blandprøven består av sediment fra 2 grabbhugg.	58°28.199	8°48.171
S2*	4-5	5	Ingen prøve, hardbunn/fjell	58°28.114	8°48.164
S3	9	9	Sand og silt med småstein, noe mudder. Skjellrester. Små mengder sediment i grabbene, én med 5-6 cm.	58°28.076	8°48.148
S4	12,5	9	Brunt topplag, grått/gråbrunt sandig sediment under. Noe silt og småstein. Gammel slipeskive. Delvis H ₂ S lukt.	58°28.088	8°48.234
S5	6	12	Mye stein medførte tomme grabber, se Figur 27. Brungrått topplag 1-2 mm. Svart mudder under topplaget i det ene grabbhugget, sand og småstein i de andre. Noe skjellrester, tomt rør fra rørbyggende mark, rusten metallbit. Svak H ₂ S lukt.	58°28.118	8°48.338