



RAPPORT

# Renere havn

OVERVÅKINGSPLAN FOR STRANDKANTDEPONI,  
SJØBUNNSDEPONI OG TILDEKKET SJØBUNN

DOK.NR. 20130339-24-R  
REV.NR. 5 / 2017-05-16

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:	Overvåkingsplan for strandkantdeponi, sjøbunnsdeponi og tildekket sjøbunn
Dokumentnr.:	20130339-24-R
Dato:	2016-07-07
Rev.nr. / Rev.dato:	5/ 2017-05-16

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver:	Trondheim kommune
Kontaktperson:	Silje Salomonsen
Kontraktreferanse:	Kontrakt signert 20. september 2013

## for NGI

Prosjektleder:	Mari Moseid
Utarbeidet av:	Mari Moseid og Anita Nybakk
Kontrollert av:	Marianne Kvennås

## Sammendrag

I prosjektet Renere havn er det utført tiltak for å hindre uakseptabel spredning av forurensning fra sedimenter i Trondheim havn.

- I fire delområder, Nyhavna, Kanalen, Brattørbassenget og Ilsvika er sjøbunn tildekket med rene masser for å isolere forurensningen og for å gjøre den utilgjengelig for opptak i organismer.
- I områdene Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna er det utført mudring før tildekking for å oppnå et tilstrekkelig seilingsdyp etter tildekking.
- Mudret sjøbunn fra de tre områdene er deponert i et strandkantdeponi og et sjøbunnsdeponi i Nyhavna.

I tillatelse fra Miljødirektoratet (tillatelse nr. 2014.448.T gitt 4. november 2014 og endret 26. mai 2015 (Endringsnummer 1)) stilles det krav til en plan for overvåking av strandkantdeponi, sjøbunnsdeponi og tildekkede områder.

Denne rapporten beskriver plan for overvåking av strandkantdeponi, sjøbunnsdeponi og tildekket sjøbunn.

- Overvåkingen av strandkantdeponiet omfatter prøvetaking av 4 brønner etablert på deponiet, samt prøvetaking i sjø i 4 stasjoner utenfor deponiet.
- Overvåking av sjøbunnsdeponi omfatter diffusjonskammer med SPMD i to stasjoner og utsetting av passive prøvetakere POM og DGT i en stasjon.
- For tildekket sjøbunn er det angitt et program for fysisk overvåking av de fire områdene. I Nyhavna inkluderer dette også tildekking på sjøbunnsdeponiet.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Grunnlag</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Overvåking av strandkantdeponi</b>	<b>8</b>
3.1	Overvåkingsbrønner	8
3.2	Målestasjoner i sjø ved strandkantdeponiet	11
3.3	Prøvetaking og analyseprogram for grunnvannsbrønner	12
3.4	Prøvetaking og analyseprogram for stasjoner i sjø	13
<b>4</b>	<b>Overvåking av tildekkingslag for forurenset sjøbunn og tildekkingslag på sjøbunnsdeponi</b>	<b>14</b>
4.1	Metodikk for overvåking av tildekkingslag	15
4.2	Fysisk overvåking av tildekkingslag og tildekkingslag på sjøbunnsdeponi	15
4.3	Kjemisk overvåking av tildekkingslag på sjøbunnsdeponi	17
4.4	Kjemisk overvåking av tildekkingslag	18
<b>5</b>	<b>Overvåkingsprogrammets målehyppighet og varighet</b>	<b>20</b>
5.1	Tidsplan fysiske undersøkelser	20
5.2	Tidsplan kjemisk overvåkingsprogram	20
<b>6</b>	<b>Vurdering og rapportering</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>Referanser</b>	<b>26</b>

## Vedlegg

- Vedlegg A Koordinatliste for brønner på strandkantdeponi  
 Vedlegg B Kart med profiler for fysisk overvåking

## Kontroll- og referanseside

## 1 Innledning

I prosjektet Renere havn er det utført tiltak for å hindre uakseptabel spredning av forurensning fra sedimenter i Trondheim havn. I områdene Nyhavna, Kanalen, Brattørbassenget og Ilsvika er sjøbunn tildekket med rene masser for å isolere forurensningen, og for å gjøre den utilgjengelig for opptak i organismer. I områdene Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna er det utført mudring før tildekking, for å oppnå et tilstrekkelig seilingsdyp etter tildekking. Mudret sjøbunn fra de tre områdene er deponert i et strandkantdeponi og et sjøbunnsdeponi i Nyhavna. Deponiene er prosjektert av Multiconsult (Multiconsult, 2014 og 2015). NGI har prosjektert mudring og tildekking av sjøbunn i delområdene Ilsvika, Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna (NGI, 2014). Kart med tiltaksområder er gitt i Figur 1.

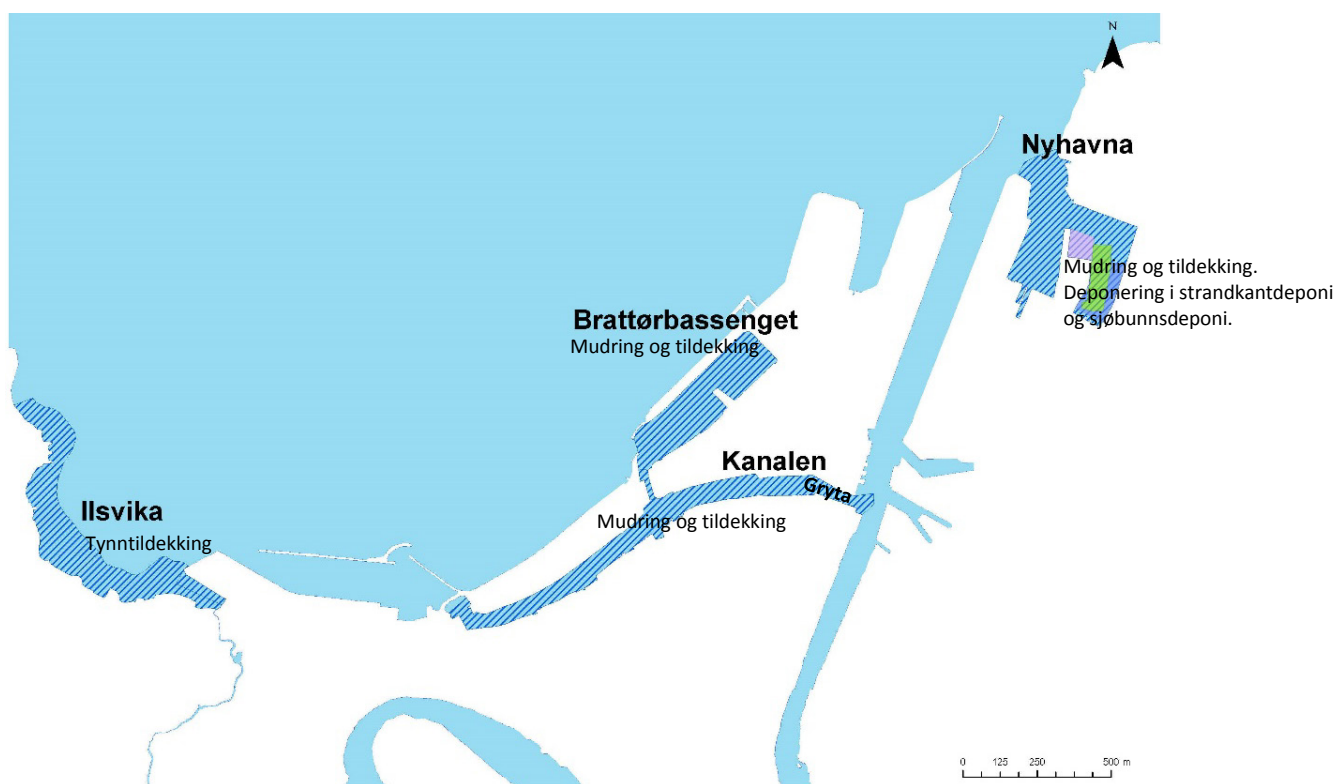
Strandkantdeponiet ble ferdigstilt den 2. september 2015. Det er til sammen deponert ca. 25.000 m<sup>3</sup> mudremasser i strandkantdeponiet. Det nye kaiarealet på strandkantdeponiet ble tatt i bruk til lagring av tildekkingsmateriale for sjøbunnsdeponiet da toppdekket var ferdig etablert. Etter at tiltakene er ferdige har Trondheim Havn disponert området som kaiareal.

Deponering av 49.900 m<sup>3</sup> mudremasser i sjøbunnsdeponiet i Nyhavna var ferdig i februar 2016. Lukking av deponiet med geotekstil og tildekkingsmasser startet umiddelbart etter avslutning av deponering. Sjøbunnsdeponiet var ferdig tildekket 2. juni 2016.

Tildeckingsarbeidene i Ilsvika og Brattørbassenget pågikk i 2015, med noe tilleggstildekking i 2016. Tildekking i Nyhavna og Kanalen ble utført i 2016. Alle tildeckingsarbeider var ferdig 2. juni 2016.

I tillatelse fra Miljødirektoratet (tillatelse nr. 2014.448.T) gitt 4. november 2014 og endret 26. mai 2015 (Endringsnummer 1) stilles krav til en plan for overvåking av strandkantdeponi, sjøbunnsdeponi og tildekkede områder.

Denne rapporten beskriver plan for overvåking av strandkantdeponi, sjøbunnsdeponi og tildekket sjøbunn i de 4 delområdene.



Figur 1 Tiltaksområder i Trondheim havn er vist med blå skravur; IIsvika, Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna. I Nyhavna er strandkantdeponi vist med lilla farge. Sjøbunnsdeponiet er vist med grønn farge.

## 2 Grunnlag

Miljømålet for tiltakene er at sjøbunnen i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna etter mudring og tildekking skal tilfredsstillende tilstandsklasse III (TA 2229/2007) eller bedre for PAH (sum PAH og benso(a)pyren), PCB, kadmium, bly, kvikksølv og kobber i minimum ni av ti stasjoner. I IIsvika skal i tillegg sink tilfredsstillende tilstandsklasse I eller II rett etter tiltakene er gjennomført.

I pkt. 11.2 tillatelse fra Miljødirektoratet (Miljødirektoratet, 2015) er det gitt følgende krav til overvåking av tiltak:

*Det skal monteres overvåkingsbrønner i og omkring strandkantdeponiet for å måle og dokumentere forurensningsnivå i grunnvannet. Eventuell utlekking av miljøgifter fra strandkantdeponiet til sjøen skal også måles. Tiltakshaver skal utarbeide et overvåkingsprogram som angir omfang, hyppighet og varighet for overvåking etter tiltak. Overvåkingen skal dokumentere om tildekkingen fungerer etter hensikten og om det lekker ut*

*miljøgifter fra deponiene. Overvåkingen skal være i tråd med vannforskriftens bestemmelser og pågå over minimum en 12-års periode. Overvåkingsprogram for de tre første årene skal sendes Miljødirektoratet innen 3 måneder etter at tiltakene er avsluttet.*

*Data fra prøvetaking i sedimenter, vann og biota som gjøres før og etter tiltak skal registreres i databasen Vannmiljø.*

I søknaden til Miljødirektoratet er det i vedlegg B i tiltaksbeskrivelsen (NGI, 2014) presentert en miljørisikovurdering av deponiet. I risikovurderingen (Multiconsult, 2014) er det beskrevet at strandkantdeponiet og sjøbunnsdeponiet skal overvåkes etter ferdigstilling. Overvåkingen skal utføres ved prøvetaking i overvåkingsbrønner i og omkring strandkantdeponiet, for å måle og dokumentere forurensningsnivå i grunnvannet. 4 brønner er beskrevet plassert hhv. i avgrensningsfylling både mot nord og øst, i sør mot eksisterende kai en brønn midt i deponiet. Det skal benyttes passive prøvetakere for å kontrollere eventuell utlekking av metaller, PAH og PCB til sjøen.

### **3 Overvåking av strandkantdeponi**

#### **3.1 Overvåkingsbrønner**

I tråd med søknaden til Miljødirektoratet er det etablert 4 overvåkingsbrønner i strandkantdeponiet; brønn 1, brønn 2, brønn 3 og brønn 4. Disse ble etablert i oktober 2015.

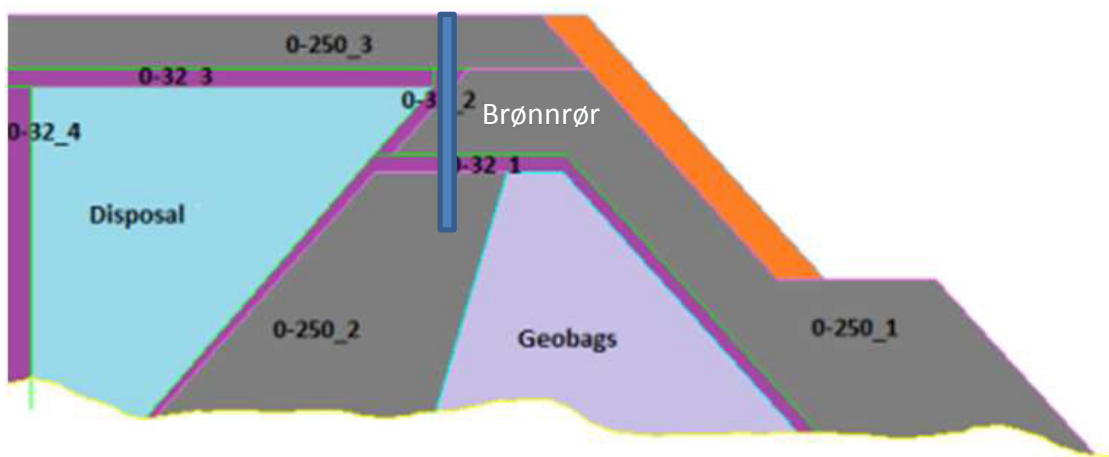
Hensikten med brønnene er å fange opp spredning ut av deponiet mot sjø og eksisterende kai, brønn 1, 2 og 4. Brønn 3 er plassert i innfylte mudringsmasser, og måler på vannet inne i deponiet. Brønn 1 og brønn 2 står i sjeté mellom sjøen og innfylte mudremasser i deponiet. Slisserørene er her plassert slik at vannet i filtersonen i sjetéene overvåkes. Brønn 4 står i filtersonen som er etablert mellom gammel kai og deponerte masser, og overvåker dermed vannet i filtersonen mot eksisterende kai.

Brønnene er 6 m dype og går fra terreng på kote +4,8 LAT ned til kote - 1,2 LAT. De øvre 2 m av brønnen er etablert med tette PEH-stigerør. Slisserør går fra ca. +2,8 LAT til bunn. Borehullet er tettet med bentonitt i de øverste 75 cm for å unngå at overflatevann strømmer langs brønnrøret ned i brønnen. Plassering av brønner og prinsippskisse for brønner er gitt i Figur 2 - Figur 4.

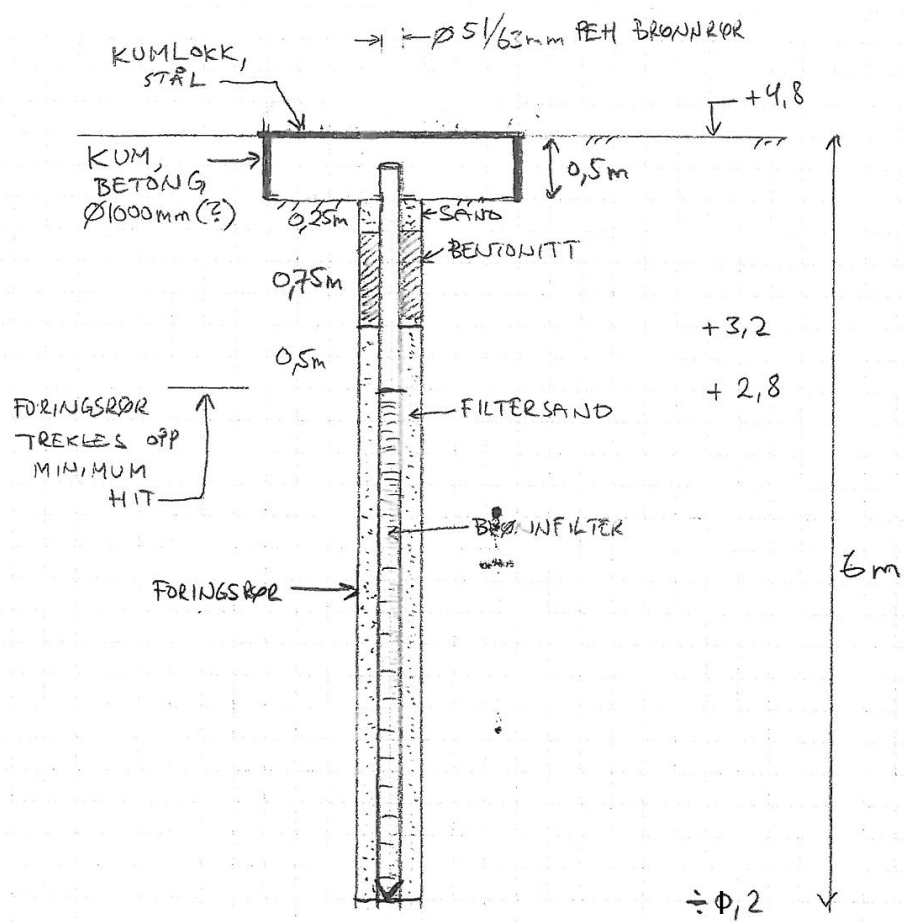




Figur 2 Grunnvannsbrønner etablert i strandkantdeponi i Nyhavna. Figuren viser øvre kant og skråning ned til bunn av sjetéer i nord og øst.



Figur 3 Plassering av brønnrør i steinsjeté, brønn 1 og brønn 2. Brønnrør er angitt i blått. Fraksjon i mm er angitt for de ulike delene av sjeté, filtersoner og dekklag på deponiet.

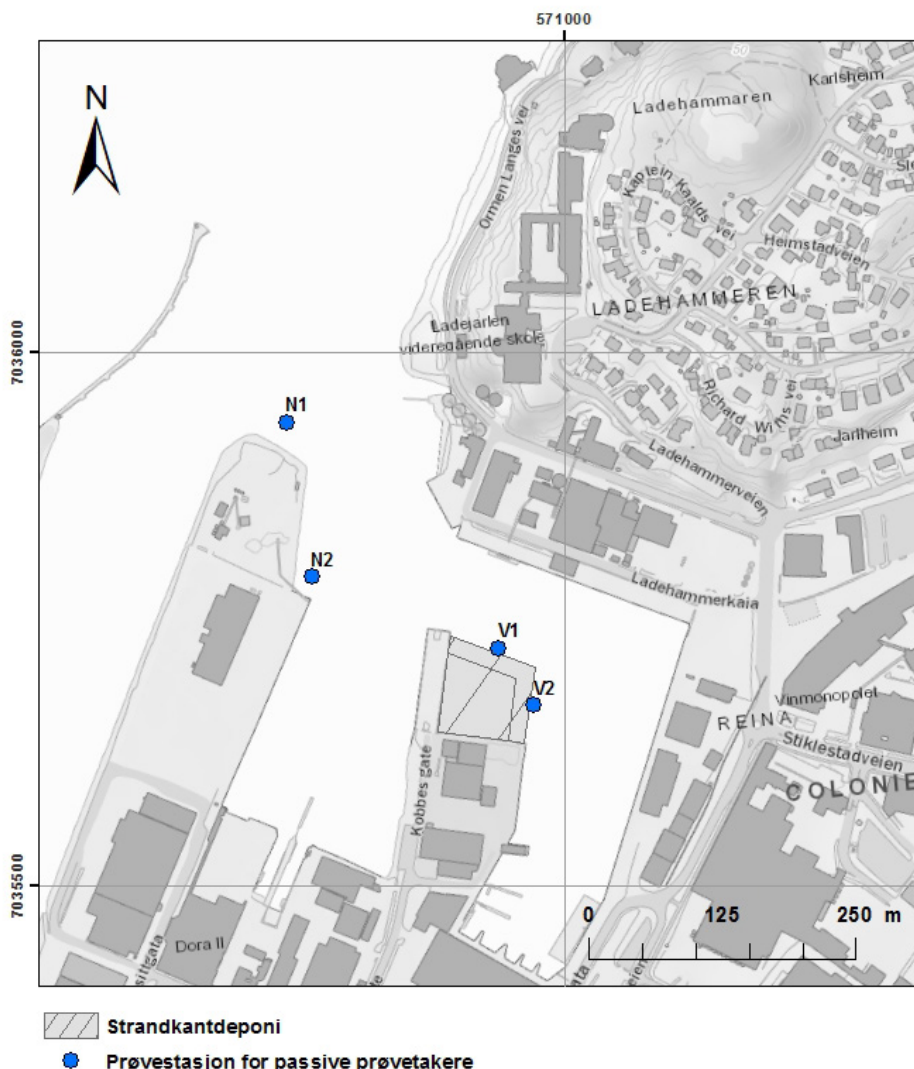


Figur 4 Prinsippskisse for brønner i strandkantdeponi, høyder oppgitt i LAT.

### 3.2 Målestasjoner i sjø ved strandkantdeponiet

I sjø er det etablert 4 prøvetakingsstasjoner, hvor 2 prøvestasjoner er etablert på steinsjeté hhv. nord og øst for strandkantdeponiet (V1 og V2 på Figur 5) og 2 stasjoner i hhv. vestre basseng og utløpet av Nyhavna (N1 og N2 på Figur 5).

N1 og N2 benyttes for å vurdere om vannkvaliteten i vannet som går ut av deponiet i V1 og V2 er dårligere enn vannkvaliteten generelt i Nyhavna. Stasjonen som ligger i utløpet (N1) vil representere vann som vil være lite eller ikke påvirket av eventuell utlekking fra strandkantdeponiet.



Figur 5 Plassering av prøvepunkter for passive prøvetakere POM og DGT for overvåking av strandkantdeponi

### 3.3 Prøvetaking og analyseprogram for grunnvannsbrønner

I de 4 grunnvannsbrønnene i deponiet tas det vannprøver, samt at det settes ut passive prøvetakere og utføres målinger av vannstand.

Hensikten med prøvetaking i brønnene er å se utvikling over tid i vannkonsentrasjoner i deponiet og vannet som strømmer ut av deponiet.

Under gjennomføringen av tiltaket er det tatt prøver av mudremasser før de ble lagt i deponiene. Resultatene viser at mudremassene inneholder hovedsakelig metaller (spesielt kobber, bly og sink), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og polyklorerte bifenyler (PCB).

#### *Vannprøver*

I henhold til miljømål (avsnitt 2) skal vannprøver fra deponiet minimum analyseres for metallene kadmium, bly, kobber og kvikksølv. Analyse av metaller utføres på vannprøver som er filtrert i felt. Vannprøver til metallanalyse filtreres med 0,45 µm filter.

PAH og PCB opptrer i så lave konsentrasjoner at de ikke kan kvantifiseres med klassisk vannprøvetaking. Det gjøres derfor ikke analyser av PAH og PCB i vann.

Det analyseres for TOC.

Analysene må utføres ved et laboratorium som er akkreditert for de aktuelle analysene.

Resultater fra analyser av metaller i vannprøver fra brønnene sammenliknes med toksisitetsgrensene for kronisk og akutt toksisitet som er presentert i Miljødirektoratets rapport M608 (Miljødirektoratet, 2016).

#### *Passive prøvetakere*

Det settes ut passive prøvetakere (POM<sup>1</sup> og DGT<sup>2</sup>) i alle fire brønner for å analysere på den vannløste biotilgjengelige delen av PAH, PCB og metaller (Cd, Cu og Pb).

POM settes ut og står ute i perioden mellom hver vannprøvetaking i brønnene. I praksis tas en POM opp før vannprøvetaking, og deretter plasseres en ny POM i brønnen når vannprøvetakingen er gjennomført. DGT settes ut og opp etter 5-7 dager for ikke å gå i metning. Temperaturloggere skal stå ute sammen med DGT i flest mulige stasjoner.

Det er per i dag ingen kommersielle laboratorier som leverer analyser av Hg i DGT med tilstrekkelig deteksjonsgrense. Det pågår imidlertid utvikling av egnet metodikk ved å

---

<sup>1</sup> POM - Polyoxymetylen.

<sup>2</sup> DGT – Diffusive Gradient in Thin films.

benytte DGT som renses spesielt før utplassering og analyse for Hg. Det er derfor naturlig å ta inn egne DGT for kvikksølv i måleprogrammet når metodikken er på plass. Dette kommer i tillegg til DGT for de øvrige metallene.

Konsentrasjoner av metaller målt i DGT og POM i brønner sammenliknes med konsentrasjoner av metaller målt i DGT og POM som plasseres i sjø ved foten av deponiet, i vestre basseng og ved utløpet for å se på eventuell spredning.

#### *Feltmålinger og logging av grunnvannstand*

Det er gjennomført vannstandslogging i brønnene (divere) som måler grunnvannstanden ved gitte tidsintervaller. Dette gir et datasett med kontinuerlig måling over en tidsperiode for å registrere eventuelle svingninger i vannstanden, for eksempel fra tidevannspåvirkning. Dette anses som tilstrekkelig dokumentasjon på at brønnene fluktuerer med tidevannet og dokumenterer kontakten mellom vannet i brønnen og sjøen utenfor.

Før hver prøvetaking skal imidlertid vannstand i brønnene måles og deretter skal brønnene renses/lenses. Data for tidevann hentes ut fra tidevannstabeller og tidspunkt for prøvetaking noteres. Vannprøvene tas i perioden der vann strømmer ut av deponiet.

Temperatur, pH, ledningsevne og oksygen måles i felt ved hver vannprøvetaking.

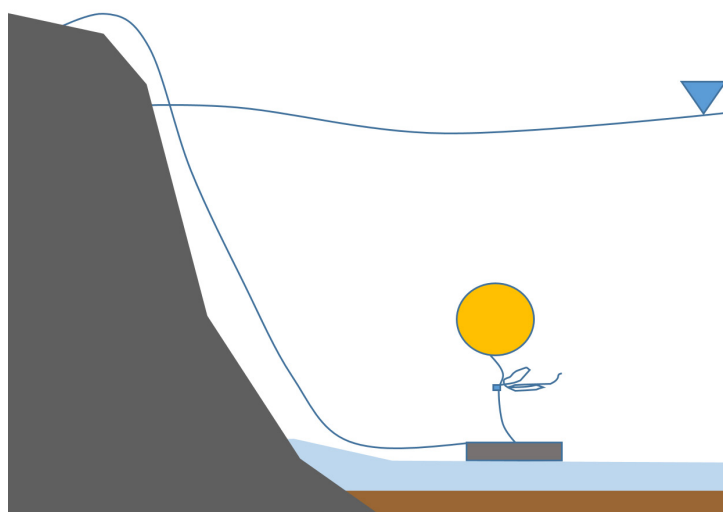
### 3.4 Prøvetaking og analyseprogram for stasjoner i sjø

#### *Passive prøvetakere*

Det skal settes ut passive prøvetakere (POM og DGT) i stasjonene V1, V2, N1 og N2 for å analysere på den vannløste biotilgjengelige delen av PAH, PCB og metaller.

POM og DGT står ute i samme perioder som POM og DGT i brønner. Disse settes ut på streng med oppdriftsbøye og moring, eventuelt benyttes egne bur/beskyttelse for å beskytte målerne (Figur 6).

Sammen med DGTer settes det ut temperaturloggere.



Figur 6: Rigg for passive prøvetakere i N1, N2, V1 og V2.

## 4 Overvåking av tildekkingslag for forurenset sjøbunn og tildekkingslag på sjøbunnsdeponi

Prosjekterte tildekkingsløsninger omfatter tildekking med rene mineralske masser med krav om kornfordeling og mektighet. I områdene Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna er oppbygging av tildekkingslag og mektigheter prosjektert basert på stedsspesifikke beregninger for propelloppvirvling som igjen er basert på trafikkmønster og type båt. Beregnet propelloppvirvling angir en kornstørrelse som vil ligge i ro og behov for mektighet av materiale som skal motstå propellerrosjonen (NGI, 2014).

I Ilsvika er områdene grunnere enn 20 m dybde tildekket med en tynntildekking, 10 cm, pga. områdestabilitet og sjøbunnsstopografi. I et begrenset område lengst sørøst er det inntil kaier tildekket med 20 cm erosjonssikring.

Type materiale brukt i de ulike områdene er gitt i tabell 1, sammen med prosjektert tykkelse av tildekkingslag. For å dokumentere mektigheter av tildekkingslaget er det under utførelse gjennomført survey med multistråle-ekkolodd. Det er målt etter mudring, etter tildekking med filtermasser og etter tildekking med erosjonsmasser for å skille mektigheter på de ulike lagene. Det er i noen områder i tillegg gjort dykkerundersøkelser. Detaljer og oppnådde mektigheter for områdene er gitt i sluttrapport for prosjektet (NGI, 2017).

**Tabell 1** Tildekkingsmektigheter i Ilsvika, Brattørbassenget, Kanalen og Nyhavna. Mektigheter er angitt som prosjekterte mektigheter.

Område	Tildeckingslag				
	Tykkelse totalt	Tykkelse filterlag	Materiale brukt	Tykkelse erosjonslag	Materiale brukt
Brattørbassenget					
Indre del	45 cm	35 cm	0-18 mm	10 cm	0-18 mm
Ytre del	45 cm	30 cm	0-18 mm	15 cm	0-63 mm
Nyhavna					
Vestre basseng	50 cm	35 cm	0-18 mm	15 cm	0-40 mm
Østre basseng	65 cm	50 cm	0-8 mm og 0-18 mm	15 cm	0-63 mm
Sjøbunnsdeponi	65 cm	Geotekstil + 50 cm	0-8 mm og 0-18 mm	15 cm	0-63 mm
Dokker i Dora I Kai 57	30 cm tildekking med 0-8 mm materiale				
	Betongmadrass				
Ilsvika	10 cm tynntildekking med 0/8 mm materiale				
Kanalen	40 cm med 0-8 mm og 0-18 mm				

\*Detaljer og nøyaktige mektigheter er gitt i sluttrapport (NGI, 2017).

## 4.1 Metodikk for overvåking av tildeckingslag

Med bakgrunn i oppnådde tildekkingsmektigheter og kjemisk kvalitet i prøver fra tildekkingslag er det godt dokumentert at når det oppnås tilstrekkelig mektighet av tildekkingen er den kjemiske tilstanden god etter tildekking. Oppnådde mektigheter er gitt i sluttrapport for prosjektet (NGI, 2017) og benyttes som grunnlag for overvåkingen. Det primære tiltaket for å ivareta tildekkingslagets effekt er dermed å påse at tildekkingen ikke blir skadet. Den fysiske tilstanden må derfor overvåkes.

## 4.2 Fysisk overvåking av tildeckingslag og tildekkingslag på sjøbunnsdeponi

Den fysiske overvåkingen utføres ved dykkerinspeksjon. Undersøkelsene konsentreres om områder med høy bunnstrøm hvor det er trafikkområder.

I tabell 2 er programmet for den fysiske overvåking oppsummert for hvert delområde. Kart med inntegnede overvåkingsprofiler er gitt i vedlegg B. Mektigheter som dokumenteres i overvåkingen skal sammenlignes med oppnådd mektighet for områder gitt i sluttrapporten. Målinger utføres på tilsvarende stasjoner som for etterkontroll. Dokumentasjon av mektigheter skal gjøres visuelt og med fysiske mektighetsmålinger. Metodikk for målemetode skal godkjennes og følges tett opp under utførelse. Bilder evt. video skal inngå i dokumentasjonen.

Det vil være aktuelt å sette ut overvåkingspinner som benyttes i den videre overvåkingen.

Tabell 2 Fysiske undersøkelser av tildekkingslag.

Område	Formål	Undersøkelser
Nyhavna	Undersøke områder med høy bunnstrøm i trafikkområder.	<i>Vestre basseng:</i> Dykkerinspeksjon i tverrsnitt av basseng som ved etterkontroll. Dykkerinspeksjon ved gjenfylt erosjonsgrop og betongmadrass ved kai 57
		<i>Østre basseng:</i> Dykkerinspeksjon i tverrsnitt ved kai 56 som ved etterkontroll
Nyhavna - sjøbunnsdeponi	Kontrollere tildekking på sjøbunnsdeponiet	Dykkerinspeksjon i tre tverrsnitt: Nord-sør på sjøbunnsdeponiet 2 tverrsnitt øst-vest Tverrsnitt tilsvarer områder i etterkontroll av tildekkingslag
Kanalen	Undersøke mektighet i representative profiler for Kanalen.	Dykkerinspeksjon i profiler/tverrsnitt: <i>Vestre del:</i> Profil 300 <i>Ravnkloa og Ravnkløløpet:</i> Profil 750 (Punkt 18 fra etterkontroll inkludert i profilet)* <i>Østre del:</i> Profil 1175, <i>Gryta:</i> Profil 1320
	Utvikling i strandsonen under brygger	Inspeksjon på fjære sjø under brygge-rekker.
Brattørbassenget	Undersøke områder med høy bunnstrøm i trafikkområder	<i>Ytre basseng:</i> Dykkerinspeksjon utføres i ett profil som dekker Hurtigbåtkai og manøvreringsområde for hurtigbåter. I tillegg kontrolleres prøvestasjoner fra etterkontroll i utløp (5 stk.)
		<i>Indre basseng:</i> Dykkerinspeksjon utføres i ett profil (NØ-SV) som dekker trafikkområdet ved flytebrygger
Ilsvika	Overvåking i etablerte stasjoner under tiltak	Dykkerinspeksjon utføres i 5 profiler. 4 av profilene krysser 4 stasjoner som inngikk i etterkontrollen. Synlige erosjonssoner i strandkanten inspiseres (punkt IL35 i sluttrapport (NG,2017)). **

\*Punkt 18 i Ravnkloa viste tilstandsklasse 3 i etterkontroll. Det må være entydig svar om mektigheten i dette området er tilstrekkelig og om det er innblandig av underliggende sediment i området.

\*\*Punkt IL35 viste tilstandsklasse 3 i etterkontroll. Det må være entydig svar om det er tilstrekkelig mektighet i området rundt prøvetpunktet, evt. innblanding av underliggende sediment i området



### 4.3 Kjemisk overvåking av tildekkingslag på sjøbunnsdeponi

I sjøbunnsdeponiet vil deponerte masser være løsere lagret enn sjøbunn som har sedimentert over veldig lang tid. Det vil være en konsolideringsperiode som kan medføre utpressing av porevann gjennom tildekkingen over sjøbunnsdeponiet. For å overvåke dette er det foreslått å utføre en kjemisk overvåking av tildekkingslaget på sjøbunnsdeponiet i 2 stasjoner (nord og sør). Omfang gitt i tabell 3.

I tillegg til dette er formålet med kjemisk overvåking å dokumentere at tildekkingslaget har den forventede effekten mot spredning av deponerte masser. Tildekkingslaget er gjennom etterkontrollen dokumentert å tilfredsstillende hovedsakelig tilstandsklasse I og II for aktuelle parametere.

Spredningen av organiske parametere måles ved å benytte diffusjonskammere (landere) med SPMD-membraner. Disse plasseres i stasjon nord og sør for å måle diffusjon av PAH og PCB. Det er ikke tilsvarende kommersiell metodikk for å måle direkte med diffusjonskammer for metaller.

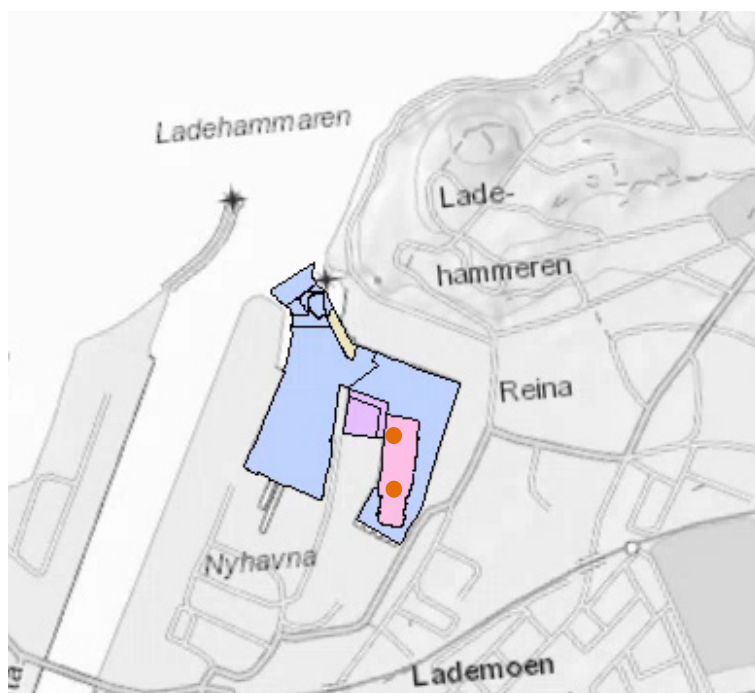
For å overvåke konsentrasjonen av kjemiske parametere i sjøvannet rett over deponiet settes det ut passive prøvetakere (POM for PAH/PCB og DGT for metaller) i en stasjon sør på deponiet som ikke er utsatt for trafikk. Stasjon nord på deponiet er i trafikkområdet som begrenser mulighet for utstyr over sjøbunn. Passive prøvetakere plasseres på egen streng med egen moring og oppdriftsbøye.

Ved å benytte DGT i flere dybder er det mulig å se om det er høyere konsentrasjon av metaller i bunnvann enn høyere opp i vannsøylen. I stasjon sør settes det derfor ut DGT ved bunn og i saltvannssonen noen meter over sjøbunnen.

Tabell 3 Omfang av kjemisk overvåking av tildekkingslag på sjøbunnsdeponi

Delområde	Stasjoner
Nyhavna	<p><i>1 stasjon nord på sjøbunnsdeponi:</i> Lander med SPMD</p> <p><i>1 stasjon sør på sjøbunnsdeponi:</i> Lander med SPMD POM DGT i 2 ulike dybder</p>

Områder og prøvetakingsstasjoner for kjemisk overvåking av tildekket sjøbunnsdeponi er gitt i Figur 7.



Figur 7 Plassering av prøvetakingsstasjoner for kjemisk overvåking av tildekkingslag på sjøbunnsdeponi (stasjon nord og stasjon sør, markert med røde punkter).

#### 4.4 Kjemisk overvåking av tildekkingslag

Den fysiske tilstanden på tildekkingslaget vil være styrende for hvor god kjemisk tilstand det er i de tildekkede områdene (ref. avsnitt 4.2). Prøvetaking av sediment er derfor ikke lagt inn som en del av overvåkingen. Hvis det imidlertid under dykkerinspeksjoner observeres nye sedimenterte lag oppå tildekkingslag vil det være aktuelt å ta ut prøver av dette for å se om tildekkingslaget er rekontaminert, eventuelt har endret tilstand.

I Ilsvika var kilden til metaller i vannsøylen før opprydding både spredning fra forurenset sjøbunn og fra land (Killingdal gruber). Når sjøbunnen nå er tildekket og det er ryddet på land skal metallinnholdet i vannsøylen overvåkes. Overvåkingen omfatter utsetting av passive prøvetakere (DGT'er). Det etableres to stasjoner; én umiddelbart utenfor utløpet fra Killingdal og én stasjon lengre ut. Det settes DGT i to nivå i prøvepunktene. Omfanget er beskrevet i Tabell 4 og stasjoner i Ilsvika er vist Figur 8. Omfang gitt i tabell 4.

Tabell 4 Omfang av kjemisk overvåking av tildekkingslag

Delområde	Stasjoner
Ilsvika	<i>Kjemisk overvåking utenfor Killingdal: DGT (2 stasjoner, 2 stk DGT i hver stasjon) DGT plasseres rett over sjøbunn, høyere i vannsøylen i 2 stasjoner; en stasjon så nær utløp fra Killingdal som mulig Fysisk overvåking.</i>
Nyhavna	<i>Ingen kjemisk overvåking av tildekkingslag utenfor sjøbunnsdeponi, kun fysisk overvåking. Kun kjemisk overvåking i 2 stasjoner på sjøbunnsdeponi, beskrevet i kap. 4.3, tabell 3.</i>
Brattørbassenget	<i>Ingen kjemisk overvåking, kun fysisk overvåking.</i>
Kanalen	<i>Ingen kjemisk overvåking, kun fysisk overvåking.</i>



Figur 8 Målestasjoner for passive prøvetakere i Ilsvika. Plassert i med ulik avstand fra utløp fra Killingdal. En stasjon umiddelbart utenfor utløpet fra Killingdal og én stasjon lengre ut. Det settes DGT i to nivå i vannsøylen i de to prøvepunktene.

## 5 Overvåkingsprogrammets målehyppighet og varighet

Overvåkingen skal være i tråd med vannforskriften og pågå i minst 12 år. Det beskrevne programmet i denne rapporten har en varighet på 3 år med oppstart på strandkantdeponiet vår/sommer 2016 og i stasjoner i sjø høst 2016. Første fysiske kontroll av tildekkingslag er i 2017.

Overvåkingsprogrammet går til høsten 2019 før det eventuelt revideres.

### 5.1 Tidsplan fysiske undersøkelser

Fysiske undersøkelser utføres første gang i 2017. Etter første gang vurderes det om det er behov for årlig kontroll eller hvert andre år i første 3 år.

### 5.2 Tidsplan kjemisk overvåkingsprogram

Tabell 5 til 7 viser hvilke overvåkingsmetoder som skal benyttet hvor, hvilke parametere det skal analyseres for, hyppigheten til målingene og hvilke målinger som er utført allerede.

I Miljødirektoratets veileder om overvåking av sigevann fra avfallsdeponier (TA-2077/2005) (SFT, 2005) er det foreslått kvartalsvis prøvetaking av TOC, metaller, PAH og PCB. Det ble derfor planlagt fire prøvetakingsrunder i 2016. Innledende målinger i brønner startet i mars 2016. Per 1. mars 2017 er det tatt prøver i brønner i mars, mai, juli og oktober 2016.

Overvåking i sjø med utsetting av passive prøvetakere er utført samtidig med prøvetaking i brønner i juli og oktober 2016. POM'er ødelagt i juli, ble erstattet med nye POM-målinger vinteren 2017.

Basert på første års overvåking av strandkantdeponiet, fortsetter prøvetaking to ganger per år i brønner på deponiet og to runder per år i sjø-stasjoner for passive prøvetakere til 2019. For diffusjonskammer regnes det som tilstrekkelig å utføre dette en gang per år.

Tabell 5 Kjemisk overvåking utført i 2016.

Periode	Mars 2016			Mai 2016		Juli 2016				Oktober 2016				Vinter 2016/2017
	Vannstands- målinger (divere)	Vannprøver (metaller, PAH, PCB og TOC)*	POM (PAH/PCB)	Vannprøver (metaller og TOC)*	POM (PAH/PCB)	Vannprøver (metaller og TOC)*	POM (PAH/PCB)	DGT metaller	Diffusjons- kammer (SPMD)	Vannprøver (metaller og TOC)*	POM (PAH/PCB)	DGT metaller	Diffusjons- kammer (SPMD)	POM (PAH/PCB)
<b>Strandkantdeponiet Nyhavna (brønner på land)</b>														
Brønn 1	X	X	X	X	-	X	-	X		X	X	X		X
Brønn 2	X	X	X	X	-	X	-	X		X	X	X		X
Brønn 3	X	X	X	X	-	X	-	X		X	X	X		X
Brønn 4	X	X	X	X	-	X	-	X		X	X	X		X
<b>Stasjoner i sjø IIsvika og Nyhavna</b>														
N1							-	X			X	X		X
N2							-	X			X	X		X
V1							-	X			X	X		X
V2							-	X			X	X		X
I1								X (2 stk)				X (2 stk)		
I2								X (2 stk)				X (2 stk)		
<b>Sjøbunnsdeponiet Nyhavna</b>														
S nord									Utsetting				Opptak og analyse	
S sør							-	X (2 stk)	Utsetting		X		Opptak og analyse	

\*Feltmålinger av vannstand, pH, ledningsevne, temperatur (og oksygen).

POM = passiv prøvetaker for PAH og PCB

DGT = passiv prøvetaker for metaller (kationer). Temperaturlogging skal utføres i måleperioden.

- POM ødelagt i under analyse i lab

Tabell 6 Kjemisk overvåking som skal utføres i 2017.

Periode	1				2			
	Vannprøver (metaller og TOC) <sup>1)</sup>	POM (PAH/PCB)	DGT metaller	Diffusjons- kammer (SPMD)	Vannprøver (metaller og TOC) <sup>1)</sup>	POM (PAH/PCB)	DGT metaller	Diffusjons- kammer (SPMD)
<b>Strandkantdeponiet Nyhavna (brønner på land)</b>								
Brønn 1	X	X	X		X	X	X	
Brønn 2	X	X	X		X	X	X	
Brønn 3	X	X	X		X	X	X	
Brønn 4	X	X	X		X	X	X	
<b>Stasjoner i sjø Ilsvika og Nyhavna</b>								
N1		X	X			X	X	
N2		X	X			X	X	
V1		X	X			X	X	
V2		X	X			X	X	
I1			X (2 stk)				X (2 stk)	
I2			X (2 stk)				X (2 stk)	
<b>Sjøbunnsdeponiet Nyhavna</b>								
S nord				Utsetting <sup>2)</sup>				Opptak og analyse
S sør		X	X (2 stk)	Utsetting <sup>2)</sup>		X	X (2 stk)	Opptak og analyse

1) Feltnålinger av vannstand, pH, ledningsevne, temperatur og oksygen.

2) Utsetting av diffusjonsprøvetakere

POM = passiv prøvetaker for PAH og PCB

DGT = passiv prøvetaker for metaller (kationer). Temperaturlogging skal utføres i måleperioden.

Tabell 7 Kjemisk overvåking som skal utføres i 2018.

Periode	1				2			
	Vannprøver (metaller og TOC) <sup>1)</sup>	POM (PAH/PCB)	DGT metaller	Diffusjons- kammer (SPMD)	Vannprøver (metaller og TOC) <sup>1)</sup>	POM (PAH/PCB)	DGT metaller	Diffusjons- kammer (SPMD)
<b>Strandkantdeponiet Nyhavna (brønner på land)</b>								
Brønn 1	X	X	X		X	X	X	
Brønn 2	X	X	X		X	X	X	
Brønn 3	X	X	X		X	X	X	
Brønn 4	X	X	X		X	X	X	
<b>Stasjoner i sjø IIsvika og Nyhavna</b>								
N1		X	X			X	X	
N2		X	X			X	X	
V1		X	X			X	X	
V2		X	X			X	X	
I1			X (2 stk)				X (2 stk)	
I2			X (2 stk)				X (2 stk)	
<b>Sjøbunnsdeponiet Nyhavna</b>								
S nord				Utsetting <sup>2)</sup>				Opptak og analyse
S sør		X	X (2 stk)	Utsetting <sup>2)</sup>		X	X (2 stk)	Opptak og analyse

1) Feltnålinger av vannstand, pH, ledningsevne, temperatur og oksygen.

2) Utsetting av diffusjonsprøvetakere

POM = passiv prøvetaker for PAH og PCB

DGT = passiv prøvetaker for metaller (kationer). Temperaturlogging skal utføres i måleperioden.

Tabell 8 Kjemisk overvåking som skal utføres i 2019

Periode	1			2		
	Vannprøver (metaller og TOC) <sup>1)</sup>	POM (PAH/PCB)	DGT metaller	Vannprøver (metaller og TOC) <sup>1)</sup>	POM (PAH/PCB)	DGT metaller
<b>Strandkantdeponiet Nyhavna (brønner på land)</b>						
Brønn 1	X	X	X	X	X	X
Brønn 2	X	X	X	X	X	X
Brønn 3	X	X	X	X	X	X
Brønn 4	X	X	X	X	X	X
<b>Stasjoner i sjø llsvika og Nyhavna</b>						
N1		X	X			
N2		X	X			
V1		X	X			
V2		X	X			
I1			X (2 stk)			
I2			X (2 stk)			
<b>Sjøbunnsdeponiet Nyhavna</b>						
S nord						
S sør		X	X (2 stk)			

1) Feltnmålinger av vannstand, pH, ledningsevne, temperatur og oksygen.

2) Utsetting av diffusjonsprøvetakere

POM = passiv prøvetaker for PAH og PCB

DGT = passiv prøvetaker for metaller (kationer). Temperaturlogging skal utføres i måleperioden.



## 6 Vurdering og rapportering

Resultater fra overvåkingen rapporteres årlig til Miljødirektoratet der endringer over tid, og betydningen av resultatene tolkes i forhold til potensiell miljørisiko.

For overvåking av tildekkingslag i alle delområder skal mektigheter som dokumenteres i overvåking, sammenlignes med oppnådd mektighet for områder gitt i sluttrapport (NGI, 2017). Eventuelle videre oppfølging/tiltak må vurderes ut ifra overvåkingsresultatene.

For overvåking av strandkantdeponiet og sjøbunnsdeponiet vil passive prøvetakere i og utenfor deponiet gi svar på den vannløste og biotilgjengelige konsentrasjonen i vann. For å vurdere resultatene skal de sammenlignes med toksisitetsgrensene for kronisk og akutt toksisitet som er presentert i Miljødirektoratets rapport M608 (Miljødirektoratet, 2016). Disse verdiene er basert på toksisitetsforsøk med kjemikalier i løst form.

Analyseresultater for filtrerte metallanalyser i grunnvannsbrønner sammenliknes med tilstandsklasser i Miljødirektoratets rapport M608 (Miljødirektoratet, 2016).

På bakgrunn av påviste konsentrasjoner i grunnvannsbrønnene i deponiet og vannstandsdata i deponiet beregnes total mengde utslipp per år fra deponiet.

Basert på målinger i diffusjonskammer beregnes spredningen av PAH og PCB fra sjøbunnsdeponiet, og dermed kan effekten av tildekkingslaget på sjøbunnsdeponiet dokumenteres.

Disse vurderingene vil danne et godt grunnlag for å vurdere potensiell miljørisiko som kan være forbundet med påviste konsentrasjoner i overvåkingspunktene i og rundt deponiene.

Alle kjemiske data fra overvåkingen skal føres inn i databasen *Vannmiljø*.

## 7 Referanser

Miljødirektoratet, 2015

Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven for Trondheim kommune. Tillatelse nr. 2014.448.T. Tillatelse gitt 04.11.2014. Endringsnummer 1. Endret 26.05.2015

Miljødirektoratet, 2016

Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. Rapport M608/2016. Miljødirektoratet.

Multiconsult, 2015

Renere havn - Deponi Nyhavna. Geoteknisk Prosjekteringsrapport. Dokumentkode 415566-RIG-RAP-002. Mars 2015. Rev. 01.

Multiconsult, 2014

Renere havn, Trondheim. Deponi Nyhavna. Miljøriskovurdering. Dokumentkode 415566-RIGm-RAP-003. Mai 2014. Rev. 01.

NGI, 2017

Renere havn – Sluttrapport. Rapport 20130339-26-R Rev. 1. Mars 2017

NGI, 2014

Renere havn – Tiltaksbeskrivelse for søknad om tillatelse til opprydding i forurensete sedimenter i Trondheim havn. Rapport 20130339-03-R. 9. mai 2014.

SFT, 2005

Veileder om overvåking av sigevann fra avfallsdeponier. Veileder TA-2077/2005. Datert mars 2005.

Vannforskriften, 2015

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

# Vedlegg A

## KOORDINATLISTE BRØNNER

### Innhold

A1 Koordinatliste

2

# A1 Koordinatliste

Brønn angir høyder for brønnrør. Kum angir høyder for terreng/kumlukk.  
 Høyder er oppgitt i NN2000.

Tabell A1 Koordinatliste brønner.

Gemini | Oppmåling

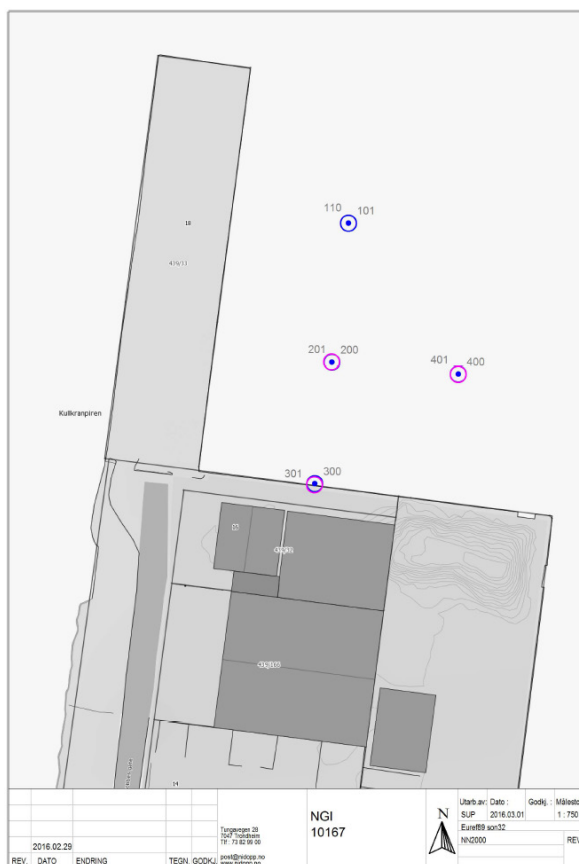
Punktliste

Prosjekt: M:\10167 Renere havn setningsmålinger\GEMINI\2016.02.29 Måling av kummer

Koordinatsystem: UTM(EUREF89) - SONE 32

01.03.2016

PunktID	Tema	N-koord.	Ø-koord.	Høyde	Geoide H	Status
101	Brønn	7 035 701,655	570 915,861	2,955		D
200	Kum	7 035 669,174	570 911,996	2,950		D
110	Kum	7 035 701,612	570 915,859	3,158		D
400	Kum	7 035 666,379	570 941,558	3,183		D
401	Brønn	7 035 666,336	570 941,541	2,954		D
201	Brønn	7 035 669,219	570 911,940	2,784		D
300	Kum	7 035 640,793	570 907,985	3,189		D
301	Brønn	7 035 640,531	570 907,926	3,015		D



Figur A1 Kart med innmålte brønner

# Vedlegg B

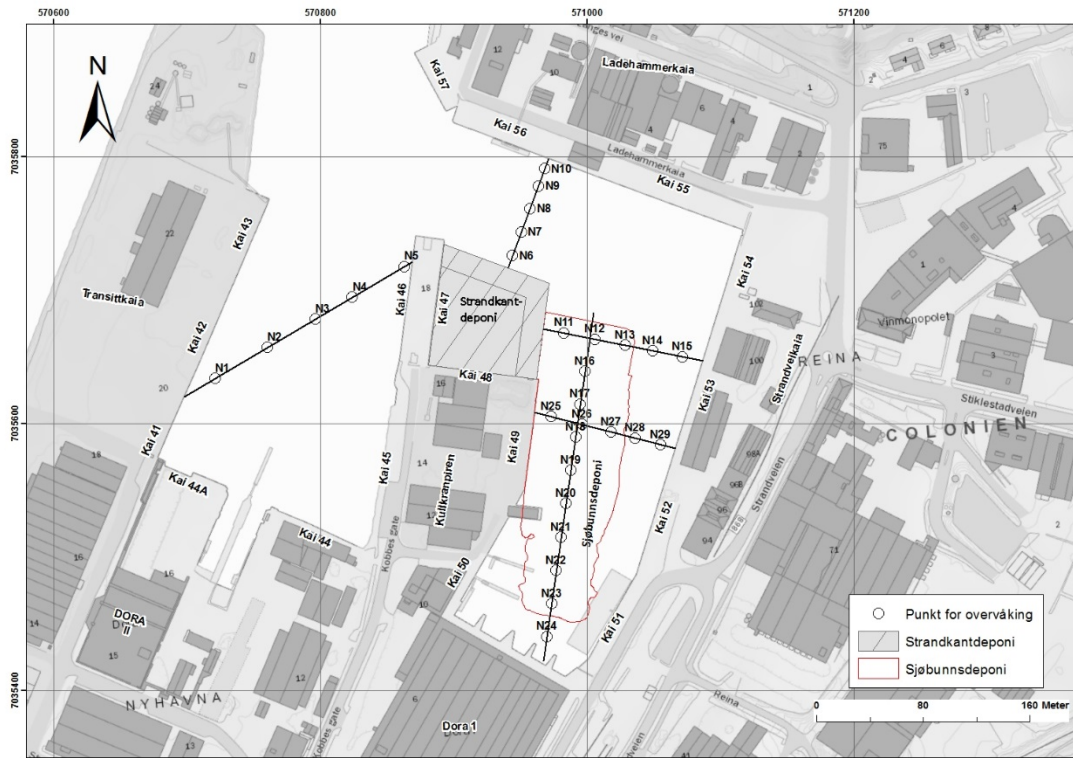
## OVERVÅKING AV TILDEKKINGSLAG - PROFILER FOR FYSISK OVERVÅKING

### Innhold

<b>B1</b>	<b>Nyhavna</b>	<b>2</b>
<b>B2</b>	<b>Kanalen</b>	<b>3</b>
<b>B3</b>	<b>Brattørbassenget</b>	<b>5</b>
<b>B4</b>	<b>Ilsvika</b>	<b>6</b>

## B1 Nyhavna

Profiler i Nyhavna for overvåking av tildekkingslag.



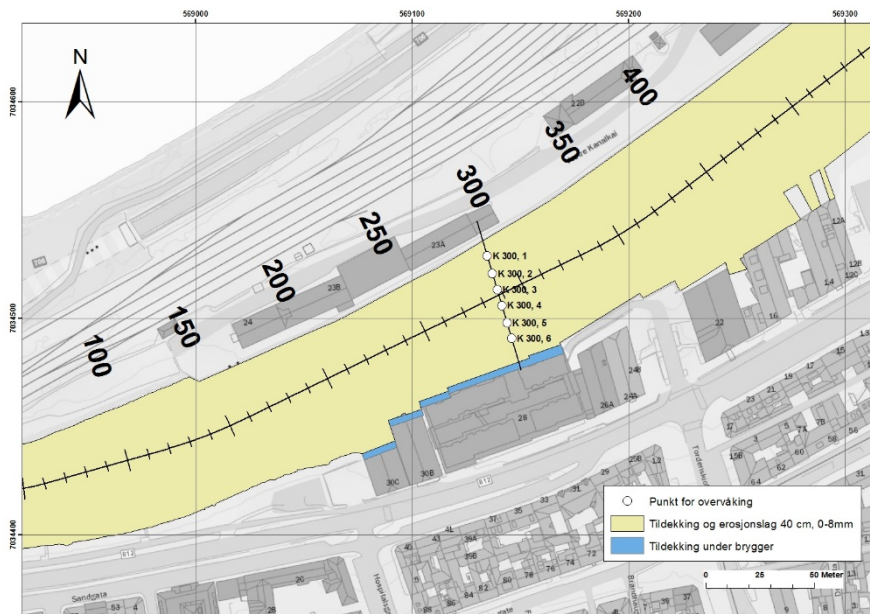
Figur B1-1 Profiler for overvåking i Nyhavna

Tabell 1-1 Koordinatliste for start og slutt for profiler i Nyhavna.

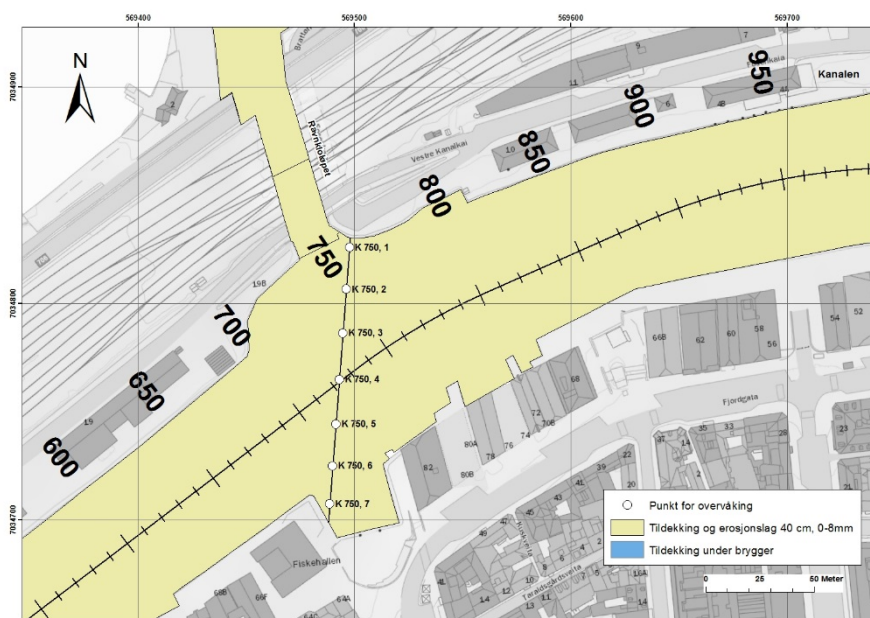
Start profil	XCoord	YCoord	Slutt profil	XCoord	YCoord
Start profil N1 til N5	570698	7035620	Slutt profil N1 til N5	570869	7035721
Start profil N11 til N15	570967	7035671	Slutt profil N11 til N15	571087	7035647
Start profil N15 til N29	570961	7035608	Slutt profil N16 til N24	570967	7035422
Start profil N16 til N24	571005	7035683	Slutt profil N25 til N29	571066	7035581
Start profil N6 til N10	570941	7035717	Slutt profil N6 til N10	570971	7035798

## B2 Kanalen

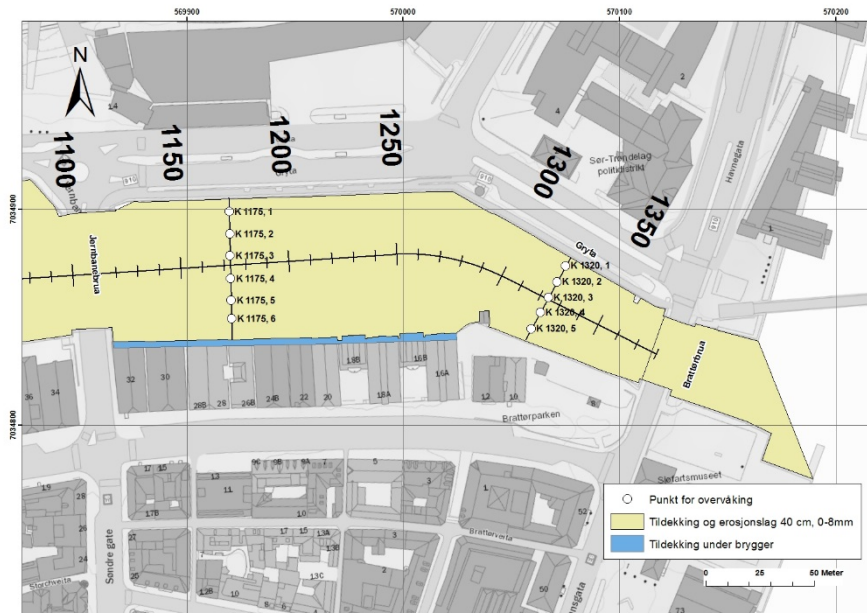
Profiler for overvåking av tildekkingslag, profil nr.: 300, 750, 1175, 1207, 1320.



Figur B2-1 Profil K300 i Kanalen.



Figur B2-2 Profil K750 i Kanalen.



Figur B2-3 Profil K1175 og K1320 i Kanalen.

Tabell 2-1 Koordinatliste for profiler i Kanalen, UTM sone 32.

Start profil	XCoord	YCoord	Slutt profil	XCoord	YCoord
Start profil K300, 1 til K300, 7	569133	7034536	Slutt profil K300, 1 til K300, 7	569150	7034477
Start profil K750, 1 til K750, 7	569498	7034830	Slutt profil K750, 1 til K750, 7	569488	7034699
Start profil K1175, 1 til K1175, 6	569919	7034905	Slutt profil K1175, 1 til K1175, 6	569921	7034840
Start profil K1320, 1 til K1320, 5	570077	7034878	Slutt profil K1320, 1 til K1320, 5	570057	7034839



## B3 Brattørbassenget

Profiler og stasjoner for overvåking i Brattørbassenget.



Figur B3-1 Profiler og overvåkingspunkter i Brattørbassenget.

Tabell 3-1 Koordinatliste for profiler i Brattørbassenget, UTM Sone 32.

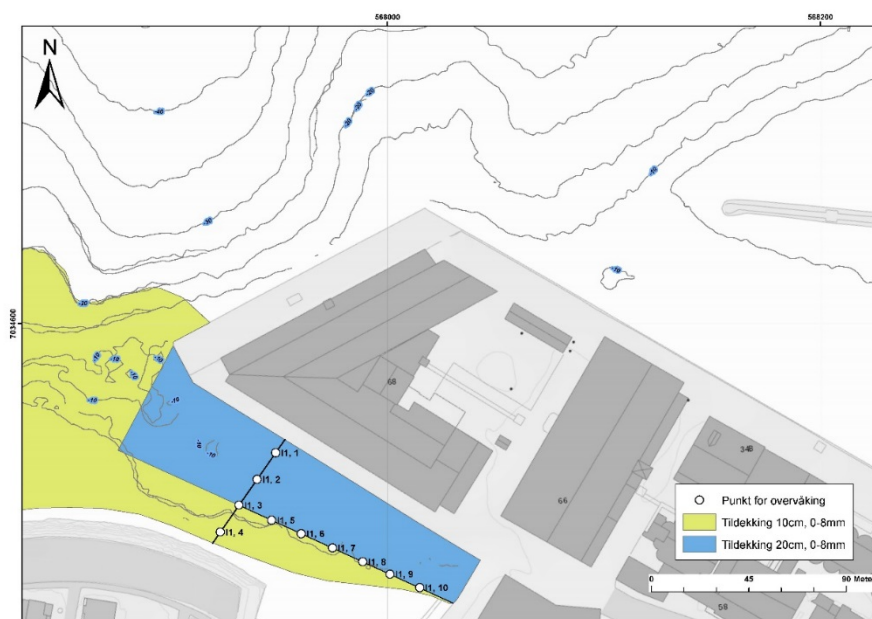
Start profil	XCoord	YCoord	Slutt profil	XCoord	YCoord
Start profil B-y, 1 til B-y, 10	569678	7035166	Slutt profil B-y, 1 til B-y, 10	569471	7034978
Start profil B-i, 1 til B-i, 8	569877	7035326	Slutt profil B-i, 1 til B-i, 8	569729	7035178

Tabell 3-2 Koordinatliste for prøvepunkt i utløpet av Brattørbassenget, UTM Sone 32.

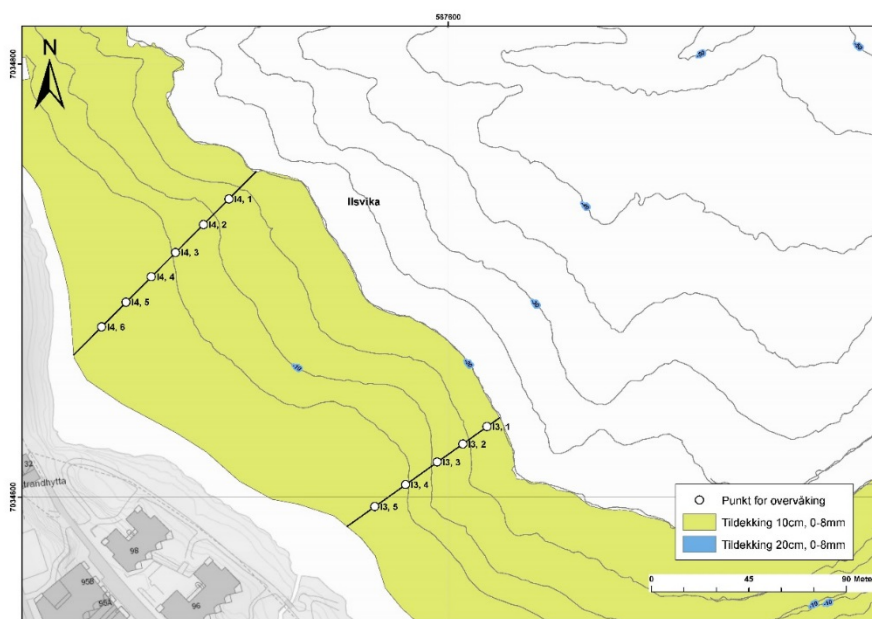
Punkter	X	Y
B1-1	270174	7042542
B1-2	270173	7042494
B1-3	270203	7042521
B1-4	270226	7042549
B1-5	270238	7042513

## B4 Ilsvika

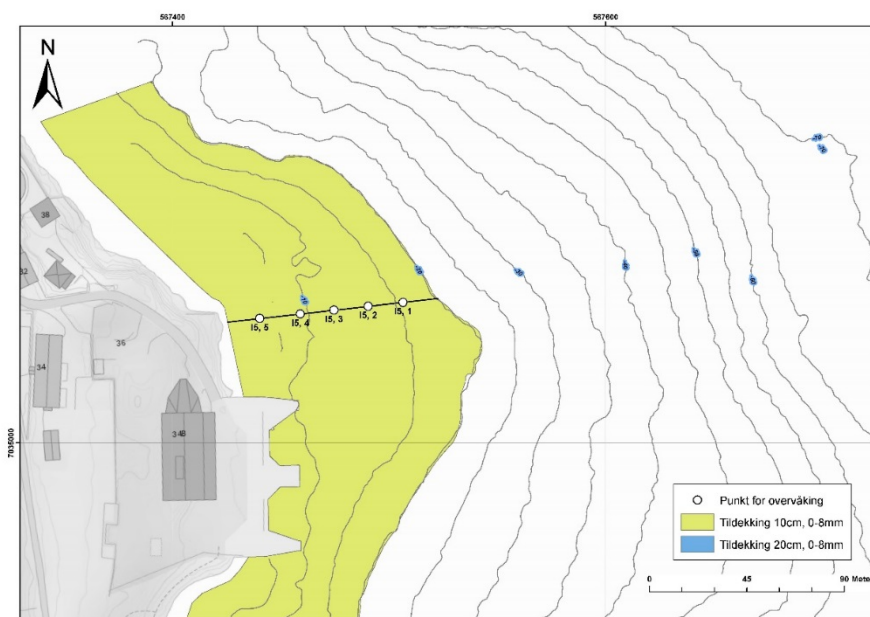
Prøvestasjoner for overvåking av tildekkingslag i Ilsvika. Overvåking i 5 stasjoner som for etterkontroll og i 5 profiler.



Figur B4-1 Profil I1 og I2.



Figur B4-2 Profil I3 og I4



Figur B4-3 Profil I5.

Tabell 4-1 Koordinatliste for profiler i Iilsvika, UTM sone 32.

Start profil	XCoord	YCoord	Slutt profil	XCoord	YCoord
Start profil I5, 1 til I5, 5	567522	7035067	Slutt profil I5, 1 til I5, 5	567426	7035056
Start profil I4, 1 til I4, 6	567511	7034750	Slutt profil I4, 1 til I4, 6	567427	7034666
Start profil I3, 1 til I3, 5	567624	7034637	Slutt profil I3, 1 til I3, 5	567553	7034586
Start profil I1, 5 til I1, 10	567931	7034516	Slutt profil I1, 5 til I1, 10	568030	7034471
Start profil I1, 1 til I1, 4	567953	7034546	Slutt profil I1, 1 til I1, 4	567919	7034499

<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>		
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Renere havn - Overvåkingsplan for strandkantdeponi, sjøbunnsdeponi og tildekket sjøbunn		<b>Dokumentnr./Document no.</b> 20130339-24-R
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Rapport / Report	<b>Oppdragsgiver/Client</b> Trondheim kommune	<b>Dato/Date</b> 2016-07-07
<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> 3 / 2016-05-16
<b>Distribusjon/Distribution</b> ÅPEN: Skal tilgjengeliggjøres i åpent arkiv (BRAGE) / OPEN: To be published in open archives (BRAGE)		
<b>Emneord/Keywords</b> Overvåking, forurenset sjøbunn, tildekking, sjøbunnsdeponi, strandkantdeponi		

<b>Stedfesting/Geographical information</b>	
<b>Land, fylke/Country</b> Norge, 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: 569470 Nord: 7034753	<b>Koordinater/Coordinates</b> Projeksjon, datum: Øst: Nord:

<b>Dokumentkontroll/Document control</b>					
<b>Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001</b>					
<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	2016-07-07 Mari Moseid	2016-07-07 Marianne Kvennås		
1	Tatt ut om Ilsvika. Lagt til tabell 5 og 6. Korrigert plassering av stasjoner.	2016-10-19 Anita Whitlock Nybakk	2016-10-19 Marianne Kvennås		
2	Kap. 4.4 Kjemisk overvåking i Ilsvika. Kap. 5 : Tidsplan	2016-11-02 Mari Moseid	2016-11-02 Marianne Kvennås		
3	Kap 5. Revidert tidsplan	2017-01-13 Mari Moseid	2017-01-13 Marianne Kvennås		
4	Endringer i tidsplan og justering av omfang. Generell språkoppretting.	2017-03-03 Mari Moseid	2017-03-03 Marianne Kvennås		
5	Endring etter kommentar fra Miljødirektoratet. Kap. 3.1 og 3.3 Overvåkingsbrønner. Kap. 4.2 Fysisk kontroll Kap. 5 Målehyppighet	2017-05-16 Mari Moseid	2017-05-16 Marianne Kvennås		

<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>	<b>Dato/Date</b> 16. mai 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)

