



RAPPORT

# Renere havn

SLUTTRAPPORT TILTAK I TRONDHEIM HAVN

DOK.NR. 20130339-26-R

REV.NR. 5 / 2017-07-10

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

## Prosjekt

Prosjekttittel: Renere havn  
Dokumenttittel: Sluttrapport  
Dokumentnr.: 20130339-26-R  
Dato: 2016-11-01  
Rev.nr. / Rev.dato: 5 / 2017-07-10

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Trondheim kommune  
Kontaktperson: Silje Salomonsen  
Kontraktreferanse: Kontrakt datert 2013-09-20

## for NGI

Prosjektleder: Mari Moseid  
Utarbeidet av: Marianne Kvennås, Mari Moseid  
Kontrollert av: Arne Pettersen

## Sammendrag

I prosjektet Renere havn har Trondheim kommune sammen med Trondheim Havn IKS fått utarbeidet løsninger for å redusere spredning fra forurensede sedimenter i 4 delområder, Kanalen, Brattørbassenget, Nyhavna og Ilsvika. I alle delområdene har tiltakene bestått i å dekke til sjøbunn med rene masser for å hindre spredning av forurensning. I Ilsvika består tildekkingen, på grunn av dårlige grunnforhold og bratt sjøbunn, av et tynt lag (10 cm) med rene masser på sjøbunnen. I områdene Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna er i tillegg en del av dagens sjøbunn mudret før tildekking for å gi et tilstrekkelig seilingsdyp etter tildekking. Mudret sjøbunn fra alle tre delområdene er lagt i deponi i Nyhavna. Deponiløsningen i Nyhavna består av både strandkantdeponi og sjøbunnsdeponi. Renere havn har fått tillatelse til utførelse av arbeidene fra Miljødirektoratet i tillatelse nr. 2014.448.T og 2015.0383.T.

## Utført arbeid

Før tildekking av forurenset sjøbunn er det mudret i de tre delområdene Nyhavna, Brattørbassenget og Kanalen. Mudringen er gjennomført med en mudringsleker, og arbeidene er gjort i følgende rekkefølge i delområdene; Nyhavna, Brattørbassenget og Kanalen.

- ↗ Nyhavna: Mudret i perioden 15.april - 7. august 2015.
- ↗ Brattørbassenget: Mudret i perioden 13. – 24. juni 2015.
- ↗ Kanalen: Mudret i perioden 16. september 2015 - 21. februar 2016.

Område	Totalt mudret volum m <sup>3</sup>
Nyhavna	49.696
Brattørbassenget	12.944
Kanalen	12.372
Totalt	75.012

Mudrede masser er deponert i strandkantdeponiet ved Kullkrankaia og sjøbunnsdeponiet ved Dora I. Strandkantdeponiet, ferdig innfylt med ca. 25.000 m<sup>3</sup> mudrede masser, ble lukket i august og overtatt av Renere havn primo september 2015. I sjøbunnsdeponiet er det deponert 49.873 m<sup>3</sup> mudrede masser.

Tildekking av sjøbunnen er utført i alle delområder. Totalt tildekket sjøbunn er:

Område	Prosjektet tildekkingslag (flateareal m <sup>2</sup> )
Nyhavna	116.500
Kanalen	98.250
Brattørbassenget	80.850
Ilsvika	94.720
Totalt tildekket sjøbunn	390.320

## Overvåking og kontroll av tiltak

For å ivareta krav i tillatelser fra Miljødirektoratet utføres arbeidene etter en egen kontroll- og overvåkingsplan. I kontrollplanen er det krav til overvåking av anleggsarbeidene. Resultater fra overvåkingen er rapportert fortløpende i prosjektet i egne månedsrapporter og årsrapport for 2015. Arbeidene er overvåket og dokumentert ved turbiditetsmålinger, vannprøvetaking, sedimentfeller, passive prøvetakere, samt sedimentprøver av mudremasser i lektere.

Overvåkingsresultatene, basert på vannprøver, sedimentfeller og turbiditetsmålinger, viser at det under mudring er en økt mengde forurensete partikler i vann som følge av oppvirvling fra sjøbunnen. Dette er som forventet for et prosjekt som omfatter mudring. Ved tildekking med rene masser er det observert en økt spredning av rene partikler i vann. Ved sedimentasjon i influensområdet medfører dette en tildekking av spredningen som oppsto ved mudringsarbeidene. Bruk av passive prøvetakere gjennom anleggsperioden har vist at selv om det i perioder har vært forhøyede konsentrasjoner av

miljøgifter så har den biotilgjengelige konsentrasjonen vært lavere enn de konsentrasjoner som gir akutt toksisk verdi.

## **Miljøbudsjett, miljøregnskap og beregnet stoffer håndtert**

For tiltaksområdene Nyhavna, Brattørbassenget og Kanalen er det laget et miljøregnskap for ferdigstilte tiltak. De gjennomførte tiltakene mot forurenset sjøbunn i prosjekt Renere havn har gitt en sjøbunn som karakteriseres som ren. Spredningen fra sjøbunnen er etter gjennomførte tiltak redusert svært mye, og er nå på et akseptabelt nivå. Under gjennomføringen av tiltakene ble det som forventet en økt spredning av forurensning. Dette er normalt for alle oppryddingsprosjekter. Spredningen under tiltak er imidlertid ikke større enn at dette er tjent inn igjen i løpet av ett år eller mindre etter at tiltaket ble avsluttet. Mengde håndterte helse- og miljøfarlige stoffer er beregnet og rapportert iht. Miljødirektoratets veiledning TA 2817/2011.

## **Måloppnåelse**

Tildeckingslaget er prøvetatt etter utlegging og viser tilstandsklasse 1 og 2 rett etter utlegging, med enkelte unntak i meget avgrensede områder. Resultater fra etterkontroll viser at oppnådd sedimentkvalitet etter utførelse er tilfredsstillende ift. Miljødirektoratets krav.

*Miljømålet om tilstandsklasse 3 eller bedre etter (TA2229/2007) for PAH-16 og benzo(a)pyren, PCB-7, kadmium, bly, kvikksølv og kobber i minimum ni av ti stasjoner i delområde Nyhavna, Kanalen og Brattørbassenget er på bakgrunn av etterkontrollen av tildekket sjøbunn vurdert som oppnådd. Tiltaks målet om forventet tilstandsklasse 2 eller bedre rett etter tiltak er også oppnådd.*

*For Ilsvika er miljømålet om tilstandsklasse 3 eller bedre for PCB-7, PAH-16 benzo(a)pyren, kadmium, bly, kobber, kvikksølv og sink i minimum ni av ti stasjoner er på bakgrunn av etterkontrollen av tildekket sjøbunn vurdert som oppnådd. Tiltaks målet om forventet tilstandsklasse 2 eller bedre er også oppnådd.*

For å si at tiltakene i Renere havn har vært vellykket er kriteriet at man har oppnådd ren sjøbunn etter tiltak med akseptabel spredning innenfor planlagte tidsrammer.

*Forhold som har vært vesentlige for det vellykkede sluttresultatet*

Oppnåelse av ren sjøbunn, dvs. sjøbunn med akseptabel kjemisk kvalitet etter tildekking, har vært styrt av følgende rammer og tiltak:

- Utlegging av tildekkingsmasser i flere lag, med forsiktig utlegging av første lag mot sjøbunn for å redusere innblanding, samt sikre god kvalitet i videre lag
- Kort tid mellom utlegging beskyttende erosjonslag på filterlag
- Rekkefølge mudring og tildekking; For å begrense spredning fra mudreaktivitet eller deponering til tildekkingsområder, ble det operert med sikringssoner. Vurdering av minsteavstand har vært basert på strømforhold i området.

- Et strengt regime for kontroll av åpning og lukking av siltgardin i Nyhavna ble innført ved samtidig tildekking og deponering.
- Tilstrekkelig mektighet på tildekkingslag. Etterkontrollen har vist at tilstrekkelig mektighet gir god kjemisk tilstand.

Spredning under tiltakene har vært av begrenset omfang pga. følgende faktorer:

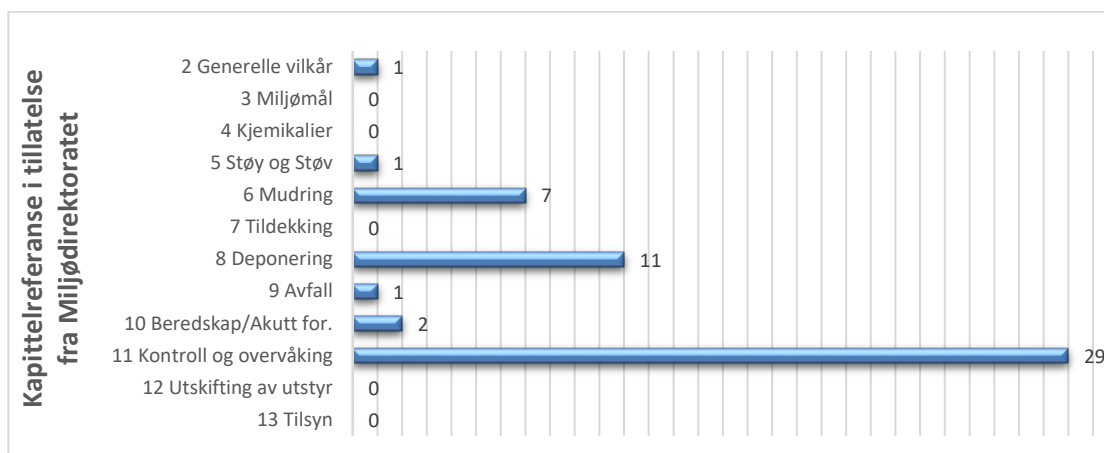
- Effektiv bruk av siltgardin ved deponiområdet som er brukt både for deponering og mudring og ved 1. tildekkingslag i vestre basseng i Nyhavna
- Et fungerende overvåkingsregime med turbiditetsovervåking som er utført etter plan
- Entreprenøren har som følge av et strengt overvåkingsregime hatt fokus på minimering av spredning ved planlegging og utførelse av sine aktiviteter
- Spredningen har ikke medført rekontaminering
- Avvikene som er registrert i prosjektet har ikke medført konsekvens for sluttproduktet

En kort inntjeningsstid for spredningen, mindre enn et år, er oppnådd med at det har vært:

- Rask tildekking av forurenset sjøbunn
- Hastigheten på arbeidet utført med fokus på sluttprodukt for tilstrekkelig ren sjøbunn etter tiltak
- God framdrift i gjennomføring av tiltak (Involvering av aktører og informasjon)

### Uønskede hendelser og avvik

Avvik i forhold til tillatelse fra Miljødirektoratet er registrert og rapportert fortløpende, samt at konsekvensen av avvikene er vurdert. Det er ikke registrert alvorlige brudd på tillatelsen. Hovedandelen av avvik går på rutiner for å overholde kontroll- og overvåkingsprogrammet under utførelsen, som kan medføre redusert dokumentasjon av effekten anleggsarbeidene har på miljøet. Fordelingen av avvik sortert etter Miljødirektoratets kapittel /krav i tillatelsen er gitt i figuren under.



## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>8</b>
1.1	Bakgrunn og begrunnelse for tiltakene	8
1.2	Miljømål	9
1.3	Tillatelser og kontrollprogram	10
<b>2</b>	<b>Utførte arbeider</b>	<b>11</b>
2.1	Planer for mudring, deponering og tildekking	13
2.2	Avfallshåndtering og rydding av sjøbunn før mudring og tildekking	14
2.3	Mudring	14
2.4	Deponier	16
2.5	Tildeckingsmasser	19
2.6	Tildekking	21
2.7	Støv	24
2.8	Støy	24
<b>3</b>	<b>Overvåking og kontroll av tiltak</b>	<b>25</b>
3.1	Overvåking under tiltak	26
3.2	Kontroll av utførte tiltak	28
3.3	Resultater Brattørbassenget	29
3.4	Resultater Nyhavna	38
3.5	Resultater Kanalen	52
3.6	Resultater Ilsvika	66
<b>4</b>	<b>Miljøbudsjett, miljøregnskap og beregnet mengde utvalgte helse- og miljøfarlige stoffer håndtert</b>	<b>77</b>
4.1	Utarbeidelse av miljøregnskap	78
4.2	Resultater	78
4.3	Inntjeningsstid	82
4.4	Samlet regnskap for Nyhavna, Brattørbassenget og Kanalen	83
4.5	Erfaring med bruk av miljøregnskap	84
4.6	Sammenlikning med miljøgiftbudsjett	85
4.7	Bruk av miljøgiftregnskap som styringsverktøy under drift	86
4.8	Konklusjonen fra miljøgiftregnskapet	86
4.9	Beregnet mengde utvalgte helse- og miljøfarlige stoffer håndtert	87
<b>5</b>	<b>Uønskede hendelser og avvik</b>	<b>89</b>
5.1	Avvik fra tillatelse	89
5.2	Tilsyn	91
5.3	Kommentar til registrerte avvik	92
5.4	Uønskede hendelser, søl og spill	95
<b>6</b>	<b>Rapportering</b>	<b>96</b>
<b>7</b>	<b>Vurdering av måloppnåelse i Renere havn</b>	<b>99</b>
7.1	Måloppnåelse	99
7.2	Forutsetning for måloppnåelse	100
7.3	Videre arbeid	101
<b>8</b>	<b>Referanser</b>	<b>102</b>

## Kontroll- og referanseside

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn og begrunnelse for tiltakene

Det har vært virksomhet i havneområdene i Trondheim i mer enn tusen år. Havnevirk-  
somhet, industri, håndverk, handel og utslipp fra en voksende by har ført til at sjøbunnen  
er forurenset med metaller og organiske miljøgifter. Før det ble iverksatt tiltak var foru-  
renset sjøbunn en kilde til forurensning i vannmiljøet. Kommuneplanens strategidel  
inneholder en visjon om at byen skal ha et miljø som fremmer innbyggernes helse og  
trivsel, med ren jord, luft og vann. Havnebassenget og sjøen utenfor er en viktig del av  
Trondheim hvor kommunen har som mål å redusere spredningen av helse- og miljø-  
farlige stoffer fra land til sjø og fra sjøbunnen til vannmassene.

Trondheim kommune har investert store summer i vann- og avløpssektoren for å følge  
opp vannforskriften. Opprydding i forurenset sjøbunn i Trondheim er en forutsetning for  
utbygging i havneområdene, i tillegg til å være del av arbeidet for en akseptabel miljø-  
tilstand langs norskekysten.

Miljøtilstanden i 11 inndelte områder i havna er risikovurdert ift. gjeldende arealbruk.  
På bakgrunn av risikovurderingen og de operasjonelle miljømålene, har Trondheim  
kommune sammen med Trondheim Havn IKS fått utarbeidet løsninger for opprydding i  
forurensete sedimenter i 4 delområder, Kanalen, Brattørbassenget, Nyhavna og Ilsvika.  
Når tiltak rettes mot de områdene med høyest konsentrasjoner og mest spredning, vil  
dette gi en forbedring i hele området.

I alle delområdene har tiltakene bestått i å dekke til sjøbunn med rene masser for å hindre  
spredning av forurensning, som gitt i beskrivelsen av tiltakene i Trondheim havn (NGI,  
2014b). Delområdet Ilsvika består av de to områdene Fagervika/Ilsvika nord og Ilsvika  
øst. Her har tildekkingen bestått av et tynt lag (10 cm) med rene masser på sjøbunnen på  
grunn av dårlige grunnforhold og bratt sjøbunn. I områdene Kanalen, Brattørbassenget  
og Nyhavna er en del av dagens sjøbunn mudret før tildekking for å gi et tilstrekkelig  
seilingsdyp til slutt. Mudret sjøbunn fra alle tre delområdene er lagt i deponi i Nyhavna.  
Deponiløsningen i Nyhavna består av både strandkantdeponi ved Kullkranpiren og  
sjøbunnsdeponi i en fordypning utenfor Dora 1. Fordypningen stammer fra perioden da  
Trondheim mekaniske verksted (TMV) hadde en flytedokk i dette området. Se over-  
siktsskart i figur 1 og figur 2, for tiltaksområdene.

Utredning av deponi og tiltaksløsninger er presentert i flere rapporter og kan lastes ned  
på Trondheim kommunes nettsider ([www.trondheim.kommune.no/renehavn](http://www.trondheim.kommune.no/renehavn)).



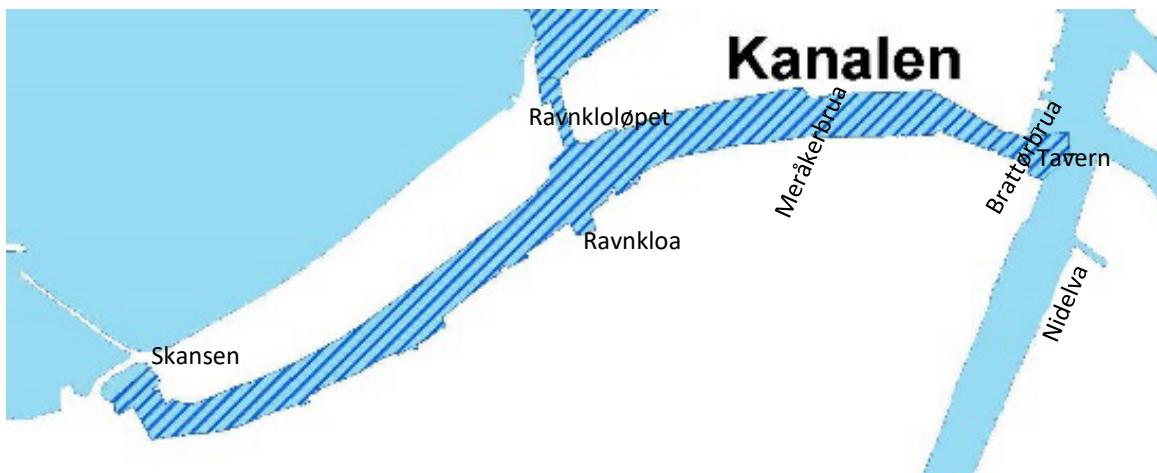
## 1.2 Miljømål

For områdene Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna er tiltaks målet etter mudring og tildekking at sjøbunnen på lang sikt skal tilfredsstillende tilstandsklasse 3 eller bedre etter Miljødirektoratets veileder for klassifisering av fjorder og kystfarvann (2229/2007) for polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH-16 og benzo(a)pyren), polyklorerte bifenyler (PCB), kadmium, bly, kvikksølv og kobber i minimum ni av ti stasjoner i hvert delområde. Etter tildekking i Ilsvika skal sjøbunnen tilsvare tilstandsklasse 3 eller bedre for PCB, PAH (PAH-16 og benzo(a)pyren), kadmium, bly, kobber, kvikksølv og sink i minimum ni av ti stasjoner.

Retten etter tiltakene er gjennomført er det forventet at overflatelaget i tiltaksområdene vil tilfredsstillende tilstandsklasse 1 eller 2.



Figur 1 Tiltaksområder med planlagte tiltak i Trondheim havn med blå skraver; Ilsvika, Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna. I Nyhavna er strandkantdeponi vist med lilla farge. Sjøbunnsdeponier er vist med hhv. grønn og mørk blå farge. Mellomlager for tildekkingsmasser på Pir 2 og Killingdal-kaia er vist.



Figur 2 Tiltaksområdet Kanalen. Området Gryta hvor kai-forsterkningsarbeider er utført ligger lengst øst i tiltaksområdet.

### 1.3 Tillatelser og kontrollprogram

Renere havn har søkt om å gjennomføre tiltak i forurensede sedimenter i følgende dokumenter til Miljødirektoratet:

- Søknad om tillatelse til mudring, deponering og tildekking av forurenset sjøbunn etter forurensningslovens § 11, brev datert 9. mai 2014.
- Søknad om endret tidspunkt for anleggsarbeider og endret tiltaksgrense, med revidert kontroll- og overvåkingsprogram og supplerende informasjon, brev datert 31. mars 2015.
- Søknad om tillatelse etter forurensningsloven til å slå ned spunt i forurenset sjøbunn og grave i antatt forurenset grunn i Gryta i Trondheim havn 5.juni 2015

Følgende tillatelser er gitt fra Miljødirektoratet til Renere havn:

- Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven for Trondheim kommune gitt 4. november 2014 sist gang endret 26. mai 2015. Tillatelse nr. 2014.448.T
- Oversendelse av tillatelse til mudring, deponering og tildekking av forurenset sjøbunn i Trondheim havn, 4. november 2014.
- Endring av tillatelse til mudring, deponering og tildekking i Trondheim havn, 16. april 2015 og 25. mai 2015.
- Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven for Trondheim kommune gitt 17. august 2015, endret 2. oktober 2015 Tillatelse nr. 2015.0383.T
- Gryta i Trondheim Havn – Endring av tillatelse til spunting og graving, 2. oktober 2015.

Renere havn har engasjert NGI for å gjennomføre oppgaver som er tillagt byggherrens kontrollansvar for miljø. For å ivareta krav i tillatelser fra Miljødirektoratet er det utarbeidet et kontroll- og overvåkingsprogram. Kontrollplanen er gjennom prosjektperioden revidert basert på ny kunnskap og endringer i prosjektet (NGI, 2016a). Oversikt over endringene er gitt i Kontrollplanens revisjonsprotokoll i tillegg til ovenstående dokumenter, samt følgende dokumenter:

- Rapport fra Miljødirektoratets tilsyn 29. april 2015
- NGI notat 20130339-30-TN, Grenseverdi for turbiditet ved tildekking ved flere lag, datert 22. juni 2015
- For tildekkingsarbeider i østre basseng i Nyhavna er det i e-post fra Miljødirektoratet datert 30. mars gitt endrede vilkår for tildekking.

For arbeidene på land i Gryta, Kanalen, er det utarbeidet egen grave- og disponeringsplan for arbeider med forurenset grunn. Denne er gitt i NGI rapport 20130339-12-R revisjon 2, datert 7. oktober 2015 (NGI, 2015b).

Overvåkingsprogrammet er utarbeidet for å sikre at arbeidene som utføres gjøres i tråd med tillatelse fra Miljødirektoratet. Programmet er beskrevet utførlig i kontroll- og overvåkingsprogrammet (NGI, 2016a) utarbeidet for å ivareta kravene i tillatelsen. Planen omfatter kontroll og overvåking for å hindre uakseptabel spredning av partikler og forurensning under mudring av sedimenter, deponering av forurensede sedimenter, samt tildekking med rene masser. Kontrollprogrammet omfatter også kontroll av deponiet etter slutføring. I tillegg er utslipp til luft (støv) og støy inkludert i programmet.

## 2 Utførte arbeider

Det fysiske anleggsarbeidet startet opp 26. mars 2015 og ble avsluttet 2. juni 2016. Arbeidene startet i Nyhavna og her var det aktivitet i hele prosjektperioden. Arbeider i Brattørbassenget og til dels Ilsvika ble utført sommeren 2015, mens arbeider i Kanalen startet høsten 2015 og ble avsluttet i mai 2016. Detaljert oversikt over aktiviteter i de aktuelle områdene er gitt i tabell 1.

Tabell 1 Oversikt over aktiviteter i de ulike områdene i prosjektperioden

Delområde	Mars	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Desember	Januar	Februar	Mars	April	Mai	Juni		
<b>Nyhavna</b>																		
Rydding av sjøbunn	Oppstart 26.mars																	
Mudring			Oppstart 15. april															
Deponering Strandkantdeponi	Klargjøring av deponibygging	Spunting, 23.-15. april	Partikkelsperr		Fylling geobag fra 28. april geobager			Avsluttet 2. sept.										
Deponering Sjøbunnsdeponi			Oppstart 16. april										Utjevning og avslutning					
Tildekking						Utlegging av betongmadrass kai 57												
<b>Brattørbassenget</b>																		
Mudring				13.-24.juni														
Tildekking					Oppstart			Ferdig 4. sept.		Noe suppl. tildekking		Noe suppl. tildekking		Noe suppl. tildekking				
<b>Ilsvika</b>																		
Rydding av sjøbunn																		
Tildekking				Oppstart 24. juni														
<b>Kanalen</b>																		
Rydding av sjøbunn						fjerning peler												
Nye kaikanter Gryta						Landarbeid		Spunting										
Mudring							Oppstart 16. sept.											
Tildekking								Oppstart 16. okt										
			Rydding - klargjøring - bygging deponi Mudring Deponering Tildekking															

Renere havn baserte konkurransegrunnlag og søknad etter forurensningsloven på detaljprosjekt fra NGI og Multiconsult slik det forelå våren 2014. Metodebeskrivelser utarbeidet av entreprenør ble sendt til Miljødirektoratet før oppstart. En oversikt over dokumenter som er sendt inn er gitt i kapittel 7. Det er gjort endringer underveis basert på ny informasjon og erfaring i prosjektet, for å bidra til bedre løsninger eller løse uforutsette problemer. En oversikt over endringene er beskrevet under hver av aktivitetene under. Der er også årsak til endringen gitt, samt også om endringen har krevd søknad for å endre vilkår i tillatelsen. Andre endringer er kun sendt Miljødirektoratet til informasjon eller er inkludert i månedlig rapportering.

## 2.1 Planer for mudring, deponering og tildekking

De omsøkte tiltaket omfattet mudring og deponering av totalt 75.000 m<sup>3</sup> forurenset sediment og tildekking av 380.000 m<sup>2</sup> sjøbunn. Fordeling av mengder og arealer er vist i tabell 2 og gjengitt fra tiltaksbeskrivelse i søknad (NGI, 2014b) inkludert omsøkte endringer som utvidelse av tiltaksareal i Nyhavna ved kai 57 og økning av deponeringsvolum. Mengder er teoretisk beregnede masser fra prosjekteringen.

Tabell 2 Tiltaksområder med omsøkte mudrings- og deponeringsmengder, samt tildekkingsareal fra tiltaksbeskrivelser (teoretisk beregnede masser) (NGI,2014b).

Område	Sted:	Mudring	Tildekking
Kanalen	Hele delområdet	11.500 m <sup>3</sup>	100.000 m <sup>2</sup>
Brattørbassenget	Hele delområdet	12.000 m <sup>3</sup>	80.000 m <sup>2</sup>
Nyhavna	Vestre og østre basseng	35.000 m <sup>3</sup>	70.000 m <sup>2</sup>
	Under Dora	Ingen mudring	8.000 m <sup>2</sup>
	Deponiområdet	2.700 m <sup>3</sup>	23.000 m <sup>2</sup>
Ilsvika	Hele delområdet	Ingen mudring	100.000 m <sup>2</sup>
Område:	Sted:	Deponikapasitet	
Nyhavna	Strandkantdeponi (deponi 14) og sjøbunnsdeponi (deponi 5)	75.000 m <sup>3</sup> (Omsøkt)	
	Strandkantdeponi (deponi 14) og begge sjøbunnsdeponier (deponi 5 og 6C)	145.000 m <sup>3</sup>	

## 2.2 Avfallshåndtering og rydding av sjøbunn før mudring og tildekking

Det ble gjennomført rydding av skrot og større gjenstander som forberedelse til mudring og tildekking i Ilsvika havn, Brattørbassenget og hele Kanalen. Det er fjernet skrot i Nyhavna og under Dora I i den grad det har vært nødvendig for å legge et kontinuerlig tildekkingslag. Ved Norsk Gjenvinning i Nyhavna har bedriften også selv ryddet skrapmetall.

ENVISAN hadde avtale med RagnSells og Norsk Gjenvinning (metall) for avfallshåndtering for Renere havn og Hovstein Cont og Gjenvinning AS for Gryta. Forurensede masser fra land ble levert til godkjent mottak på Rimol. Gravemasser i Gryta-området (Kanalene) ble disponert iht. grave- og disponeringsplan. Rimol ble benyttet som mellomlager for masser som ikke allerede var klassifisert ved utgraving. Mengde avfall levert til godkjent mottak ved prosjektslutt 2. juni var 52,28 tonn skrapmetall, 1,4 tonn betong, 4,78 tonn trevirke, 4,2 tonn plast (gummi) og 25,3 tonn kreosotpeler. Siltgardinen ble hentet av Ragn Sells. Total vekt på siltgardinen var 4,14 tonn.

## 2.3 Mudring

### 2.3.1 Utført mudring

Mudringen startet opp i Nyhavna 15. april 2015 og ble avsluttet i Kanalen 21. februar 2016. Totalt mudret volum fra oppstart av mudringsarbeidene er 75.012 m<sup>3</sup>, vist i tabell 3. Det er gjennomført mudring i Brattørbassenget, Kanalen og Nyhavna. Beskrivelse av mudringsmetodikk er gitt i kapittel 2.3.4. Mudringen er gjennomført med en mudringslekter, og arbeidene er gjort i følgende rekkefølge i delområdene; Nyhavna, Brattørbassenget og Kanalen. Akkumulerte mengder er loggført og rapportert i månedsrapporter.

- ↗ Nyhavna: Mudret i perioden 15. april - 7. august 2015
- ↗ Brattørbassenget: Mudret i perioden 13. – 24. juni 2015
- ↗ Kanalen: Mudret i perioden 16. september 2015 - 21. februar 2016

Tabell 3      *Mengde mudret masse i prosjektet Renere havn.*

Område	Totalt mudret volum* m <sup>3</sup>	Areal mudret ** m <sup>2</sup>
Nyhavna	49.696	65.570
Brattørbassenget	12.944	18.660
Kanalene	12.372	9.316
<b>Totalt</b>	<b>75.012</b>	<b>93.546</b>

\*Mengden mudret masse er hentet fra ENVISANs mudre- og deponeringsrapportering, bestemt hovedsaklig ved oppmåling før og etter mudring.

\*\*Flateareal fra mudreplaner

Reviderte mudringsprognoser er rapportert i månedsrapporter samt i årsrapport for 2015 (NGI, 2016b). Mest endring var det i Nyhavna hvor mudrevolumet ble betydelig økt. Økt mudrevolum i Nyhavna skyldes overmudring for å klare 0-toleranse oppover samt usikkerheter i detaljprosjektet. Alle mudringsmasser fikk plass innenfor de planlagte deponiene, bl.a. ved at man utnyttet toleransen for toppnivå på sjøbunndeponiet.

### 2.3.2 Endringer i mudreplaner

Det ble gjennomført enkelte endringer i mudre- og tildekkingsplaner i utførelsesfasen. I Brattørbassenget ble mudreplanen tilpasset gamle fundamenter for dykdalber<sup>1</sup> langs Brattørmoloen. Dette medførte ingen endring i tildekkingsdesign, og ga kun et mindre seilingsdyp der disse var lokalisert. I Kanalen var det justeringer i plan områder knyttet til manglende dybde data i prosjekteringsfasen, samt justeringer ifbm. ledninger på sjøbunnen i Gryta. I Nyhavna var det enkelte justeringer samt endringer knyttet til kai 57 Norcemkaia.

### 2.3.3 Utvidelse av tiltaksområdet

I innseilingen til Nyhavna er grensen for tiltaket satt ved "Norcemkaia". Dette fordi det her var uklart hvordan Trondheim Havn skulle gjøre tiltak mot en ustabil støttemur og erosjonsskader på bunnen. Trondheim Havn utførte en forsterking av skråningen, samt at en erosjonsgrop ble fylt igjen. Dette ble samkjørt med tildekking av sjøbunnen. Utenfor den opprinnelige tiltaksgrensen er det enda 100 – 150 m flat sjøbunn med potensial for å bidra til spredning av forurensning. Prosjektet har funnet det riktig å utvide tildekkingen her med ca. 10.000 m<sup>2</sup>. Det ble benyttet grovkornet 0-63 mm erosjonssikring over 30 cm filter. Utenfor denne sonen er det mer aktiv erosjon (elveerosjon) og mulig akkumulering i Nidelvas utløp, som dermed kan gi tildekkingen liten varig effekt. I den utvidete sonen er det ikke mudret og det er ikke mulig å oppnå bedre seilingsdyp enn ca. – 7,5 LAT i hele bredden, selv med redusert filtertykkelse. Dette har Trondheim Havn akseptert i samråd med losene, basert på at de største skipene ikke kan seile fullastet inn eller ut på lavvann.

### 2.3.4 Mudringsmetode modifisert

ENVISAN har benyttet en stor gravemaskin (120 tonn) med miljøgrabb som lukker helt til mudring i Nyhavna og Brattørbassenget. Da grabbing av stiv leire/silt kom i gang, viste det seg at miljøgrabben ofte ikke kunne lukke pga. utstikkende jordklumper med stor fasthet. Dertil skjedde det en kraftig oppvirvling ved at miljøgrabben slapp ut luft først når den kom til bunnen. Man fant da ut at ulempene ble mindre ved å lage luftehull i overkant av grabben. Dette virket godt ved nedføring av grabben. Ved opptak kom det vann ut av disse hullene som to samlede stråler i stedet for at det rant ut sammen med løs jordmasse i den åpne grabbkjeften. Denne modifiseringen ble etter tilbakemelding fra Miljødirektoratets tilsyn avviksbehandlet. Tilsynet er kommentert i kapittel 7.2.

---

<sup>1</sup> Dykdalber = 3 el. flere peler som rammes på skrå ned på sjøbunnen til fortøyning, markering av seilingsled e.l

Under opprydding og start mudring ble det (særlig i Brattørbassenget og foran Dora II) funnet en del kabler, trosser og kjettinger som det ikke var mulig eller hensiktsmessig å få opp med miljøgrabben. Da ble det benyttet en ordinær, åpen tannskuffe.

## 2.4 Deponier

### 2.4.1 Utført deponering

Mudrede masser er deponert i strandkantdeponiet ved Kullkrankaia og sjøbunnsdeponiet utenfor Dora I. Strandkantdeponiet var ferdig innfylt med 25.000 m<sup>3</sup> mudrede masser og ble lukket i august 2015. Oppbygging av steinsjeté (inkl. geobag) og innfylling er beskrevet årsrapport (NGI, 2016b), prinsipp vist i figur 3. Strandkantdeponiet ble overtatt av Renere havn primo september 2015. Sjøbunnsdeponiet ble avsluttet mars 2016 (figur 4), og ferdig tildekket mai 2016. Mengder masser deponert er gitt i tabell 4.

Tabell 4 Oversikt over deponerte masser i strandkantdeponi og sjøbunnsdeponi i Nyhavna.

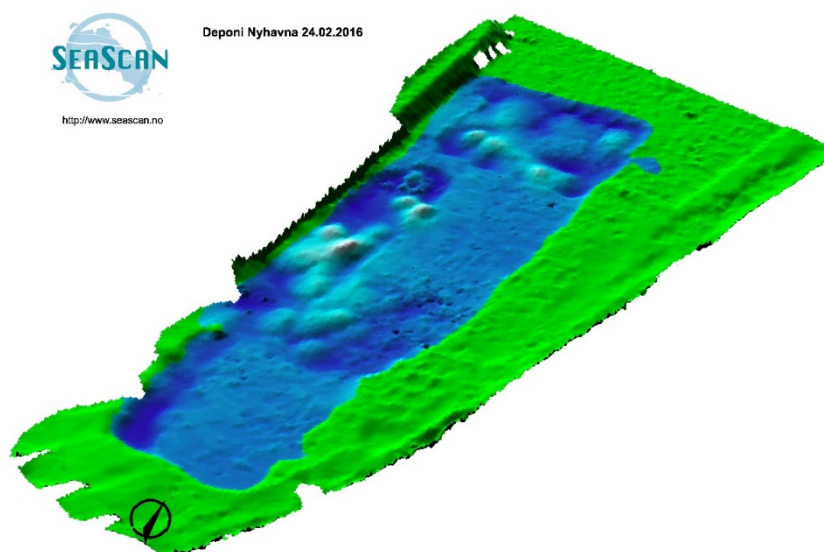
Deponi	Mengde (m3)*
Strandkantdeponi	25.000
Sjøbunnsdeponi	49.873
Total	

\*Mengder er hentet fra ENVISANs rapportering av deponerte mengder. Disse er basert på oppmåling av deponi.



Figur 3 Strandkantdeponi ved Kullkranpiren i Nyhavna. Skisse viser oppbygging av strandkantdeponi i Nyhavna. Sjeté mot sjø har kjerne av geobager med sand / sediment og filterlag mot innfylte sedimenter.





Figur 4 Plott fra scan av sjøbunnsdeponiet (ferdig innfylt deponi) i Nyhavna (SeaScan 2016).

#### 2.4.2 Sjøbunnsdeponi

Deponering i Sjøbunnsdeponiet startet 15. april 2015. Ved å utnytte sjøbunnsdeponiets toleransekrav ble det plass til alle mudringsmassene i de to deponiene, slik at det ikke ble behov for å benytte eksternt deponi. Kravet til fyllingshøyde for sjøbunnsdeponiet er overholdt. Det er endelig fyllingshøyde som bestemmer hvor mye som kan fylles i deponiet. Beskrivelse av sjøbunnsdeponiets kapasitet er nærmere beskrevet i månedsrapport for februar (NGI, 2016c).

I e-post til Miljødirektorater 26. oktober 2015 ble følgende redegjørelse gitt:

*Sjøbunnsdeponiet kan fylles til øvre toleransekrav for fyllingshøyde - 6,25 m LAT. Beregnet volum i sjøbunnsdeponiet er da 48.500 m<sup>3</sup> med et ubrukt volum på omtrent 6.000 m<sup>3</sup>. Beregninger viser et gjenværende mudringsvolum på ca. 9.000 m<sup>3</sup>. Endelig omfang er ikke klart før innmåling av alle mudreområdene er gjennomført.*

Etter at deponering var ferdig er det rapportert plassert 49.873 m<sup>3</sup> masser i sjøbunnsdeponiet (figur 4). Avviket fra 48.500 m<sup>3</sup> er vurdert som lite i forhold til antatt konsolidering etter deponering. Gjennomsnittskoten ligger noe lavere enn - 6,25 LAT. Noe av arealet ligger høyere og noe av arealet ligger lavere. For å skape en jevn overflate ble det utført tiltak for å jevne ut sjøbunnen i sjøbunnsdeponiet. Akkumulerte mengder er loggført og rapportert i månedsrapporter.

#### 2.4.3 Strandkantdeponi – forenklet design

Strandkantdeponiet har et forenklet design i forhold til prosjektert design i konkurransegrunnlaget. Den nye utførelsen i tilbudet til ENVISAN var begrunnet med enklere

byggemåte og behovet for å oppnå barriere over vann så tidlig som mulig, noe som gjorde kontroll med spredning av forurensning tryggere. Den siste endringen var motivert av at det viste seg svært vanskelig å fylle geobager, som utgjør hovedbarrieren i deponiets sjeté, med mudrede sedimenter. Det måtte i stedet benyttes innkjøpt sand. Da endret styrke og friksjon i massen seg slik at man kunne gå med strammere profil. Byggherren tok forbehold om den virkningen dette ville få for tilgjengelig deponivolum, med den følge at ENVISAN har gjort sitt ytterste for å utnytte de primære deponiene.

#### 2.4.4 Partikkelsperre - forenklet siltgardin

ENVISAN har brukt en kostnadsbesparende løsning for partikkelsperre, som også skulle være enklere å operere. En viktig grunn var at det skulle bli mindre driftsstans og behov for rengjøring. Prosjektet løsning var en fast installasjon med port, mens løsningen entreprenøren valgte er en sammenhengende gardin med styrt oppdrift, figur 5. Løsningen har ikke vært problemfri, har stort sett fungert etter hensikten. Endringen har medført at i perioder det ikke ble utført deponering i Nyhavna, var partikkelsperren åpen ved at hele gardina var senket på sjøbunnen i stedet for bare å senke en port som i prosjektet løsning. Det anses som en operasjonell fordel. Imidlertid er det en endring i risikobildet i og med at gardina lå helt nede i lange perioder. Spredning av ukonsolidert materiale på sjøbunnen hadde derfor økt risiko, men få eller ingen turbiditetsmålinger kan knyttes til økt spredning.



Figur 5 Partikkelsperre etablert mellom østre og vestre basseng i Nyhavna.

## 2.4.5 Rekkefølge deponi

Entreprenørens opprinnelige planer i prosjektet var at sjøbunnsdeponiet ble lukket først for deretter å begynne tildekking i Nyhavna og under Dora, mens gjenstående mudremasser i Kanalen skulle fylles i strandkantdeponiet. Samtidig var det tenkt å ha plass til avvanning av sugemudringsmasser i øvre del av strandkantdeponiet. Slik sugemudring er imidlertid ikke brukt i gjennomføringen.

Strategien ble endret slik at strandkantdeponiet ble ferdigstilt først. Denne endringen ga prosjektet nye arealer på strandkantdeponiet til mellomlager for tildekkingsmasser. En positiv effekt med dette er at deponiarealet forbelastet, noe som øker konsoliderings-hastigheten og tar ut setninger raskere. Det ga utslag i at fullført tildekking i Nyhavna og under Dora kom senere i prosjektet. Det medførte parallelle aktiviteter som deponering i sjøbunnsdeponi samtidig med tildekking. Tegninger av ferdig deponi er gitt i rapportert og vedlagt i årsrapport (NGI, 2016b).

## 2.4.6 Håndtering av sedimenter på land

ENVISAN introduserte en metode for fylling av geobager med forurenset sediment som innebar at massen ble tatt på land (på Kullkranpiren). Omfanget av dette ble etter hvert sterkt begrenset, men det skapte likevel et behov for å lage et tillegg til tillatelsen fra Miljødirektoratet, som regnet avrenning fra denne prosessen som et distinkt utslipp. Det ble derfor bygget barriere omkring prosessen med fylling av geobager og avrenningen ble samlet opp og ledet til en infiltrasjonsanlegg med filter i indre hjørne av strandkantdeponiet.

## 2.5 Tildekkingsmasser

### 2.5.1 Dokumentasjon av tildekkingsmasser

Det ble brukt kalksand fra Franzefoss Miljøkalk som tildekkingsmasser. Materialet ble dokumentert å tilfredsstillte krav iht. tildekkingsveilederen TA 2143/2005 (NGI, 2015e). Aktuelle fraksjoner som tildekkingsmasser ble også vurdert (NGI, 2015f).

I tillegg til kalksanden fra ble det også benyttet ekstra tildekkingsmateriale, 5.000 m<sup>3</sup> tilført fra lokalt steinbrudd. Massene kom fra Lia pukkverk og bestod av Grønnstein / Gabbro. Materialet er analysert for metaller og tilfredsstillte tildekkingsveilederens grenseverdi for metaller (NGI, 2015e). Materialet er kontrollert for fysiske egenskaper knyttet til erosjonsmotstand, og er noe grovere enn erosjonsmasser som allerede er lagt ut, da den fineste fraksjonen er tatt ut for å redusere partikkelspredningen under tildekking.

## 2.5.2 Endring av fraksjoner

Valgte leveranse av fraksjon 0-5 mm kalksand som filterlag ble etter en prøveleveranse endret til fraksjon 0-8 mm. Fraksjon 0-5 mm viste seg å ha høyt finstoffinnhold som påvirket sedimentering av tildekkingsmateriale samt økt risiko for lekkasje fra utleggingsfartøy. Det er i flere områder også endret til fraksjon 0-18 mm som filterlag, da denne fraksjonen tilfredsstiller filterkriterier mot eksisterende sjøbunn. Fordeler med overgang til 0-18 mm er redusert støvflukt, mindre tap gjennom fallbunnslekter, bedre erosjonsmotstand mot utilsiktet propellstrøm og redusert turbiditet under utlegging. Ved utlegging med rainbowing-metoden gir det noe redusert produksjon.

## 2.5.3 Mellomlager for tildekkingsmasser

For å sikre en hensiktsmessig framdrift og logistikk-løsning både på tiltransport av dekkmasser og for utleggingen av disse dekkmassene var det hensiktsmessig å opprette mellomlager for rene masser. Det var også mulig å laste opp lektere med dekkmasser direkte fra transportfartøyet. Videre var det nødvendig å opprette mellomlager på forskjellige lokaliteter gjennom prosjektperioden av hensyn til effektiv internttransport. Det er gjort optimaliseringer av plasseringene av mellomlagrene ut ifra hensyn til kort transportavstand, og redusert transporttid. Det er derfor brukt både lastebil og lekertransport av dekkmassene. Sjeldne bruåpninger har vært et hinder for effektiv lekertransport i Kanalen.

- ↗ Mellomlager på Pir II og i Fagervika ble benyttet i 2015.
- ↗ I Kanalen ble tildekkingsmasse kjørt med bil fra mellomlager ved Kullkranpiren i Nyhavna til omlastingsplasser langs på kaia i Kanalen.
- ↗ Strandkantdeponiet i Nyhavna ble tatt i bruk som mellomlager og opplastingsplass fra november 2015, vist i figur 6, og ble brukt ut prosjektperioden.
- ↗ For en betydelig del av tildekkingen er det også utført direkte lossing fra skip til utleggingsfartøy.



Figur 6 Ferdig strandkantdeponi i Nyhavna ble benyttet som mellomlager for tildekkingsmasser.

## 2.6 Tildekking

### 2.6.1 Gjennomføring av tildekkingsarbeider

Tildekkingsmassene er fraktet til Trondheim med båt og omlastet til utleggingsfartøy via mellomlager på land. Under tildekking i Kanalen ble i tillegg materiale fraktet på bil fra mellomlager til lastestasjoner inne i Kanalen.

Perioder for tildekking er vist i tabell 1. Prosedyre for tildekking var utlegging av et tynt 1. lag før videre tildekking med filtermasser før erosjonsmasser.

Totalt tildekket basert på prosjekterte arealer er gitt i tabell 5. Akkumulerte mengder og arealer er loggført og rapportert i månedsrapporter.

Tabell 5 Tildekket areal per delområde.

Tildekking:	Prosjektert tildekkingslag (flateareal m <sup>2</sup> )
Nyhavna	116.500
Kanalen	98.250
Brattørbassenget	80.850
Ilsvika	94.720
Totalt tildekket sjøbunn	390.320

\*Flateareal fra prosjektert tildekking.



Tildekking er utført ved metoden rainbowing med båten Arena (figur 7) og fallbunnslekter Ramsholm (figur 8).



*Figur 7 Tildekking i vestre del av Kanalen, ved Skansenløpet.*



*Figur 8 Tildekking med fallbunnslekter i Brattørbassenget.*

## 2.6.2 Rekkefølge for arbeider i Kanalen

I konkurransegrunnlaget var det forutsatt at hele Kanalen skulle tømmes for båter og installasjoner slik at man kunne gjennomføre opprydding, innmåling, mudring og tildekking i rekkefølge for hele arealet og dermed ha god kontroll på risikoen for rekontaminering av tildekket areal. Det viste seg vanskelig å flytte alle båter og installasjoner helt ut på en gang, og det ble behov for å hensette flytebrygger i en del av Kanalen mens andre deler ble behandlet. Det ga forsinkelse i forbindelse med at forsterkningsarbeidene

i Gryta ikke lot seg gjennomføre våren 2015 av hensyn til lakseoppgangen. Dette arbeidet måtte derfor foregå om høsten. Arbeidet i Kanalen ble derfor gjennomført i tre sekvenser: Vestre kanalhavn (vestre del), midtseksjonen og Gryta (østre del). Mudring fra vestre del og opp til og med midtseksjonen hadde et svært lite omfang. Tildekking kunne derfor starte tidlig i vestre del. Det ble etablert krav til en gitt avstand mellom mudringsaktivitet og grense for ferdig tildekking for å redusere risikoen for rekontaminering. Tildekkingen i vestre kanalhavn ble først utført med en buffersoner på ca. 400 m inntil mudring i midtseksjonen og Ravnkløpet var ferdig. Videre ble tildekking av resterende del av vestre kanal utført da mudringen opp til Meråkerbrua (v/Jernbanestasjonen) var gjennomført. Utfordringen var å hindre at mudringen i Gryta (mellom Meråkerbrua og Brattørbrua) skulle føre til transport av forurenset materiale inn på allerede tildekket sjøbunn i midtseksjonen. Dette ble løst ved at resterende tildekking i midtseksjonen og Gryta ble avventet til mudring i Gryta var ferdig.

### 2.6.3 Endringer i tildekkingsplaner

I Nyhavna var det en risiko for at ferdig sjøbunn ble for grunn dersom toleransene for tildekkingen ble utnyttet oppover. For å sikre at erosjonsmotstanden på tildekkingslaget opprettholdes, er prosjektert mektighet derfor justert ved at den øvre delen av filterlaget (øvre 5 cm) ble erstattet med erosjonsmasser. Samtidig er total mektighet for tildekkingslaget opprettholdt. Erosjonsmasser inneholder en andel finfraksjon som gir en akseptabel overgang mellom filterlag og erosjonslag. Høyere permeabilitet som følge av å benytte grovere masser i deler av tildekkingen kan gi liten endring i effekten av filterlaget. Den totale endringen i effekten av tildekkingen er imidlertid vurdert til å være marginal.

I indre del av vestre basseng i Nyhavna er arealbruken justert. Opprinnelig var området planlagt for trafikk med større taubåter. Dette er ikke lenger aktuelt, og kravet til erosjonssikringslag kunne dermed endres til det samme som bassenget for øvrig.

I munningen ble arealer ved Norcem kai (kai 57), med en erosjonsgrøp inkludert i tildekkingsarealet. Tildekkingsgrensen ut i munningen ble samtidig justert ift. marebakken mot Nidelva.

### 2.6.4 Rekkefølge tildekking og deponering

Forsterkningsarbeidene i Gryta trakk ut i tid og ga forsinkelser på arbeidene med mudring, lukking av sjøbunnsdeponi og ferdigstillelse av tildekking både i Kanalen og i Nyhavna. Det ble derfor gjort en innsats for å unngå videre forsinkelse med å gjennomføre parallelle arbeider med både deponering og tildekking i Nyhavna. Tildekking i ytre basseng i Nyhavna pågikk mens deponering i sjøbunnsdeponiet var i slutfasen. Regimet for åpning av siltgardina var i denne fasen innskjerpet for å minimere risiko for rekontaminering av tildekket sjøbunn.

## 2.7 Støv

Tiltakshaver har i prosjektet vært pliktig til å gjennomføre tiltak for å reduseres støvutslipp fra sine aktiviteter. Dette gjelder transport og lagring av materiale som skal brukes til tildekking av forurenset sjøbunn og oppbygging av strandkantdeponi.

Utførte støvtiltak har i all hovedsak vært knyttet til transport ved deponiet ved Kullkranpiren. I byggefasen for oppbygging av deponiet var det jevnlig renhold på kaiområdet på Kullkranpiren. Ved mellomlager ved Killingdal og Pir II har ansvarlig entreprenør hatt ansvar for rengjøringen. På mellomlager på det ferdige strandkantdeponiet har entreprenør AF Decom på vegne av tiltakshaver vært ansvarlig for rengjøring.

For tildekking i Kanalen ble det opprettet lokale omlastingspunkter på kaikant. Lokal lastebiltransport og omlasting ved Kanalen medførte ekstra oppmerksomhet på gate-renhold. Det ble utført kosting av gateareal/kaiareal etter behov. Områdene ble befart jevnlig av byggeledelsen. Prosjektet har ingen loggførte eller rapporterte problemer med støv.

## 2.8 Støy

Entreprenøren vurderte støyende aktivitet i forbindelse med arbeidene ved støysonekart (Rambøll, 2015). Dette har vært støy fra mudring, tildekking, graving, spunting, lasting og lossing av materialer og transport. Støy fra annen båt- og vegtrafikk er ikke vurdert. Støysoner er definert av grenseverdier for utendørs støy fra anleggsarbeid i tillatelse fra Miljødirektoratet.

Renere havn har mottatt få klager på støy. De episoder som har oppstått har vært relatert til kveldsarbeid i Ilsvika og Kanalen. Naboer har vært godt informert om arbeidene på forhånd. I forkant at nattarbeid i Brattørbassenget ble det avholdt møter med berørte hoteller. Klager er fulgt opp av byggeledelsen samt at støyreducerende tiltak er diskutert med entreprenøren. Entreprenøren ble pålagt å forholde seg til alminnelige støykrav, og har også gjort tiltak for å unngå støy fra slamrende metallredskaper.

Under tildekking nattetid i Brattørbassenget ble det klaget på støy ved opplasting av leker ved Killingdal i Ilsvika. Dette ble fulgt opp med måling (som viste lave verdier) og samtale med vedkommende. Siden det på det tidspunktet gjensto kun et par dager med denne type arbeid, ble ikke andre tiltak vurdert

For arbeider i Kanalen hvor tiltakene ble utført nær boliger, ble det utført støymålinger. Målingene viste at arbeidene var innenfor akseptable støynivå (tabell 6). Kai-forsterkning ved spunting var unntatt støykravene i en periode på inntil 8 uker fra kl. 7-19. Spunting i Gryta pågikk 1 dag utover tillatt periode i tillatelsen fra Miljødirektoratet. Arbeidene omfattet nedslåing av 2 stk. spuntnåler i forbindelse med omlegging av en pumpeledning. Arbeidene ble utført 30. november og hadde en varighet på ca. en time. Arbeidet ble avviksrapport (avvik nr. 33).



Renere havn mottok klage på mudring mellom kl. 19 og 21 i Kanalen den 17. november 2015. Informasjon til naboer, varslet i forkant, informerte om planlagt arbeid mellom kl. 7 og 19, samt at nattarbeid skulle varsles på forhånd. Kveldsarbeid var ikke nevnt i denne informasjonen, og naboer forventet derfor varsling om arbeider etter kl. 19 da dette arbeidet av dem ble ansett som nattarbeid.

Det er registret to klager på støy i forbindelse med arbeidet i Gryta i februar 2016. Klagen kom i forbindelse med arbeid kveldstid. Klagen gjaldt: 1) arbeid etter kl. 23:00, og 2): støy fra liten arbeidsbåt. For ikke varslet arbeid etter kl. 23:00 fikk entreprenøren en innskjerping. For støy fra redskap, ble det målt støy fra et åpent vindu i 2. etasje i en bygning som vender ut mot kanalen mens liten arbeidsbåt tauet og opererte fallbunnslekteren rett utenfor. Både Envisan og Renere havn målte med hver sitt utstyr. Ekvivalent støy var < 55 dBA dvs. innenfor kravet på kveldstid. Det ble kontrollert at støy fra omlasting ved nordre bredd ikke ga høyere målte verdier.

Tabell 6 Støymålinger i Kanalen.

Aktivitet	Avstand fra måler til aktivitet	dB (A)	dB (C)
Spunting (vibrering av spuntnåler) 30. sept. 2015	7 m	100	100-105
	20 m	85-90	90-95
Boring av stag 26. okt. 2015	50 m	70	76
	100 m	60	70
Fjordgata 50 under mudring ved Fosenkaia, 17. november		54,4dB	
Fjordgata 76 under mudring øst for Ravnkloa, 18. november		56,2 dB	
Gryta, februar 2016. Arbeid kveldstid		< 55 dB	

### 3 Overvåking og kontroll av tiltak

Under tiltaksgjennomføringen ble det etablert overvåkingsstasjoner med automatiske turbiditetsbøyer, sedimentfeller og passive prøvetakere i utløpssonene av Nyhavna, Brattørbassenget og Kanalen. Ved ulike tiltak som mudring og tildekking i samme delområde ble imidlertid plassering av turbiditetsbøyer justert underveis i tiltaksgjennomføringen, for å skille mellom de ulike aktivitetene.

I Ilsvika som grenser til åpen sjø ble overvåkingsstasjoner plassert i spredningsretninger utenfor tildekkingsfeltet.

I perioder hvor det har pågått parallelle aktiviteter ble målestasjonenes plassering justert for å ivareta funksjonen til målestasjonene. Dette omfattet aktiviteter i Kanalen og

Nyhavna. Justeringer er rapportert fortløpende i månedsrapporter, med argumentasjon for hvorfor målestasjonenes plassering er justert.

## 3.1 Overvåking under tiltak

### 3.1.1 Turbiditetsovervåking

I overvåkingsstasjonene vist i figur 9, er det utført online-målinger av partikkelspredning - turbiditetsmålinger. Målesystemet for turbiditet var satt opp med en alarmgrense for turbiditet på 10 NTU + referansenivå vedvarende i 20 minutter. Denne grenseverdien ble benyttet ved både mudringsarbeider og tildekking på forurenset sjøbunn. Sjøbunn som allerede har fått et tilstrekkelig første lag med tildekking, har betydelig lavere risiko for spredning av forurenset sediment. Det ble derfor etablert et eget regime for partikkelspredning ved videre tildekking.

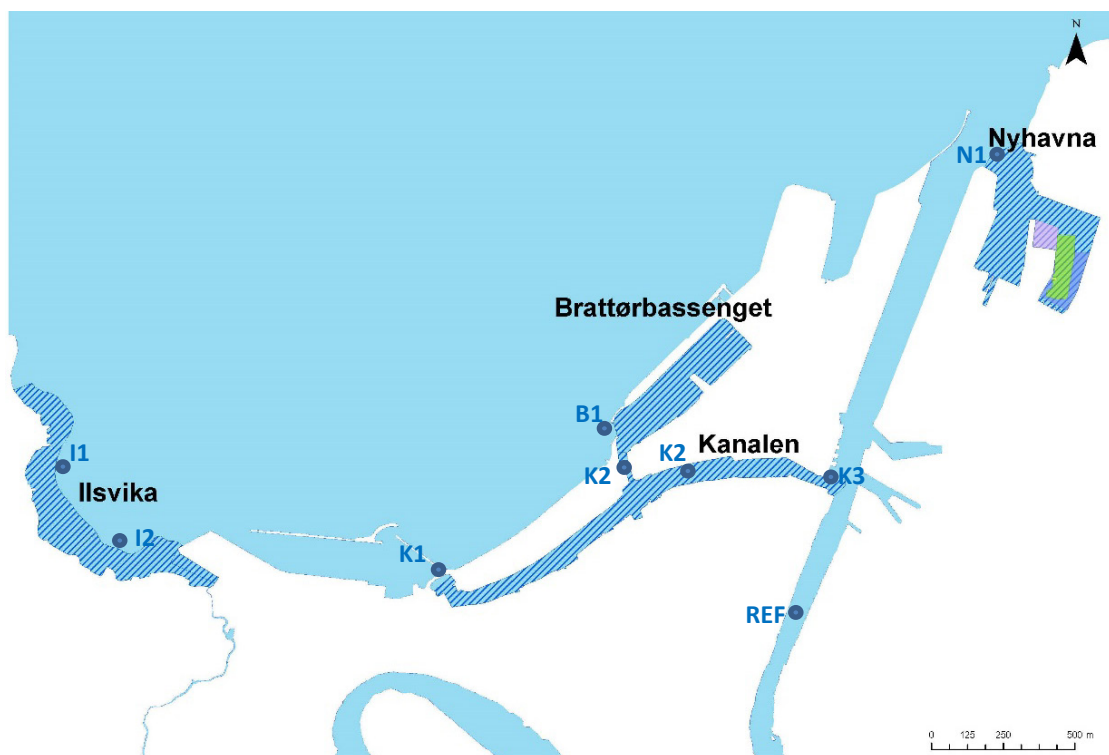
Tildeckingsmassene inneholdt en fraksjon av finstoff som ble i suspensjon over en lengre periode. NGI har målt turbiditet i hele vannsøylen i flere transekter under tildekking med både rainbowing og fallbunnslekter (NGI, 2015g). Overvåking gjennomført i forbindelse med Renere havn viser at finstoffet i tildeckingsmassene skaper en høy turbiditet som vedvarer i mer enn 2 timer i de øvre vannmassene.

Etter at det første tildeckingslaget som er i kontakt med sjøbunnen er på plass vil de neste lagene treffe en sjøbunn som er ren. Partiklene i vannsøylen vil bestå av rene partikler fra dekkmassen som legges ut. I vannsjiktet over sjøbunnen vil partiklene i tillegg skyldes oppvirvling av allerede utlagt dekkmasse. Miljørisiko vil dermed ikke være knyttet til spredning av miljøgifter, men være relatert til eventuelle effekter på biota som følge av nedslamming, effekter på gjeller eller reduserte lysforhold. Det aksepteres derfor et høyere turbiditetsnivå under tildekking etter første lag (NGI, 2015c).

Det ble operert med to alarmgrenser ved tildekking, og alarmgrensene som ble benyttet ble som følger:

- **Lavere AlarmRegime, LAR.** Ved utlegging av først tildeckingslag gjelder grenseverdi som er oppgitt i tillatelsen for å begrense spredning av forurensete partikler. Grenseverdien er referanse + 10 NTU vedvarende i 20 min.
- **Høyere AlarmRegime, HAR.** Ved utlegging av tildeckingsmateriale etter at første tildeckingslag er lagt ut, er risikoen for spredning av forurensete partikler redusert til et minimum. Grenseverdien er satt for å beskytte omgivelsene mot turbiditet. Grenseverdien er definert som referanse + 20 NTU vedvarende i 4 timer.

Turbiditetslogger inkludert start og stopp arbeider er gitt i månedsrapporter.



**Figur 9** Kart med overvåkingsstasjoner for turbiditet, I1, I2, B1, K1, K2 (to ulike steder), K3, N1 og REF under tiltaksgjennomføringen. Stasjonene er justert underveis og de faktiske plasseringer er gitt i månedsrapporter. I Nidelva har det vært plassert en referansestasjon (REF) i hele måleperioden.

### 3.1.2 Vannprøver

Før oppstart av tiltakene ble det tatt ut vannprøver. Disse representerer et bakgrunnsnivå. Under tiltaksgjennomføringen ble det tatt ut vannprøver ved overskridelser av alarmgrense for akseptabelt turbiditetsnivå ved mudring og tildekking. Vannprøvene dokumenterer konsentrasjonen av miljøgifter i vann ved høyt turbiditetsnivå i tiltaksfasen. Det ble i tillegg tatt vannprøver i tiltaksområdene etter at tiltakene var ferdig. Prøvetakingen ble utført i samme dybdenivå som sensor for turbiditet var plassert og prøvene ble analysert for metaller, PAH-16, PCB-7, suspendert stoff og turbiditet. Resultater fra vannprøver er klassifisert i henhold til Miljødirektoratets tilstandsklasser for fjord- og kystfarvann (Miljødirektoratet, 2008). Logger for vannprøvetaking er gitt i månedsrapporter.

### 3.1.3 Sedimentfeller

I overvåkingsstasjonene vist i figur 9 var det i tillegg til turbiditetsmålere, plassert ut sedimentfeller. Sedimentfeller ble satt ut før tiltak for å måle bakgrunnsnivå av partikler som spres uten tiltak. Sedimentfellene ble deretter satt ut igjen før mudring og prøvetatt

(tømt) mellom mudring og tildekking. Sedimentfellene ble til slutt satt ut i tiltaksområdene da tildekking var gjennomført (mai-juli 2016). Total mengde materiale i sedimentfellene ble målt og materialet ble analysert for metaller, PAH-16 og PCB-7.

### 3.1.4 Passive prøvetakere

Passive prøvetakere (POM) måler den løste, biotilgjengelige fraksjonen i meget lave nivåer av de organiske parametrene PAH-16 og PCB. Metoden gir et tidsintegrert gjennomsnitt av konsentrasjonene av enkeltkongenerene av PAH-16 og PCB-7 for perioden POM har stått ute. POM ble plassert ut på sedimentfellene og har tilsvarende måleperioder som disse; før tiltak, under mudring og under tildekking.

### 3.1.5 Sedimentprøver av deponerte masser

Entreprenør tok ut en prøve per lekter av mudret masse. Envisans ukentlige logger angir hvor massen fra de ulike lektene deponeres. Materialet ble analysert for metaller, PAH-16 og PCB-7. Det ble laget en blandprøve per maksimum ca. 3000 m<sup>3</sup> mudrede masser.

## 3.2 Kontroll av utførte tiltak

### 3.2.1 Tildekket sjøbunn

For å kontrollere om tildekkingslagene har oppnådd tilstrekkelig mektighet ble det utført kontroll av mektigheten på filterlaget samt for erosjonslag der det var aktuelt. Den fysiske bestemmelsen av mektighet er utført ved survey av Envisan. Byggeleder har kontrollert og godkjent oppmåling mellom utlegging av filterlag og erosjonslag eller bestemt om tildekkingslaget har tilstrekkelig mektighet.

For å vurdere om tildekkingslaget har tilfredsstillende kjemisk innhold er det tatt ut prøver etter at filterlaget har oppnådd tilstrekkelig mektighet. Rett etter tiltakene er gjennomført er det forventet at overflatelaget i tiltaksområdene vil tilfredsstille tilstandsklasse 1 eller 2.

Det er utarbeidet et overvåkingsprogram for fysisk overvåking av tildekkingslag (NGI, 2016 (NGI, 2017c)). Denne omfatter dykkerinspeksjon i angitte områder i de ulike delområdene.

### 3.2.2 Deponi

Tildekkingslaget på sjøbunnsdeponiet er kontrollert tilsvarende som for filterlag i østre basseng. For deponiene er det laget et overvåkingsprogram (NGI, 2017c). Arbeidet med overvåking i brønner i strandkantdeponiet startet våren 2016, mens overvåking av sjøbunnsdeponiet startet sommeren 2016. Programmet omfatter prøvetaking av vann, passive prøvetakere i brønner, passive prøvetakere i vannsøyle og måling med diffusjonskamre på sjøbunnsdeponi. Resultater fra overvåking rapporteres årlig. For fysisk

overvåking av strandkantdeponiet var det under tiltak utført målinger av setningsutvikling. Det er ikke angitt videre overvåking av dette etter ferdig deponi. For fysisk overvåking av sjøbunnsdeponiet inngår området i den ordinære fysiske overvåkingen av tildekkingslag i Nyhavna (NGI, 2017c).

### 3.3 Resultater Brattørbassenget

#### 3.3.1 Turbiditetsmålinger

Turbiditeten ble under mudringen målt i utløpet av Brattørbassenget. I dette området er det meget komplekse strømforhold, da store mengder vann fra Kanalen kommer via Ravnklølopet og river med seg vann fra Brattørbassenget og videre ut i utløpet av Brattørbassenget (SINTEF, 2016).

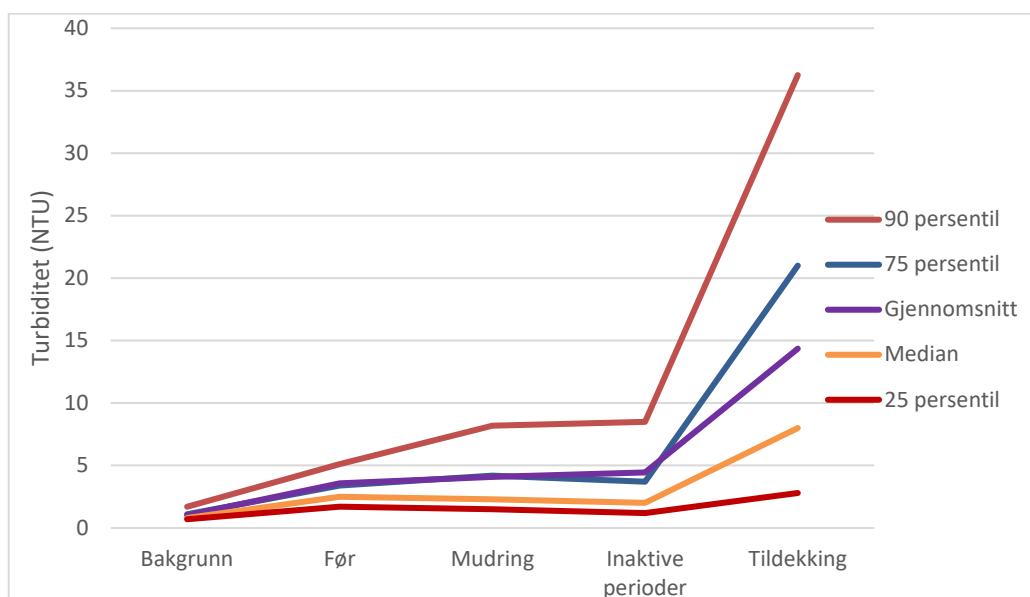
Mudringen ble utført 14. juni - 24. juni 2015, døgkontinuerlig for minst mulig å komme i konflikt med rutegående trafikk i området. I mudreperioden på 11 dager, hvor entreprenøren hadde drift både dag og natt, ble det registrert 13 overskridelser av turbiditet. Basert på da entreprenør fikk SMS-varsel om stopp på grunn av høy turbiditet og oppstart igjen etter akseptabelt turbiditetsnivå, er perioder i stopp i arbeider i ca. 20 timer i arbeidsperioden 13. juni - 24. juni. Da er perioder hvor alarmer har gått av og entreprenøren har notert at de ikke utførte arbeid tatt ut. Inkludert i dette er én lengre periode med høy turbiditet (estimert til 10 arbeidstimer), mens for de 12 øvrige overskridelsene er gjennomsnittlig varighet for overskridelser 1 time og 20 min.

Tildekking av indre del av Brattørbassenget ble utført 27. juli til 13. august 2015, ytre basseng 26. august til 5. september og utløpet ble tildekket den 28. november til 1. desember. Ved utlegging av 1. lag i de to områdene ble det registrert 2 overskridelser for turbiditet. Etter første lag er det registrert 4 overskridelser. Varighet på overskridelse under tildekking av første lag var 9 timer mens for utlegging etter første lag var det 27 timer. Sistnevnte periode er overskridelse av høyere alarmregime og er relatert til turbiditet grunnet spredning av rene tildekkingsmasser, noe som også vises tydelig i materialet i sedimentfeller som sto ute i tildekkingsperioden, se tabell 10.

En statistisk presentasjon av turbiditetsnivåer fra før tiltakene startet, under mudring og under tildekking er gitt i tabell 7 og figur 10. Bakgrunnsmålingene inneholder data fra målinger fra februar t.o.m. mai 2015. Målingene viser lav turbiditet i vintermånedene, mens bakgrunnen øker i perioden rett før oppstart av tiltakene, se juni før tiltak i tabell 7. Statistikken inneholder faktisk målt turbiditetsnivå i området, ikke fratrukket referanse. Feilmålinger som f.eks. begroing på måler er tatt ut av statistikken.

**Tabell 7** Statistikk for turbiditetsmålinger før tiltak, under mudring, inaktive perioder og under tildekking.

	Bakgrunn	Før	Mudring	Inaktive perioder	Tildekking
Periode	Februar t.o.m. mai 2015	Juni før tiltak	13.juni-24.juni	25.juni-26.juli 14.aug-26.aug	27.juli-13.aug 26.aug-5.sept
10 persentil	0,6	1,3	1,2	0,9	1,5
25 persentil	0,7	1,7	1,5	1,2	2,8
Median	0,8	2,5	2,3	2	8
Gjennomsnitt	1,02	3,6	4,1	4,5	14,4
75 persentil	1,1	3,4	4,2	3,7	21
90 persentil	1,7	5,11	8,2	8,5	36,3



**Figur 10** Statistiske turbiditetsdata for Brattørbassenget.

Resultater fra turbiditetsmålinger viser at mudringen medfører noe forhøyet turbiditet sammenliknet med målinger før anleggsperioden. Nivået under mudring er på samme nivå som i inaktiv periode mellom mudring og tildekking. Under tildekking øker turbiditeten betydelig, som relateres til spredning av rene tildekkingspartikler.

### 3.3.2 Vannkvalitet i Brattørbassenget

Gjennomsnittlige resultater av vannprøver tatt før tiltak, under mudring, under tildekking av lag 1 og tildekking av lag 2 er vist i tabell 8. Under mudring øker konsentrasjonen av metaller i vannet, målt i prøver tatt ved overskridelser av turbiditet. Metallkonsentrasjonen øker for enkelte parametere med en faktor opp mot 10, som medfører at det

for enkelte parametere går fra klasse 2 til klasse 4 iht. veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Miljødirektoratet, 2008). For andre metaller er det økt konsentrasjon som gir høyere tilstandsklasse. Det er imidlertid observert enkeltepisoder der konsentrasjon av enten kobber eller sink kommer opp i konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse 5 (omfattende akutt-toksiske effekter).

For vannprøver viser PAH-16 tilsvarende som for enkelte metaller episodisk hendelse med tilstandsklasse 5 (omfattende akutt-toksiske effekter), vist i tabell 8 og tabell 9. Det er pyren som gir tilstandsklasse 5 for PAH-16.

PCB er kun påvist i en vannprøve under tiltak, og er ellers ikke påvist.

**Tabell 8** Gjennomsnittlige resultater fra vannprøver tatt før tiltak (bakgrunn), under mudring, under tildekking av 1 lag og tildekking av 2 lag ( $\mu\text{g/l}$ ), samt etterkontroll. Resultatene er sammenliknet med Miljødirektoratets tilstandsklasser for fjord- og kystfarvann, (Miljødirektoratet, 2008).

Brattørbassenget	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn	B(a)p	PAH-16	PCB-7
Bakgrunn	<0,05	0,407	1,56	<0,002	1,85	<2	<0,020	<0,020	n.d.
Mudring, snitt	0,055	1,3	2,6	0,002	4,2	10,4	0,016	0,153	0,0005
Tildekking 1. lag snitt	0,0693	0,61	0,96	0,0010	0,33	6,0	<0,020	n.d.	n.d.
Tildekking etter 1. lag, snitt*	0,0402	2,84	0,77	0,0010	1,24	4,9	<0,020	n.d.	n.d.
Etter tiltak	<0,05	0,348	1,95	<0,002	7,51	52	<0,020	n.d.	n.d.

\*: gjelder representative prøver

Der forbindelser ikke er påvist er halv deteksjonsgrense brukt i videre klassifisering og beregninger.

Vannprøvene er analysert på ufiltrerte, oppsluttede prøver som inkluderer analyse av vannløste og partikkelbundne parametere. Partikkelbundne parametere er mindre relevante i forhold til faktisk opptak i organismer. For å vurdere hva som kan tas opp i organismer er det også utført analyse av passive prøvetakere (POM) på PAH-16 og PCB. Resultater fra analyse av PAH-16 i vannprøver og POM er vist i tabell 9. Analyseresultater for enkeltforbindelser av PCB i POM viser ingen signifikant forskjell mellom før mudring og under mudring. PCB er kun påvist i en vannprøve, eller ikke påvist. Mudringen har dermed ikke medført økning av vannløste, biotilgjengelige PCB-forbindelser.

Tabell 9 Resultater fra analyse PAH-16 i vannprøver og POM (µg/l) fra Brattørbassenget

Uke	Naftalen	Acenaftylen	Acenaften	Fluoren	Fenantren	Antracen	Fluoranten	Pyren	Benso (a)antracen	Krysen <sup>^</sup>	Benso (b)fluoranten	Benso (k)fluoranten	B(a)p	Dibenso (ah)antracen	Benso (ghi)perylene	Indeno (123cd)pyren	Σ PAH-16	
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
B1 Bakgrunn vannprøve	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	
B1 bakgrunn POM	0,0162	0,0035	0,0040	0,0056	0,0139	0,0003	0,0034	0,0031	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000422	4,3E-06	1,3E-05	2,2E-05	0,0504	
B1 mudring - vannprøve	<0.100	<0.010	<0.010	<0.020	<0.030	<0.020	<0.030	<0.060	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.020	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	
	<0.100	<0.010	<0.010	<0.020	<0.030	<0.020	<0.030	<0.060	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.020	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	
	<0.100	<0.010	<0.010	<0.020	<0.030	<0.020	<0.030	<0.060	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.020	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	
	<0.100	<0.010	<0.010	<0.020	<0.030	<0.020	0,032	<0.060	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.020	<0.010	<0.010	<0.010	0,032	
	<0.100	<0.010	<0.010	<0.020	0,032	<0.020	0,142	0,464	0,058	0,041	0,132	0,044	0,071	<0.010	0,099	0,048	1,1	
	<0.100	<0.010	<0.010	<0.020	<0.030	<0.020	<0.030	<0.060	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.020	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	
	<0.100	<0.010	<0.010	<0.020	<0.030	<0.020	<0.030	<0.060	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.020	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	
	<0.100	<0.010	<0.010	<0.020	<0.030	<0.020	<0.030	<0.060	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.020	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	
	*	*	*	*	<0.030	<0.020	<0.030	0,076	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.020	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	*
	<0.100	<0.010	<0.010	<0.020	<0.030	<0.020	<0.030	<0.060	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.020	<0.010	<0.010	<0.010	n.d.	
<0.100	<0.010	0,014	<0.020	<0.030	<0.020	0,08	0,121	0,013	<0.010	<0.010	<0.010	<0.020	<0.010	<0.010	<0.010	0,23		
<0.100	<0.010	<0.010	<0.020	<0.030	<0.020	0,08	0,097	0,024	0,029	0,028	0,014	0,021	<0.010	0,013	0,013	0,32		
B1 mudring POM	0,0183	0,0038	0,0054	0,0082	0,0264	0,0015	0,0151	0,0168	0,0012	0,0018	0,0010	0,0007	0,0003	3,9E-05	8,8E-05	0,0001	0,1008	
B1 Etterkontroll POM	0,0056	0,0010	0,0803	0,0645	0,1103	0,0917	0,0286	0,0151	0,0001	0,0003	0,0001	**	0,0000	2,0E-06	4,0E-07	0,0000022	0,3975	

\*Prøvematriks gir interferens pga prøvemateriale. \*\* Samlet for b+k bensofluoranten.

Der forbindelser ikke er påvist er halv deteksjonsgrense brukt i videre klassifisering og beregninger.



### 3.3.3 Sedimentfeller

Det er satt ut sedimentfeller før tiltak, under mudring og under tildekking for å vurdere konsentrasjoner av metaller, PAH og PCB i partikler som spres under de ulike operasjonene. Resultater for sedimentfeller vist i tabell 10 viser at det ved mudring er en økning i mengde materiale som sedimenterer, noe som er forventet. Kvaliteten på det sedimenterende materialet ble i denne perioden dominert av oppvirvlet sediment, noe som gir en dårligere kjemisk kvalitet på materialet. For metallene er det en økning på 0-3 tilstandsklasser, hvor størst økning er for kvikksølv og nikkel. For PAH er det en økning i konsentrasjon tilsvarende 0-4 klasser, hvor størst økning er for krysens.

Ved tildekkingsarbeidene observeres den høyeste sedimentasjonen i området, som skyldes utlegging og dermed tilførsel av tildekkingsmasser. Kvaliteten på dette materialet er imidlertid rent, og gjenspeiler at det er tildekkingsmassene som totalt dominerer partikkeltypen i vannmassene. Resultatene bygger opp under vurderingene som er gjort tidligere ved innføringen av et høyere alarmregime (HAR), at det under tildekking av masser utover første lag ikke lenger er risiko for spredning av forurensning.

Resultater fra etterkontrollen utført i fra 30. mai til 20. juli 2016 viser at konsentrasjonene i PAH-16 er noe redusert. For metaller foreligger ikke analyser, pga. ikke tilstrekkelig prøvemateriale fra etterkontrollen. Sedimenteringsraten per år i bakgrunnsprøven er regnet til 3 mm per år. For etterkontrollen er sedimentasjonsraten imidlertid halvert til 1,5 mm per år. Dette kan bero på årstidsvariasjoner (værforhold). Bakgrunnsfellen sto ute i januar-mars, mens etterkontrollen sto ute i mai-juli. Redusert mengde materiale i sedimentfellen etter tiltak kan også skyldes at ny sjøbunn etter tiltak er erosjonsbeskyttet, noe som gir en redusert oppvirvling av partikler til vannmassene fra sjøbunnen.

Tabell 10 Analyseresultater fra sedimentfeller i Brattørbassenget før tiltak, under mudring og under tildekking samt etterkontroll ved ferdig tiltak.

Stoff	Enhet	B1	Mudring B1 9/7-15	Tildekking B1 11/9-15	Etterkontroll B1 20/7-16
Mengde total, tørt	g	13	86	310	4,6
As (Arsen)	mg/kg TS	11	10	<1,0	*
<b>Cd (Kadmium)</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>0,16</b>	<b>0,58</b>	<b>&lt;0,10</b>	*
Cr (Krom)	mg/kg TS	73	81	3	*
<b>Cu (Kopper)</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>59</b>	<b>67</b>	<b>4,7</b>	*
<b>Hg (Kvikksølv)</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>&lt;0,10</b>	<b>0,84</b>	<b>&lt;0,10</b>	*
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	41	49	3,1	*
<b>Pb (Bly)</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>56</b>	<b>57</b>	<b>1,7</b>	*
Zn (Sink)	mg/kg TS	112	232	7,2	*
Naftalen	mg/kg TS	<0,050	0,082	<0,050	0,4
Acenaftylen	mg/kg TS	<0,050	0,053	<0,050	<0,050
Acenaften	mg/kg TS	<0,050	0,053	<0,050	<0,050
Fluoren	mg/kg TS	<0,050	0,081	<0,050	<0,050
Fenantren	mg/kg TS	0,36	0,41	<0,050	0,19
Antracen	mg/kg TS	0,088	0,28	<0,050	0,074
Fluoranten	mg/kg TS	0,76	2,2	<0,050	0,44
Pyren	mg/kg TS	0,53	2,6	<0,050	0,31
Benso(a)antracen	mg/kg TS	0,25	0,75	<0,050	0,1
Krysen	mg/kg TS	0,23	0,64	<0,050	0,16
Benso(b)fluoranten	mg/kg TS	0,22	0,89	<0,050	0,084
Benso(k)fluoranten	mg/kg TS	0,13	0,29	<0,050	0,052
<b>Benso(a)pyren</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>0,26</b>	<b>0,68</b>	<b>&lt;0,050</b>	<b>0,071</b>
Dibenso(ah)antracen	mg/kg TS	<0,050	0,13	<0,050	<0,050
Benso(ghi)perylene	mg/kg TS	0,24	0,78	<0,050	0,064
Indeno(123cd)pyren	mg/kg TS	0,24	0,61	<0,050	0,068
<b>Sum PAH-16</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>3,31</b>	<b>10,5</b>	<b>n.d.</b>	<b>2,01</b>
<b>Sum PCB-7</b>	<b>mg/kg TS</b>	<b>0,0081</b>	<b>0,0422</b>	<b>n.d.</b>	<b>n.d.</b>
TBT <sup>1)</sup>	µg/kg TS	4			

1)Forvaltningsmessig grenseverdi for TBT.

\* ikke tilstrekkelig materiale for analyse av metaller.

Der forbindelser ikke er påvist er halv deteksjonsgrense brukt i videre klassifisering og beregninger

### 3.3.4 Vurdering av spredning i Brattørbassenget

I mudreperioden, ble det registrert 13 overskridelser som følge av mudrearbeidene. Resultatene fra turbiditetsmålinger under anleggsarbeid, sammenliknet med målinger før anleggsarbeidet, viser at mudring som forventet medfører høyere turbiditet.

Selv om vannprøvedata ikke påviste PAH i vann, viser resultater fra POM at det pågår en spredning av vannløste, biotilgjengelige PAH-forbindelser i perioden før tiltak. Vannprøven er en stikkprøve som dermed ikke har fanget opp denne spredningen. POM

som har stått ute under mudring, viser at gjennomsnittskonsentrasjonen for vannløste, biotilgjengelige PAH-forbindelser i vannmassene økte med en faktor på 1 til 20 under mudring. Økningen er hovedsakelig størst for de tyngste PAH-kongenerene.

Selv om det i mudreperioden er registrert vannprøver med enkelte PAH-forbindelser i tilstandsklasse 5 (omfattende akutt-toksiske effekter) er det påvist at den vannløste, biotilgjengelige konsentrasjonen er vesentlig lavere.

Grenseverdier for klassifisering av vann (Miljødirektoratet, 2016) angir miljøkvalitetsstandarder (EQS) for årlig gjennomsnittskonsentrasjon (AAEQS) og maksimal verdi for kystvann. EQS gjelder for vannprøver, men for å angi nivå på PAH i POM er konsentrasjon av benso(a)pyren i POM sammenstilt med EQS for denne parameteren. Benso(a)pyren kan betraktes som en markør for PAH. Konsentrasjon av benso(a)pyren i POM under mudring (0,00028 µg/l) er sammenlignet med årlig gjennomsnittskonsentrasjon (0,00017 µg/l) og er marginalt overskredet i anleggsperioden. Overskridelsen er imidlertid lavere enn maksimal årlig verdi (0,027 µg/l) som er ansett å beskytte mot kortvarig utslipp av denne forbindelsen.

Etterkontrollen med POM viser en reduksjon av de tyngre PAH-kongenerene, som typisk er relatert til forurenset sjøbunn. For de lettere PAH-kongenerene er det imidlertid observert en økning, noe som ikke har sammenheng med de gjennomførte tiltak i forurenset sjøbunn. Dette skyldes derfor andre kilder.

Resultater fra sedimentfellene viser at partikler som ble spredt i en periode på 2 uker under mudring, hadde høyere konsentrasjon av miljøgifter enn bakgrunnsbredning. Under tildekking, har partiklene som spres lavere konsentrasjon av miljøgifter enn før tiltak. Det samme spredningsmønsteret kan antas for partikler som spres før tiltak, under mudring og under tildekking. Etter tildekking, kan man derfor forvente at tilliggende områder ikke er påvirket negativt som følge av spredning på grunn av anleggsarbeidet (spredning under mudring etterfulgt av spredning av tildekkingsmateriale).

Etterkontrollen med sedimentfeller viser at det fortsatt pågår en spredning av PAH ut av Brattørbassenget. Bidraget fra forurenset sjøbunn er imidlertid redusert som følge av tiltakene, så etterkontrollen gjenspeiler det generelle urbane bidraget.

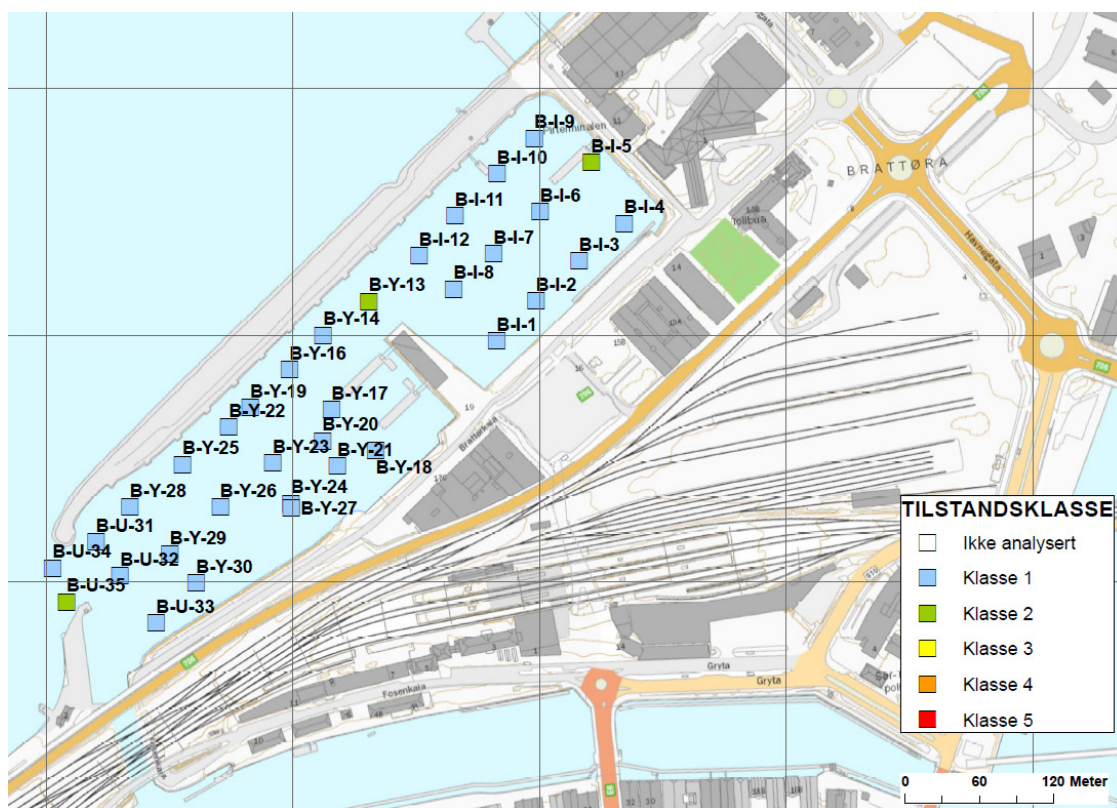
### 3.3.5 Kontroll av tildekket sjøbunn i Brattørbassenget

Den kjemiske kontrollen av tildekkingslaget ble utført ved prøvetaking i et rutenett på ca. 50 x 50 m. Resultater fra kontrollen viser at det for filterlaget ble oppnådd tilstandsklasse 1 for metaller, bortsett fra for kvikksølv som er påvist i tilstandsklasse 2 i to prøvestasjoner, se figur 11. Klassifisering av ny sjøbunn er basert på rapporteringsparametere. For to stasjoner er det påvist PAH-komponenter hhv i tilstandsklasse 3 og klasse 4, men PAH-16 er innenfor klasse 2.

Der den fysiske kontrollen av filterlaget ikke viste tilstrekkelig mektighet er det gjort supplerende tildekking før utlegging av erosjonslag. Dette er gjort etter at prøvetaking av filterlaget ble utført. Det gir sannsynlig forbedring av det kjemiske innholdet etter ferdig utlegging i stasjoner hvor det er påvist forhøyet tilstandsklasse.

Miljømålet umiddelbart etter utført tiltak, (tilstandsklasse 1 og 2) er dermed oppnådd.

En oppsummering av fysisk kontroll av tildekkingslag er fra byggherre gitt i tabell 11. Tabellen beskriver hvilke dokumenter som ligger til grunn for vurderinger om oppnådd tilstrekkelig mektighet i ulike lag og områder.



**Figur 11** Tilstandsklassifisering av filterlag i tiltaksområdet Brattørbassenget før tildekking med erosjonslag. Stasjoner er klassifisert etter Miljødirektoratets tilstandsklasser for sediment.

Tabell 11 Fysisk kontroll av tildekking i Brattørbassenget.

Brattørbassenget							
Område	Materiale	Krav	Toleranse +/-	Metode	Tetthet/omfang	Utført/referanse	Resultat/avvik
Brattørb. Indre del	Filter 0/18	35 cm	5 cm	Scanning	Kontinuerlig, heldekkende	Fortløpende "scanning result"	Litt tynt i en skråning (< 400 m2) ellers OK, Godkjent, se fotnote. Uttynning mot steinfylling er
	Erosjonslag 0/18	10 cm	5 cm	Scanning	Kontinuerlig, heldekkende	[5]	Filter og erosjonslag er kontrollert og godkjent under ett, da det i stor grad er brukt samme materiale. Godkjent
	Begge lag			Volum levert	Gjennomsnitt	Konossement på skipslaster	Benyttet for å korrelere målebrev og sjekke mot teoretisk mengde = Godkjent
Brattørb. Ytre del	Filter 0/18	30 cm	5 cm	Scanning	Kontinuerlig, heldekkende	Fortløpende, eks.: [9]	Godkjent med noen undermål, da 0/63 jevner ut og har filtereffekt
	Erosjonslag 0/63	15 cm	5 cm	Scanning	Kontinuerlig, heldekkende	[7]	Godkjent etter reparering med supplerende tildekking i punkter etter scanning
				Capping log, GPS styring	Rapport utført pr. «dumping boxes»	Ukerapporter	Benyttet til å styre anbrakt volum
				Dykker-inspeksjoner	Avtalte profiler	[6] [8]	Godkjent, med mindre avvik.  Godkjent. Lukker ovennevnte avvik

Byggeleders kommentar til resultat/avvik i kontrolltabell:

I en dyprenne sentralt i indre basseng er det bratt sideskråning. Gjentatte forsøk på å øke lagtykkelsen her medførte at det la seg mer i bunnen, så det er sannsynlig at tildekkingen er noe tynn i de bratteste skråningene. Dette er på en dybde og en posisjon som ikke er utsatt for erosjon fra båttrafikk med den bruken indre basseng vil ha. Langs brygger/molo på nordsiden, i utløpet av Ravnkløpet og ved gammel og ny utfylling for hurtigbåtterminaler består sjøbunnen av steinfylling, og her er det ikke tilsiktet å oppnå tildekking. I innløpet til Brattørbassenget er det utført tildekking ut over planlagt tiltak, men sterk strøm har jevnet ut tildekkingen og etterlatt lite finstoff. Sannsynlig har dette medført betydelig tildekking på større dyp utenfor, noe som anses som en «bonus» i prosjektet.

Referanser:

[5]: Envisan ENV2707.SUR.RQ204.0047.01 Outsurvey Capping Inner Basin Brattøra; 14.8.2015

[6]: Envisan: Capping Brattøra Diving inspection capping layer – survey amendment (memo); 2.6.2016

[7]: Envisan ENV2707.SUR.RQ204.0051.01 Outsurvey Capping Inner/outer Basin Brattøra; 14.8.2015

[8]: Norsk Havservice, dykkerrapport; 8.11.2016

[9]: Envisan: ENV.SUR.RQxx. Preliminary chart capping Brattøra; 7.9.2015

## 3.4 Resultater Nyhavna

### 3.4.1 Turbiditetsmålinger

I Nyhavna pågikk det mudring og deponering på innsiden av siltgardinen i perioden 15. til 28. april og i perioden 13. juni til 12. juli 2015. Mudring i ytre basseng utenfor siltgardin pågikk i periodene 28. april til 13. juni og 12. juli til 7. august 2015.

I perioden 16. september til 16. desember 2015 pågikk kun deponeringsarbeider innenfor siltgardinen.

I januar 2016 pågikk parallelle aktiviteter i Nyhavna. Da ble det gjennomført tildekking av ytre basseng samtidig med deponering på innsiden av siltgardin i østre basseng. Siltgardinen sto oppe til det var lagt ut en første tildekkingslag i østre basseng og på sjøbunnsdeponiet. Perioder for ulike aktiviteter i Nyhavna er gitt i tabell 12, som danner grunnlag for statistiske data i tabell 13 og figur 12.

Tabell 12 Oversikt over ulike aktiviteter i Nyhavna måler N1.

Aktivitet i måleperiode	Fra	Til
Bakgrunn	2015-02-17 13:30	2015-04-15 3:00
1.Periode med mudring og deponering kun innenfor siltgardinen	2015-04-15 13:00	2015-04-28 9:20
1.periode med mudring ytre basseng og munning	2015-04-28 09:20	2015-06-13 13:30
2. periode med mudring og deponering kun innenfor siltgardinen	2015-06-13 13:30	2015-07-12 09:40
2.periode med mudring ytre basseng og munning	2015-07-12 09:40	2015-08-07 09:15
Ingen arbeider	2015-08-07 09:15	2015-09-16 09:30
Deponering indre basseng	2015-09-16 09:30	2015-12-16 10:45
Ingen arbeider	2015-12-16 10:45	2016-01-06 12:15
Tildekking ytre basseng	2016-01-04 11:15	2016-02-02 04:55
Deponering og utjevning av sjøbunnsdeponi	2016-02-02 05:00	2016-03-09 12:50
Tildekking i østre basseng med siltgardin	2016-03-09 13:00	2016-03-31 23:50
Tildekking i østre basseng etter demontering av siltgardin	2016-04-05 07:10	2016-05-30 09:00

Turbiditetsovervåkingen i Nyhavna foregikk i utløpet av bassenget. I tillegg har entreprenøren hatt egen målestasjon på innsiden av siltgardinen for å bestemme om det er tilstrekkelig lavt turbiditetsnivå for å kunne senke siltgardinen etter deponering. Ved mudring i østre basseng ble siltgardinen benyttet både ved mudring og deponering, samt også ved tildekking av 1. tildekkingslag i området. Tildekking under DORA 1 ble av tekniske årsaker utført sent i prosessen. Siltgardinen demontert fordi det allerede var tildekket med et første lag i hele østre basseng, samt at området der siltgardinen var

plassert også skulle tildekkes. Risikoen for spredning herfra var imidlertid vurdert å være meget liten.

En statistisk presentasjon av turbiditetsnivåer før tiltakene startet, under mudring og deponering i Nyhavna er gitt i tabell 13 og figur 12. Statistikken inneholder faktisk målt turbiditetsnivå i området, ikke fratrukket referanse. Feilmålinger som f.eks. begroing på måler er tatt ut av statistikken.

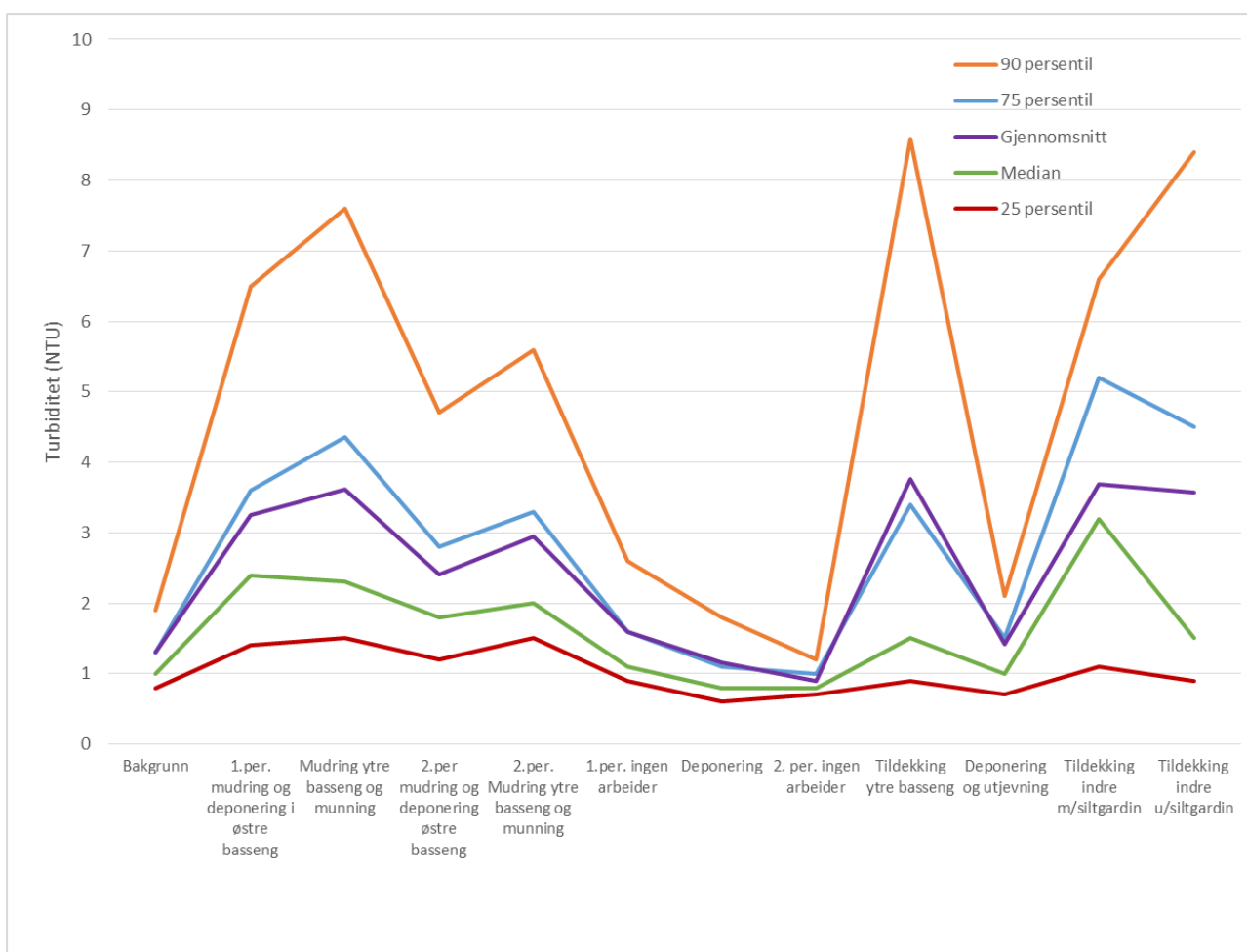
I perioden er det registrert totalt 25 overskridelser (24 vannprøver) av grenseverdien for turbiditet når det pågikk mudrings- og/eller deponeringsarbeider i Nyhavna. Majoriteten av overskridelsene er relatert til arbeidsperioder hvor det er utført mudring i det ytre bassenget, dvs. utenfor siltgardinen. Det er registrert høye turbiditetsnivåer i målestasjonen ved utløpet som kan relateres til skipstrafikken. Det er kun registrert en overskridelse i perioden hvor det kun har vært deponering, dette var i 2015. I arbeidsperioden er det under mudring og deponering beregnet en potensiell nedetid for entreprenør på 23 timer i mudreperioden 14. april til 7. august. Da er perioder hvor alarmer har gått relatert til skipstrafikk og perioder hvor entreprenøren ikke utførte arbeid tatt ut. Varighet for overskridelsene har gjennomsnittlig vært i størrelsesorden 1 time.

Det er registret overskridelser under tildekking i Nyhavna. Flere av overskridelsene har skjedd om natten, eller etter at arbeidene er stoppet. Reelle overskridelser i arbeidstiden har vært relatert til tildekking av allerede eksisterende sjøbunn.

Resultatene fra turbiditetsmålinger viser at arbeidene med mudring og deponering innenfor siltgardina gir en forhøyet turbiditet sammenliknet med før anleggsperioden. Det er mudring i ytre basseng, nær turbiditetsmåleren, som gir perioder med de høyeste turbiditetsverdiene og flest overskridelser. For tildekking er turbiditeten forhøyet med bakgrunn i tilførsel av rent tildekkingsmateriale i vannsøylen. Perioder med deponering alene har et turbiditetsnivå i størrelsesorden som bakgrunnsnivå i N1.

Tabell 13 Statistikk for turbiditet (NTU) under ulike aktiviteter i Nyhavna.

	Bakgrunn	1.per. mudring og deponering i østre	Mudring ytre basseng og munning	2.per mudring og deponering østre	2.per. Mudring ytre basseng og	1.per. ingen arbeider	Deponering	2. per. ingen arbeider	Tildekking ytre basseng	Deponering og utjevning	Tildekking indre m/siltgardin	Tildekking indre u/siltgardin
Min	0,5	0,5	0,5	0,2	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,2
10 persentil	0,7	1	1,1	0,9	1,1	0,8	0,6	0,6	0,7	0,6	0,5	0,7
25 persentil	0,8	1,4	1,5	1,2	1,5	0,9	0,6	0,7	0,9	0,7	1,1	0,9
Median	1	2,4	2,3	1,8	2	1,1	0,8	0,8	1,5	1	3,2	1,5
Gjennomsnitt	1,3	3,3	3,6	2,4	2,9	1,6	1,2	0,9	3,8	1,4	3,7	3,6
75 persentil	1,3	3,6	4,35	2,8	3,3	1,6	1,1	1	3,4	1,5	5,2	4,5
90 persentil	1,9	6,49	7,6	4,7	5,6	2,6	1,8	1,2	8,59	2,1	6,6	8,4
Maks	62,5	36,7	47,2	27,1	45,2	32,7	62,5	16,7	62,5	61,3	62,5	62,5



Figur 12 Grafisk framstilling av statistikk for målt turbiditet under ulike aktiviteter i Nyhavna.

### 3.4.2 Vannkvalitet i Nyhavna

Gjennomsnittskonsentrasjoner i vannprøver fra Nyhavna (tatt ved turbiditetsmåler N1) er vist i tabell 14. For metallene krom, kobber, nikkel og bly sees det en økning i gjennomsnittlige konsentrasjoner i periode hvor det pågikk både mudring og deponering, sammenliknet med før anleggsperioden (bakgrunn).

Vannprøvene tatt i utløpet av Nyhavna da det ble utført arbeid på utsiden av siltgarden, viser høyere innhold av suspendert stoff, enn prøver tatt ved samme sted under arbeid på innsiden av siltgarden. For metaller er det imidlertid ingen klar forskjell i konsentrasjoner.



**Tabell 14** Gjennomsnittlige resultater fra vannprøver tatt før tiltak (bakgrunn) og under mudring ( $\mu\text{g/l}$ ). Resultatene er sammenliknet med Miljødirektoratets tilstandsklasser for fjord- og kystfarvann, (Miljødirektoratet, 2008).

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	B(a)P	$\Sigma$ PAH-16	$\Sigma$ PCB-7
Bakgrunn	<0,05	0,195	1,46	<0,002	0,93	0,90	16,2	<0,020	n.d.	i.p.
Mudring og deponering, snitt	0,03	1,42	2,1	0,002	2,6	2,22	16,8	0,022	0,254	0,000
MEDIAN	0,09	0,766	1,690	0,003	2,430	1,490	13,850	0,024	0,310	i.p.
STDAV	0,02	1,820	1,818	0,002	1,985	3,587	13,792	0,040	0,511	-
Tildekking, snitt	0,03	2,96	1,5	0,002	1,9	1,84	10,8	0,010	0,014	0,000
MEDIAN	0,091	0,765	1,540	0,003	1,835	1,335	9,380	0,024	0,265	i.p.
STDAV	0,0	2,567	0,503	0,001	2,175	0,748	5,128	0,000	0,528	-

n= 24 (mudring) n=9 (tildekking)

Det er brukt halv deteksjonsgrense for klassifisering av parametere som ikke er påvist

Vannprøvene er analysert på ufiltrerte prøver som inkluderer analyse av vannløste og partikkelbundne parametere. Partikkelbundne parametere er mindre relevant i forhold til faktisk opptak i organismer.

For å vurdere hva som kan tas opp i organismer, er det også utført analyse av passive prøvetakere (POM) på PAH og PCB. Resultater fra analyse av PAH i vannprøver og POM er vist i tabell 15. POM som sto ute under første periode med mudring viser en økning i konsentrasjon i forhold til nivå i bakgrunnsmåling. En POM som sto på sedimentfelle på innsiden av siltgardinen i Nyhavna da det foregikk parallelle aktiviteter viser høyere innhold av PAH-16 enn POM som sto i utløpet under mudring. For BaP er imidlertid nivået lavere. POM under andre periode med mudring ble ikke gjenfunnet. POM som sto ute under tildekking ble ødelagt i lab og det er foreligger derfor ikke resultater for denne måleperioden.

Resultatene fra POM viste ingen økning av PCB-forbindelser under mudring eller deponering. Dette viser at mudringen ikke har medført økte konsentrasjoner av vannløste, biotilgjengelige PCB-forbindelser.

Tabell 15 Resultater fra analyse av PAH i vannprøver og POM ( $\mu\text{g/l}$ ) ved Nyhavna.

Uke	Periode	Naftalen	Acenaftylene	Acenaften	Fluoren	Fenantren	Antracen	Fluoranten	Pyren	Benso(a) antracen	Krysen	Benso(b) fluoranten	Benso(k) fluoranten	B(a)P	Dibenso(ah)a ntracen	Benso(ghi) perylene	Indeno(123- cd)pyren	$\Sigma$ PAH-16
		$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Bakgrunn	Vannprøve Bakgrunn	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
	POM bakgrunn	0,0169	0,00347	0,00481	0,00536	0,0128	0,000797	0,00614	0,00265	0,000357	0,00062	0,000477	0,000389	0,000191	0,0000158	0,0000391	0,0000786	0,0551
16	Vannprøve Mudring og deponering kun innenfor siltgardinen i østre basseng	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
18		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	0,03	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	0,03
19		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
20	Vannprøve Mudring vestre (ytre) basseng og munningen av Nyhavna	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	0,012	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	0,012
		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
21		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
22		<0,100	<0,010	0,01	<0,020	<0,030	<0,020	0,084	0,102	0,022	0,016	0,028	0,013	0,022	<0,010	0,013	<0,010	0,31
		<0,100	<0,010	0,015	<0,020	<0,030	<0,020	0,055	0,098	0,015	0,011	0,021	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	0,22
27	Mudring og deponering innen siltgardin ø. basseng	<0,200	<0,050	0,013	<0,020	<0,030	<0,020	0,041	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	0,054
	POM 15.04-28.07 (mudring)	0,0115	0,0026	0,0045	0,0053	0,0284	0,0016	0,0184	0,0212	0,0024	0,0031	0,0030	0,0019	0,0010	0,0001	0,0002	0,0004	0,1056

Uke	Periode	Naftalen	Acenaftylen	Acenaften	Fluoren	Fenantren	Antracen	Fluoranten	Pyren	Benso(a) antracen	Krysen	Benso(b) fluoranten	Benso(k) fluoranten	B(a)P	Dibenso(ah)a ntracen	Benso(ghi) perylene	Indeno(123- cd)pyren	Σ PAH-16	
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
31	Vannprøve Mudring vestre (ytre) basseng og munning av Nyhavna	<0,100	0,01	0,022	<0,020	0,032	<0,020	0,038	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,1
		<0,100	0,096	0,226	0,043	0,072	0,032	0,354	0,112	0,062	0,066	0,063	0,032	0,042	<0,010	0,028	0,022	0,022	1,3
		<0,100	0,036	0,078	0,033	0,072	0,025	0,154	0,069	0,034	0,033	0,03	0,015	0,022	<0,010	0,012	0,013	0,013	0,63
32		<0,100	0,01	0,082	0,042	0,114	0,037	0,141	0,095	0,035	0,036	0,03	0,019	0,026	<0,010	0,016	0,012	0,012	0,7
		<0,100	0,016	0,072	0,03	0,092	0,034	0,154	0,088	0,033	0,032	0,025	0,017	0,022	<0,010	0,011	0,01	0,01	0,64
40	Vannprøve Deponering	<0,100	0,031	0,031	<0,020	0,072	0,046	0,478	0,309	0,165	0,17	0,232	0,08	0,204	0,022	0,11	0,096	0,096	2,1
	POM Deponering (innside siltgardin)	0,0525	0,0010	0,0060	0,0068	0,0332	0,0016	0,0211	0,0149	0,0013	0,0022	0,0009	0,0006	0,0003	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,1426
14	Tildekking	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.
		<0,100	0,012	0,015	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,027
15		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.
16		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.
17		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.
		<0,100	<0,010	0,011	<0,020	0,198	<0,020	0,142	0,121	0,014	0,033	0,021	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,62
18		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.
19		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.
22	Etterkontroll	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.
	POM Etterkontroll	0,0008	0,0001	0,0006	0,0007	0,0019	0,0002	0,0009	0,0006	0,00004	0,00005	0,00003		0,000007	0,000000	0,000002	0,000002	0,000002	0,0060
	25. okt 2016	0,0035	0,0024	0,0024	0,0080	0,0133	0,0005	0,0068	0,0042	0,0004	0,0006		0,0006	0,000201	0,000016	0,000044	0,000081	0,000081	0,0430
	8. feb 2017	0,0024	0,0002	0,0010	0,0022	0,0294	0,0007	0,0064	0,0037	0,00007	0,000027	0,000002	0,000002	0,000004	0,0000004	0,000001	0,000001	0,000001	0,0460

Benso(b)fluoranten og Benso(k)fluoranten er rapportert samlet for enkelte POM (25.oktober 2016 og 8.februar 2017).

### 3.4.3 Sedimentfeller

Sedimentfeller har stått ute i Nyhavna ved N1 i ulike perioder for å vurdere konsentrasjoner av metaller, PAH og PCB i partikler som spres under de ulike operasjonene; før anleggsarbeidene (bakgrunn), under mudring og deponering frem fra 15. april til 27. juli 2015 og under mudring og deponering fra 27. juli til 22. desember, tabell 16. I sistnevnte periode foregikk det hovedsakelig deponering, men den dekker også en periode hvor det pågikk mudring i ytre deler av Nyhavna.

Da det foregikk deponering samtidig med tildekking av ytre basseng sto en sedimentfelle på innsiden av siltgardinen. I tillegg var det plassert et sedimentfelle i N1 for tildekkingsarbeider. Resultater for sedimentfeller er gitt i tabell 16.

I Nyhavna viser konsentrasjoner i sedimentfellene under mudring og deponering noe økt konsentrasjon for metallene kobber, kvikksølv, bly og sink. Mengden sedimentert materiale i mudreperioden dokumenterer en økt partikkelspredning i området i periode 1 sammenliknet med perioden hvor det hovedsakelig utføres deponering. I sedimentfellen som var plassert på innsiden av siltgardinen er nivået for kvikksølv høyere enn målinger i N1 i de to periodene med mudring (og deponering).

Konsentrasjonen av PAH er høy i bakgrunnsmålingene og viser lavere konsentrasjon i første periode med mudring. I andre periode med mudring (og deponering) skjer det en økning i konsentrasjon av PAH-forbindelser. Dette vurderes å hovedsakelig skyldes spredning på grunn av mudring i ytre deler av Nyhavna (28.07-07.08). For PAH-16 er nivået av PAH lavere på innsiden av siltgardinen under deponering enn for både bakgrunn og de to periodene med mudring.

Ved tildekking er sedimentfellen dominert av tildekkingsmaterialet. Etterkontrollen viser for metallene en tilnærmet lik konsentrasjon mens det for PAH-16 og BaP er en reduksjon. Sedimentasjonsraten ved bakgrunn er 19 mm per år mens det for etterkontrollen er 10 mm per år. PCB er ikke påvist ved etterkontrollen.

Tabell 16 Analyseresultater fra sedimentfeller i Nyhavna før tiltak, under mudring og deponering (periode 1) og under mudring og deponering (periode 2).

Stoff	Enhet	N 1	N1 28/7-15	N1 22/12-15	B1 29/2-16	N1 03/06-16	N1 20/7-16
Aktivitet/Tiltak		Bakgrunn	Mudring og deponering	Mudring og deponering	Deponering Innsiden av siltgardin	Tildekking	Etterkontroll
Mengde total, tørt	g	79	250	220	100		27
As (Arsen)	mg/kg TS	4,4	5,4	8,1	7	<0,50	6,8
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	0,39	0,42	0,54	0,66	<0,10	0,14
Cr (Krom)	mg/kg TS	56	59	67	68	3,26	30
Cu (Kopper)	mg/kg TS	43	62	67	69	3,95	56
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	<0,10	0,31	0,32	0,66	<0,20	<0,10
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	31	36	38	45	2,5	20
Pb (Bly)	mg/kg TS	24	32	50	49	2	36
Zn (Sink)	mg/kg TS	122	185	237	218	8,1	125
Naftalen	mg/kg TS	0,16	0,17	0,67	0,081	<0,010	<1,0
Acenaftylen	mg/kg TS	0,29	0,16	0,77	<0,050	<0,010	0,092
Acenaften	mg/kg TS	0,13	0,097	0,48	<0,050	<0,010	<0,050
Fluoren	mg/kg TS	0,4	0,22	1,1	0,061	<0,010	<0,050
Fenantren	mg/kg TS	2,8	0,97	7,1	0,32	0,018	0,14
Antracen	mg/kg TS	0,85	0,46	1,3	0,15	<0,010	0,1
Fluoranten	mg/kg TS	5,8	2,2	11	0,97	0,044	0,91
Pyren	mg/kg TS	4	1,7	8,1	0,75	0,029	0,59
Benso(a)antracen	mg/kg TS	2,1	0,89	3,8	0,35	0,012	0,41
Krysen	mg/kg TS	1,5	0,71	3,2	0,34	0,011	0,39
Benso(b)fluoranten	mg/kg TS	1,8	1,1	4,5	0,29	0,019	0,37
Benso(k)fluoranten	mg/kg TS	0,9	0,5	1,9	0,15	<0,010	0,24
Benso(a)pyren	mg/kg TS	2,2	1,1	3,8	0,25	0,016	0,46
Dibenso(ah)antracen	mg/kg TS	0,28	0,24	0,71	0,058	<0,010	0,073
Benso(ghi)perylene	mg/kg TS	1,9	0,94	2,6	0,21	<0,010	0,32
Indeno(123cd)pyren	mg/kg TS	2,3	1	3,4	0,28	<0,010	0,33
Sum PAH-16	mg/kg TS	27,4	12,5	54,4	4,26	0,15	4,43
Sum PCB-7	mg/kg TS	0,0208	0,0194	0,0703	0,0185	n.d.	n.d.
TBT*	µg/kg TS	44					

\* Forvaltningsmessig grenseverdi for TBT.

Det er brukt halv deteksjonsgrense for klassifisering av parametere som ikke er påvist

### 3.4.4 Deponerte masser

Blandprøver fra mudremasser hentet fra lektere er analysert for metaller, PAH og PCB. Det er analysert prøver pr. ca. 3000 m<sup>3</sup> mudrede masser beregnet fra anslått mudremengde per lekter. Analyseresultatene er gitt i tabell 17. I Nyhavna viser PAH og kobber i tilstandsklasse 4 og 5 i lekterprøver. I lekterprøver fra Brattørbassenget er det kobber og PAH i klasse 4 samt PAH opptil klasse 5. I Kanalen er det i tillegg til PAH og kobber, påvist kvikksølv i tilstandsklasse 5. Konsentrasjoner i lekterprøvene gjenspeiler forurensningen funnet i tiltaksundersøkelsene. Renere prøver antas å være relatert til områder hvor det er mudret tidligere og det er renere underliggende leire.

Tabell 17 Analyseresultater fra lekerprøver av mudremasser i Nyhavna.

Prøvenavn	TS	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn	B(a)p	PAH-16	PCB-7	TOC
	%	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	% TS
<b>Nyhavna</b>										
Lekter Uke 17	83,1	<0,10	21,7	<0,20	18,8	79,2	0,562	6,8	0,018	0,69
Lekter Uke 18	70,1	0,45	86,5	0,26	68,9	481	0,388	6,4	0,068	1,45
Lekter Uke 18-2 geobag	78,6	<0,10	14,9	<0,20	8,6	39,4	0,235	1,5	n.d.	0,52
Uke 19-1	71,9	<0,05	23	0,01	5	41	0,034	0,471	n.d.	i.a
Uke 19-2 (geobag)	65,2	1,6	281	0,37	145	858	0,73	9,43	0,12	i.a
Uke 20-2 (geobag)	79,4	<0,05	39	0,02	8	63	<0,010	0,02	n.d.	i.a
Uke 20-1	66,2	<0,05	26	0,02	8	48	0,32	3,64	0,052	i.a
Uke 21-1	63,3	<0,05	12	<0,01	3	26	0,061	0,852	n.d.	i.a
Uke 21-2	77,8	0,07	26	0,11	12	66	2,4	49,3	n.d.	i.a
Uke 22-1	67,4	0,5	75	0,2	35	220	0,74	7,86	0,026	i.a
Uke 22-2	57,4	0,82	126	0,32	57	338	0,54	6,81	0,042	i.a
Uke 22 Nyh. Munning	67,3	<0,05	22	0,02	6	46	0,55	7,37	0,005	2
Uke 23 Nyh. Ytre bass.	65,7	0,29	72	0,15	22	156	0,7	7,61	0,015	1,2
Uke 23 Nyh. Indre basseng	78,8	<0,05	20	<0,01	4	33	<0,010	n.d.	n.d.	0,32
Uke 24 Nyhavna	68,8	<0,05	31	0,07	8	50	0,27	3,35	0,002	0,56
Uke 24 Geobag	66,4	<0,05	19	0,02	4	35	0,03	0,275	n.d.	0,44
Geobag 17.06.15	70,1	0,68	70	1,1	124	298	1,4	28,3	0,085	0,74
Uke 27 Indre basseng	69,5	0,1	39	0,14	15	97	0,53	5,23	0,028	0,65
Uke 28 Nyh. Indre basseng	69,6	<0,05	12	0,37	4	35	1	12,5	0,051	0,8
Uke 29 Nyh. Ytre basseng	73,2	<0,05	26	0,02	6	43	0,06	0,829	0,002	1,3
<b>Nyhavna – kai 57</b>										
N-Kai 57 Sediment	72,1	<0,10	28,2	<0,20	19,7	101	1,9	33	0,017	1,22
<b>Brattørbassenget</b>										
Uke 25 Brattøra	70,5	0,47	51	0,37	38	158	1,4	25,9	0,037	1,2
Uke 25/26 Brattøra	66,5	0,66	70	0,48	45	171	0,57	8,29	0,02	1,3
Uke 29 Brattøra	72,5	0,06	31	0,16	13	71	0,15	2,52	0,005	0,64
Uke 29 Ytre basseng	55	<0,05	32	0,04	8	53	0,43	4,51	0,007	0,94
Uke 30 Ytre basseng	64,9	0,55	114	0,17	51	115	0,27	3,05	0,001	1,2
<b>Kanalen</b>										
Uke 39 –sjøb.deponi	57,2	0,83	88,2	1,97	83	378	0,912	14	0,029	1,75
1/10-15 – sjøb.deponi	46,8	0,97	187	2,58	121	430	1,15	23	0,12	2,18
Kanalen 7/10-2/12	50,8	0,32	65	0,66	30	121	0,79	17,1	0,037	4
Kanalen 6/1 - 18/1	57,7	0,48	61	0,7	39	169	0,24	6,17	n.d.	2,6
Kanalen 25/1 - 13/2	57,1	0,47	74	0,8	41	181	0,32	10,6	n.d.	3,2
Kanalen 7/12-16/12	20,4	0,47	99	0,75	49	224	0,23	5,72	n.d.	9,1
Kanalen 6/1 - 18/1	57,7	0,48	61	0,7	39	169	0,24	6,17	n.d.	2,6
Kanalen 25/1 - 13/2	57,1	0,47	74	0,8	41	181	0,32	10,6	n.d.	3,2

i.a. Ikke analysert

Det er brukt halv deteksjonsgrense for klassifisering av parametere som ikke er påvist

### 3.4.5 Vurdering av spredning i Nyhavna

Resultatene fra turbiditetsmålinger viser at mudring medfører høyere turbiditet sammenliknet med før anleggsperioden, spesielt under mudring i ytre del av Nyhavna, nær målestasjonen for turbiditet, N1, noe som er forventet.

Vannprøver tatt under mudring og deponering i Nyhavna viser liten spredning når arbeider har pågått innenfor siltgardin og vestre basseng. PAH er her påvist i tilstandsklasse 2 som før anleggsperioden startet. Vannprøver tatt ved mudring i ytre deler og munningen av vestre basseng viser PAH-konsentrasjoner opp i tilstandsklasse 5 (omfattende akutt-toksiske effekter). Konsentrasjoner av suspendert stoff i vannprøvene er også høyere i disse periodene, og viser at PAH-forbindelsene trolig hovedsakelig er partikkelbundne. I perioden hvor det kun er utført deponering er det kun observert en episode den 28. september med høy turbiditet. Overskridelsen skjedde etter at siltgarden var senket. Det er registrert høye konsentrasjoner av PAH-forbindelser og suspendert stoff.

POM som stod ute i Nyhavna under mudring viser at gjennomsnittskonsentrasjon av PAH økte i forhold til nivået før anleggsarbeidene. POM-resultatene gjelder kun for første mudreperiode, da POM som dekker mudreperiode i august ikke ble gjenfunnet. Gjennomsnittskonsentrasjoner i siste periode med høye PAH-konsentrasjoner foreligger derfor ikke. POM som sto på innsiden av siltgarden viste en tilsvarende konsentrasjonssøkning som ved utløpet under mudring. Det er imidlertid ikke målt bakgrunns-konsentrasjoner inne bassenget.

Grenseverdier for klassifisering av vann (Miljødirektoratet, 2016) angir miljøkvalitetsstandarder (EQS) for årlig gjennomsnittskonsentrasjon og maksimal verdi for kystvann. EQS gjelder for vannprøver, men for å angi nivå på PAH i POM er konsentrasjon av benso(a)pyren i POM sammenstilt med EQS. Benso(a)pyren kan betraktes som en markør for PAH. Konsentrasjon av benso(a)pyren i POM som sto ute i første periode av mudring (0,0010 µg/l) er 6 ganger høyere enn årlig gjennomsnittskonsentrasjon (EQS-0,00017 µg/l), men er lavere enn maksimal årlig verdi (EQS 0,027 µg/l), som er ansett å beskytte mot kortvarig utslipp av denne forbindelsen. For måler på innsiden av siltgarden (0,0003 µg/l) er den 2 ganger høyere en grenseverdi for gjennomsnittlig konsentrasjon.

I siste periode av mudringen i ytre basseng og munning samt en enkeltoverskridelse under deponering når mudring var ferdig viser tilstandsklasse 5 for PAH i vannprøver Dette tilsier at arbeidet i denne perioden har medført spredning som kan ha omfattende akutt-toksiske effekter. Det finnes imidlertid ikke POM for denne perioden som kan bekrefte dette.

Det ble utført etterkontrollmåling med POM i N1, dette er også stasjon for overvåkingsprogrammet for deponiet. Det foreligger derfor 3 målinger med POM etter at tiltakene var ferdige i denne stasjonen. Verdiene er lavere enn bakgrunn og varierer fra



0,006 til 0,046 µg/l. Variasjonen kan tilsi at det er variasjon i konsentrasjonen og som nærhet til Nidelva kan være styrt av andre kilder enn sedimenter.

Alarmer for turbiditet i Nyhavna er relatert til perioder hvor det har vært mudring i tillegg til deponering. Den økte konsentrasjonen av ulike parametere i vannprøvene antas derfor også å hovedsakelig være relatert til suspensjon av sjøbunn under mudring. Dette underbygges med at deponeringen skjer ved bruk av siltgardin og at det er krav til en akseptabel lav turbiditet innenfor siltgardin før den åpnes.

Under tildekking har det kun gått alarmer ved stasjon B1 som ble plassert nord i utløpet av Nyhavna. Måleren sto her grunnere enn N1 i samme periode. Alarmene er fra periode med tildekking av allerede eksisterende sjøbunn og dermed rene partikler.

Resultater fra sedimentfellene viser at konsentrasjonsnivået på partikler som spres i mudreperioden er høyere enn spredning før anleggsarbeidene. Også her er det sannsynlig at det er mudringen i ytre del av Nyhavna som har medført størst partikkelmengde med de høyeste konsentrasjonene, spesielt av PAH.

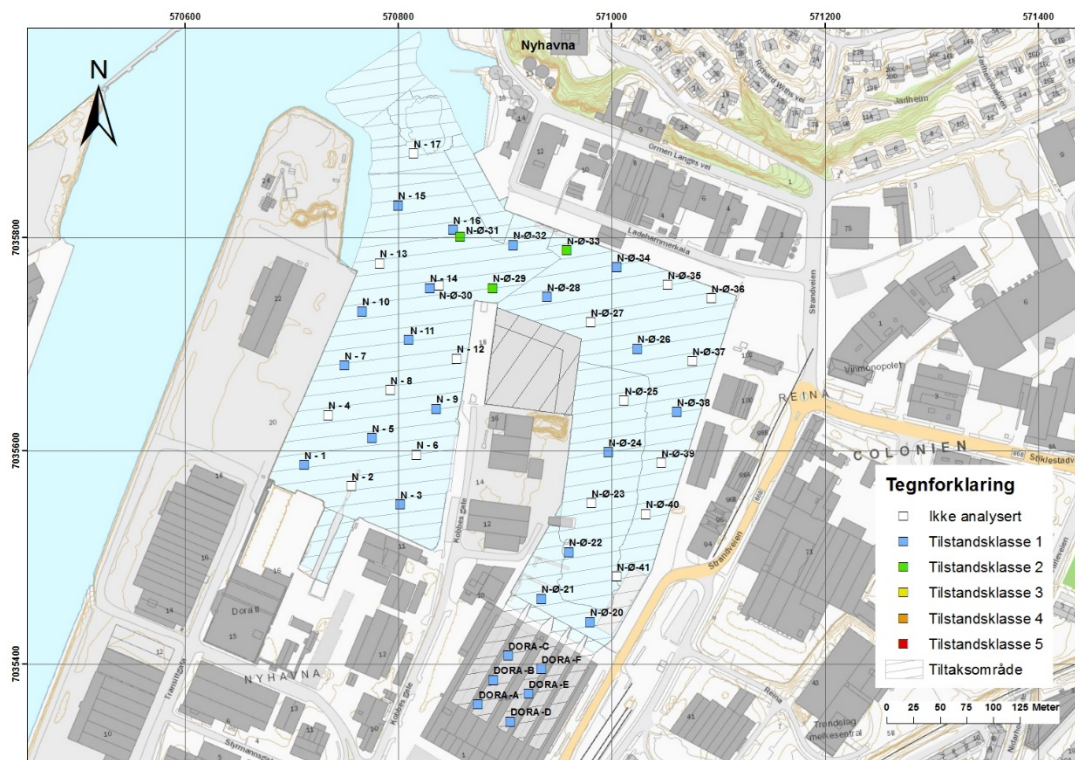
#### 3.4.6 Kontroll av tildekket sjøbunn i Nyhavna

Den kjemiske kontrollen av tildekkingslaget ble utført ved prøvetaking i et rutenett på ca. 50 x 50 m. Resultater fra kontrollen viser at det for filterlaget ble oppnådd tilstandsklasse 1 for metaller. For PAH er det en prøve med tilstandsklasse 2 og tre prøver med tilstandsklasse 3 for BaP (figur 13).

Klassifisering av ny sjøbunn er basert på rapporteringsparametere. For en stasjoner er det påvist PAH-komponenter hhv i tilstandsklasse 3 og klasse 4, men PAH-16 er innenfor klasse 2.

Miljømålet umiddelbart etter utført tiltak, (tilstandsklasse 1 og 2) er dermed oppnådd.

En oppsummering av fysisk kontroll av tildekkingslag er fra byggherre gitt i tabell 18. Tabellen beskriver hvilke dokumenter som ligger til grunn for vurderinger om oppnådd tilstrekkelig mektighet i ulike lag og områder.



Figur 13 Etterkontroll i Nyhavna. Sedimenter er klassifisert iht. Miljødirektoratets tilstandsklasser for rapporteringsparametere.

Tabell 18 Fysisk kontroll av tildekking i Nyhavna.

Nyhavna							
Område	Materiale	Krav	Toleranse +/-	Metode	Tetthet/ omfang	Utført/ referanse	Resultat/avvik
Nyhavna ytre basseng	Filter 0/18	40 cm	5 cm	Scanning	Kontinuerlig, komplett	Fortløpende "scanning result"	Godkjent. (Mindre felter med avvik ble godkjent og korrigert med ekstra erosjonslag).
Nyhavna ytre basseng	Erosjonslag 0/40	10 cm	5 cm	Scanning	Kontinuerlig, heldekkende	[18]	Godkjent. Utført etter tildekking med ekstra 90 m3 erosjonsdekke på partier med undermål (GPS). SØ del, se nedenfor.
Sør-østre hjørne						[18]	Overlevert med manglende erosjonslag i indre hjørne ved kai 55 etter avtale (område avsatt til utfylling). Godkjent <sup>2</sup>
				Dykker-inspeksjon	4 pkt	[19]	Formål var sjekk av stratigrafi i filtermasse; Godt resultat
Nyhavna innløp	Opsjon, ekstra tildekking 0/40 uten mudring	Begrenset 10 – 30 cm		Scanning	Kontinuerlig, heldekkende	Fortløpende "scanning result"	Opprinnelig utenfor tiltaksplan, vurdert ut fra risiko for rekontaminering. Resultat oppnådd. <sup>1</sup>
Nyhavna indre basseng	Filter 0/8 og 0/18	50 cm	5 cm	Scanning			Enkelte undermålsfelter ble justert med tykkere erosjonslag.
	Erosjonslag 0/63	15 cm	5 cm	Scanning		[17]	Tre mindre felter a 200 – 500 m2 manglet 10 – 15 cm. Disse ble reparert med tildekking etter GPS med ekstra 180 m3 erosjonsdekke. Godkjent
Under Dora I	Filter 0/8	30 cm	5 cm	Dykker-inspeksjon	6 pkt	[20]	Godkjent Alle pkt viser > 30 cm
				Volum levert		Laster Arena	Overforbruk ca 20%
Nyhavna				Dykker-inspeksjon	Avklarte profiler	[19]	Alle pkt = Godkjent
Hele Nyhavna				Capping log, GPS styring	Rapport utført pr. «dumping boxes»	«Capping logs) pr. uke	Benyttet til å styre anbrakt volum Teoretisk + 10%
Hele Nyhavna				Volum levert		Konossementer	Benyttet for å korrelere målebrev og sjekke mot teoretisk mengde = OK
Dora II				Dykker-inspeksjon		[21]	OK

Kommentar til resultat/avvik:

Tildekkingen i Nyhavnabassenget er utført i henhold til prosjektert tiltak med følgende unntak:

1. I innløpet ut mot elva er området utvidet uten forutgående mudring med mindre tildekkingsstykkelse (30 cm) og noe mer begrenset bredde på seilingsareal med full dybde. Dette er akseptert av havna og losene.
2. I sør-østre hjørne av Ytre basseng er det ikke gjennomført full tildekking, da dette arealet er regulert og planlagt brukt til utfylling med rene masser. Inntil slik utfylling finner sted, er påkjenning fra skipstrafikk sterkt begrenset (tatt ut av bruk som havn).

[17]: SeaScan: ENV2707.SUR Capping Nyhavna Innerbasseng; 26.5.2016 (lagret 8.6.2016)

[18]: Seascan: ENV2707.SUR Capping Nyhavna Ytrebasseng; 8.6.2016

[19]: Envisan: Capping Nyhavna Diving inspection capping layer – survey amendment; 2.6.2016

[20]: Envisan: Capping Dora I Diving inspection capping layer thickness + sampling; 5.5.2016

[21]: Norsk Havservice: Envisan – diving inspection under Dora II capping; 18.3.2016

## 3.5 Resultater Kanalen

### 3.5.1 Turbiditetsmålinger i Kanalen

Mudringen i Kanalen startet 16. september, 2015. Den 20. oktober startet tildekking i vestre deler av Kanalen, overvåket av K1, samtidig som mudringen fortsatte i den østre delen. I området mellom mudring og tildekking ble det etablert en ekstra overvåkingsstasjon for arbeidene i Gryta, som hadde potensiell spredningsrisiko i retning tildekkingsarbeidene vest i Kanalen. I Kanalen sto en av målestasjonene i utløpet mot Nidelva (K3). Denne var betydelig påvirket av ferskvannet fra Nidelva, som har høy turbiditet fordi det er grunt i utløpsområdet. Målinger i området tilsier at det foregår en innstrømming i Kanalen halve tiden i løpet av døgnet.

I Kanalen er det registrert i størrelsesorden 70 overskridelser relatert til mudring og tildekking i Kanalen.

Under mudring har det vært overskridelser i midtre del, Ravnkløpet (K2) samt i Gryta. Ved mudring i østre del og tildekking i vestre del sto det turbiditetsmåler inne i Kanalen vest for mudringsarbeidene. Selv om dette området ble tildekket senere ble det valgt å benytte turbiditetsmåling mellom aktiviteter i Kanalen for å redusere risiko for rekontaminering.

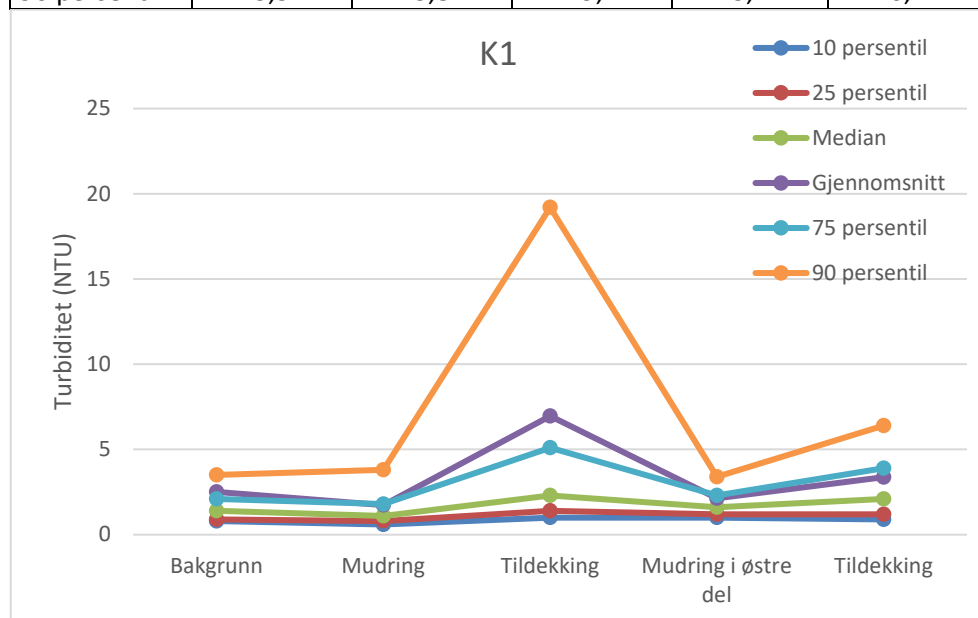
Det er perioder under tildekking med overskridelser som varer i flere timer i Kanalen. Med det begrensede arealet, vanddyp og vannvolumet i Kanalen forventes en høyere partikkelmengde i vann under tildekking pga. tildekkingsmaterialet.

Statistikk for målere i Kanalen er vist i tabell 19 til tabell 22, samt figur 14 til figur 17.

Statistikken inneholder faktisk målt turbiditetsnivå i området, ikke fratrukket referanse. Feilmålinger som f.eks. begroing på måler er tatt ut av statistikken.

Tabell 19 Statistikk for turbiditet under ulike aktiviteter ved vestre del av Kanalen, K1.

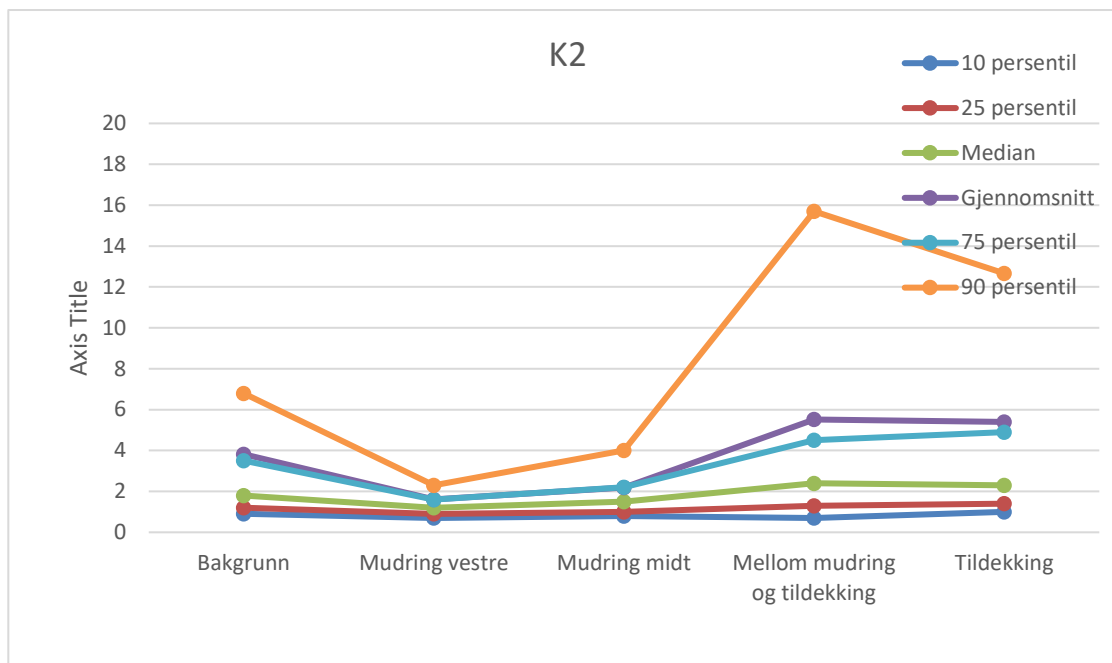
	Bakgrunn	Mudring	Tildekking	Mudring i østre del	Tildekking
10 persentil	0,8	0,6	1	1	0,9
25 persentil	0,9	0,8	1,4	1,2	1,2
Median	1,4	1,1	2,3	1,6	2,1
Gjennomsnitt	2,5	1,7	7,0	2,1	3,4
75 persentil	2,1	1,8	5,1	2,3	3,9
90 persentil	3,5	3,8	19,2	3,4	6,4



Figur 14 Grafisk framstilling av statistikk for turbiditet under ulike aktiviteter i vestre del av Kanalen, K1.

Tabell 20 Statistikk for turbiditet under ulike aktiviteter ved vestre del av Kanalen, K2.

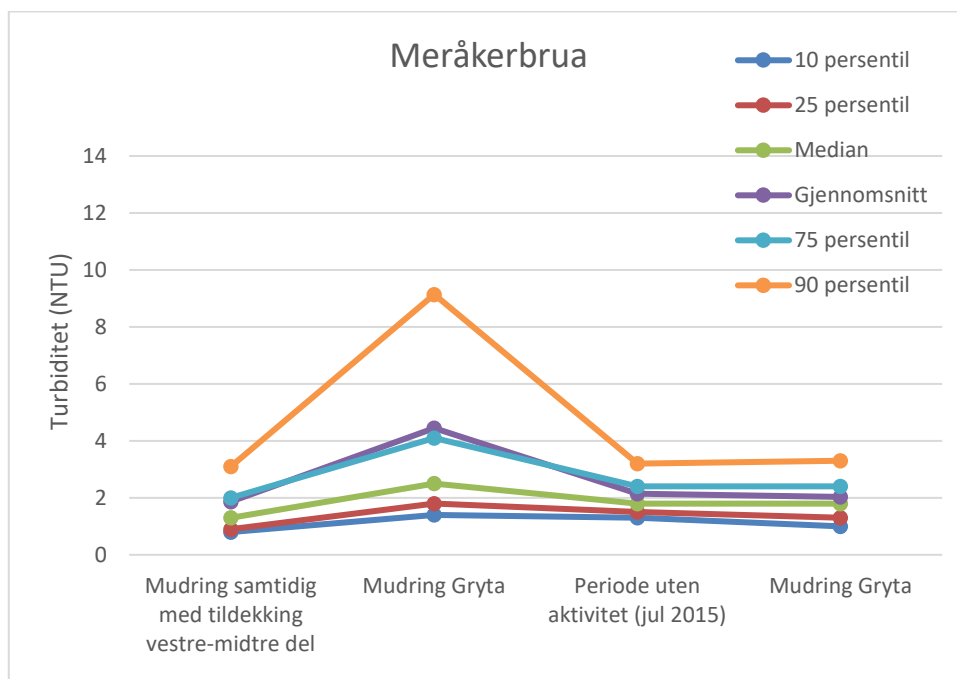
	Bakgrunn	Mudring vestre	Mudring midt	Mellom mudring og tildekking	Tildekking
10 persentil	0,9	0,7	0,8	0,7	1,0
25 persentil	1,2	0,9	1	1,3	1,4
Median	1,8	1,2	1,5	2,4	2,3
Gjennomsnitt	3,8	1,6	2,2	5,5	5,4
75 persentil	3,5	1,6	2,2	4,5	4,9
90 persentil	6,8	2,3	4	15,7	12,7



Figur 15 Grafisk framstilling av statistikk for turbiditet under ulike aktiviteter i Kanalen, K2.

Tabell 21 Statistikk for turbiditet under ulike aktiviteter ved Meråkerbrua midtre del av Kanalen

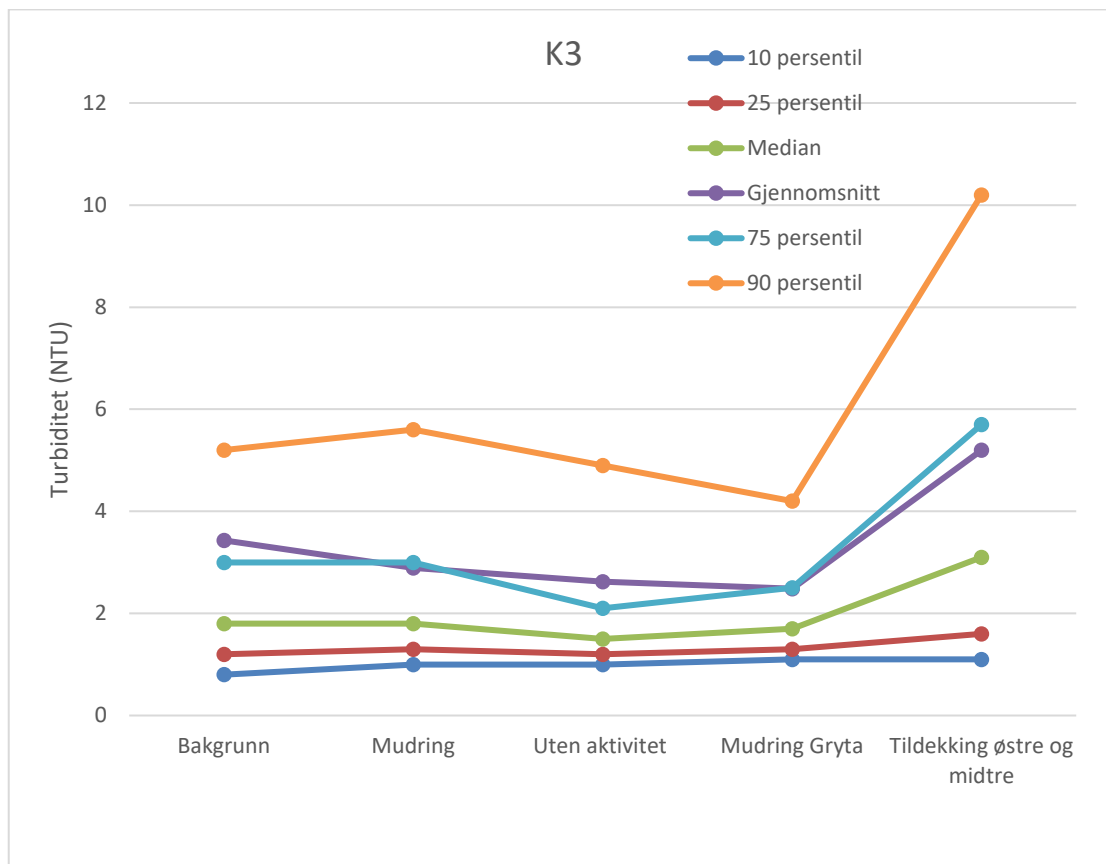
	Mudring samtidig med tildekking vestre-midtre del	Mudring Gryta 1.periode	Periode uten aktivitet (jul 2015)	Mudring Gryta 2.periode
10 persentil	0,8	1,4	1,3	1,0
25 persentil	0,9	1,8	1,5	1,3
Median	1,3	2,5	1,8	1,8
Gjennomsnitt	1,9	4,4	2,1	2,0
75 persentil	2	4,1	2,4	2,4
90 persentil	3,1	9,14	3,2	3,3



Figur 16 Grafisk framstilling av statistikk for turbiditet ved Meråkerbrua, i midtre del av Kanalen.

Tabell 22 Statistikk for turbiditet under ulike aktiviteter ved K3, øst i Kanalen.

	Bakgrunn	Mudring	Uten aktivitet	Mudring Gryta	Tildekking østre og midtre
10 persentil	0,8	1	1	1,1	1,1
25 persentil	1,2	1,3	1,2	1,3	1,6
Median	1,8	1,8	1,5	1,7	3,1
Gjennomsnitt	3,4	2,9	2,6	2,5	5,2
75 persentil	3	3	2,1	2,5	5,7
90 persentil	5,2	5,6	4,9	4,2	10,2



Figur 17 Grafisk framstilling av statistikk for turbiditet under ulike aktiviteter ved K3.

### 3.5.2 Vannkvalitet i Kanalen

Konsentrasjonen av metaller har økt under mudring i Kanalen (tabell 23), og enkelte metaller har økt med opptil tre tilstandsklasser. Vannprøver tatt under tildekking i utløpet lengst vest viser også høye metallkonsentrasjoner. Metallkonsentrasjonene er ikke relatert til oppvirvlet sjøbunn, men til ufiltrert vann med høyt innhold av rene partikler.

Gjennomsnittskonsentrasjonen for PAH under mudring har økt. Økningen av PAH i vann er relatert til prøver tatt ved overskridelser i desember, da måler var plassert lengre inn i Kanalen for å overvåke mudringen øst for Meråker brua og dermed plassert nærmere arbeidene. Det er under tildekking en prøve ved K2 som viser høy PAH (målt i april), men anses å være relatert til annet enn tildekkingsarbeidene.



**Tabell 23** Gjennomsnittlige resultater fra vannprøver tatt før tiltak (bakgrunn) og under mudring ( $\mu\text{g/l}$ ). Resultatene er sammenliknet med Miljødirektoratets tilstandsklasser for fjord- og kystfarvann, (Miljødirektoratet, 2008).

	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)P	$\Sigma$ PAH-16	$\Sigma$ PCB-7
K1 bakgrunn	<0,05	0,81	0,00257	0,848	<0,020	n.d.	n.d.
K2 bakgrunn	<0,05	1,1	<0,002	1,83	<0,020	n.d.	n.d.
K3 bakgrunn	<0,05	1,19	<0,002	0,987	<0,020	n.d.	n.d.
Mudring, snitt	0,036	2,9	0,002	2,4	0,01	0,2	n.d.
Tildekking	0,0329	7,53	0,002	2,7	0,01	0,02	n.d.

Der forbindelser ikke er påvist er halv deteksjonsgrense brukt i videre klassifisering og beregninger

Vannprøvene er analysert på ufiltrerte prøver for å analysere både vannløst og partikkelbundet forurensning. Partikkelbundet forurensning er mindre relevant med hensyn på faktisk opptak i organismer. For å vurdere hva som kan tas opp i organismer, er det også utført analyse av passive prøvetakere (POM) på PAH og PCB. Resultater fra analyse av PAH i vannprøver og POM er vist i tabell 24.

PCB er ikke påvist i vannprøver. Målinger av PCB i POM viste ingen signifikant økning av PCB-forbindelser under mudring i K1 og K2, og er derfor ikke vist her.

Tabell 24 Resultater fra analyser av PAH i vannprøver og POM (µg/l) i Kanalen.

Aktivitet	Uke	Naftalen µg/l	Acenaftylen µg/l	Acenaften µg/l	Fluoren µg/l	Fenantren µg/l	Antracen µg/l	Fluoranten µg/l	Pyren µg/l	Benso(a) antracen µg/l	Krysen µg/l	Benso(b) fluoranten µg/l	Benso(k) fluoranten µg/l	B(a)P µg/l	Dibenso(ah) antracen µg/l	Benso(ghi) perylene µg/l	Indeno(123cd) pyren µg/l	Σ PAH-16 µg/l	Sum PAH carcinogene <sup>Δ</sup> µg/l
Bakgrunn	Bakgrunn	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.	n.d.
Bakgrunn		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.	n.d.
Bakgrunn		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.	n.d.
POM Bakgrunn	POM	0,0168	0,00265	0,00379	0,00555	0,0191	0,000485	0,0043	0,00379	0,000128	0,000403	0,000276	0,000186	0,0000659	0,0000146	0,0000216	0,0000448	0,058	
POM Bakgrunn	POM	0,0165	0,00294	0,00441	0,00701	0,0274	0,000842	0,00435	0,00217	0,000133	0,000409	0,000221	0,000171	0,000052	0,0000133	0,0000237	0,0000424	0,067	
POM Bakgrunn	POM	0,0239	0,00342	0,00509	0,00644	0,0154	0,000267	0,0025	0,00261	0,000071	0,000223	0,000123	8,23E-05	0,0000421	0,0000141	0,0000168	0,0000312	0,060	
Mudring	Uke 39	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.	n.d.
POM Mudring	POM	0,011408	0,00151354	0,00543185	0,006971	0,0337476	0,020116	0,00961935	0,005682	0,000327	0,000625	0,000226	0,000178	9,477E-05	n.d.	1,5169E-05	1,98536E-05	0,096	6,8436E-06
Mudring	42	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	0,048	<0,060	0,016	0,018	0,032	0,011	<0,020	<0,010	0,013	0,01	0,15	0,087
Tildekking		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Tildekking		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.	n.d.
Tildekking	43	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.	n.d.
Tildekking		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.	n.d.
Tildekking		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.	n.d.
Mudring	44	<0,100	<0,010	0,037	0,026	0,068	<0,020	0,072	0,06	<0,010	0,01	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	0,27	0,01
Mudring		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.	n.d.
Mudring		<0,100	<0,010	0,019	<0,020	0,061	<0,020	0,09	<0,060	<0,010	<0,010	0,014	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	0,18	0,014
Tildekking	45	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Mudring Ravnkloa		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	0,011	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	0,011	0,011
Mudring	47	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Tildekking	48	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Tildekking		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Tildekking		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Tildekking		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
POM Mudring		0,0531	0,0011	0,0063	0,0126	0,0749	0,0029	0,0279	0,01641	0,00115	0,00249	0,00073	0,00050	0,0002025	0,0000235	0,0000394	0,0000518	0,201	5,9481E-06
Tildekking		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.	n.d.
Mudring	49	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.	n.d.
Mudring		<0,100	<0,010	0,011	<0,020	<0,030	<0,020	0,037	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	0,048	n.d.
Mudring		0,194	<0,010	0,026	<0,020	0,033	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	0,25	n.d.
Mudring	50	0,569	0,021	0,522	0,352	0,679	0,052	0,383	0,242	0,044	0,032	0,022	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	2,9	0,098
Mudring		0,423	<0,010	0,123	0,095	0,195	<0,020	0,107	0,063	0,013	0,014	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	1	0,027
Mudring	51	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	0,01	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	0,01	0,01
Mudring		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.	n.d.
POM Tildekking	POM	0,057159	0,0006195	0,00364534	0,010169	0,0653569	0,001644	0,01513601	0,008997	0,00028	0,000964	0,000203	0,000149	4,985E-05	4,44378E-06	1,9615E-05	2,45026E-05	0,164	9,213E-06

Forts tabell 24.

Aktivitet	Uke	Naftalen	Acenaftylen	Acenaften	Fluoren	Fenantren	Antracen	Fluoranten	Pyren	Benso(a) antracen	Krysen	Benso(b) fluoranten	Benso(k) fluoranten	B(a)P	Dibenso(ah) antracen	Benso(ghi) perylene	Indeno(123cd) pyren	Σ PAH-16	Sum PAH carcinogene <sup>Δ</sup>
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Mudring	1	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Mudring		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Mudring	2	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Mudring	4	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Mudring	5	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Mudring		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Mudring		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Mudring	6	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Mudring		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Mudring	7	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Mudring		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Mudring		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
POM Mudring		0,02945	0,00144	0,00933	0,01085	0,04866	0,00218	0,01656	0,00917	0,00093	0,00149	0,00064	0,00047	0,00014	0,00002	0,00003	0,00008	0,131	
POM Mudring		0,02511	0,00120	0,00696	0,00698	0,03075	0,00251	0,01771	0,01132	0,00130	0,00175	0,00106	0,00049	0,00028	0,00003	0,00006	0,00009	0,108	
Tildekking	8	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Tildekking	9	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Tildekking	10	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Tildekking		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Tildekking		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Tildekking	11	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Tildekking		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Tildekking	12	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Tildekking		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Tildekking		<0,030	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Tildekking	16	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	n.d.	n.d.
Tildekking		<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	0,086	<0,020	0,329	0,159	<0,010	0,011	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	0,59	0,011
Etterkontroll K1	POM	0,00082	0,00007	0,00063	0,00065	0,00228	0,00191	0,00103	0,00064	0,00002	0,00005	0,00001		0,000002	0,000001	0,000000	0,000001	0,00812	0,000004
Etterkontroll K2	POM	0,001029	0,000098	0,000645	0,000570	0,003013	0,002456	0,001686	0,001038	0,000019	0,000044	0,000013		0,00000183	0,00000054	0,00000013	0,00000105	0,01062	0,00000666
Etterkontroll K3	POM	0,001423	0,000157	0,001914	0,002956	0,007631	0,000472	0,003169	0,001790	0,000063	0,000147	0,000030		0,00000524	0,00000135	0,00000032	0,00000189	0,01976	0,00000000

### 3.5.3 Sedimentfeller

Det har under tiltakene i Kanalen vært plassert ut sedimentfeller i overvåkingsstasjoner i utløpene K1 i vest, K2 i midtre utløp og K3 lengst øst mot Nidelva. I perioden det ble mudret i Gryta østre del og utført tildekking i vestre del, var en sedimentfelle plassert i buffersonen mellom disse aktivitetene (se avsnitt 4.3.1). Analyseresultater er vist i tabell 25.

Mudringen i vestre del av Kanalen ble utført i oktober, midtre del i oktober- november og videre i østre del (inkl. Gryta) fra november 2015 til 21. februar 2016.

Data fra målinger i sedimentfeller under mudring i Kanalen viser en økning i mengde materiale som sedimenterer i alle tre målestasjoner. Konsentrasjonen i materialet viser en betydelig økning av kvikksølv under mudring (tilstandsklasse 4 i K1 og tilstandsklasse 3 ved Meråkerbrua (K2) og Ravnkløløpet (K2)). Det er ikke tilsvarende høye nivåer i K3 ved Nidelva. I tillegg vises en økning for bly og kadmium ved mudring i K1 og K2. For PAH er det noe økning hvor størst økning er i vest (K1) og ved mudringen i Ravnkløløpet.

Sedimentfellene som har overvåket perioder med tildekking viser at kjemiske kvalitet er betydelig påvirket av tildekkingsmaterialet. Tildekkingsmassene dominerer partikkeltypen i vannmassene i tildekkingsperiodene.

Materialet i sedimentfellene i etterkontrollen viser et lavere nivå for metaller i både K1, K2 og K3. For PAH gjelder det samme for K1 og K2. Dette gjelder ikke for K3. Denne er imidlertid påvirket av Nidelva i større grad enn de to andre stasjonene i Kanalen.

Tabell 25 Analyseresultater fra sedimentfeller i Kanalen før tiltak, under mudring og tildekking

Stoff	Enhet	K1	K1 09/10	K1 22/12	K1 20/7-16	K2	K2 27/11	K2 22/2	K2 22/04	K2 20/7-16	K3	K3 22/2	K3 20/7-16
Aktivitet/Tiltak		Bakgrunn	Mudring	Tildekking	Etterkontroll	Bakgrunn	Mudring	Mudring Gryta	Tildekking	Etterkontroll	Bakgrunn	Mudring Gryta	Etterkontroll
Mengde total, tørt	g	13	21	780	6,9	13	210	300	390	64	46	250	45
As	mg/kg TS	15	8,9	2	10	15	9,8	5,9	2	3,6	7,6	6,5	6,5
Cd	mg/kg TS	0,25	0,46	<0,10	0,4	0,19	0,62	0,45	<0,10	<0,10	0,22	0,52	0,26
Cr	mg/kg TS	93	63	5,1	62	101	49	68	4,5	9,4	73	73	62
Cu	mg/kg TS	86	77	6,5	73	86	72	60	11	22	65	64	72
Hg	mg/kg TS	0,16	1,6	<0,10	<0,10	<0,10	0,71	0,69	<0,10	<0,10	<0,10	0,44	<0,10
Ni	mg/kg TS	55	40	4,5	37	60	32	43	4,1	7,6	48	49	42
Pb	mg/kg TS	71	121	2,4	27	56	141	40	2,4	6,2	30	34	33
Zn	mg/kg TS	215	205	15	200	199	202	182	24	53	149	188	179
Naftalen	mg/kg TS	0,14	0,28	<0,050	0,59	0,062	0,066	0,091	<0,050	0,11	<0,050	0,057	0,58
Acenaftylen	mg/kg TS	<0,050	0,074	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,055
Acenaften	mg/kg TS	<0,050	0,064	<0,050	<0,050	<0,050	0,054	0,073	<0,050	<0,050	<0,050	0,06	<0,050
Fluoren	mg/kg TS	0,064	0,089	<0,050	0,067	<0,050	0,079	0,11	<0,050	0,055	<0,050	0,09	0,075
Fenantren	mg/kg TS	1,6	0,53	0,05	0,39	0,38	0,46	0,54	0,11	0,24	0,37	0,52	0,5
Antracen	mg/kg TS	0,2	0,17	<0,050	0,18	0,15	0,15	0,14	<0,050	0,12	0,056	0,14	0,17
Fluoranten	mg/kg TS	2,3	1,3	0,092	1,1	1,2	0,99	1,1	0,16	0,65	1	1,1	1,5
Pyren	mg/kg TS	1,3	0,81	0,054	0,59	0,82	0,97	0,83	0,091	0,36	0,66	0,84	0,99
Benso(a)antracen	mg/kg TS	0,29	0,21	<0,050	0,22	0,32	0,41	0,34	<0,050	0,13	0,14	0,33	0,32
Krysen	mg/kg TS	0,33	0,23	<0,050	0,48	0,35	0,35	0,34	<0,050	0,22	0,17	0,33	0,44
Benso(b)fluoranten	mg/kg TS	0,26	0,18	<0,050	0,14	0,32	0,35	0,26	<0,050	0,071	0,12	0,24	0,28
Benso(k)fluoranten	mg/kg TS	0,17	0,11	<0,050	0,076	0,19	0,18	0,14	<0,050	0,054	0,08	0,14	0,12
Benso(a)pyren	mg/kg TS	0,35	0,2	<0,050	0,11	0,31	0,31	0,25	<0,050	0,054	0,13	0,24	0,2
Dibenso(ah)antracen	mg/kg TS	<0,050	0,06	<0,050	<0,050	<0,050	0,096	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,052	<0,050
Benso(ghi)perylene	mg/kg TS	0,32	0,12	<0,050	0,088	0,3	0,28	0,19	<0,050	<0,050	0,16	0,17	0,12
Indeno(123cd)pyren	mg/kg TS	0,33	0,15	<0,050	0,1	0,32	0,32	0,22	<0,050	<0,050	0,15	0,24	0,15
Sum PAH-16	mg/kg TS	7,65	4,58	0,196	4,13	4,72	5,07	4,62	0,361	2,06	3,04	4,55	5,5
Sum PCB-7	mg/kg TS	0,0204	0,0248	n.d.	n.d.	0,0347	0,0188	0,015	n.d.	n.d.	0,0929	0,0164	n.d.

Der forbindelser ikke er påvist er halv deteksjonsgrense brukt i videre klassifisering og beregninger

### 3.5.4 Vurdering av spredning i Kanalen

Overskridelser av turbiditetsgrensen for arbeidene i Kanalen, skyldes høy turbiditet under tildekking i vestre del, episoder med overskridelser ved mudring i Ravnkløpet og i Gryta, samt overskridelser ved måler plassert inne i Kanalen mellom områder med hhv. tildekkingsarbeider og mudrearbeider. Sistnevnte område ble tildekket etter at mudringen var ferdig. Det har også vært flere overskridelse ved til tildekking.

Resultater fra vannprøvene viser at det har foregått spredning av PAH i midtre del av Kanalen i perioden hvor K2 sto inne i Kanalen. Konsentrasjonene viser tilstandsklasse 5 (aktutt toksisk) for enkelte PAH-komponenter. POM som har stått ute i mudreperioder viser at gjennomsnittlig PAH-konsentrasjon har økt med en faktor 10 under mudring, og tyder på spredning av PAH under mudring.

Grenseverdier for klassifisering av vann (Miljødirektoratet, 2016) angir miljøkvalitetsstandarder (EQS) for årlig gjennomsnittskonsentrasjon (AA-QS) og maksimal verdi (MAC-QS). EQS gjelder for vannprøver men for å angi nivå på PAH i POM er konsentrasjon av benzo(a)pyren i POM sammenstilt med EQS. Benzo(a)pyren kan betraktes som en markør for PAH. Konsentrasjon av benzo(a)pyren i POM under mudring er representert av K1 (0,00009 µg/l) og K2 (0,0002 µg/l). K1 er lavere enn AA—QS, årlig gjennomsnitt (0,00017 µg/l), og K2 er 1,5 ganger høyere. Både K1 og K2 under mudring er lavere enn MAC-EQS, maksimal verdi (0,027 µg/l). I K2 er konsentrasjonen marginalt høyere enn årlig gjennomsnittskonsentrasjon. I vannprøvene her er ikke benzo(a)pyren påvist over deteksjonsgrensen (<0,020 µg/l).

Etterkontrollen med POM viser en reduksjon i konsentrasjon av PAH, noe som gir at spredningsbidraget for PAH fra sjøbunnen derfor er sterkt redusert som følge av oppryddingen.

Fra bakgrunnsprøver er det en pågående spredning av kvikksølv i K1. Konsentrasjoner i vann øker noe under mudring og reduseres ved etterkontrollen, under nivå for bakgrunnsprøve K1. Alle verdier ligger innenfor tilstandsklasse 2 i vann.

Det har vært en økning i enkelte metallkonsentrasjoner som relateres til tildekkingsaktiviteter.

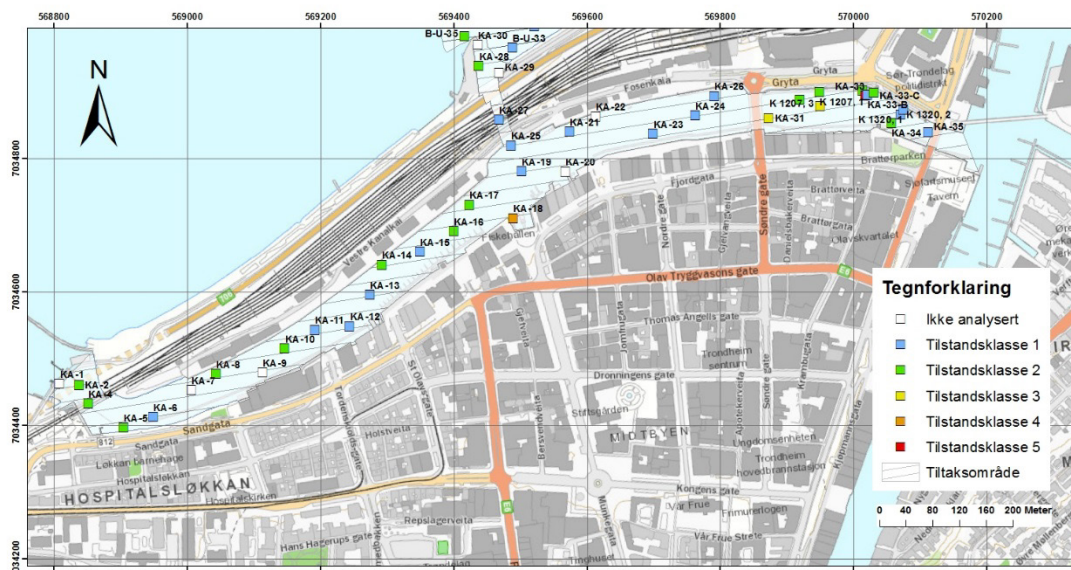
Kvaliteten på det sedimenterende materialet i sedimentfellene viser en økning i konsentrasjoner av kvikksølv og bly og enkelte PAH-forbindelser under mudring. Ved tildekkingsarbeider vises den høyeste sedimentasjonen i Kanalen, og dette skyldes sedimentering av tildekkingsmateriale. Under tildekking, er konsentrasjonsnivået på partiklene som spres bedre enn før tiltak. Det samme spredningsmønsteret kan antas for partikler som spres før tiltak, under mudring og under tildekking. Etter tildekking, kan man derfor forvente at tilliggende områder ikke er påvirket negativ som følge av spredning på grunn av anleggsarbeidet (spredning under mudring etterfulgt av spredning av tildekkingsmateriale).

### 3.5.5 Kontroll av tildekket sjøbunn i Kanalen

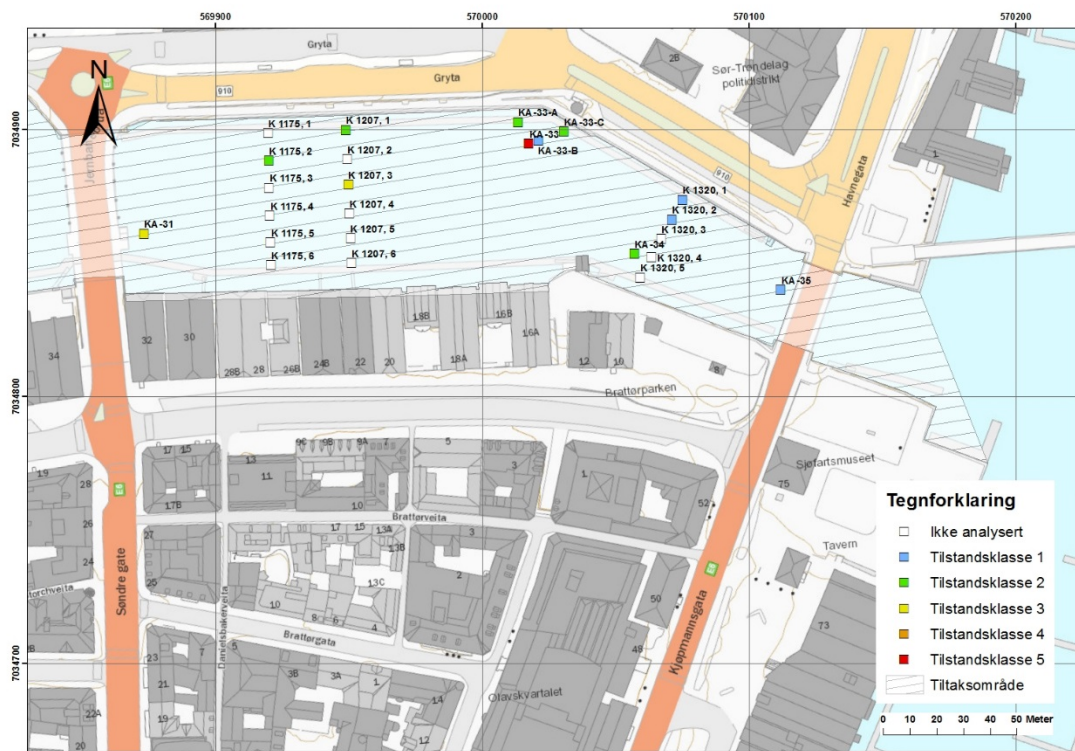
Den kjemiske kontrollen av tildekkingslaget ble utført ved prøvetaking i et rutenett og ellers jevnt fordelt med jevn avstand mellom punktene i Kanalen. I tillegg er det tatt ut prøver under dykkerundersøkelse. Resultater fra kontrollen viser at det for filterlaget ble oppnådd hovedsakelig tilstandsklasse 1 for metaller, bortsett fra en prøve som har tilstandsklasse 2 for kadmium og bly. En prøve i Ravnkloa viste tilstandsklasse 4. Et område i Gryta hvor det var påvist høye verdier for PAH (K33) ble etter utført supplerende prøvetaking (K33A-C) ansett å ha tilstrekkelig kjemisk tilstand (klasse 1 og 2). Klassifisering av ny sjøbunn er basert på rapporteringsparametere. For en stasjon er det påvist PAH-komponenter hhv i tilstandsklasse 3 (figur 18 og 19).

Tilstandsklasse 1 til 2 er oppnådd for rapporteringsparameterene i Kanalen, med unntak av to enkeltprøver i østre del og en i midtre del. Miljømålet umiddelbart etter utført tiltak, (tilstandsklasse 1 og 2) er dermed oppnådd.

En oppsummering av fysisk kontroll av tildekkingslag er fra byggherre gitt i tabell 26. Tabellen beskriver hvilke dokumenter som ligger til grunn for vurderinger om oppnådd tilstrekkelig mektighet i ulike lag og områder.



Figur 18 Etterkontroll i Kanalen. Sedimenter er klassifisert iht. Miljødirektoratets tilstandsklasser for rapporteringsparametere.



Figur 19 Etterkontroll i Kanalen, østre del. Sedimenter er klassifisert iht. Miljødirektoratets tilstandsklasser for rapporteringsparametere.



Tabell 26 Fysisk kontroll av tildekking i Kanalen.

Kanalene							
Område	Materiale	Krav	Toleranse +/-	Metode	Tetthet/omfang	Utført/referanse	Resultat/avvik
Kanalene, vestre del	0/18	40 cm	5 cm	Scanning	Kontinuerlig, heldekkende i seksjoner	[10], [11], [12], [13]	For tykt lag ved opplastingspunkt «Erling Haug» korrigerert med grabb og ny innmåling for å sikre seilingsdyp. I ytterkurve ved Skansen bru ble tildekking avsluttet med visuell kontroll (over rør og kabler).
Kanalene, midt-seksjonen	0/18	40 cm	5 cm	Scanning	Kontinuerlig, heldekkende i seksjoner	[11], [13]	Scanning viste mangler 10 – 15 cm i deler av sentralt løpet og i søndre side. Tynndekke langs søndre side kom ikke med i insurvey (utgjør 10 cm). Sentralt løp er tildekket ekstra etter skanning tilsv. manglende volum. Godkjent
Ravnkolløpet	0/18	var		Scanning			OK sentralt i kanalen, ned mot 0 ved gamle terskler av steinfylling og betong Godkjent
Kanalene, Gryta	0/18	40 cm	5 cm	Scanning	Kontinuerlig, heldekkende i seksjoner	[11], [12], [13]	Variierende tykkelse over rørgrøft, til dels opp mot 1,5 m. Dette er høvlet ut i etterkant.
Kanalene innløp øst	0/40 (stor strømhastighet)	var		Volum levert, visuell kontroll		Laster fallbunnslekter	Tildekking her var en opsjon. Ønsket resultat med «fade-out» mot elva er oppnådd.
Kanalene				Dykkerinspeksjon	Under flytebrygger og ved Mer.brua	[15]	Bekrefter tynndekke i søndre flanke > 10 cm. Grunnlag for ekstra tildekking ved Jernbanebrua
Kanalene				Dykkerinspeksjon	To karakteristiske tverrprofiler m/ pkt c-c 10 m + 2 pkt	[14]	Alle punkter > 35 cm, god overensstemmelse med skanning. Bekrefter tynndekke i søndre flanke >> 10 cm, bekrefter supplerende tildekking etter skanning.
Kanalene, tynndekke u. brygger		var		Visuell kontroll	Fotodokumentasjon	[16]	OK
Kanalene				Capping log, GPS styring	Rapport utført pr. «dumping boxes»	«Capping logs» pr. uke	Benyttet til å styre anbrakt volum

Var= varierende

Kommentar til resultat/avvik:

Tildekking i Kanalene ble utfordrende fordi arbeidet ble stykket opp og rekke hensyn begrenset arealet som kunne dekkes til samtidig. Til dels sterk strøm og understrømmer som hadde annet tidsforløp medførte dårligere kontroll enn ønsket på plassering av finkornig filtermateriale. Overgang fra 0/4 til 0/18 hadde god virkning. Komplisjonenene medførte gjentatte oppmålinger og tilleggstildekking, samtidig som visse arealer tykkere tildekking enn tilsiktet. Ved opplastingsplasser (Erling Haug og sentralt i Gryta), samt i noen sentrale «banker» i Gryta ble det alt for tykke lag som måtte jevnes ut pga. krav til seilingshøyde.

Prøvetaking og analyse har avvik ved Ravnklo-kaia. Her ble det pelet for flytebrygge i etterkant av tiltaket og det kan ha kommet opp noe underliggende bunnsstrat i forbindelse med oppretting av peler. Supplerende tildekking ble vurdert som lite hensiktsmessig, bl.a. pga grunnstøting for flytebrygga ved lavvann. Risikoen for spredning vurderes som svært liten, men her anbefales tettere oppfølging ved videre overvåking og inkluderes i overvåkingsprogram.

Referanser:

- [10]: SeaScan: Post Map Capping Kanalen; 50-250 9.11.2015
- [11]: Envisan: As-built Drawing- Outsurvey Thickness Layer Capping Kanalen 20.6.2016
- [12]: Agder Marine (Memo) «Final cleanup - Agder Marine May 2016»; 6.6.2016
- [13]: Envisan: Capping works in Kanalen; 21.6.2016
- [14]: Envisan: Capping Mid Kanalen/Gryta; 7.6.2016
- [15]: Envisan: Capping Mid Kanalen; 7.4.2016
- [16]: Envisan: Visual inspection capping Gryta south; 24.2.2016

## 3.6 Resultater Ilsvika

### 3.6.1 Turbiditetsmålinger i Ilsvika

I perioden 26. mai til 7. juli ble det gjennomført utlegging av et 10 cm tildekkingslag ved rainbowing og fallbunnslekter i Ilsvika. Langs kai lengst øst, ble det lagt ut et 20 cm tildekkingslag. I et område rett utenfor det tidligere oppredningsanlegget til Killingdal Gruber ble det ikke gjennomført tildekking, da det er en pågående kilde til spredning fra land ut i sjø her. Det ble imidlertid lagt ut noe tildekkingsmasser i Ilsvika i mai 2016. Arbeidet i Ilsvika hadde begrenset omfang.

Under utlegging av tildekkingsmasser i 2015 var det utplassert to målebøyer for turbiditet, I1 og I2 med sensorer rett over sjøbunnen, for å overvåke oppvirvling av forurenset sjøbunn under utlegging. Det ble i tillegg utført målinger med håndholdt utstyr for å vurdere spredning fra oppvirvlet sjøbunn og partikkelspredning som følge av tildekkingsmaterialet. Konklusjonen fra målingene var at den høye finstoffandelen i tildekkingsmaterialet maskerer en eventuell oppvirvling av sjøbunnen og det derfor ikke er mulig å skille mellom rene og forurensete partikler (NGI, 2015g). Turbiditetsregime for tynntildekkingen i Ilsvika var 10 NTU over referanseverdi vedvarende i 20 minutter for hele tildekkingsperioden.

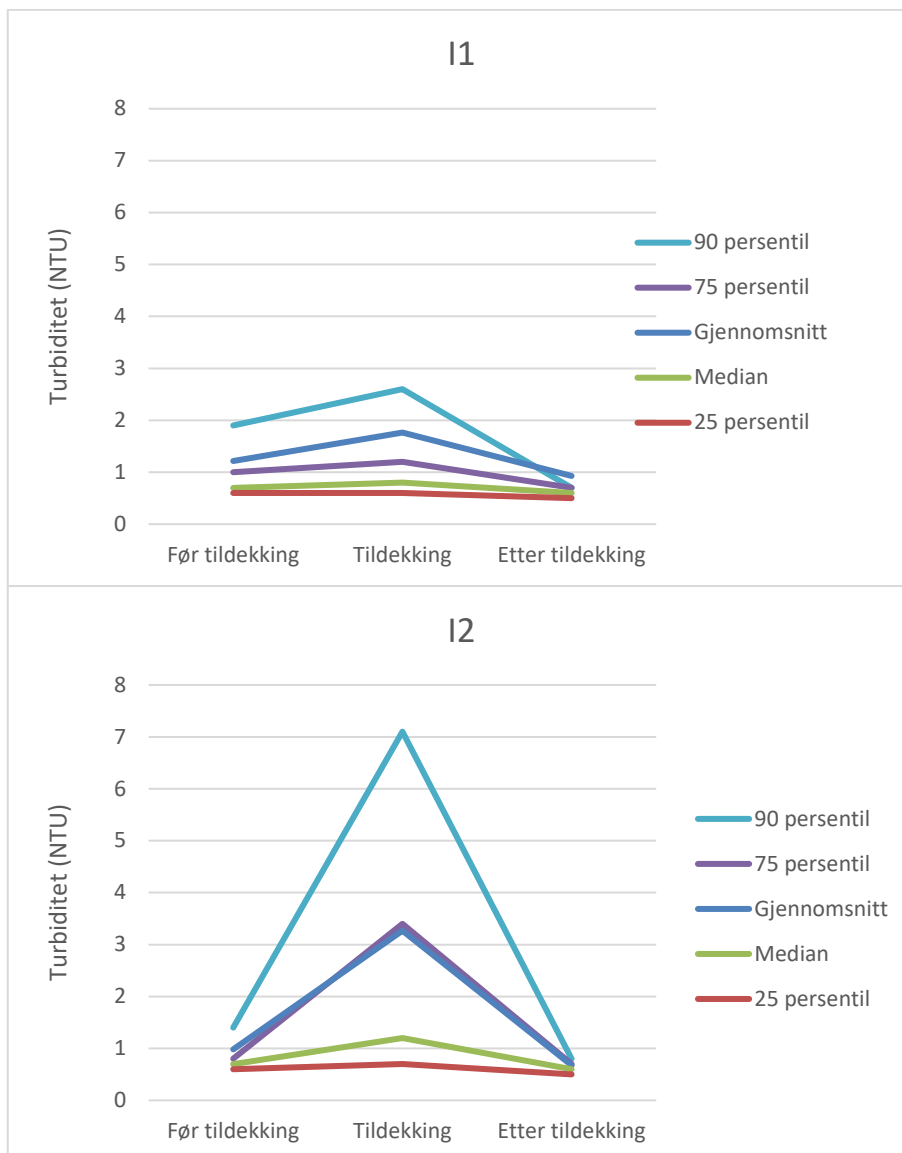
I tildekkingsperioden ble det registrert totalt 13 overskridelser av turbiditetsnivå, hvor de fleste alarmene gikk ved måleren som var plassert lengst inn i Ilsvika (måler I2).

Statistikk for målerdata er gitt i tabell 27 og figur 20. Statistikken inneholder faktisk målt turbiditetsnivå i området, ikke fratrukket referanse. Feilmålinger som f.eks. begroing på måler er tatt ut av statistikken.

Basert på varighet av overskridelsene er det beregnet stopp i arbeider på grunn av turbiditet på 21 timer. Varigheten på overskridelsene er fra 1 til 6 timer.

Tabell 27 Statistikk for turbiditet i målere i I1svika, I1 og I2

Stasjon	I1			I2		
	Før tildekking	Tildekking	Etter tildekking	Før tildekking	Tildekking	Etter tildekking
10 persentil	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4
25 persentil	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7	0,5
Median	0,7	0,8	0,6	0,7	1,2	0,6
Gjennomsnitt	1,2	1,8	0,9	1,0	3,3	0,7
75 persentil	1	1,2	0,7	0,8	3,4	0,7
90 persentil	1,9	2,6	0,7	1,4	7,1	0,8



Figur 20 Statistikk for turbiditetsdata før, under og etter tildekking i I1svika.

Turbiditetsmålingene fra tildekkingen i Ilsvika viser at turbiditet øker under utlegging, men at økningen i turbiditeten i Ilsvika er lavere enn for de andre områdene under tildekking. Dette er fordi Ilsvika er et åpent område hvor større vannmengde er med på å redusere oppkonsentrering av partikler fra tildekkingsmaterialet under utlegging.

### 3.6.2 Vannkvalitet i Ilsvika

Vannprøver tatt før tiltak (bakgrunnsprøver) viser sprik i konsentrasjon av PAH fra ikke påvist til klasse 5 (tabell 28 og tabell 29). Konsentrasjoner i vannprøver tatt ved overskridelser viser noe økning for enkelte metaller under tildekking. Nivået er imidlertid tilsvarende høy bakgrunnsverdi for enkelte parametere. Det er fremdeles kilder på land som ikke er stoppet, derfor er det usikkerhet heftet ved kilden til metallkonsentrasjonene i vannprøvene.

*Tabell 28 Gjenomsnittlige resultater fra vannprøver tatt før tiltak (bakgrunn) og under tildekking ( $\mu\text{g/l}$ ). Resultatene er sammenliknet med Miljødirektoratets tilstandsklasser for fjord- og kystfarvann, (Miljødirektoratet, 2008).*

	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn	B(a)p	$\Sigma$ PAH-16	$\Sigma$ PCB-7
I1 - bakgrunn	<0,05	2,85	0,00241	2,23	<2	<0,020	n.d.	n.d.
I2 - bakgrunn	<0,05	0,615	<0,002	0,75	<2	0,078	0,66	0,00751
I1 – tildekking, snitt	0,0424	1,368	0,001	1,20	9,2375	<0,020	n.d.	n.d.
I2 – tildekking, snitt	0,0406	2,5076	0,00127	2,43	20,5829	<0,020	n.d.	n.d.
Begge målere, snitt	0,0412	2,0932	0,00119	1,99	16,4573	<0,020	n.d.	n.d.

Der forbindelser ikke er påvist er halv deteksjonsgrense brukt i videre klassifisering og beregninger.

Tabell 29 Konsentrasjoner i vannprøver for metaller i Ilsvika, µg/l.

Prøvenavn	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
Enhet	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
I1 Bakgrunn	<0,05	2,85	0,00241	2,23	<2
I2 Bakgrunn	<0,05	0,615	<0,002	0,747	<2
I3 Bakgrunn	0,06	1,5	<0,002	1,26	11,2
I4 Bakgrunn	<0,05	2,03	<0,002	1,36	12,2
I5 Bakgrunn	<0,05	0,981	<0,002	0,705	5,94
I2 20150602 kl. 13:15	0,0527	1,59	0,00341	7,71	8,29
I2 20150607 kl. 17:00	0,025	0,916	<0,002	0,417	8,5
I2 20150607 kl. 19:45	0,025	4,28	<0,002	0,861	25,5
I2 20150608 kl. 11:30	0,025	0,777	<0,002	2,08	49,4
I1 20150611	0,025	0,831	<0,002	0,355	4,96
I1 20150612	0,0658	0,621	<0,002	0,529	4,39
I1 20150617	0,0538	1,86	<0,002	2,76	14,5
I1 20150619 kl. 12:40	0,025	2,16	<0,002	1,17	13,1
I2 20150619 kl. 14:35	0,025	2,65	<0,002	0,639	7,69
I2 20150623 kl. 09:55	0,0807	3,64	<0,002	3,05	32,8
I2 20150624 kl. 08:30	0,0506	3,7	<0,002	2,27	11,9

Der forbindelser ikke er påvist er halv deteksjonsgrense brukt i videre klassifisering og beregninger

Det er også utført analyse av passive prøvetakere (POM) på PAH og PCB i Ilsvika. I POM fra før tiltak er ikke konsentrasjonen av PAH i POM tilsvarende høy i I2 slik at bakgrunnsprøven anses å være en episodisk høy måling (tabell 30). Konsentrasjonene før og under tiltak ligger innenfor tilstandsklasse 2, meget god. Målt PCB i POM før og under tildekking viser en høyere verdier under tildekking enn før tildekking. Økningen er imidlertid ikke signifikant. I POM som sto ute august til november 2015 er det ikke påvist PCB i POM. Det er utført etterkontrollmålinger med POM i Ilsvika, i de to stasjonene det ble utført bakgrunnsmålinger. Konsentrasjoner i POM er i etterkontrollen lavere enn bakgrunn for PAH.

Tabell 30 PAH i vannprøver og passive prøvetakere før og under tildekking i Ilsvika.

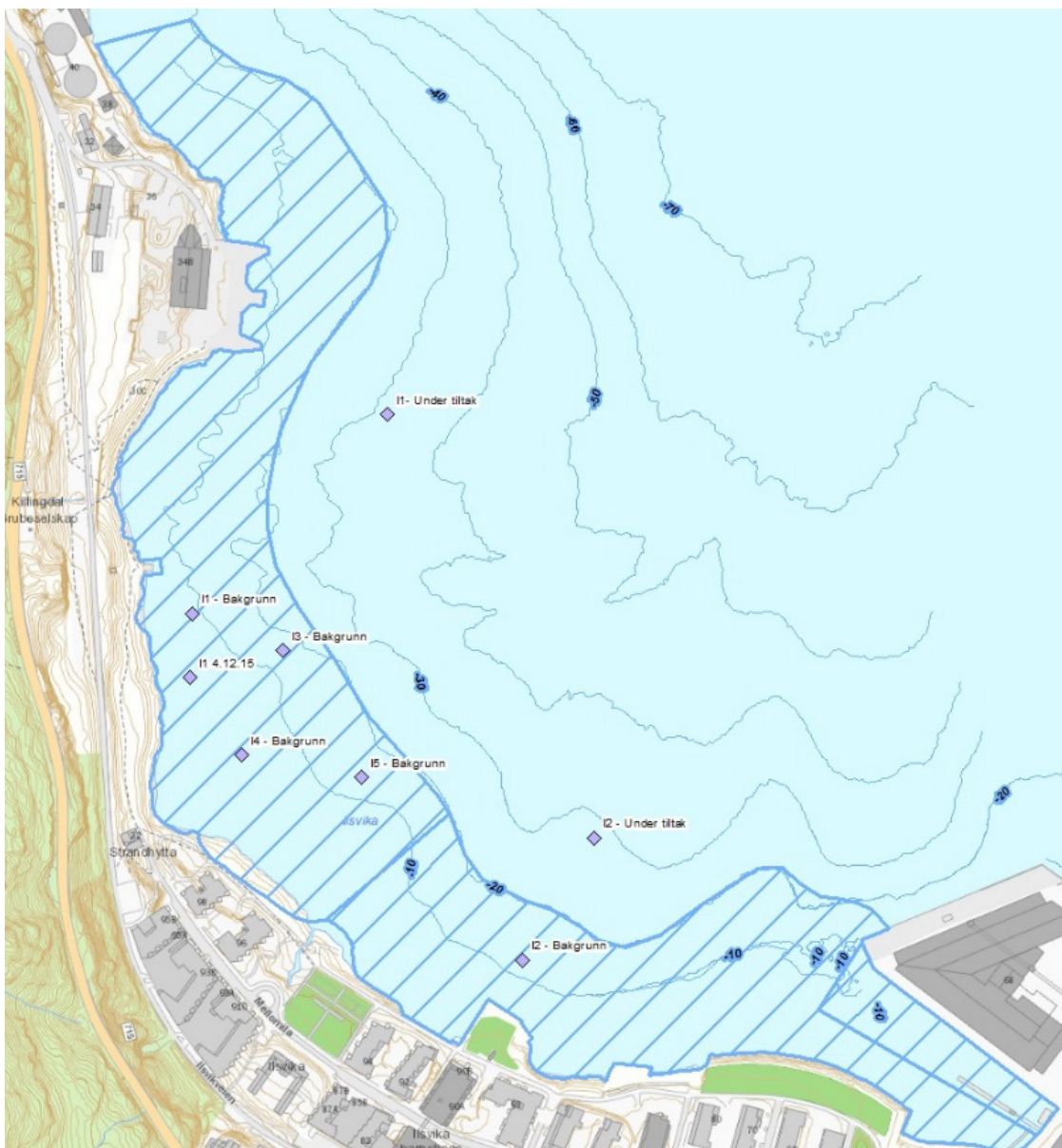
	Naftalen	Acenaftylen	Acenaften	Fluoren	Fenantren	Antracen	Fluoranten	Pyren	Benso(a) antracen	Krysen	Benso(b) fluoranten	Benso(k) fluoranten	Benso(a) pyren	Dibenso(ah) antracen	Benso(ghi) perylene	Indeno (123cd) pyren	Σ PAH-16
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Bakgrunn	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
Bakgrunn	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	0,05	<0,020	0,107	0,112	0,048	0,045	0,1	0,031	0,078	0,01	0,041	0,035	0,66
I1 POM Bakgrunn	0,0145	0,0031	0,0045	0,0058	0,0177	0,0002	0,0038	0,0031	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,00003	0,000004	0,00001	0,00002	0,0533
I2 POM Bakgrunn	0,0166	0,0029	0,0039	0,0062	0,0223	0,0003	0,0020	0,0024	0,0000	0,0002	0,0001	0,0001	0,00004	0,00001	0,00001	0,00002	0,0570
Tildekking	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	0,036	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	0,036
	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
	<0,100	<0,010	<0,010	<0,020	<0,030	<0,020	<0,030	<0,060	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,020	<0,010	<0,010	<0,010	i.p.
I1 POM Aug-15	0,0165	0,0028	0,0036	0,0047	0,0171	0,0002	0,0016	0,0023	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0495
I1 POM Sep-15	0,0277	0,0128	0,0135	0,0161	0,0636	0,0038	0,0091	0,0066	0,0005	0,0009	0,0005	0,0004	0,0003	0,000046	0,0001	0,0002	0,1561
I2 POM Sep-15	0,0194	0,0031	0,0037	0,0051	0,0217	0,0004	0,0021	0,0025	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,000007	0,000028	0,0000	0,0585
I1 POM Etterkontroll	0,0010	0,0000	0,0002	0,0003	0,0017	0,0014	0,0005	0,0003	0,000004	0,000012	0,000004		5,6E-07	5,3E-08	4,5E-07	2,5E-07	0,0054
I2 POM Etterkontroll	0,0051	0,0001	0,0005	0,0006	0,0042	0,0035	0,0031	0,0017	0,0000	0,0001	0,00002		2,1E-06	1,5E-07	1,2E-06	8,3E-07	0,0191

### 3.6.3 Sedimentfeller

Før oppstart av tiltak i Ilsvika ble det plassert ut sedimentfeller i to omganger. I1 og I2 ble plassert ut som bakgrunn for turbiditetsmålestasjonene iht. kontrollprogrammet. I tillegg ble det satt ut tre sedimentfeller for å vurdere spredning fra overvannsutløp fra Killingdal Gruber.

Sedimentfellene i tiltaksperioden ble satt ut 1. juni og tatt opp 16. september, og plassert i utkanten av tildekkingsfeltet ved overvåkingsstasjoner for turbiditet I1 og I2 (figur 21). Det er områder ved utløp fra land ved Killingdal som ikke er fullstendig tildekket. Det ble plassert ut en sedimentfelle utenfor utløpet etter at resterende områder i Ilsvika var tildekket.

Under tildekking observeres en betydelig økning i sedimentasjonen i området (tabell 31), som skyldes det tilførte tildekkingsmaterialet. Dette er rene masser og kvaliteten på materialet i fellene under tildekking gjenspeiler at det er tildekkingsmassene som totalt dominerer partikkeltypen i vannmassene. I stasjonen ved utløpet fra Killingdal (I5) er det påvist kobber i tilstandsklasse 4, som trolig kan relateres til pågående kilder fra land.



Figur 21 Plassering av sedimentfeller under tiltak i IIsvika.



**Tabell 31** Analyseresultater fra sedimentfeller i Ilsvika før tildekking, under tildekking og ved utløpet fra Killingdal i området hvor tildekking ikke er utført.

ELEMENT		I1	I2	I4	I5	I1 16/9-15 under tiltak	I2 16/9-15 under tiltak	I1 04/12-15
Mengde total, tørt	g	5,5	15	6,1	4,6	46	110	8,2
Sedimentert	mm/år	1,3	3,5	2,0	1,5	7,1**	17,1**	1,7
As (Arsen)	mg/kg	110	60	31	60	19	8,6	31
Cd (Kadmium)	mg/kg	2,2	0,95	0,5	0,59	0,35	0,16	0,65
Cr (Krom)	mg/kg	48	40	29	45	19	9,8	34
Cu (Kopper)	mg/kg	5510	210	103	213	65	29	219
Hg (Kvikksølv)	mg/kg	0,28	0,19	<0,10	0,15	<0,10	<0,10	0,23
Ni (Nikkel)	mg/kg	26	23	16	25	85	34	20
Pb (Bly)	mg/kg	238	119	85	117	32	26	69
Zn (Sink)	mg/kg	2340	582	265	441	138	76	278
Naftalen	mg/kg	<0,050	<0,050			<0,050	<0,050	
Acenaftylen	mg/kg	<0,050	<0,050			<0,050	<0,050	
Acenaften	mg/kg	<0,050	<0,050			<0,050	<0,050	
Fluoren	mg/kg	<0,050	<0,050			<0,050	<0,050	
Fenantren	mg/kg	0,13	0,31			<0,050	<0,050	
Antracen	mg/kg	0,067	0,1			<0,050	<0,050	
Fluoranten	mg/kg	0,37	0,7			<0,050	<0,050	
Pyren	mg/kg	0,3	0,56			<0,050	<0,050	
Benso(a)antracen	mg/kg	0,16	0,28			<0,050	<0,050	
Krysen	mg/kg	0,15	0,24			<0,050	<0,050	
Benso(b)fluoranten	mg/kg	0,13	0,26			<0,050	<0,050	
Benso(k)fluoranten	mg/kg	0,098	0,16			<0,050	<0,050	
Benso(a)pyren	mg/kg	0,19	0,33			<0,050	<0,050	
Dibenso(ah)antracen	mg/kg	<0,050	0,052			<0,050	<0,050	
Benso(ghi)perylene	mg/kg	0,14	0,26			<0,050	<0,050	
Indeno(123cd)pyren	mg/kg	0,15	0,3			<0,050	<0,050	
Sum PAH-16	mg/kg	1,89	3,55			i.p.	i.p.	
Sum PCB-7	mg/kg	i.p.	0,0641			i.p.	i.p.	

i.p = ikke påvist

Der forbindelser ikke er påvist er halv deteksjonsgrense brukt i videre klassifisering og beregninge

### 3.6.4 Vurdering av spredning i Ilsvika

I Ilsvika er det registrert overskridelser av turbiditet under tildekking. Vannprøvene som er tatt ved overskridelser viser noe økt metallinnhold, men det er heftet usikkerhet ved om enkelte av de høye metallverdier er knyttet til tildekkingsarbeider eller pågående kilder på land.

Under tildekking er det en betydelig økning i sedimentasjonen i området på grunn av tilført tildekkingsmateriale. Dette er rene masser og kvaliteten på materialet i fellene

under tildekking gjenspeiler at det er tildekkingsmassene som totalt dominerer partikkeltypen i vannmassene. Det er imidlertid funnet konsentrasjoner av kobber i sedimentfellen som sto nærmest Killingdal som mulig kan relateres til pågående kilder fra land.

### 3.6.5 Kontroll av tildekket sjøbunn i Ilsvika

Tildekkingslaget i Ilsvika ble utført ved utlegging med fallbunnslekter og rainbowing, sistnevnte ble brukt for tildekking mot land. Et område utenfor tidligere Killingdal Grubers oppredningsverk er ikke tildekket i påvente av å få kontroll på spredning fra land.

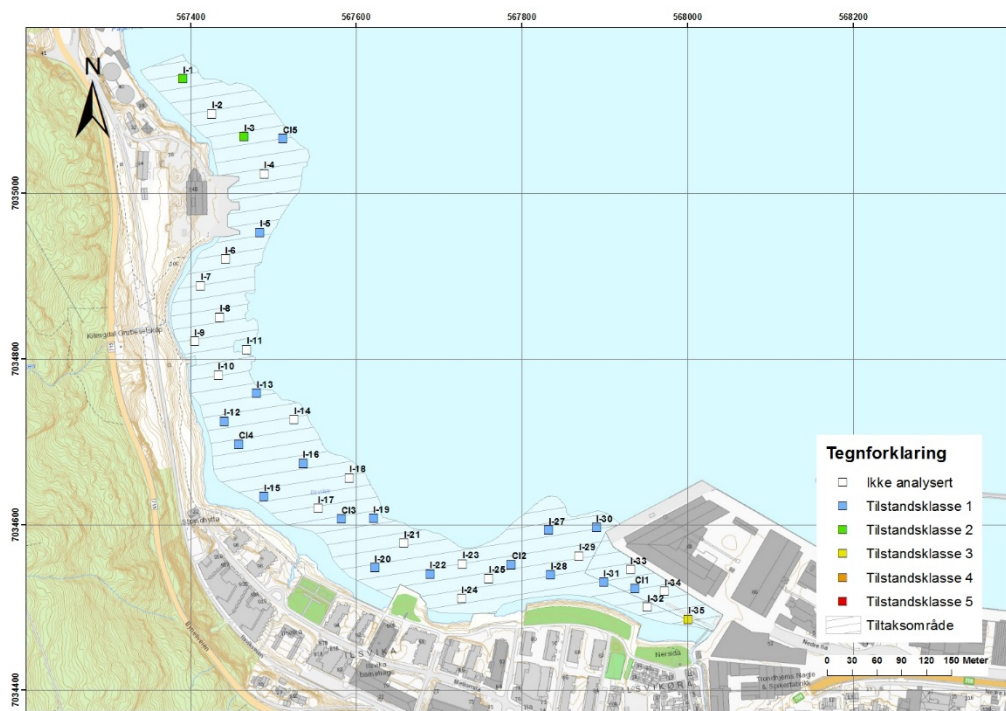
Etter ferdig tildekking ble det gjennomført kontrollmålinger med dykker, samt tatt ut kjerneprøver av tildekkingslaget i 5 stasjoner (clustere). Undersøkte områder viser snittmektigheter i clustere fra 8,25 til 14,25 cm i områder prosjektert med 10 cm tildekking og snittverdi på 19 cm i et begrenset område prosjektert med 20 cm tildekking.

Det ble utført kjemisk analyse på et utvalg av kjerneprøver tatt ut rett etter utlegging, og viser oppnådd renhet tilsvarende tilstandsklasse 1 og 2 i prøvestasjonene. Det er i tillegg utført prøvetaking i rutenett i Ilsvika. Resultater fra kjemisk dokumentasjon av tildekking er gitt i figur 22.

Grabbprøver viser tilstandsklasse 1 bortsett fra i to prøver som viser tilstandsklasse 2 for BaP, og en prøve som viser tilstandsklasse 3 for bly, PAH og PCB i tillegg til klasse 2 for kobber og BaP. Stasjon lengst inne i Ilsvika skal undersøkes i videre overvåking og inkluderes i overvåkingsprogram.

Tilstandsklasse 1 til 2 er oppnådd for de åtte rapporteringsparameterene, bortsett fra i en prøve lengst øst. Miljømålet umiddelbart etter utført tiltak (tilstandsklasse 1 og 2) er dermed oppnådd i Ilsvika.

En oppsummering av fysisk kontroll av tildekkingslag er fra byggherre gitt i tabell 32. Tabellen beskriver hvilke dokumenter som ligger til grunn for vurderinger om oppnådd tilstrekkelig mektighet i ulike lag og områder.



Figur 22 Kjemisk dokumentasjon av tildekkingslag i Illsvika.

Tabell 32 Kontroll av tildekkingslag i Ilsvika.

Ilsvika							
Område	Materiale	Krav	Toleranse +/-	Metode	Tetthet/ omfang	Utført/referanse	Resultat/avvik
Ilsvika	0/8	10 cm	2,5 cm	Dykker-inspeksjon	5 clustere m/ 4 pkt c-c 15 m	Rapport 25/10 – 15 v 1.2. [1]	1: 10 – 20 cm gj.sn. 11/19 2: 9 – 17 cm gj.sn. 13 3: 9 – 20 cm gj.sn. 14 4: 10 – 15 cm, gj.sn. 12 5: 7 – 10 cm, gj.sn. 8 (1 pkt < 7,5) Godkjent
				Målestaver i 3 sektorer: Fagervika Nord Fagervika Sør Ilsvika havn	AB: 4 pkt SO: 6 pkt HB: 3 pkt	[2]	AB: 1 pkt = 5,5, 3 øvrige: 8 – 13 cm SO: 1 pkt = 5 cm, 5 øvrige: 8 – 13 cm HB: 1 pkt: 10 cm, øvrige 2 17 – 19 cm Ekstra tildekking ved avvik; OK
				Scanning	Kontinuerlig, komplett	[4]	Benyttet for mengdekontroll
				Volum levert	Gjennomsnitt	Konossementer	Overforbruk ca 25 %
				Capping log, GPS styring	Rapport utført pr. «dumping boxes»	Ukerapporter	Benyttet til å styre anbrakt volum
Ilsvika kai	0/8	20 cm	2,5 cm	Målestaver	2 stk	[1]	HB: 2 pkt: 15 – 17 cm, supplert m/ 600 m <sup>3</sup> i etterkant. Avvik lukket.
				Dykkerunder-søkelse	1 profil, 4 pkt	[3]	27 – 35 cm = OK
"Hold"-område	0/18	< 10 cm		Volum levert		Lass med Arena 2.juni 2016	Komplettering uten tykkelseskontroll 200 m <sup>3</sup> / 3000 m <sup>2</sup> OK

Kommentar til resultat/avvik:

På deler av sjøbunnarealet er det raviner med bratte sideskrånninger. Det er derfor ikke ansett praktisk mulig å oppnå jevn tildekking overalt. Omfanget av undermålere med 2,5 -0,5 cm i 3 pkt av i alt 31. anses å være i overensstemmelse med forutsetningene.

Noe av overforbruket skyldes sein sedimentasjonshastighet i forhold til strøm på stedet og noe materiale må påregnes å ha blitt ført til dypere farvann enn 20 m samt noe lenger mot nord enn tiltaksområdet. Scanning mars -16 bekrefter dette. Dette må anses å ha positiv miljøeffekt

En sektor av tiltaksområdet ble underlagt "hold" etter at det var lagt ut et tynt lag. I dette området ble det besluttet å dekke med ytterligere 200 m<sup>3</sup> 0/18 som var tilgjengelig ved anleggsavslutningen.

[1]: Evisan/Agder: Ilsvika, Survey Results v. 1.2; 2015-10-19

[2]: Videofiler fra Envisan; datert 4.6. og 29.10.2015 .VOB-filer (store filer)

[3]: Rapport Norsk Havservice; 8-11-2016

[4]: SeaScan: Outsurvey Capping Ilsvika; 15.3.2016

## 4 Miljøbudsjett, miljøregnskap og beregnet mengde utvalgte helse- og miljøfarlige stoffer håndtert

NGI har utarbeidet et miljøbudsjett for tiltakene i Renere havn prosjektet i tiltaksbeskrivelsen for søknad om tillatelse til opprydding i forurensede sedimenter i Trondheim havn (NGI, 2014b). Miljøbudsjettet ble utarbeidet for å vurdere miljøeffekten av de prosjekterte tiltakene i forhold til spredningsrisiko. Budsjettet omfatter beregning av spredning av miljøgifter før, under og etter tildekking i Ilsvika, mudring og tildekking i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna samt etablering av deponi for mudrede masser i Nyhavna.

I tillatelsen fra Miljødirektoratet stilles det krav til at det skal føres miljøregnskap for arbeidene. Regnskapet skal synliggjøre faktisk spredning av forurensning basert på resultater fra overvåkingen ved tiltaksområdene. Dette miljøregnskapet er presentert i NGI-rapport 20160339-27-R (NGI, 2017b). Denne rapporten presenterer endelig miljøregnskap for Brattørbassenget, Nyhavna og Kanalen, og erstatter tidligere regnskap for Brattørbassenget i NGI-notat 20160339-66-TN. Regnskapet er laget for områder hvor det har foregått mudring, samt deponering i Nyhavna og tildekking. I Ilsvika har det kun foregått tynntildekking. Det er her vurdert at det ikke skal utarbeides et miljøregnskap.

Det ble i 2014 utarbeidet to miljøgiftbudsjett; et samlet budsjett for Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna og et budsjett for Ilsvika. Miljøgiftbudsjett er beregnet for de stoffer som hadde en gjennomsnittskonsentrasjon før tiltak høyere enn tilstandsklasse 3 fordi disse utgjorde størst miljørisiko. Tiltakene forventes likevel å også ha en positiv effekt på de øvrige stoffene. Rapporteringsparametere i miljøbudsjettet er PAH og kobb-er for Kanalen og Nyhavna og PAH for Brattørbassenget. I Ilsvika er det bly, kobber og sink. I tillatelsen fra Miljødirektoratet er det stilt krav til at alle miljøgiftene som er omfattet av tiltaks målet i Trondheim skal rapporteres. Det er derfor flere parametere i miljøgiftregnskapet enn i miljøbudsjettet.

Beregning av spredning i miljøgiftbudsjettet omfatter spredningsmekanismer som vil opptre før, under og etter tiltak i de områdene som det utføres tiltak i, samt ved deponiløsningen i Nyhavna. Miljøgiftsbudsjettet er ikke revidert etter 2014.

## 4.1 Utarbeidelse av miljøregnskap

I miljøregnskapet (NGI, 2017b) er metodikk for beregning av regnskapet presentert. Oppsummert tas det inn data fra den gjennomførte overvåkningen, herunder resultater fra:

- ↗ Turbiditetsmålinger
- ↗ Analyse av vannprøver
- ↗ Vanstransportdata - strømmålinger

Det er identifisert følgende spredningsveier for forurensning som omfattes av miljøregnskapet:

- ↗ Spredning fra utildekket sjøbunn i anleggsperioden (skipsoppvirvling, diffusjon og transport via organismer)
- ↗ Spredning ved oppvirvling av sediment under mudring
- ↗ Spredning fra tildekking ved oppvirvling av sediment
- ↗ Spredning fra etter tildekking i anleggsperioden

Det er også benyttet estimert gjennomstrømmende vannmengder i delområdene, som er basert på målinger med utstyr for å måle strømhastighet og –retning med vurderinger fra SINTEF (2016).

## 4.2 Resultater

I tabell 33 til tabell 35 er det miljøregnskap sammenholdt med miljøbudsjett for områdene Brattøra, Kanalen og Nyhavna.

Tabell 33 Miljøregnskap sammenlignet med miljøbudsjett for Brattørbassenget.

Spredningsvei	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)p	Σ PAH-16	Σ PCB-7
<b>Spredning før tiltak beregnet fra forurenset sjøbunn (g/år)</b>	<b>115</b>	<b>8235</b>	<b>45</b>	<b>6494</b>	<b>75</b>	<b>1287</b>	<b>11</b>
<b>Miljøbudsjett (NGI, 2013)</b>							
Spredning fra mudring (g)	0,010	49	0,002	43	0,01	0,3	0,0001
Spredning fra tildekking (g)	0,1	23	0	1,6	0	0	0
Spredning under tiltak fra sedimenter (g)	154	10980	61	8658	126	1717	15
<b>Budsjettert total spredning under tiltak (g)</b>	<b>154</b>	<b>11052</b>	<b>61</b>	<b>8703</b>	<b>100</b>	<b>1717</b>	<b>15</b>
<b>Budsjettert spredning etter tiltak fra forurenset sjøbunn gjennom tildekkingslaget via diffusjon (g/år)</b>	<b>1,2</b>	<b>79</b>	<b>0,4</b>	<b>59</b>	<b>2,6</b>	<b>72</b>	<b>0</b>
<b>Miljøregnskap</b>							
Spredning fra mudring (g)	49	1333	0,9	2505	4	333	0,5
Spredning ved tildekking (1. tildekkingslag)	26	0	0	0	0	0	0
Bakgrunns-spredning fra utildekket sjøbunn i anleggsperioden (g)	67	4804	27	3788	55	751	7
Spredning fra ferdig tildekket sjøbunn i anleggsperioden (g)	10,9	130	1,0	20	0,1	7	0
<b>Total spredning fra fysiske tiltak (g)</b>	<b>75</b>	<b>1333</b>	<b>0,9</b>	<b>2505</b>	<b>4</b>	<b>333</b>	<b>0,5</b>
<b>Total spredning fra tiltak og sjøbunn under tiltak (g)</b>	<b>154</b>	<b>6266</b>	<b>29</b>	<b>6313</b>	<b>60</b>	<b>1091</b>	<b>7</b>
<b>Beregnet spredning fra ny sjøbunn etter tiltak (stedsspesifikk Kd fra før tiltak)</b>	<b>15</b>	<b>173</b>	<b>1,3</b>	<b>27</b>	<b>0,08</b>	<b>9,9</b>	<b>0,02</b>

Tabell 34 Miljøregnskap sammenlignet med miljøbudsjett for Kanalen.

Spredningsvei	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)p	Σ PAH-16	Σ PCB-7
<b>Spredning før tiltak beregnet fra forurenset sjøbunn (g/år)</b>	465	32883	299	31105	254	4385	26
<b>Miljøbudsjett (NGI, 2013)</b>							
Spredning fra mudring (g)	0,2	1099	0,13	1210	0,1	2	0,0002
Spredning fra tildekking (g)	1	10	0,1	3	0,006	2,9	0,0005
Spredning under tiltak fra sedimenter (g)	620	43844	398	41473	339	5846	35
<b>Budsjettert total spredning under tiltak (g)</b>	621	44953	398	42686	339	5851	35
<b>Budsjettert spredning etter tiltak (g/år)</b>	2	18	0,3	15	2	5	0,1
<b>Miljøregnskap</b>							
Spredning fra mudring (g)	17	13708	1,3	3363	0	82	0
Spredning ved tildekking (1. tildekkingslag)	15	10386	1,1	2940	0	0	0
Spredning fra utildekket sjøbunn i anleggsperioden (g)	446	31513	286	29809	244	4202	25
Spredning fra ferdig tildekket sjøbunn i anleggsperioden (g)	1,9	8	0,5	2	0,005	29	0,005
<b>Spredning fra fysiske tiltak (g)</b>	32	24094	2,4	6303	0	82	0
<b>Total spredning fra tiltak og sjøbunn under tiltak (g)</b>	479	55615	289	36114	244	4313	25
<b>Spredning etter tiltak beregnet fra ny sjøbunn (g/år)</b>	5,1	21	1,4	4,9	0,01	77	0,3

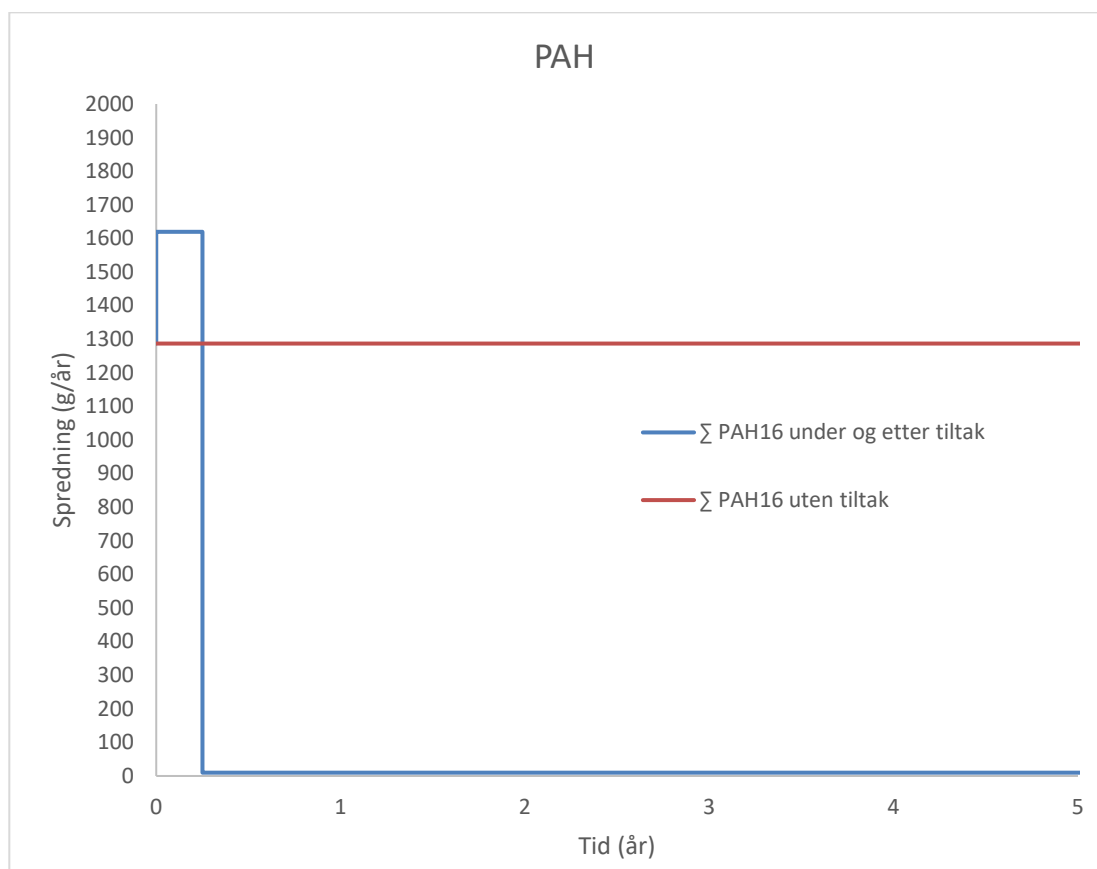


Tabell 35 Miljøregnskap sammenlignet med miljøbudsjett for Nyhavna.

Spredningsvei	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)p	∑ PAH-16	∑ PCB-7
<b>Spredning før tiltak beregnet fra forurenset sjøbunn (g/år)</b>	268	77322	96	20948	307	4741	16
<b>Miljøbudsjett (NGI, 2013)</b>							
Spredning fra mudring utenfor deponiområdet (g)	0,03	3049	0,005	246	0	1	0,00002
Spredning fra deponiområdet (g)	ikke beregnet	11802	39	6220	125	2400	12,6
Spredning fra tildekking (g)	0,6	8	0	3	0,4	19	0
Spredning under tiltak fra sedimenter (g)	358	103096	128	27930	409	6322	21
<b>Budsjettet total spredning under tiltak (g)</b>	358	117955	167	34399	534	8742	33,6
<b>Budsjettet spredning etter tiltak (g/år)</b>	1	12	0,5	23	17	27	0,6
<b>Miljøregnskap</b>							
Spredning fra mudring og deponering (g)	3,6	301	0,3	268	1,6	56	0
Spredning ved tildekking (1. tildekkingslag)	0	0	0	0	0	0	0
Spredning fra utildekket sjøbunn i anleggsperioden (g)	207	59602	74	16147	236	3655	12
Spredning fra ferdig tildekket sjøbunn i anleggsperioden (g)	0,48	3	0,2	0,20	0	11	0
<b>Total spredning fra fysiske tiltak (g)</b>	3,6	301	0,3	268	1,6	56	0
<b>Total spredning fra tiltak og sjøbunn under tiltak (g)</b>	211	59906	74	16416	238	3722	12
<b>Spredning etter tiltak beregnet fra ny sjøbunn (g/år)</b>	3,82	21	1,6	4,9	0,09	90	0,19

### 4.3 Inntjeningstid

For å få en vurdering av størrelsen av spredningen som anleggsarbeidene har medført er det gjort beregninger på inntjeningstiden av denne spredningen, dvs. hvor lenge den reduserte spredningen av gjennomført tiltak må virke før spredning under tiltak er hentet inn igjen. Dette er illustrert i Figur 23, som viser spredning av PAH før, under og etter tiltak i Brattøra.



Figur 23 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for PAH-16.

Oppsummert er inntjeningstiden av tiltakene som følger:

- For Brattørbassenget var tiltaksperioden så kort og spredningen så liten at inntjeningstiden er beregnet lavere enn et halvt år.
- For Kanalen er det spredningsbidraget fra kobber, som har den lengste inntjeningsperioden, og vil være inntjent etter innen et år, basert på tallene i miljøregnskapet.
- For samtlige målte parametre er tilleggsbelastningen for mudring, deponering og tildekking svært beskjeden i forhold til bakgrunnsspredningen. Tiltaket er beregnet inntjent kort tid etter at tiltaket er gjennomført, innen et halvt år etter at tiltaket er ferdig.

Forurenset sedimenterende materiale på grunn av mudringen i influensområdet utenfor tiltaksområdene er senere blitt tildekket av rene partikler fra tildekkingsmassene som ble spredd under tildekkingen. Sedimentfelledata er brukt for å estimere konsentrasjonen i spredningssonen. Det er estimert at konsentrasjonen i sedimentet i det øvre laget i spredningssonen generelt har lavere konsentrasjoner enn før tiltak eller foreligger i tilstandsklasse 1 eller 2. Spredningen av tildekkingsmateriale etter mudring gir derfor et positivt bidrag på sjøbunnen i influensområdet utenfor tiltaksområdet.

#### 4.4 Samlet regnskap for Nyhavna, Brattørbassenget og Kanalen

I tabellen under (tabell 36) er miljøregnskapet for delområdene summert sammen, og sammenliknet med miljøbudsjettet summert for de samme delområdene. Med alle delområder summert framgår det av miljøregnskapet at spredningen under tiltak totalt sett har vært lavere enn det som var budsjettet. Det som har vært spesielt utslagsgivende for å oppnå dette resultatet er den lave spredningen ut fra deponiområdet. Dette er muliggjort ved omfattende og aktiv bruk av siltgardin for å hindre partikkelspredning ut fra Nyhavna.

Tabell 36 Sammenstilling av regnskap for Brattørbassenget, Nyhavna og Kanalen.

Spredning før, under og etter tiltak	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)p	ΣPAH16	Σ PCB-7
<b>Spredning før tiltak beregnet fra forurenset sjøbunn (g/år)</b>	848	118440	440	58547	636	10413	53
<b>Miljøbudsjett (NGI, 2013)</b>							
Spredning fra mudring (g)	0,24	15999	39,137	7719	125,11	2403,3	12,60032
Spredning fra tildekking (g)	1,7	41	0,1	7,6	0,406	21,9	0,0005
Spredning under tiltak fra sedimenter (g)	1132	157920	587	78061	874	13885	71
<b>Budsjettet total spredning under tiltak (g)</b>	1133	173960	626	85788	999	16310	83,6
<b>Budsjettet spredning etter tiltak (g/år)</b>	4,2	109	1,2	97	21,6	104	0,7
<b>Miljøregnskap</b>							
Spredning fra mudring (g)	69,6	15342	2,5	6136	5,6	471	0,5
Spredning ved tildekking (1. tildekkingslag) (g)	41	10386	1,1	2940	0	0	0
Spredning fra utildekket sjøbunn i anleggsperioden (g)	720	95919	387	49744	535	8608	44
Spredning fra ferdig tildekket sjøbunn i anleggsperioden (g)	13,28	141	1,7	22,2	0,105	47	0,005
<b>Spredning fra fysiske tiltak (g)</b>	110,6	25728	3,6	9076	5,6	471	0,5
<b>Total spredning fra tiltak og sjøbunn under tiltak (g)</b>	844	121787	392	58843	542	9126	44
<b>Spredning etter tiltak beregnet fra ny sjøbunn (g/år)</b>	23,92	214,5	4,3	36,8	0,18	176,9	0,51

## 4.5 Erfaring med bruk av miljøregnskap

I prosjektet Renere havn er det benyttet overvåkningsmetoder som er i tråd med metodene som er anbefalt i Miljødirektoratets dokument TA-2804-2011 "Bruk av miljøgiftbudsjett ved gjennomføring av tiltak i forurenset sjøbunn. Utredning av muligheter". Metodene omfatter:

- Turbiditetsmålinger
- Analyse av vannprøver
- Analyse av passive prøvetakere
- Sedimentfeller

Dette datagrunnlaget er enten benyttet direkte i beregningsgrunnlaget for miljøregnskapet, eller benyttet for å gjøre vurderinger av effekten av spredningen fra tiltaks-gjennomføringen. I miljøgiftregnskapet er spredning fra mudring og tildekking beregnet ved å multiplisere observerte vannkonsentrasjoner med den vannutskiftningen i det aktuelle området. Det er gjort et fratrekk i konsentrasjonen for den bakgrunnsverdi som gjelder for området. For å sikre at bakgrunnskonsentrasjonen er representativ for hele anleggsperioden bør det legges inn flere målinger gjennom året. Disse kan tas når det ikke har vært drift på anlegget i en periode, f.eks. rett etter helgen.

En fordel med å beregne spredning som produkt av konsentrasjon, vannutskiftning og tid er at dette er en relativt robust beregning der alle parameterne kan bestemmes med moderat usikkerhet. Dessuten kan usikkerheten i disse parameterne reduseres ved å analysere flere vannprøver eller å undersøke strømforholdene i mer detalj. Det vannvolumet som legges til grunn er i dette området er stort pga. tidevannsbevegelser og transport av ferskvann med Nidelva. En utfordring med regnskapet er å kunne avgrense det påvirkede vannvolumet. I dette tilfellet er beregningene konservative da en slik avgrensning ikke har vært mulig å gjennomføre.

En annen fordel med å basere beregningen av spredning fra målt konsentrasjon i vannmasser er at alle mekanismer som kan bidra til en økning av konsentrasjonen av miljøgifter i vannet der tiltaket skjer, tas med i spredningsberegningen. Hvis en spredningsmekanisme ikke øker konsentrasjonen i vannet vesentlig, vil den som regel heller ikke være en vesentlig spredningsmekanisme.

For å karakterisere økning i vannkonsentrasjon som følge av arbeidene er det brukt vannprøver tatt ved overskridelse av grenseverdi for turbiditet. For å øke datamengden og grunnlaget for dette kunne man ha laget et overvåkningsprogram som gikk ut over de kravene som ligger inne i kontrollplanen per i dag. Uten at dette er vurdert å ha medført noen vesentlig ulempe for regnskapet i Renere havn, ville et slikt program gjort det mulig og i større grad hensynta årstidsvariasjoner og andre naturlige svingninger i naturlig bakgrunnsnivå. Dette kan være viktig for prosjekter som gjennomføres i områder der en forventer store svingninger. Under tiltakene i Brattørbassenget, ble det målt miljøgiftkonsentrasjoner i 16 vannprøver i løpet av 10 dager. Dette gir et godt grunnlag for å vurdere endringer i konsentrasjon som følge av tiltakene.

I miljøregnskapet er det lagt størst vekt på data fra vannkvalitetsovervåkning ved vannprøvetakning i beregningene. Det å ha tilgang på resultater også fra metodikk som omfatter bruk av passive prøvetakere og sedimentfeller er verdifullt fordi det gjør det mulig å gi en helhetsvurdering og kontroll av rimelighet i gjennomførte beregninger. Ikke minst gir dette datagrunnlaget mulighet for å vurdere effekt av dokumentert spredning i anleggsperioden. Eksempelvis er det påvist totalkonsentrasjoner av PAH i vann opp mot tilstandsklasse V, samtidig som data fra passive prøvetakere viser at den løste, biotilgjengelige fraksjonen er i lavere enn EQS (årlig gjennomsnitt).

Det er en fordel at bestemmelse av  $K_d$ -verdier, både av forurenset sediment og tildekkingsmasser gjøres som en del av forhåndskarakteriseringen, før tiltak igangsettes.

Sedimentfelldata har spesielt vært viktige for å vurdere effekten av partikkelspredning til influensområdene. Siden tildekkingen er gjort til slutt har sedimentasjon av rene partikler medført at konsentrasjonen i influensområdet ikke er påvirket negativt.

## 4.6 Sammenlikning med miljøgiftbudsjett

Miljøgiftregnskapet sammenliknes med miljøgiftbudsjettet som ble laget på forhånd. De elementene i budsjettet som er beregnet ut ifra det verktøyet som brukes ved risikovurdering for forurenset sediment har innebygget flere konservative elementer. Dette medfører at regnskapsposter for spredning der bidrag derifra inngår blir forholdsvis høye. I miljøgiftbudsjettet er spredningen som følge av anleggsarbeidene satt opp til å være forholdsvis lav. Dette skyldes at det ikke ligger den samme konservatismen i den utførte beregningen for mudring i budsjettet. Videre bør det ved utarbeidelse av miljøgiftbudsjett for arbeidene vurderes om det skal legges inn en ekstra margin for å gi noe rom for hendelser som anleggsarbeidene kan medføre. I tillegg bør erfaringer fra spredning pga. mudring i utførte prosjekter tillegges vekt.

En interessant observasjon fra arbeidene i Renere havn er imidlertid at spredning fra anleggsarbeidene totalt sett har vært forholdsvis lav, med et fåtall episoder som har medført totalkonsentrasjon i vann tilsvarende tilstandsklasse V (akutt toksisk). Til tross for at regnskapstall for mudring i Brattørbassenget og Kanalen overskrider budsjettallene, er denne spredningen likevel lav sammenlignet med spredningen fra sedimentet før og under tiltakene. I Nyhavna er regnskapstall for mudring og deponering lavere enn budsjettet.

Måten regnskapet er gjort på hensyntar tiden som er gått fra sjøbunnen var ubehandlet til den er ferdig sanert med tildekking. Dette betyr at regnskapet gir en premiering for effektiv tiltaksgjennomføring, noe som framstår som hensiktsmessig. Videre kommer regnskapet gunstig ut når ferdig utlagt tildekkingslag er rent og med lite eller ingen innblanding av underliggende opprinnelig forurenset sediment. Det er hensiktsmessig at kvalitetsmessig utført arbeid også slår gunstig ut i miljøgiftregnskapet.

Det er dessuten gjort en samlet vurdering av effekten av spredning fra mudring og spredning av rene partikler til det samme influensområdet under tildekkingen. En miljøteknisk god gjennomføringsrekkefølge faller dermed også gunstig ut i vurderingene i miljøgiftregnskapet, noe som også framstår som hensiktsmessig.

## 4.7 Bruk av miljøgiftregnskap som styringsverktøy under drift

### Miljøgiftregnskap som styringsverktøy under drift

Bruk av miljøgiftbudsjett underveis i prosjektet har potensialet til å være et styringsverktøy på samme måte som et økonomisk regnskap. Dette krever imidlertid at anleggsperioden er forholdsvis lang i forhold til analysetid for de sentrale overvåkingsparameterne. Dette ble gjort i prosjektet i Oslofjorden for dypvannsdeponiet. Der foregikk nedføringen over en lengre tidsperiode. I Renere havn og flere andre oppryddingsprosjekter er tidshorizonten kortere. Der det i tillegg er flere delområder som det skal utarbeides separate delregnskaper for, kan det bli vanskelig å ha et forløpende regnskap med tilstrekkelig datagrunnlag. I disse tilfellene blir regnskapet først ferdig som en del av sluttrapporteringen.

### Miljøgiftregnskap som rapporteringsverktøy

For Renere havn har utfordringen med regnskapsføringen vært at overvåkingsdata er hentet fra utslippspunkter i tiltaksområdene. Det har i tillegg vært ulike parallelle aktiviteter som overvåkes. Budsjettet legger til grunn separate aktiviteter i sine beregninger. For ivareta alle aktiviteter og spredningsveier like finmasket som budsjettet, kreves et omfattende måleregime, samt at det i noen tilfeller vil gi utfordringer å finne målinger / metoder som dekker separate aktiviteter ved parallell drift, f.eks. mudring og deponering innenfor et begrenset område.

## 4.8 Konklusjonen fra miljøgiftregnskapet

Miljøregnskapet viser at spredningen fra mudringen i Brattørbassenget og Kanalen var beskjedent i forhold til spredningen fra utildekket sediment (bakgrunnsspredning) beregnet med risikovurderingsverktøyet. Spredningen fra selve tiltaket gir likevel en liten tilleggsbelastning den tiden aktiviteten foregår. I Kanalen ga spredning under tildekkingen av første lag en tilleggsbelastning for metaller, i samme størrelsesorden som for mudring. Noe av dette kan være relatert til parallelle aktiviteter i Kanalen. Regnskapet for Nyhavna viser at spredningen er lavere enn budsjettet for fysiske tiltak, mudring, deponering og tildekking. Det er bidraget fra deponiområdet som utgjør hovedandelen av spredning fra fysiske tiltak i budsjettet. Den lave spredningen i Nyhavna kan sannsynligvis tilskrives bruk av siltgardin under deponering, samt under mudring østre basseng (deponiområdet).

Regnskapet viser at spredningen fra fysiske tiltak var beskjedent i forhold til spredningen fra utildekket sediment (bakgrunnsspredning) beregnet med risikovurderingsverktøyet.

Lukking av forurenset sjøbunn gir høyest reduksjon av totalspredning under tiltak fra fysiske arbeider og utildekket sjøbunn i anleggsfasen i forhold til budsjett.

De gjennomførte tiltakene mot forurenset sjøbunn i prosjekt Renere havn har gitt en sjøbunn som karakteriseres som ren. Spredningen fra sjøbunnen er etter gjennomførte tiltak redusert svært mye, og er nå på et akseptabelt nivå. Under gjennomføringen av tiltakene ble det som forventet en økt spredning av forurensning. Dette er normalt for alle oppryddingsprosjekter. Spredningen under tiltak er imidlertid ikke større enn at dette er tjent inn igjen i løpet av ett år eller mindre etter at tiltaket ble avsluttet.

#### 4.9 Beregnet mengde utvalgte helse- og miljøfarlige stoffer håndtert

I tillatelsen fra Miljødirektoratet er det i stilt krav til at det skal beregnes mengde utvalgte helse- og miljøfarlige stoffer som er håndtert i tiltakene ved mudring eller tildekking, slik at de ikke lenger utgjør en kilde til alvorlige forurensningsproblemer. Beregninger og rapportering er gjort iht. Miljødirektoratets retningslinjer TA 2817/2011 (Miljødirektoratet, 2011), og utført med tilhørende beregningsregneark fra Miljødirektoratets hjemmesider. Utskrifter av regnearket utgjør en del av rapporteringen (NGI, 2017a).

Miljødirektoratets TA 2817/2011 angir hvilke stoffer det skal rapporteres for. I Renere havn er det i tillegg valgt å rapportere på stoffer som inngår i miljømålet for prosjektet jamfør parametere i tillatelse kap. 3.1 Miljømål. Tributyltinn (TBT) er rapportert da denne er angitt som prioritert stoff i veileder 2817/2011. Dette gir følgende stoffer:

- ↴ Bly (Pb)
- ↴ Kadmium (Cd)
- ↴ Kobber (Cu)
- ↴ Kvikksølv (Hg)
- ↴ Sink (Zn)
- ↴ Polyaromatiske hydrokarboner ( $\Sigma$ PAH-16)
- ↴ Benso(a)pyren (BaP)
- ↴ Polysykliske bifenyler (PCB-7)
- ↴ Tributyltinn (TBT)

Det er i tillegg beregnet for metallene arsen (As), krom total (Cr), nikkel (Ni)

Mengde stoff håndtert ved mudring, tildekking eller ved en kombinasjon av mudring og tildekking som oppryddingsmetode er beregnet. Inngangsparametere og beregninger er gitt i et eget notat (NGI, 2017a). Det er gjort egne beregninger for hver aktivitet i hvert delområde (mudring, tildekking etter mudring og tildekking) som deretter er sammenstilt for de aktuelle rapporteringsparametere i tabell 37.

Stoff	Kanalen				Brattørbassenget				Nyhavna				Ilsvika	Totalt alle områder
	Beregnet mengde fjernet ved mudring [kg]	Beregnet mengde isolert ved tildekking etter mudring [kg]	Beregnet mengde isolert ved tildekking [kg]	Beregnet mengde fjernet/ isolert totalt [kg]	Beregnet mengde fjernet ved mudring [kg]	Beregnet mengde isolert ved tildekking etter mudring [kg]	Beregnet mengde isolert ved tildekking [kg]	Beregnet mengde fjernet/ isosert totalt [kg]	Beregnet mengde fjernet ved mudring [kg]	Beregnet mengde isolert ved tildekking etter mudring [kg]	Beregnet mengde isolert ved tildekking [kg]	Beregnet mengde fjernet/ isolert totalt [kg]	Beregnet mengde isolert ved tildekking [kg]	Beregnet mengde fjernet/ isolert totalt [kg]
Bly	960	74	1932	2966	564	106	848	1518	3212	426	1325	4963	10417	19863
Kadmium	14	1	24	39	7	1	11	19	37	5	13	55	161	274
Kobber	1110	84	1904	3098	740	131	832	1703	5757	577	6394	12728	12389	29918
Kvikksølv	13	1	19	33	4	1	6	11	7	1	3	11	19	74
Sink	3380	260	4688	8328	1839	332	1930	4101	14079	1606	11133	26817	54193	93439
Benzo(a)pyren	8	1	16	24	10	2	9	20	81	12	7	100	10	154
Sum PAH-16	210	16	259	485	186	34	130	350	1424	211	90	1725	162	2722
Sum PCB-7	2,06	0,165	1,4	3,6	0,4	0,070	1,8	2,2	8,8	1,367	1,0	11,2	1,7	19
TBT-ion	0,8	i.a.	1,3	2,2	0,4	0,035	0,4	0,8	9,4	0,1	39,8	49,3	0,4	53

i.a. ikke analysert



## 5 Uønskede hendelser og avvik

Renere havn har systemer for rapportering av uønskede hendelser. Følgende logger føres for dette:

- Logg for søl og spill
- Logg for klager på støy
- Logg for klager på støv
- Logg over avvik

Uønskede hendelser som er avvik i henhold til tillatelse fra Miljødirektoratet føres på egne avviksskjema og arkiveres på prosjektets webhotel. Avvikene rapporteres Miljødirektoratet underveis i prosjektet, hovedsakelig sammen med månedlige rapporter.

### 5.1 Avvik fra tillatelse

Renere havn registrerer alle avvik fra tillatelsen gitt av Miljødirektoratet. For avvikene er det ført avviksrapport med beskrivelse av tiltak/forbedringsforslag, samt angitt konsekvens. Avvik for hele prosjektperioden er presentert i tabell 38.

Tabell 38 Oversikt over avvik fra Miljødirektoratets tillatelser. Tillatelse nr. 2014.448.T og 2015.0383.T

AVVIK NR. L.nr.	Dato for avvik	Rapport dato	NAVN PÅ AVVIKET	AVVIKET MELDT AV
<b>Avvik registrert i 2015</b>				
1	19/5	19/5	Deponering mens siltgardin nede	SS (TK)
2	20/5	20/5	Ingen vannprøvetaking ved høy turbiditet N1	SS (TK)
3	29/4	20/5	Deponering – avvik under tilsyn 29/4	MDir
4	29/4	20/5	Modifisert mudremetode	MDir
5	29/4	20/5	Mellomlagring av geobag	MDir
6	26/5	26/5	Deponering - Ikke kontrollert nedføring i sjøbunnsdeponi	MMo
7	27/5	28/5	Siltgardin – Partially lowered siltscreen	ENVISAN
8	30/5	30/5	Siltgardin – Deponering med delvis senket siltgardin	SS (TK)
9	26/4, 3,10,24/5	2/6	Monitorering – søndager	NGI
10	16/6	18/6	Mudring under turbiditetsoverskridelse i Brattørbassenget	NGI
11	17,23/6	24/6	Mudring med åpen grabb i Brattørbassenget	NGI
12	24/6	24/6	Søl av tildekkingsmasse i Illsvika	NGI
13	22/6	24/6	Forhøyet turbiditetsgrense under mudring	NGI
14	12/6	19/6	Manglende vannprøve i Illsvika	TK
15	19/6	19/6	Deponering fra grabb i overflaten	NGI
16	2/7	2/7	Deponering av mudremasser utenfor sjøbunnsdeponiet	NGI
17	31/7	13/8	Mangler vannprøve ved overskridelse N1 31/7-15 kl 16:30	NGI
18	2/8	13/8	Mangler vannprøve ved overskridelse N1 2/8-15 kl 14:00	NGI
19	4/84/8	13/8	Mudring utenfor området dekket av turbiditetsmåler 4/8-15	NGI
20	21/6	28/8	Mangler analyserresultater vannprøver B1 21/6-15	NGI
21	12/8	28/8	Ikke stoppet ved alarm og Mangler vannprøve B1 12/8-15	NGI
22	27/8	28/8	Ikke stoppet ved alarm og Mangler vannprøve B1 27/8-15	ENVISAN
23	21-22/6	8/9	Ikke representative målinger ved mudring i brattørbassenget	NGI
24	Okt.	13/10	Levering av mudremasser til lokalt mottak på land	NGI
25	13/10	13/10	Økning i mengde gravemasser til lokalt mottak	NGI
26	25/9	13/10	Redusert målefrekvens for turbiditet	NGI
27	8/10	17/10	Oljelekkasje ved mudrefartøy i Kanalen	ENVISAN
28	6-8/10	15/11	Redusert måleintervall på turbiditetsmalere	NGI
29	16,20,27, 30/10	15/11	Manglende vannprøver 16/10, 20/10, 27/10 og 30/10.	NGI
30	2/11	15/11	Tildekking av forurenset sjøbunn med for høyt alarmregime	NGI
31	21/11	21/11	Mudring med åpen grabb – Kanalen	ENVISAN
32	18/11	21/11	Deponering av masser med avfall	ENVISAN

AVVIK NR. L.nr.	Dato for avvik	Rapport dato	NAVN PÅ AVVIKET	AVVIKET MELDT AV
33	23-26/11	26/11	Forlenget utslippsperiode for avløpsvann	NGI
34	25/11	25/11	Mudring med åpen grabb	ENVISAN
35	23/11	23/11	Manglende vannprøve	ENVISAN
36	30/11	16/12	Spuntnål Gryta	TK
37	1,7/12	17/12	Manglende vannprøver 1/12 og 7/12	NGI
<b>Avvik registrert i 2016</b>				
38	6/1	7/1	Ikke fungerende siltgardin	NGI
39	8/12	15/1	Ikke stopp av mudring ved overskridelse	NGI
40	14/1	14/1	Mudring uten lukket grabb	TK
41	9/1	½	Mangler vannprøve ved K3 9/1-16	NGI
42	21-26/1	2/2	Manglende turbiditetsmålinger ved tildekking i Nyhavna (N1)	NGI
43	10/2	10/2	Utslipp av suspensjon/overskuddsvann med grabb	TK
44	16/2	16/2	Siltgardin	ENVISAN
45	2/2	8/3	Manglet SMS-varsling K1 den 22/2	NGI
46	22/2	2/2	Tildekking ved overskridelse i K2 22/2	ENVISAN
47	17/3	17/3	Ødelagt siltgardin 17/3	ENVISAN
48	21/3	22/3	Tildekking ved overskridelse i K2 21/3	ENVISAN
49	29/3	6/4	Tildekking ved overskridelse, pga. 2 manglende alarmer 29/3	NGI
50	18/3	11/4	Vannprøve mangler ved overskridelse 18/3	NGI
51	5-6/4	25/4	Ikke stopp ved overskridelse 5/4 og 6/4	TK
52	6/5	18/5	For sen stopp ved overskridelse B1 6/5	NGI
53	8/9	18/9	Passive prøvetakere ødelagt under analyse	NGI

## 5.2 Tilsyn

Miljødirektoratet har gjennomført to tilsyn, hhv 29. april og 19. juni 2015.

### 5.2.1 29.april 2015

Miljødirektoratet ga under tilsyn 29. april 2015 varsel om avdekking av tre avvik og ga to anmerkninger.

Avvik:

- ↗ Virksomheten har deponert forurensede masser når partikkelsperren har vært senket ned.
- ↗ Virksomheten har modifisert mudremetoden uten å redegjøre for modifikasjon.
- ↗ Virksomheten mellomlagrer forurensede masser uten tillatelse.

Anmerkninger:

- Virksomheten følger ikke eget kontrollprogram for siltgardinen.
- Virksomhetens rutiner for viderelevering av avfall kan forbedres.

Avvikene er registrert i prosjektets avviksprotokoll som hhv avvik 3, avvik 4 og avvik 5 i avvikslogg i tabell 38.

Renere havn kommenterte resultat fra tilsyn i brev datert 19. mai og lukket avvik med redegjørelse i tilbakemelding til Miljødirektoratet 2. juni 2015. Følgende informasjon ble gitt:

- Deponering med siltgardin nede (Avvik 3). Deponering med siltgardinen helt nede har skjedd en gang, og det var ikke turbiditetsalarmer i forbindelse med deponeringen.
- Modifisert mudremetode (Avvik 4). Miljøgrabb med lokk var modifisert med hull for utslipp av luft ved mudreoperasjon for å hindre spredning av partikler til overflaten med luftstrøm.
- Mellomlagring av forurenset masser uten tillatelse (avvik 5). På Kullkranpiren ved strandkantdeponiet ble geotekstilposer (geobager) fylt og lagret før omlasting og utlegging i sjeté. Tiltaket ble omsøkt og regulert i tillatelse revidert 26. mai 2015.
- Kontrollprogram for siltgardin følges med visuell inspeksjon samt dykkerinspeksjoner og er i tråd med tillatelse
- Avfall hentes av totalleverandør og Renere havn har rutiner i tråd med gjeldende regler og forskrifter og derfor i tråd med tillatelse.

### 5.2.2 19.juni 2015

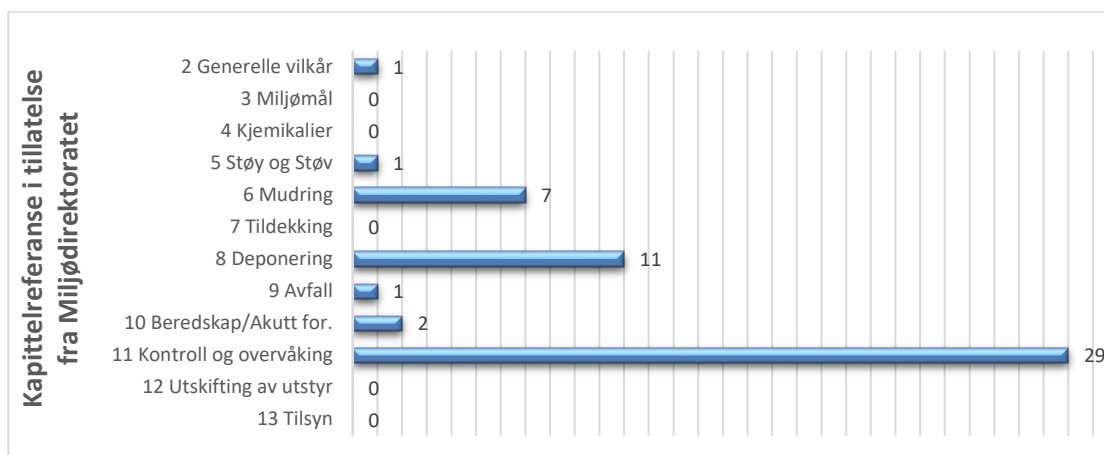
Det ble ikke notert avvik, men Miljødirektoratet hadde en anmerkning:

- Virksomheten har ikke etablert grenseverdi for turbiditeten i vannet på innsiden av partikkelsperren i Nyhavna

Renere havn opererte med omsøkt grenseverdi ved utløpet av Nyhavna. Entreprenøren var dermed ansvarlig for å ha tilstrekkelig lav turbiditet før åpning av siltgardin slik at ikke turbiditetsverdien ved utløpet ble overskredet. Etter anmerkning fra Miljødirektoratet ble det etablert en grenseverdi som ble implementert i revidert kontrollplan (prosedyre 5.15), revisjon 4.

## 5.3 Kommentar til registrerte avvik

Registrerte avvik omfatter både enkelthendelser samt hendelser som gjentas fordi tiltak som er satt inn ikke har fungert eller er mulig å styre. Fordelingen av avvik sortert etter Miljødirektoratets kapittel /krav i tillatelsen er gitt i figur 24.



Figur 24 Fordeling av avvik i hht. Miljødirektoratets kapitler i tillatelsen.

### Punkt 2 i tillatelser (1 avvik)

Avvik 12 er relatert til søl av tildekkingsmasse ved Killingdal kai under opplasting av fallbunnslekter. Oppmåling av sjøbunnen viste betydelig reduksjon av seilingsdypet etter lasteperiode. Sølt tildekkingsmateriale ble tatt opp. Området var innenfor tildekkingsarealet i Ilsvika. Området hvor tildekkingsmaterialet som ble tatt opp prøvetas under kontroll. Avviket har derfor ingen konsekvens for sluttproduktet.

### Punkt 5 i tillatelse (1 avvik)

Spunting ble utført i 1 time etter tillatt arbeidsperiode på 8 uker. Arbeidet ble utført på dagtid i et ellers støyende område (bakgrunnstøy fra by og trafikk), og fikk derfor ingen konsekvens for berørte parter.

### Punkt 6 i tillatelse (7 avvik):

Avvik 4 og 5 som ble avdekket under Miljødirektoratets tilsyn er kommentert over. 4 avvik (11, 31, 34, 40) er relatert til at entreprenøren mudret med åpen grabb. Mudring med åpen grabb medfører risiko for økt spredning av partikler. 1 avvik (avvik 43) går ut på utslipp av suspensjon/overskuddsvann av grabb. Den økte spredningen er på kort sikt siden mudring stoppes ved høy turbiditet. Tiltaksområdet skal tildekkes slik at økt turbiditet innen tiltaksområdet ikke gir konsekvens for sluttproduktet.

### Punkt 8 i tillatelse (11 avvik)

6 avvik er relatert til deponering med delvis senket siltgardin/ikke tilstrekkelig hevet (evt. ikke fungerende) siltgardin under deponering. Det er registrert 2 avvik hvor grabb på deponeringsfartøyet ikke er senket tilstrekkelig dypt før åpning og deponering. Et avvik er relatert til at masser ble deponert i området nord for grensen for sjøbunnsdeponiet og et avvik er at en liten mengde mudringsmasser fra Kanalen ble levert til godkjent mottak framfor å bli deponert i sjøbunnsdeponiet.

Gjentakende avvik som deponering uten tilstrekkelig heving av siltgardinen og deponering uten å senke grabben tilstrekkelig ble fulgt opp tidlig i prosjektperioden og rutiner

presisert og bekreftet av entreprenør. Episoder senere i prosjektet er forklart med at entreprenøren har hatt nytt personell som ikke har nødvendig kunnskap om rutinene.

Så lenge deponering med åpen grabb pågikk innenfor lukket siltgardin er det ikke konsekvens for sluttproduktet da området skal tildekkes. Deponering uten at siltgardinen ikke er tilstrekkelig hevet øker risiko for spredning fra mudrearbeidene. Avvikene er relatert til perioder hvor området på utsiden av gardinen ikke var tildekket. Påvirket sjøbunn i Nyhavna skal tildekkes og har derfor ikke konsekvens for sluttproduktet. Tildekkingsmaterialet som legges ut i Nyhavna vil også spres ut i områder utenfor tiltaksområdet som kan være påvirket og vil gi en bedring av sedimentene også her. Derfor antas ingen konsekvensen.

#### **Punkt 9 i tillatelse (1 avvik):**

Et avvik er relatert til håndtering av mudremasser som inneholdt avfalls-fraksjoner, bygningsrester utover sedimenter. Entreprenøren slet med å få sortert ut dette før deponering og noe av dette ble derfor med mudremasser ned i sjøbunnsdeponiet.

#### **Punkt 10 i tillatelse (2 avvik):**

Et avvik (avvik 27) er relatert til en oljelekkasje ved mudrefartøyet. Det ble vurdert ikke å ha konsekvens for tiltaket, men vurdert å være svært uheldig for en generell god HMS-standsar for gjennomføringen i prosjektet.

Det ble i tillegg notert avvik iht. punkt 10 ved utslipp av avløpsvann i forbindelse med etablering av ny ledning i Gryta (avvik 33).

#### **Punkt 11 i tillatelsen (29 avvik):**

1 avvik er relatert til at entreprenør ikke har stoppet arbeidene ved alarm under mudring. 1 avvik for ikke å ha stoppet arbeidene ved alarm under tildekking og et avvik relatert til oppstart av tildekkingsarbeider før tilstrekkelig lav turbiditet var oppnådd. Det er registrert 4 perioder hvor turbiditetsmålinger ikke var representative hvor det samtidig har pågått mudrearbeider. En periode under mudring i Brattørbassenget ble det utført manuelle målinger i en periode hvor begroing på måler maskerte høy turbiditet i vannet (avvik 13), men målingene ble utført feil sted og dermed ikke representative (avvik 23). Perioder med mudring ved høy turbiditet er relativt kortvarig, men i og med at det ikke er tatt vannprøver ved overskridelsene er ikke konsekvensen mulig å vurdere utover at det er risiko for uakseptabel spredning ut fra tiltaksområdet. Lokalt er konsekvensen minimal siden området skal tildekkes. Totalt 11 avvik er relatert til ikke stopp ved alarm. 1 avvik er knyttet til tildekking ved for høy alarmregime

Det er registrert 9 avvik hvor det ikke er tatt eller mangler vannprøve ved turbiditetsalarm. Arbeidene er stoppet slik at tiltaket for å redusere turbiditeten er gjennomført. Ansvar for vannprøvetaking har hovedsakelig ligget hos entreprenør, men byggherre har også gjennomført denne. Konsekvensen ved manglende vannprøver er dårligere grunnlag for å vurdere vannkvaliteten ved høy turbiditet.

Entreprenørens krav til å følge alarmer er tatt opp med entreprenør. Årsaken til at entreprenør ikke har fulgt alarmer har vært i følge entreprenøren svikt rutiner om opplæring og forståelse av aksjoner ved alarmer. Turbiditetsmålesystemet har hatt enkelte perioder med nedetid (7 avvik), eller at det ikke har blitt logget tilstrekkelig antall målinger i gitte tidsperioder. Nedetid for turbiditets-målere har vært lav. Hovedsakelig har utfordringer med turbiditetsmåleutstyret vært at det var meget høy begroing på våren og langt utover sommeren, noe som førte til behov for hyppig rengjøring. I Brattørbassenget hvor utstyret stod i utløpet med en del strøm og med steiner og infrastruktur på sjøbunnen, gjorde rengjøring og vedlikehold av målere utfordrende.

#### **Andre avvik**

Det er etter at arbeidene ble utført registrert et avvik grunnet manglende analyseresultater for overvåking under tiltak (POM), ikke tatt med i statistikken for utførelse (figur 24).

Det er i tillegg notert et avvik i Gryta-prosjektet for mengder masser til godkjent mottak. Dette er varslet iht. graveplan for prosjektet.

## **5.4 Uønskede hendelser, søl og spill**

Søl og spill som kan ha en risiko for utslipp til miljø har i tillegg til at de er ført i entreprenørens logg også blitt avviksmeldt. Disse avvikene er inkludert i avvikslogg i tabell 37, og er kommentert i avsnitt 7.3. Registrerte søl og spill er:

- ↗ Søl av kjemikalier om bord i mudrefartøy
- ↗ Søl av tildekkingsmasse – lekkasje fra utleggingsfartøy ved opplasting i Fagervika
- ↗ Deponering utenfor grense for sjøbunnsdeponi i østre basseng, Nyhavna
- ↗ Søl på steinsjeté ved innfylling av strandkantdeponi på innsiden av siltgardin
- ↗ Søl av hydraulikkolje

Søl og spill har ikke konsekvens for sluttproduktet, men det er uheldig for en generell god HMS-standard i prosjektet.

## 6 Rapportering

I tillatelse fra Miljødirektoratet er det stilt krav til ulike dokumenter som skal være sendt inn før oppstart av aktiviteter samt dokumentasjon og hva som skal rapporteres underveis.

Dokumenter som er rapportert og sendt inn til Miljødirektoratet før oppstart og ved endringer i prosjektet, er listet opp under og gitt i tabell 39.

- Metodebeskrivelser
- Kontroll- og overvåkingsplan
- Risiko for ytre miljø
- Beredskapsplan
- Støyberegninger
- Grave- og disponeringsplan
- Redegjørelse for deponiløsning
- Beskrivelse av massehåndtering

Rapporter sendt Miljødirektoratet som månedlig og årlig rapportering, samt påkrevet overvåkingsprogram er gitt i 40.





Tabell 40 Oversikt over månedsrapporter, årsrapport og påkrevet rapport med beskrivelse av overvåking.

Dokumentnr. NGI rap.nr.	Tittel	Dato	Rev
20130339-07-R	Månedsrapport mars og april 2015	18. mai 2015	
20130339-08-R	Månedsrapport mai 2015	19. juni 2015	
20130339-10-R	Månedsrapport juni 2015	15. juli 2015	
20130339-11-R	Månedsrapport juli 2015	24. nov. 2015	1
20130339-13-R	Månedsrapport august 2015	1.des. 2015	1
20130339-14-R	Månedsrapport september 2015	15.okt 2015	
20130339-15-R	Månedsrapport oktober 2015	13. nov 2015	
20130339-16-R	Månedsrapport november 2015	15. des. 2015	
20130339-17-R	Månedsrapport desember 2015	15. jan 2016	
20130339-18-R	Månedsrapport januar 2016	15.nov.2016	1
20130339-66-TN	Miljøregnskap 2015.	Erstattet av rapport 20130339-27-R	
20130339-19-R	Årsrapport 2015	17. juni 2016	1
20130339-20-R	Månedsrapport februar 2016	7.nov. 2016	2
20130339-21-R	Månedsrapport mars 2016	8.nov. 2016	1
20130339-22-R	Månedsrapport april 2016	8.nov. 2016	1
20130339-23-R	Månedsrapport mai 2016	5. jan. 2017	1
20130339-24-R	Overvåking av strandkantdeponi, sjøbunnsdeponi og tildekket sjøbunn	7.juli 2017	5
20130339-25-R	Sluttrapport Gryta	19. jan. 2017	1
20130339-26-R	Sluttrapport (Denne rapporten)	25.april. 2017	5
20130339-27-R	Miljøregnskap	7.juli 2017	4
20130339-73-TN	Beregnet mengde håndterte helse- og miljøfarlige stoffer ved tiltak – Nøkkelparametere	25.april. 2017	1

## 7 Vurdering av måloppnåelse i Renere havn

### 7.1 Måloppnåelse

#### **Brattørbassenget**

Resultater fra kontrollen viser at det for filterlaget ble oppnådd tilstandsklasse 1 for metaller, bortsett fra for kvikksølv som er påvist i tilstandsklasse 2 i to prøvestasjoner, se figur 11. Klassifisering av ny sjøbunn er basert på rapporteringsparametere. For to stasjoner er det påvist PAH-komponenter hhv i tilstandsklasse 3 og klasse 4, men PAH-16 er innenfor klasse 2. Der den fysiske kontrollen av filterlaget ikke viste tilstrekkelig mektighet er det gjort supplerende tildekking før utlegging av erosjonslag. Dette er gjort etter at prøvetaking av filterlaget ble utført. Det gir sannsynlig forbedring av det kjemiske innholdet etter ferdig utlegging i stasjoner hvor det er påvist forhøyet tilstandsklasse. Miljømålet umiddelbart etter utført tiltak, (tilstandsklasse 1 og 2) er dermed oppnådd.

#### **Nyhavna**

Resultater fra kontrollen viser at det for filterlaget ble oppnådd tilstandsklasse 1 for metaller. For PAH er det en prøve med tilstandsklasse 2 og tre prøver med tilstandsklasse 3 for BaP. Klassifisering av ny sjøbunn er basert på rapporteringsparametere. For en stasjon er det påvist PAH-komponenter hhv i tilstandsklasse 3 og klasse 4, men PAH-16 er innenfor klasse 2. Miljømålet umiddelbart etter utført tiltak, (tilstandsklasse 1 og 2) er dermed oppnådd.

#### **Kanalen**

Resultater fra kontrollen viser at det for filterlaget ble oppnådd hovedsakelig tilstandsklasse 1 for metaller, bortsett fra en prøve som har tilstandsklasse 2 for kadmium og bly. En prøve i Ravnkloa viste tilstandsklasse 4. Et område i Gryta hvor det var påvist høye verdier for PAH (K33) ble etter utført supplerende prøvetaking (K33A-C) ansett å ha tilstrekkelig kjemisk tilstand (klasse 1 og 2). Klassifisering av ny sjøbunn er basert på rapporteringsparametere. For en stasjon er det påvist PAH-komponenter hhv i tilstandsklasse 3. Tilstandsklasse 1 til 2 er oppnådd for rapporteringsparameterene i Kanalen, med unntak av to enkeltprøver i østre del og en i midtre del. Miljømålet umiddelbart etter utført tiltak, (tilstandsklasse 1 og 2) er dermed oppnådd.

#### **Ilsvika**

Det ble utført kjemisk analyse på et utvalg av kjerneprøver tatt ut rett etter utlegging, og viser oppnådd renhet tilsvarende tilstandsklasse 1 og 2 i prøvestasjonene. Det er i tillegg utført prøvetaking i rutenett i Ilsvika. Grabbprøver viser tilstandsklasse 1 bortsett fra i to prøver som viser tilstandsklasse 2 for BaP, og en prøve som viser tilstandsklasse 3 for bly, PAH og PCB i tillegg til klasse 2 for kobber og BaP. Stasjon lengst inne i Ilsvika skal undersøkes i videre overvåking og inkluderes i overvåkingsprogram.

Tilstandsklasse 1 til 2 er oppnådd for de åtte rapporteringsparameterene, bortsett fra i en prøve lengst øst. Miljømålet umiddelbart etter utført tiltak (tilstandsklasse 1 og 2) er dermed oppnådd i Ilsvika.

### Måloppnåelse for prosjektet

Miljømålet om tilstandsklasse 3 eller bedre etter (TA2229/2007) for PAH-16 og benso(a)pyren, PCB-7, kadmium, bly, kvikksølv og kobber i minimum ni av ti stasjoner i delområde Nyhavna, Kanalen og Brattørbassenget er på bakgrunn av etterkontrollen av tildekket sjøbunn er oppnådd. Tiltaks målet om forventet tilstandsklasse 2 eller bedre rett etter tiltak er også oppnådd.

For Ilsvika er miljømålet om tilstandsklasse 3 eller bedre for PCB-7, PAH-16 benso(a)pyren, kadmium, bly, kobber, kvikksølv og sink i minimum ni av ti stasjoner oppnådd. Tiltaks målet om forventet tilstandsklasse 2 eller bedre er også oppnådd.

## 7.2 Forutsetning for måloppnåelse

For å si at tiltakene i Renere havn har vært vellykket er kriteriet at man har oppnådd ren sjøbunn etter tiltak med akseptabel spredning innenfor planlagte tidsrammer. I dette kapitlet er det listet forhold som har vært vesentlige for det vellykkede sluttresultatet, og som kan vurderes videreført til nye oppryddingsprosjekter.

Oppnåelse av ren sjøbunn, dvs. sjøbunn med akseptabel kjemisk kvalitet etter tildekking, har vært styrt av følgende rammer og tiltak:

- Utlegging av tildekkingsmasser i flere lag, med forsiktig utlegging av første lag mot sjøbunn for å redusere innblanding, samt sikre god kvalitet i videre lag
- Kort tid mellom utlegging beskyttende erosjonslag på filterlag
- Rekkefølge mudring og tildekking; For å begrense spredning fra mudreaktivitet eller deponering til tildekkingsområder, ble det operert med sikringssoner. Vurdering av minsteavstand har vært basert på strømforhold i området.
- Et strengt regime for kontroll av åpning og lukking av siltgardin i Nyhavna ble innført ved samtidig tildekking og deponering.
- Tilstrekkelig mektighet på tildekkingslag. Etterkontrollen har vist at tilstrekkelig mektighet gir god kjemisk tilstand.

Spredning under tiltakene har vært av begrenset omfang pga. følgende faktorer:

- Effektiv bruk av siltgardin ved deponiområdet som er brukt både for deponering og mudring og ved 1. tildekkingslag i vestre basseng i Nyhavna
- Et fungerende overvåkingsregime med turbiditetsovervåking som er utført etter plan
- Entreprenøren har som følge av et strengt overvåkingsregime hatt fokus på minimering av spredning ved planlegging og utførelse av sine aktiviteter

- Spredningen har ikke medført rekontaminering
- Avvikene som er registrert i prosjektet har ikke medført konsekvens for sluttproduktet

En kort inntjeningsstid for spredningen, mindre enn et år, er oppnådd med at det har vært:

- Rask tildekking av forurenset sjøbunn
- Hastigheten på arbeidet utført med fokus på sluttprodukt for tilstrekkelig ren sjøbunn etter tiltak
- God framdrift i gjennomføring av tiltak (Involvering av aktører og informasjon).

Regnskapstall for mudring i Kanalen og Brattørbassenget er høyere enn budsjett. Budsjettet er estimert for lavt. Den målte spredningen under tiltak er imidlertid et lavt bidrag i forhold til utildekket sjøbunn før og under tiltakene.

Spredning fra fysiske tiltak i Nyhavna er i regnskapet lavere enn budsjett for mudring og deponering. I regnskapet differensieres det ikke mellom mudring og deponering. Spredningen ut fra deponiområdet (hele området innenfor siltgardin) har tilsynelatende vært vesentlig mindre enn i budsjettet. I budsjettet er det antatt at opp mot 30 % av partikler spres forbi siltgardinbarrieren. Måten prosjektet har håndtert åpning og lukking av siltgardin, lekkasjer eller skader har medført betydelig mindre spredning enn budsjettet. Denne reduksjonen er såpass stor at summen for de fleste stoffer i miljøregnskapets spredning fra tiltaksarbeider fra Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna, blir lavere enn det som er budsjettet for disse områdene tilsammen.

Spredning under utlegging av tildekkingsmasser er relatert til utleggingen av første lag, da det kun er da det kan virvles opp forurensete partikler. Ved utlegging av neste lag er det med sedimentfeller observert at partiklene som er i omløp karakteriseres som rene. Dette betyr at bruk av høyt regime for turbiditet (20 NTU over referanse i 4 timer) har vært et riktig valg, og har bidratt til en effektiv framdrift for utførelse. Som nevnt over er en rask gjennomføring et viktig element for den raske inntjeningsstiden av spredning som er estimert her.

### 7.3 Videre arbeid

Det er laget et overvåkingsprogram for overvåking av deponiene, strandkantdeponi og sjøbunnsdeponi (NGI, 2017c). I tillegg er det laget et program for overvåking av tilførsel fra utlipp fra land ved Killingdal, Ilsvika. Overvåkingsprogrammet omfatter målinger i brønner på strandkantdeponiet, samt målinger i sjø. Det er i tillegg angitt områder hvor det skal utføres fysisk overvåking i alle fire delområder. Den fysiske overvåkingen består i dykkerundersøkelser i profiler som representerer delområdet samt punkter i potensielle erosjonsområder. Den fysiske kontrollen dekker også enkelte områder hvor det i etterkontroll av sjøbunn ble funnet forhøyede konsentrasjoner (Kanalene og Ilsvika).

## 8 Referanser

Miljødirektoratet (2008)

TA 2229 Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. 27. februar 2008.

Miljødirektoratet (2011)

Nøkkelindikator for det nasjonale arbeidet med forurenset sjøbunn. Retningslinjer for bruk av beregningsverktøy, TA 2817-2011.

Miljødirektoratet (2014)

Kvalitetssikring av miljøkvalitetsstandarder. Rapport M241/2014. Miljødirektoratet. September 2014.

NGI (2017a)

Renere havn. Beregnet mengde håndterte helse- og miljøfarlige stoffer ved tiltak. Notat 20130339-73-TN. 31. januar 2017.

NGI (2017b)

Renere havn. Miljøregnskap. Rapport 20160339-27-R rev. 5, 7. juli 2017.

NGI (2017c)

Renere havn. Overvåking av strandkantdeponi, sjøbunnsdeponi og tildekket sjøbunn. NGI-rapport 20130339-24-R, rev. 5, 16. mai 2017.

NGI (2016a)

Renere havn. Kontroll- og overvåkingsprogram. NGI-rapport 20130339-05-R, rev. 8, 8. februar 2016

NGI (2016b)

Renere havn. Årsrapport 2015. NGI- rapport 20130339-19-R, rev. 1, 29. juni 2016.

NGI (2016c)

Renere havn. Månedrapport Februar. NGI-rapport 20130339-20-R, rev. 2, 1. november 2016.

NGI, (2015b)

Renere havn. Grave- og disponeringsplan Gryta NGI- rapport 20130339-12-R revisjon 2, datert 7. oktober 2015

NGI (2015c)

Renere havn. Grenseverdi for turbiditet ved utlegging i flere lag. NGI-notat 20130339-30-TN, datert 22. juni 2015.

NGI (2015d)  
Rapport 20130339-06-R. Risikovurdering 29. januar 2016.

NGI (2015e)  
Renere havn. Vurdering av masseleveranse Franzefoss Miljøkalk. NGI-notat 20130339-08-TN, 5. januar 2015.

NGI (2015f)  
Renere havn. Vurdering av fraksjoner for tildekkingsmasser. NGI-notat 20130339-31-TN, 30. juni 2015.

NGI (2015g)  
Renere havn. Turbiditetsmålinger i Ilsvika og Nyhavna. NGI-notat 20130339-25-TN, Revisjon 1, 2. juli 2015.

NGI (2014a)  
Strømmålinger – Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna. NGI-notat 20130339-05-TN, datert 9.mai 2014.

NGI (2014b)  
Renere havn. Tiltaksbeskrivelse for søknad og tillatelse til opprydding i forurensete sedimenter i Trondheim havn. NGI-rapport 20130339-0,3-R, 9. mai 2014.

SINTEF (2016)  
Beregnet vanntransport gjennom Skansenløpet og Brattørbassenget, SINTEF-notat av 03.11.2016

Vannforskriften, 2015  
Forskrift om rammer for vannforvaltningen, vedlegg VIIIA Lovdata, FOR-2015-06-25-805

<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>		
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Sluttrapport		<b>Dokumentnr./Document no.</b> 20130339-26-R
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Rapport / Report	<b>Oppdragsgiver/Client</b> Trondheim kommune	<b>Dato/Date</b> 2016-11-01
<b>Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract</b> Oppdragsgiver / Client		<b>Rev.nr.&amp;dato/Rev.no.&amp;date</b> 5 / 2017-07-10
<b>Distribusjon/Distribution</b> ÅPEN: Skal tilgjengeliggjøres i åpent arkiv (BRAGE) / OPEN: To be published in open archives (BRAGE)		
<b>Emneord/Keywords</b> Forurenset sediment		

<b>Stedfesting/Geographical information</b>	
<b>Land, fylke/Country</b> Sør-Trøndelag	<b>Havområde/Offshore area</b>
<b>Kommune/Municipality</b> Trondheim	<b>Felt navn/Field name</b>
<b>Sted/Location</b> Trondheim	<b>Sted/Location</b>
<b>Kartblad/Map</b> Sør-Trøndelag	<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone: 32 Øst: Nord:	<b>Koordinater/Coordinates</b> Projeksjon, datum: Øst: Nord:

<b>Dokumentkontroll/Document control</b> Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
<b>Rev/Rev.</b>	<b>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</b>	<b>Egenkontroll av/ Self review by:</b>	<b>Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:</b>	<b>Uavhengig kontroll av/ Independent review by:</b>	<b>Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:</b>
0	Originaldokument	2016-11-01 Mari Moseid	2016-11-01 Arne Pettersen		
1	Generell oppretting i tekst. Nytt kap. 5 Nøkkelparametere. Inkl. POM analyser fra etterkontroll i kap. 3	2017-01-31 Mari Moseid	2017-01-31 Arne Pettersen		
2	Generell oppretting i tekst. Kap. 4.8 Nøkkelparametere.	2017-03-06 Mari Moseid	2017-03-06 Arne Pettersen		
3	Generell oppretting i tekst	2017-05-12 Mari Moseid	2017-05-12 Arne Pettersen		
4	Endring av sammendrag. Nytt kap. 4.7 Diskusjon Enkelte opprettinger i kap. 4.	2017-06-02 Mari Moseid	2017-06-02 Arne Pettersen		
5	Endring av sammendrag. Kap. 4 - 7 Endring i innhold og ny kapitelinndeling.	2017-07-10 Mari Moseid	2017-07-07 Arne Pettersen		

<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>	<b>Dato/Date</b> 10. juli 2017	<b>Prosjektleder/Project Manager</b> Mari Moseid
--	-----------------------------------	---



NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

