



RAPPORT

Renere havn

MILJØREGNSKAP
NYHAVNA, BRATTØRBASSENGET OG KANALEN

DOK.NR. 20130339-27-R
REV.NR. 5 / 2017-07-07

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: Miljøregnskap
Dokumentnr.: 20130339-27-R
Dato: 2016-11-01
Rev.nr. / Rev.dato: 5 / 2017-07-07

Oppdragsgiver

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

for NGI

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

Sammendrag

NGI har utarbeidet et miljøregnskap for tiltakene i Renere havn, iht. tillatelse fra Miljødirektoratet (tillatelse nr. 2014.448.T) gitt 4. november 2014 og endret 26. mai 2015 (Endringsnummer 1).

Denne rapporten presenterer miljøregnskap for delområdene Brattørbassenget, Nyhavna og Kanalen. Dette er områder hvor det har foregått mudring, samt deponering i Nyhavna. I Ilsvika har det kun foregått tynntildekking. Det er besluttet at det ikke skal utarbeides et miljøregnskap for Ilsvika.

Som grunnlag for miljøregnskapet er det brukt observasjoner av miljøkvalitet for vann og sjøbunn gjennom prosjektgjennomføringen. Metodikken har omfattet resultater fra analyser av vannprøver, sedimentprøver, målinger av turbiditet, resultater fra sedimentfeller og passive prøvetakere samt beregninger av vanngjennomstrømningen i delområdene. Sistnevnte har SINTEF hatt faglig ansvar for. Dette datagrunnlaget er enten benyttet direkte i beregningsgrunnlaget for miljøregnskapet, eller benyttet for å gjøre vurderinger av effekten av spredningen fra tiltaksgjennomføringen.

Totalt sett viser miljøregnskapet at observert spredning i tiltaksperioden er lavere enn det som ble estimert i miljøgiftbudsjettet før prosjektstart.

Miljøregnskapet viser at det i tiltaksfasen har vært en økt spredning sammenliknet med perioden før tiltakene ble startet opp. Dette er som forventet, det er ikke mulig å gjennomføre tiltak mot forurenset sjøbunn uten en midlertidig økning i spredningen. Spredningen som er observert har imidlertid ikke vært større enn at den er hentet inn igjen mindre enn ett år etter ferdigstillelse. I miljøgiftbudsjettet ble denne inntjenings-tiden antatt å være opp mot to år.

Rask inntjenings-tid henger sammen med vellykket måloppnåelse av tiltaket, dvs. at sjøbunnen karakteriseres som ren etter ferdig prosjektgjennomføring. Dette er oppnådd i Renere havn, der ny sjøbunn nå foreligger i tilstandsklasse I-II.

Spredning under tiltakene har vært av begrenset som følge av sterk fokus på dette i gjennomføringsfasen. Spesielt viktig for å minimere spredning under tiltak har vært:

- 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

Innhold

1	Innledning	7
2	Tiltaks mål og styrende parametere for tiltakene	8
3	Miljøgiftbudsjett fra 2014	9
4	Miljøgevinst	10
5	Grunnlagsdata for miljøregnskap	11
5.1	Bakgrunnsdata fra før tiltak	11
5.2	Datainnsamling under tiltak	13
6	Metodikk for beregninger i miljøgiftregnskapet	15
6.1	Spredning fra utildekket sjøbunn i anleggsperioden	15
6.2	Spredning fra mudring og deponering	15
6.3	Spredning under tildekking	16
6.4	Spredning etter tildekking	17
7	Miljøgiftregnskap for Brattørbassenget	18
7.1	Spredning fra sjøbunn under mudring	18
7.2	Spredning under tildekking	20
7.3	Spredning fra tildekkede sedimenter	21
7.4	Miljøgiftsregnskap for Brattørbassenget	24
7.5	Beregnet inntjeningstid for tiltaksfasen	25
7.6	Kvalitet på sedimenter i spredningssone	28
7.7	Oppsummering Brattørbassenget	31
8	Miljøgiftsregnskap for Kanalen	31
8.1	Spredning fra sjøbunn under mudring	31
8.2	Spredning fra sjøbunn under tildekking	35
8.3	Spredning fra tildekkede sedimenter	37
8.4	Miljøgiftsregnskap for Kanalen	39
8.5	Beregnet inntjeningstid for tiltak	40
8.6	Kvalitet på sedimenter i spredningssonen	43
8.7	Oppsummering Kanalen	45
9	Miljøgiftsregnskap for Nyhavna	46
9.1	Spredning fra sjøbunn under mudring og deponering	46
9.2	Spredning fra sjøbunn under deponering og tildekking	48
9.3	Spredning fra tildekkede sedimenter	49
9.4	Miljøgiftregnskap for Nyhavna	51
9.5	Beregnet inntjeningstid for tiltaket	52
9.6	Kvalitet på sedimenter i spredningssonen	56
9.7	Oppsummering Nyhavna	58
10	Samlet regnskap for delområdene Brattørbassenget, Nyhavna og Kanalen	58
11	Erfaring med bruk av miljøregnskap	59
11.1	Datagrunnlag for beregning	59
11.2	Sammenlikning med miljøgiftbudsjett	61
11.3	Bruk av miljøgiftregnskap	62
12	Diskusjon	62
13	Konklusjon miljøregnskap	64
14	Referanser	65

Vedlegg

Vedlegg A	Resultater fra sedimentprøver av tildekkingslag i Brattørbassenget, Kanalen og Nyhavna
Vedlegg B	Perioder med forhøyet turbiditet i anleggsperioden for Brattørbassenget, Kanalen og Nyhavna

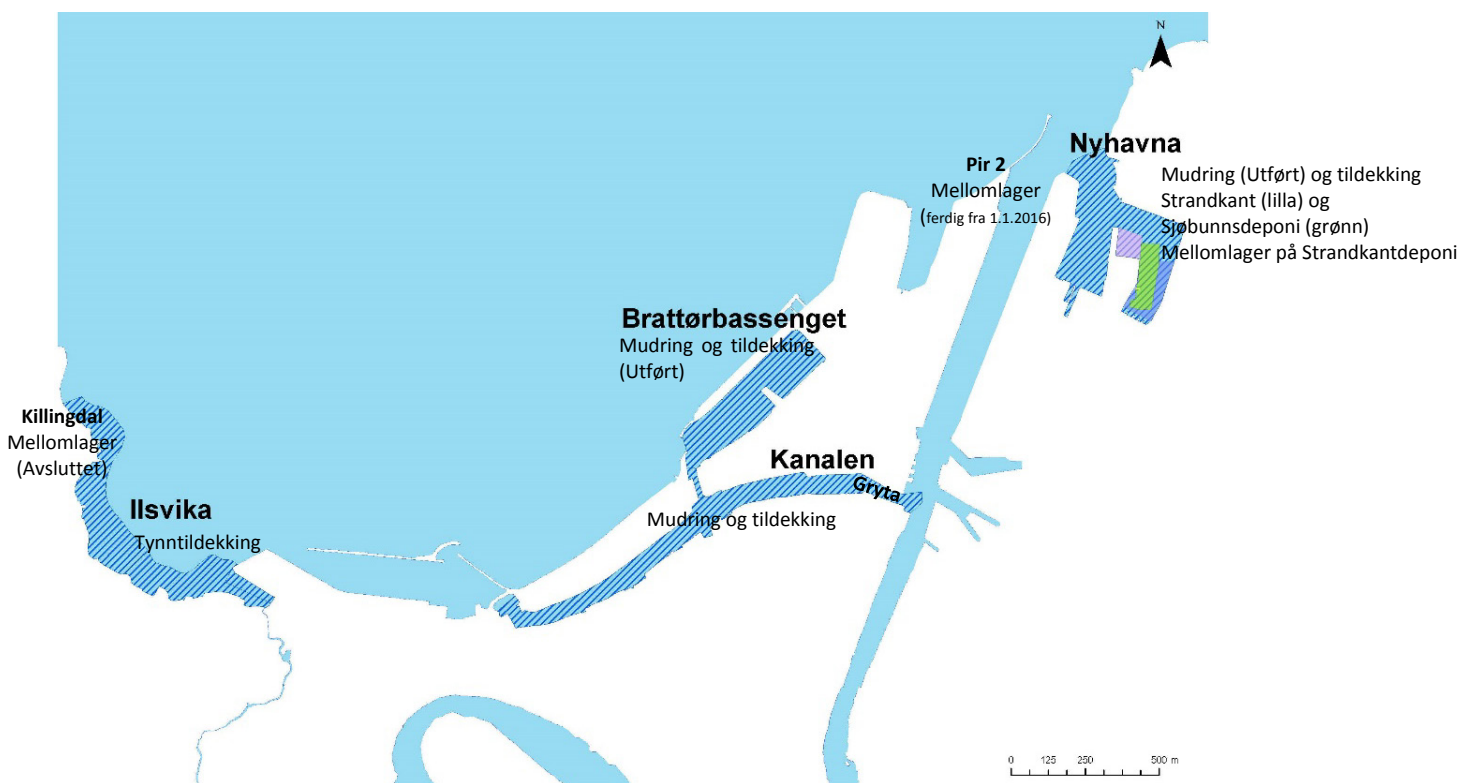
Kontroll- og referanseside

1 Innledning

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, 2014). 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. Områdene er vist i figur 1.

I tillatelse fra Miljødirektoratet (tillatelse nr. 2014.448.T) gitt 4. november 2014 og endret 26. mai 2015 (Endringsnummer 1), 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.

Denne rapporten presenterer miljøregnskap for Brattørbassenget, Nyhavna og Kanalen. Dette er områder hvor det har foregått mudring, samt deponering i Nyhavna. I Ilsvika har det kun foregått tynntildekking. Det er her vurdert at det ikke skal utarbeides et miljøregnskap.



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

2 Tiltaks mål og styrende parametere for tiltakene

Det langsiktige tiltaks målet i Kanalen, Brattørbassenget, Nyhavna og Ilsvika er at sjøbunnen skal tilfredsstillende tilstandsklasse III (Miljødirektoratet, 2008) eller bedre for PAH (sum PAH16 og benso(a)pyren), PCB, kadmium, bly, kvikksølv og kobber. For Ilsvika gjelder dette målet også for sink.

Kravet for godkjent sjøbunn etter tiltak er oppfylt når tilstandsklasse III er oppnådd for minimum ni av ti stasjoner i hvert delområde. Det skal imidlertid ikke gjenstå hot-spots, her definert som konsentrasjoner over midtre halvdel av tilstandsklasse IV.

Rett etter tiltakene er gjennomført er det forventet at overflatelaget i tiltaksområdene vil tilfredsstillende tilstandsklasse I eller II.

Det ble i 2014 utarbeidet to miljøgiftbudsjett; et samlet budsjett for Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna og et budsjett for Ilsvika. Budsjettene er utarbeidet for de stoffer hvor det er påvist en gjennomsnittskonsentrasjon i sedimentene høyere enn tilstandsklasse III, fordi disse utgjør størst miljørisiko. Tiltakene forventes også å ha en positiv effekt på de øvrige stoffene. Stoffe som er styrende parametere for tiltakene er gitt i tabell 1 og tabell 2.

Tabell 1 Styrende parametere for tiltak og parametere i miljøbudsjett for Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna.

Sted	Parametere i miljøbudsjettet per delområde	Parametere i samlet miljøbudsjettet
Kanalen	PAH og kobber (Cu)	PAH og kobber (Cu)
Brattørbassenget	PAH	PAH og kobber (Cu)*
Nyhavna	PAH og kobber (Cu)	PAH og kobber (Cu)

*Kobber er ikke styrende for Brattørbassenget, men er likevel inkludert i beregninger i for det samlede miljøbudsjettet for Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna.

Tabell 2 Styrende parametere for tiltak og parametere i miljøbudsjett for Ilsvika.

Sted	Parametere i miljøbudsjettet for Ilsvika
Ilsvika	Bly (Pb), kobber (Cu) og sink (Zn)

I tillatelsen fra Miljødirektoratet er det stilt krav til at alle miljøgiftene som er omfattet av tiltaks målet i Trondheim skal rapporteres. Disse er gitt i tabell 3. Regnskapet for disse stoffene presenteres i dette notatet.

Tabell 3 Parametere som Miljødirektoratet stiller krav til skal rapporteres.

Sted	Krav til rapporteringsparametere I tillatelse fra Miljødirektoratet
Nyhavna, Brattørbassenget og Kanalen	Cd, Cu, Hg, Pb, ΣPAH16, B(a)p, ΣPCB7
Ilsvika	Cd, Cu, Hg, Pb, Zn, ΣPAH16, B(a)p, ΣPCB7

3 Miljøgiftbudsjett fra 2014

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. De ulike spredningsmekanismene som ble vurdert i miljøgiftbudsjettet i 2014 er gitt i tabell 4 (NGI, 2014). Miljøgiftbudsjettet er ikke revidert etter dette.

Tabell 4 Spredningsmekanismer som er vurdert i miljøgiftbudsjettet (NGI, 2014)

	Spredning før tiltak (før-situasjonen)	Spredning under tiltaket (mudring, deponering og tildekking og)	Spredning etter tiltaket (mudrede og tildekkede områder inkludert avsluttet deponi)
Områder som skal mudres og tildekkes: Kanalene Brattørbassenget Nyhavna	<ul style="list-style-type: none"> Diffusjon av forurensning fra sedimenter til vannfase Oppvirvling av forurenset sediment pga. skipsoppvirvling Transport av forurensninger via organismer 	I tillegg til prosesser som før tiltak: <ul style="list-style-type: none"> Oppvirvling av forurenset sediment ved mudring Oppvirvling av sediment ved tildekking Spredning ved porevannsutpressing Spredning fra tildekkingsmasser 	<ul style="list-style-type: none"> Diffusjon av forurensning fra sedimenter til vannfase
Område som skal tildekkes: Ilsvika (Eget regnskap utarbeides ikke)	<ul style="list-style-type: none"> Diffusjon av forurensning fra sedimenter til vannfase Oppvirvling av forurenset sediment pga. skipsoppvirvling Transport av forurensninger via organismer 	I tillegg til prosesser som før tiltak: <ul style="list-style-type: none"> Oppvirvling av sediment ved tildekking Spredning ved porevannsutpressing Spredning fra tildekkingsmasser 	<ul style="list-style-type: none"> Diffusjon av forurensning fra sedimenter til vannfase
Deponi *: Nyhavna	<ul style="list-style-type: none"> Diffusjon av forurensning fra sedimenter til vannfase Oppvirvling av forurenset sediment pga. skipsoppvirvling Transport av forurensninger via organismer 	I tillegg til prosesser som før tiltak: <ul style="list-style-type: none"> Oppvirvling av sediment ved deponering Spredning ved porevannsutpressing Oppvirvling av sediment ved tildekking Spredning som følge av utett partikkelsperre Spredning av forurensning løst i vann 	<ul style="list-style-type: none"> Diffusjon av forurensning fra sedimenter til vannfase (sjøbunnsdeponi) Strømning som følge av tidevannspåvirkning (strandkantdeponi) Infiltrasjon av overflatevann/nedbør, vannløst forurensning (strandkantdeponi)

*Hentet fra Multiconsults risikovurdering, vedlegg 2 i tiltaksbeskrivelsen (NGI, 2014).

Forutsetningene som lå til grunn for beregninger i miljøbudsjettet i 2014 var:

- Sedimentprøver fra hele arealet for de aktuelle delområdene ble brukt i spredningsvurderinger. Gjennomsnittsverdier ble vurdert å være representative for forurensningsforholdene, og dermed brukt for sedimentkonsentrasjonen i miljøgiftbudsjettet. Dette fordi forurensningsnivået i tiltaksområdene var forholdsvis jevnt fordelt.
- Lokale forhøyede verdier (Hot-spots) som kvikksølv (Hg) i Kanalen inngikk ikke som styrende parameter i budsjettet, da kvikksølvkonsentrasjoner ikke var ansett å være representativ for mudremassene generelt i Kanalen. Kvikksølv var påvist i dypere prøver utenfor mudreområder.
- Målte porevannskonsentrasjoner og stedsspesifikke K_d -verdier beregnet fra disse ble brukt i beregningene for budsjettet spredning før, under og etter tiltak.
- Ved beregning av spredning under mudring, ble det antatt at oppvirvlingen var sammenlignbar med oppvirvlingen som oppstår ved skipsanløp, ref. kapittel 4.3 i TA 2804/2011 (Miljødirektoratet, 2011).
- Spredning fra sedimenter ble antatt å være konstant selv om de forurensede sedimentene gradvis tildekkes som følge av ny sedimentasjon som kan være renere. Kvaliteten på nytt sediment vil styre den fremtidige spredningen. Denne endringen i spredning er vanskelig å estimere, men en antagelse om konstant spredning vil gi en konservativ spredningsberegning.
- Anleggsperioden ble i miljøbudsjettet anslått til 16 måneder. For å vurdere spredning fra sedimenter er tiden sedimentene står utildekket i budsjettet angitt å være hele anleggsperioden. Spredning etter tiltak ble utført med Miljødirektoratets beregningsverktøy for risikovurdering av forurensede sedimenter, TA 2802/2011, og med tilhørende stoffdata.

4 Miljøgevinst

Ved å sammenligne spredningen før tiltak mot tilstand etter tiltak er det mulig å få et mål på hvor stor forbedringen av miljøkvaliteten i et området har vært – en miljøgevinst. Under tiltakene øker spredningsbelastningen på området utover bakgrunnsbelastningen fra utildekket sjøbunn. Målet for tiltakene er imidlertid at reduksjonen av spredning fra før- til etter-tilstanden er så stor at spredningen under tiltak tjenes inn på relativt kort tid.

I miljøbudsjettet ble det for de styrende parametere PAH og kobber beregnet en inn-tjeningstid på ca. 2 år.

5 Grunnlagsdata for miljøregnskap

5.1 Bakgrunnsdata fra før tiltak

Før tiltakene startet i 2015 ble det utført bakgrunnsmålinger i form av vannprøver og sedimentfeller. I beregningene i miljøregnskapet er det resultater fra vanndata som inngår. Resultater fra sedimentfeller er brukt for å beskrive kvalitet på sediment i spredningssoner, og er diskutert i avsnitt 7.6 for Brattørbassenget.

Resultater for bakgrunnsmålinger i vannprøver er vist i tabell 5.

Resultatene er klassifisert i forhold til Miljødirektoratets veileder TA 2229 (Miljødirektoratet, 2008). I vannprøver tatt før tiltak i områdene Brattørbassenget, Nyhavna og Kanalen, er påviste konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse I og II for de fleste metaller, PAH og PCB. Kobber foreligger imidlertid i tilstandsklasse IV. Bakgrunnsprøver i Nidelva (REF), K3 i Kanalen og Nyhavna (N1) viser klasse IV for sink. I vannprøver tatt i Ilsvika er det påvist nikkel og bly i tilstandsklasse III, samt en prøve med tilstandsklasse V for PAH.

Tabell 5 Resultater fra bakgrunnsmålinger i vannprøver i de ulike tiltaksområdene i 2015 iht. Miljødirektoratets veileder TA 2229.

Stoff		Ilsvika I1	Ilsvika I2	Brattørbassenget B	Kanalen K1	Kanalen K2	Kanalen K3	Nyhavna N	Nidelva Ref1
As	µg/l	1,12	1,15	1,02	1,25	0,925	1,83	2,41	2,29
Cd	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cr	µg/l	0,359	<0,1	0,407	0,222	0,308	0,289	0,195	0,25
Cu	µg/l	2,85	0,615	1,56	0,81	1,1	1,19	1,46	2,02
Hg	µg/l	0,00241	<0,002	<0,002	0,00257	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Ni	µg/l	3,09	0,811	1,91	0,891	1,75	1,39	0,93	1,89
Pb	µg/l	2,23	0,747	1,85	0,848	1,83	0,987	0,896	1,21
Zn	µg/l	<2	<2	<2	<2	<2	25,1	16,2	56,6
ΣPAH-16	µg/l	n.d.	0,66	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ΣPCB-7	µg/l	n.d.	0,00751	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d betyr ikke påvist

Resultater for bakgrunnsmålinger i sedimentfeller vist i tabell 6. Prøver er klassifisert iht. Miljødirektoratets tilstandsklasser TA 2229.

Tabell 6 Analyseresultater fra sedimentfeller i tiltaksområdene før oppstart, (bakgrunn), mg/kg.

Område	Brattør-bassenget B1	Ilsvika I1	Ilsvika I2	Ilsvika I4	Ilsvika I5	Nyhavna N1	Kanalen K1	Kanalen K2	Kanalen K3	Nidelva REF
Mengde total (g)	13	5,5	15	6,1	4,6	79	13	13	46	45
Sedimentasjon (mm/år)	3,0	1,3	3,5	2,0	1,5	18,2	3,0	3,0	10,8	10,6
As	11	110	60	31	60	4,4	15	15	7,6	6,1
Cd	0,16	2,2	0,95	0,5	0,59	0,39	0,25	0,19	0,22	0,2
Cr	73	48	40	29	45	56	93	101	73	71
Cu	59	5510	210	103	213	43	86	86	65	66
Hg	<0,10	0,28	0,19	<0,10	0,15	<0,10	0,16	<0,10	<0,10	<0,10
Ni	41	26	23	16	25	31	55	60	48	48
Pb	56	238	119	85	117	24	71	56	30	23
Zn	112	2340	582	265	441	122	215	199	149	153
Naftalen	<0,050	<0,050	<0,050	-	-	0,16	0,14	0,062	<0,050	<0,050
Acenaftalen	<0,050	<0,050	<0,050	-	-	0,29	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Acenaften	<0,050	<0,050	<0,050	-	-	0,13	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Fluoren	<0,050	<0,050	<0,050	-	-	0,4	0,064	<0,050	<0,050	<0,050
Fenantren	0,36	0,13	0,31	-	-	2,8	1,6	0,38	0,37	0,44
Antracen	0,088	0,067	0,1	-	-	0,85	0,2	0,15	0,056	0,059
Fluoranten	0,76	0,37	0,7	-	-	5,8	2,3	1,2	1	0,85
Pyren	0,53	0,3	0,56	-	-	4	1,3	0,82	0,66	0,56
Benso(a)antracen	0,25	0,16	0,28	-	-	2,1	0,29	0,32	0,14	0,11
Krysen	0,23	0,15	0,24	-	-	1,5	0,33	0,35	0,17	0,1
Benso(b)fluoranten	0,22	0,13	0,26	-	-	1,8	0,26	0,32	0,12	0,11
Benso(k)fluoranten	0,13	0,098	0,16	-	-	0,9	0,17	0,19	0,08	0,06
Benso(a)pyren	0,26	0,19	0,33	-	-	2,2	0,35	0,31	0,13	0,12
Dibenso(ah)antracen	<0,050	<0,050	0,052	-	-	0,28	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Benso(ghi)perylene	0,24	0,14	0,26	-	-	1,9	0,32	0,3	0,16	0,14
Indeno(123cd)pyren	0,24	0,15	0,3	-	-	2,3	0,33	0,32	0,15	0,13
Sum PAH-16**	3,31	1,89	3,55	-	-	27,4	7,65	4,72	3,04	2,68
Sum PCB-7	0,0081	n.d.	0,0641	-	-	0,0208	0,0204	0,0347	0,0929	0,0121
TBT*	4	22	3	2	5	44	16	14	5	1

* Forvaltningsmessig grenseverdi for TBT.

**Ved klassifisering av ikke detekterte PAH-parametere er halv deteksjonsgrense benyttet.

5.2 Datainnsamling under tiltak

Overvåkingsprogrammet under utførelse av tiltak omfatter målinger i vann, sedimentfeller og passive prøvetakere i tillegg til online overvåking av partikkelspredning (turbiditet). Følgende er gjennomført under tiltak:

Turbiditetsmålinger

Overvåking av mudringsarbeidene i gjennomføringsfasen består av en kontinuerlig overvåking av partikkelmengde i vann ved turbiditetsmålinger. Målestasjonene er etablert i utløpene av tiltaksområdene Nyhavna, Brattørbassenget og Kanalen (figur 2). Ved ulike tiltak som mudring og tildekking i samme delområde, er imidlertid plassering av overvåkingsstasjoner justert underveis i tiltaksgjennomføringen for å skille mellom de ulike aktivitetene. Ilsvika er et område som har tiltaksgrense ut mot åpen sjø, og turbiditetsmålere har derfor vært plassert i utkanten av tiltaksområdet.



Figur 2 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.

Sedimentfeller og passive prøvetakere

I overvåkingsstasjonene er det i tillegg til turbiditetsmålere for kontinuerlig overvåking plassert ut sedimentfeller og passive prøvetakere. Sedimentfeller er satt ut før tiltak for å måle bakgrunnsnivået i partikler som spres uten tiltak. Sedimentfellen er deretter satt ut igjen før mudring, og prøvetatt (tømt) mellom mudring og tildekking. Sedimentfeller er analysert for tungmetaller, PAH og PCB, i tillegg til at total mengde materiale i fellene er målt. Tilsvarende er gjennomført for passive prøvetakere (POM) for å måle fritt løste konsentrasjoner i vann for PAH og PCB i hver av de ulike fasene av tiltakene. Data fra sedimentfeller og passive prøvetakere er ikke benyttet direkte i beregningene av miljøregnskapet, men er benyttet i gjennomføringen for å vurdere effekten av spredning fra anleggsarbeidene.

Vannprøver

Før oppstart av tiltakene ble det tatt vannprøver for å måle bakgrunnsnivå for totalt innhold av miljøgifter i vannfasen (løst og på suspenderte partikler). Under tiltaksgjennomføringen er det tatt vannprøver i forbindelse med overskridelser av alarmgrense for akseptabelt turbiditetsnivå ved mudring og tildekking. Disse vannprøvene er tatt for å måle om episoder med høyt turbiditetsnivå i tiltaksfasen også betyr at det spres miljøgifter med vannfasen. Vannprøver er analysert for tungmetaller, PAH og PCB. I tillegg er det målt suspendert stoff.

Strømdata

Det ble våren 2014 utført målinger av strømhastighet og strømretning i forbindelse med prosjektering av tiltak. Data fra strømmålingene er brukt for å estimere vannmengder som transporteres ut av de ulike delområdene under tiltaksarbeidet (NGI, 2014b) (SINTEF (2016)).

Det er utført etterkontroll med ulike målinger. Dette er ikke en del av miljøregnskapet, og rapporteres i sluttrapporten.

6 Metodikk for beregninger i miljøgiftregnskapet

Det er identifisert følgende spredningsveier for forurensning, gitt i tabell 4:

- 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, porevannsutpressing, samt spredning fra tildekkingsmasser
- Spredning fra etter tildekking i anleggsperioden

Når det gjelder spredning fra utildekket sjøbunn i anleggsperioden, er data fra miljøbudsjettet brukt i miljøregnskapet. For de øvrige spredningsveiene er beregningene i miljøregnskapet basert på målte verdier fra overvåkingen, samt etterkontroll av tildekkingslag, i stedet for estimerte verdier som benyttet i miljøgiftbudsjettet.

6.1 Spredning fra utildekket sjøbunn i anleggsperioden

I anleggsperioden vil det foregå en spredning fra forurensede sedimenter så lenge sjøbunnen står utildekket. Etter at sjøbunnen er ferdig tildekket vil spredningen være betydelig redusert.

Spredning fra utildekket sjøbunn beregnet i miljøgiftbudsjettet er brukt i miljøgiftregnskapet og representerer bakgrunnsspredningen. Dette er vurdert å være realistiske data, da måledata fra anleggsperioden viser ingen tegn på at spredningen fra utildekket sjøbunn har økt under gjennomføring av tiltak.

Det er tildekking av området som reduserer bidraget fra sedimentene. Ved beregning av bidraget fra utildekket sjøbunn, er den tiden sjøbunnen var utildekket i anleggsperioden tatt med i beregningen. For de ulike delområdene gir dette for Nyhavna 9,25 måneder Brattørbassenget 7 måneder og Kanalen 11,5 måneder. Ilsvika er ikke beregnet.

Renere havn prosjektet hadde før oppstart en estimert anleggsperiode på 16 måneder, mens aktuelle periode i regnskapet er fra februar 2015 ut mai 2016. Faktisk spredningsperiode før tildekking er gitt i regnskapet. Dette medfører en spredningsreduksjon fra utildekket sjøbunn i miljøregnskapet sammenlignet med miljøbudsjettet.

6.2 Spredning fra mudring og deponering

Spredning fra mudring er i miljøbudsjettet estimert ut fra antatt andel materiale som suspenderes i vannmassene ved mudringen. Deponering er i miljøbudsjettet beregnet ut fra deponert mengde materiale og mengden spredning ut av deponiområdet er kvantifisert. I miljøregnskapet er spredningen beregnet basert på overvåkingsdata ut fra hele Nyhavna.

Under mudring og deponering er det tatt vannprøver ved overskridelser av turbiditetsgrenseverdi (10 NTU i 20 minutter). Konsentrasjoner i vannprøver tatt før tiltak viser bakgrunnskonsentrasjonen. Vannprøver tatt ved overskridelser viser at konsentrasjoner under tiltak i mange av vannprøvene er på samme nivå eller lavere enn bakgrunnskonsentrasjonen. Det er derfor antatt at konsentrasjonen i vannet ikke er vesentlig høyere enn bakgrunnen i perioder uten overskridelse av grenseverdiene for turbiditet. I noen episoder med høy turbiditet er det målt høyere konsentrasjoner av PAHer og kobber.

Spredning fra mudring/deponering U (angitt i gram) er beregnet ut fra økningen av konsentrasjonen av miljøgifter C i vannkonsentrasjon i alle perioder med turbiditetsoverskridelser, vanntransport (Q) og varighet (t) på overskridelser.

$$U = (C_{mudring} - C_{bakgrunn}) \times t_{overskridelse} \times Q_{vanntransport}$$

I tilfeller hvor differansen $C_{mudring}$ er mindre enn $C_{bakgrunn}$ er differansen mellom bakgrunn og under mudring satt lik 0.

Tidsperioder med høy turbiditet ($t_{overskridelse}$) er hentet ut fra turbiditetslogger. Lengden på periode med høy turbiditet regnes fra rett før alarmen (10 NTU i 20 minutter) slår ut til alarm for akseptabelt nivå slår inn. Dette gir et anslag på hvor lang tid under anleggsperioden det har vært høyt partikkelnivå med vannkonsentrasjoner tilsvarende konsentrasjoner i vannprøver tatt ved overskridelse. Vannutskifting ($Q_{vanntransport}$) i de ulike områdene er beskrevet for hvert delområde. Oversikt over overskridelsene av turbiditet for Brattørbassenget, Kanalen og Nyhavna er gitt i vedlegg A.

6.3 Spredning under tildekking

I miljøgiftbudsjettet er det vurdert ulike spredningsveier for forurenset sjøbunn under tildekking. Dette er:

- Oppvirvling av sediment under tildekking
- Spredning ved porevannsutpressing under tildekking
- Spredning fra tildekkingsmassene

Oppvirvling av sedimenter under tildekking avhenger av type sjøbunn som tildekkes og tildekkingsmetodikk. I Renere havn benyttes en skånsom tildekkingsmetodikk (rainbowing) fordi tildekkingsmateriale transporteres fra vannflata ned gjennom vannsøylen, slik at hastigheten på materialet som treffer sjøbunnen blir lav. Spredning under utlegging av tildekkingsmasser er beregnet fra vannutskiftningen og konsentrasjonsøkningen målt i vannprøver under overskridelser av turbiditetsgrenseverdiene ved tildekking tilsvarende metodikk som for mudring. Konsentrasjonsøkningen vil inkludere alle spredningsveiene under tildekking.

Spredning på grunn av porevannsutpressing er neglisjerbar, da denne ikke er målbar under utlegging, fordi utlekking fra tildekkingsmaterialet i seg selv vil være dominerende.

Ved tildekking etter et første lag vil oppvirvling og spredning være relatert til spredning av allerede utlagte tildekkingsmasser og ikke forurenset sjøbunn. Dette anses ikke som spredning av forurensning fra tiltaket. For spredning under tildekking etter første lag er det derfor eget regime med alarmgrense på 20 NTU (+ Referanse) i 4 timer. Det er derfor kun benyttet data fra vannprøver ved overskridelser under utlegging av første lag, og beregnes med tilsvarende formelverk som for mudring.

6.4 Spredning etter tildekking

Når tildekking av tiltaksområdene er gjennomført vil spredningen fra tiltaksområdene være relatert til spredning fra sjøbunnen med konsentrasjoner som er oppnådd i tildekkingslaget. Rett etter utleggingen vil konsentrasjonen i tildekkingslaget være dominert av konsentrasjonen i materiale som ble lagt ut.

For beregning av spredning etter tiltak, er oppnådd konsentrasjon i tildekkingslaget målt i prøver tatt av filterlaget etter utlegging brukt. Oppnådd konsentrasjon er deretter benyttet for å vurdere spredning med skipsoppvirvling, diffusjon og bioturbasjon. Skipsoppvirvling etter tiltak er satt lik null, da det er prosjektert med erosjonssikring. Beregningene er gjort med Miljødirektoratets beregningsverktøy for risikovurdering av forurenset sediment. I risikovurderingen er det beregnet en porevannskonsentrasjon i tildekkingslaget basert på stedsspesifikk Kd-verdi for hvert område. Den stedsspesifikke Kd er hentet fra sediment- og porevannskonsentrasjoner før tiltak. Dette for å operere med tilsvarende Kd-verdier for stoffene før og etter tiltak. Det foreligger ikke stedsspesifikk Kd-verdi for materialet i tildekkingslaget, og bruk av generiske verdier fra beregningsverktøyet i risikovurderingen gir et svært konservativt estimat for spredning som gjør en sammenlikning av før- og ettersituasjonen mindre relevant.

7 Miljøgiftregnskap for Brattørbassenget

7.1 Spredning fra sjøbunn under mudring

I Brattørbassenget er det mudret totalt 12 944 m³ sedimenter¹. Mudringen ble utført i perioden 14. juni - 24. juni 2015. I perioden er det registrert totalt 13 overskridelser av grenseverdien for turbiditet da det pågikk arbeider i området. I tabell 7 er resultater fra vannprøvene sammenstilt med resultater for bakgrunnsprøven fra dette området. Konsentrasjoner av miljøgifter under mudring viser i mange av vannprøvene samme nivå eller lavere enn bakgrunnsprøve B1. Konsentrasjonene av bly, sink, PAH og kobber var imidlertid høyere enn bakgrunnen i flere av prøvene tatt ved overskridelser. Det er målt konsentrasjoner av kobber tilsvarende tilstandsklasse V i en prøve og tilstandsklasse V for PAH i tre prøver. Det er ikke en tydelig korrelasjon mellom innhold av partikler og høye konsentrasjoner av de påviste parameterne.

¹ Mengden mudret masse er hentet fra ENVISANs mudre- og deponeringsrapportering. Bestemt hovedsakelig ved oppmåling før og etter mudring.

Tabell 7 Konsentrasjoner i vannprøver tatt ved bakgrunn og overskridelser av turbiditetsnivå under mudring i Brattørbassenget.

Prøvenavn	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)p	ΣPAH 16	ΣPCB 7	Turbiditet	Suspendert stoff
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	FNU	mg/l
B1 Bakgrunn	0,025	1,56	0,002	1,85	0,020	n.d.	n.d.	0,42	10,2
B1 20150617 kl. 01:15	0,118	10,8	0,0055	17,9	0,071	1,1	0,0062	6,16	11,5
B1 20150617 kl. 04:40	0,0654	3,8	<0,002	10,9	<0,020	n.d.	n.d.	32,8	90,7
B1 20150617 kl. 13:45	0,226	6,1	0,0089	6,45	<0,020	n.d.	n.d.	27,2	84,7
B1 20150618 kl. 02:35	0,025	1,31	<0,002	2,66	<0,020	n.d.	n.d.	1,08	<5,0
B1 20150619 kl. 06:05	0,025	1,22	<0,002	1,92	<0,020	*	n.d.	2,94	5,7
B1 20150619 kl. 18:55	0,025	1,85	<0,002	3,87	<0,020	n.d.	n.d.	1,37	<5,0
B1 20150620 kl. 05:15	0,025	0,906	<0,002	1,33	<0,020	0,23	n.d.	6,41	17,9
B1 20150620 kl. 18:40	0,0551	1,21	<0,002	0,89	0,021	0,32	n.d.	4,22	21,5
B1 20160621 kl. 12:00	0,025	1,09	<0,002	1,32	<0,020	n.d.	n.d.	1,08	8
B1 20160621 kl. 08:30	0,025	0,955	<0,002	1,75	<0,020	n.d.	n.d.	0,91	<5,0
B1 20160621 kl. 14:40	0,025	0,808	<0,002	0,986	<0,020	0,032	n.d.	2,32	6,7

*PAH matrix interferens.

n.d betyr ikke påvist.

Det er brukt halv deteksjonsgrense for klassifisering av parametere under deteksjonsgrense

Vurdering av vannutskifting og vannvolum er utført av SINTEF presentert i dokument (SINTEF, 2016) og avklaringsmøter. Vannutskifting skjer i hovedsak på to måter (når vindindusert strøm neglisjeres) (SINTEF, 2016):

- 1) Tidevannets periodiske fylling og tømning gir innstrømming på fløende sjø og utstrømming på fallende sjø. Over tid er tidevannsvolumet som strømmer inn og ut like stort. Tidevannsstrømmen er relativt konstant med dypet, unntatt i friksjonslaget nær bunnen.
- 2) Medrivning ("entrainment") av underliggende vann opp i det utstrømmende brakkvannslaget. Medrivningen kompenseres av en innover rettet strøm i det nedre laget (del av den estuarine sirkulasjonen). Kompensasjonsstrømmens vannvolum er lik volumet som rives med opp i det øvre laget.

Totalt får vi følgende utskifting per døgn:

Gjennom Brattørløpet: $288\ 000\ m^3 + 1\ 252\ 000\ m^3$ per døgn = $1\ 540\ 000\ m^3$ per døgn

Beregnet spredning under mudring fra vannkonsentrasjoner som er høyere enn bakgrunnsverdier, er gitt i tabell 8. Det er kun stoffer som inngår i tiltaksålet for området som er rapportert, ref. avsnitt 2.

Tabell 8 Beregnet spredning under mudring i Brattørbassenget (11 døgn)

Parameter	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)p	ΣPAH16	ΣPCB7
Beregnet spredning under mudring (g)	49	1333	0,9	2505	4	333	0,5

7.2 Spredning under tildekking

Under tildekking i Brattørbassenget er det registrert 6 reelle overskridelser. Spredning av forurenset sjøbunn er en potensiell spredningsvei under første utleggingslag. Under utlegging av første lag er det i Brattørbassenget kun 2 overskridelser (27. og 28. juli) (vedlegg A).

Turbiditetsdata fra tildekkingen viser en betydelig økning av turbiditet under tildekking som følge av høy finstoffandel i tildekkingsmaterialet. Data fra sedimentfeller, Tabell 14, viser en høy sedimenteringsrate som viser at partikkelmengden under tildekking er relatert til spredning av rene masser.

Vannprøver tatt ved overskridelser av turbiditet viser at det er metaller i vannprøver i konsentrasjoner fra tilstandsklasse 2 og høyere for rapporteringsparametere, tabell 9. Under første tildekkingslag er det tatt to vannprøver ved overskridelser av turbiditetsgrense (10 NTU + referanse). Under første utlegging er kadmium påvist høyere enn bakgrunn.

Tabell 9 Konsentrasjoner i vannprøver tatt ved overskridelser av turbiditetsnivå under tildekking i Brattørbassenget.

Prøvenavn	Tiltak	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)p	ΣPAH 16	ΣPCB7	Turb.	Susp. stoff
Enhet		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	FNU	mg/l
B1	Bakgrunn	0,025	1,56	0,002	1,85	<0,020	n.d.	n.d.	0,42	10,2
B1 20150727 kl. 16:30	Første lag	0,058	0,98	<0,002	<0,3	<0,020	n.d.	n.d.	1,6	11
B1 20150728 kl. 13:30		0,0805	0,938	<0,002	0,506	<0,020	n.d.	n.d.	0,35	15
B1 20150803 kl. 21:15	Etter første lag	<0,05	0,715	<0,002	<0,3	<0,020	n.d.	n.d.	1,1	19
B1 20150903 kl. 09:30		0,0554	0,819	<0,002	2,33	<0,020	n.d.	n.d.	3,52	10,8
B1 20150904 Kl. 01:40		1,15	91	<0,002	11,8	<0,020	n.d.	n.d.	4,12	23

Tilleggsbidraget for kadmium er beregnet til 26 g, og er vist i tabell 10. For øvrige parametere er bidraget lik null ift. bakgrunn. Totalbidraget fra tildekking er derfor liten.

Høye metallkonsentrasjoner for tildekking etter 1. lag vil være påvirket av høyt innhold av partikler fra tildekkingsmaterialet, da prøver ikke er filtrert.

Tabell 10 Beregnet spredningsbidrag fra 1.tildeckingslag i Brattørbassenget.

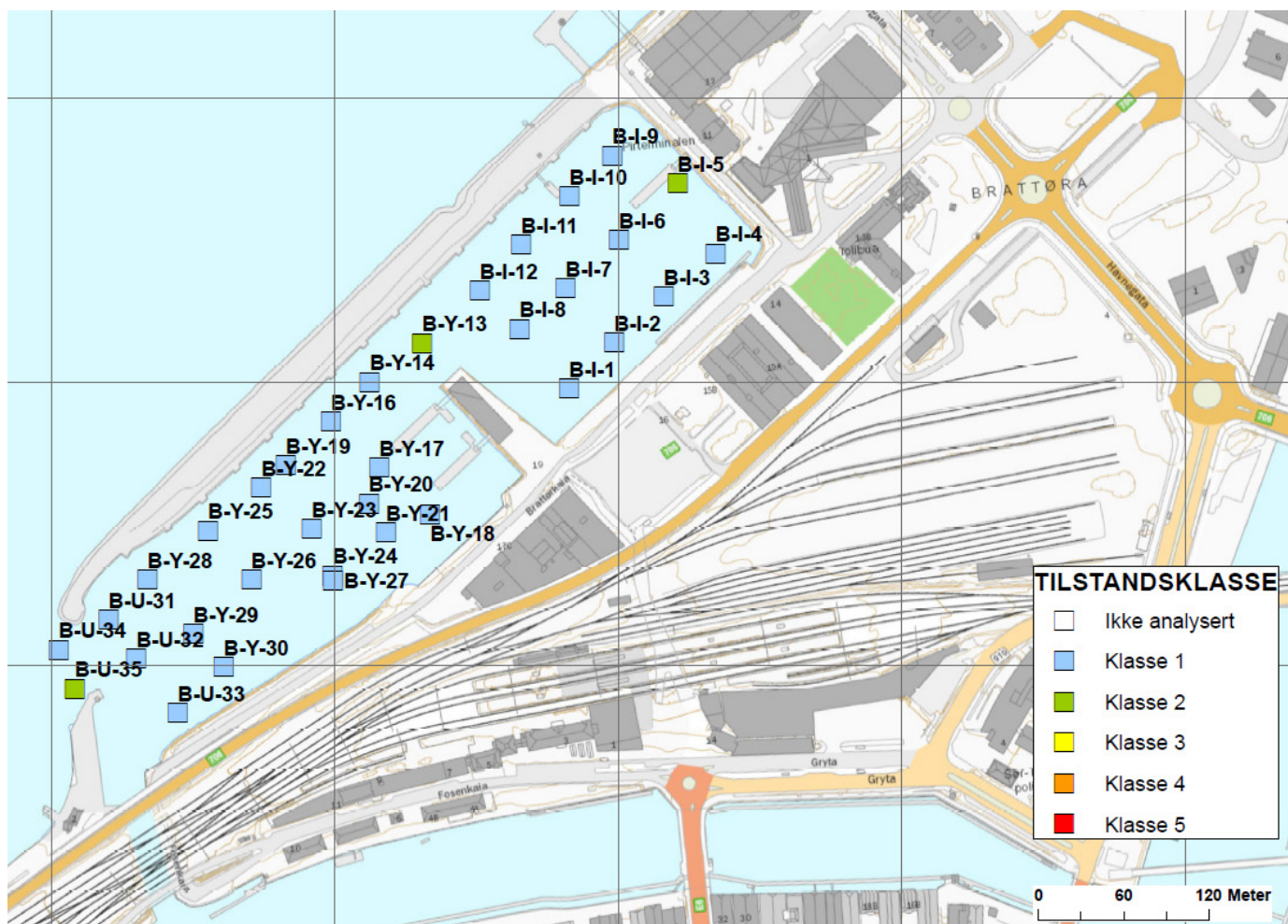
Spredningsvei	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)p	Σ PAH-16	Σ PCB-7
Spredning ved tildekking (1. tildeckingslag) (g)	26	0	0	0	0	0	0

0 - ikke spredningsbidrag fra aktuell parameter under 1.lags tildekking

7.3 Spredning fra tildekkede sedimenter

Spredningen fra ny sjøbunn etter at tildekkingen er gjennomført, er beregnet basert på oppnådd konsentrasjon i tildekkingens filterlag. Filterlaget er i Brattørbassenget beskyttet av et erosjonslag, slik at det totale kjemiske innholdet i den endelige tildekking vil kunne være bedre rett etter ferdig utlegging. Oppnådd kjemisk innhold i tildekkingen for tiltaksmålpårameterne Cd, Cu, Hg, Pb, B(a)P, sum PAH-16 og sum PCB-7 er vist i figur 3 og vedlegg B.

Prøver fra punktene B-Y-13 og B-U-35 viser tilstandsklasse III og IV for enkelte PAH-parametre som ikke er en del av tiltaksmålpårametrene.



Figur 3 Tilstandsklassifisering av filterlag i tiltaksområdet Brattørbbassenget før tildekkning med erosjonslag. Tiltaksmålsparametere Cd, Cu, Hg, Pb, B(a)P, sum PAH-16 og sum PCB-7 er klassifisert etter Miljødirektoratets tilstandsklasser for sediment.

Basert på konsentrasjoner i filterlaget er det beregnet spredning fra målt totalkonsentrasjon i ny sjøbunn. Inngangsdata i risikovurderingen inkluderer ingen skipsoppvirvling, da erosjonslaget er dimensjonert for å unngå dette.

Det er brukt en stedspesifikk Kd-verdi for de ulike parameterne for å beregne ny porevannskonsentrasjon for videre å beregne spredning via diffusjon. Resultater fra beregnet spredning etter tildekking er gitt i tabell 11.

Tabell 11 Beregnet spredning (F) fra tildekking sjøbunn ved bruk av estimert porevann og stedsspesifikke Kd-verdier beregnet fra før tiltak (Kd beregnet fra hver av prøvene gml sjøbunn).

	Pb	Cd	Cu	Hg	B(a)p	PAH	PCB
Fdiff, middel [g/år]	26	15	171	1,3	0,0072	7,3	0,001
Fskipnormert, middel [g/år]	0	0	0	0	0	0	0
Forg, middel [g/år]	0,80	0,03	2,3	0,02	0,0756	2,6	0,02
Ftot, middel [g/år]	27	15	173	1,32	0,08	9,9	0,02

7.4 Miljøgiftsregnskap for Brattørbassenget

Miljøgiftregnskapet for Brattørbassenget er sammenstilt i tabell 12, sammen med miljøbudsjettet fra 2014.

Tabell 12 Miljøregnskap sammenlignet med miljøbudsjett for Brattørbassenget.

Spredningsvei	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)p	Σ PAH-16	Σ PCB-7
Spredning før tiltak beregnet fra forurenset sjøbunn (g/år)	115	8235	45	6494	75	1287	11
Miljøbudsjett (NGI, 2013)							
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
Budsjettert total spredning under tiltak (g)	154	11052	61	8703	126	1717	15
Budsjettert spredning etter tiltak fra forurenset sjøbunn gjennom tildekkingslaget via diffusjon (g/år)	1,2	79	0,4	59	2,6	72	0
Miljøregnskap							
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	0,0
Total spredning fra fysiske tiltak (g)	75	1333	0,9	2505	4	333	0,5
Total spredning fra tiltak og sjøbunn under tiltak (g)	154	6266	29	6313	60	1091	7
Beregnet spredning fra ny sjøbunn etter tiltak (stedsspesifikk Kd fra før tiltak) (g/år)	15	173	1,3	27	0,08	9,9	0,02

0 - ikke spredningsbidrag fra aktuell parameter for aktuell aktivitet

Miljøgiftbudsjettet har estimert en betydelig lavere spredning under mudring enn det som er observert og beregnet i miljøgiftregnskapet.

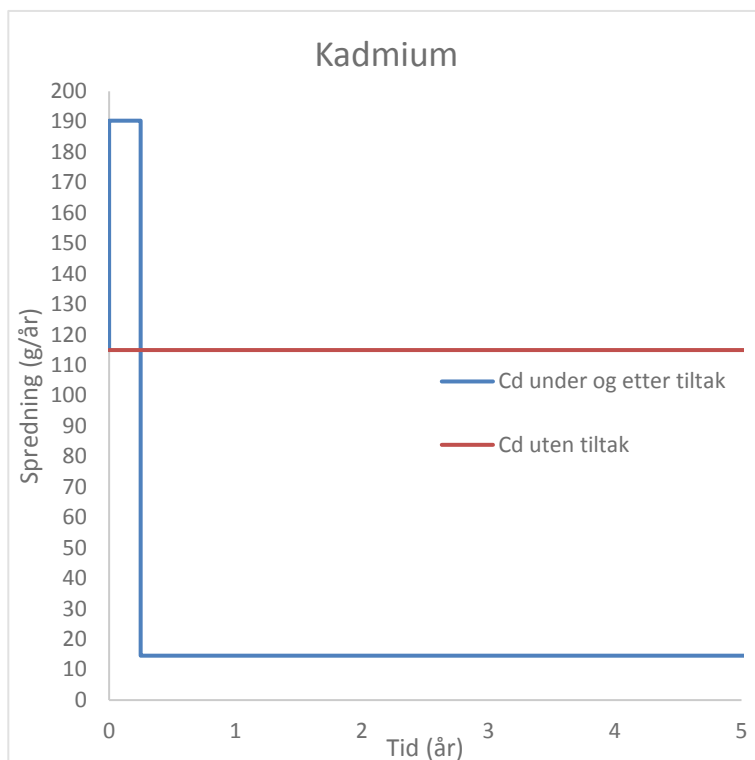
Tildekking av første lag er relevant for oppvirvling av forurensede sedimenter under tildekking. Denne spredningen er meget liten eller tilsvarer null bidrag. I Brattørbassenget er det beregnet et bidrag for kadmium på 26 g. Forhøyet konsentrasjon i vannet etter første lags utlegging antas å være knyttet til spredning av rene partikler som ikke inngår i det kjemiske miljøregnskapet.

Spredningen fra utildekkede sedimenter er i miljøregnskapet satt til 7 måneder (februar til august 2015). En tidlig tildekking av Brattørbassenget gir derfor lavere spredning enn i budsjettet fordi den beregnede spredningen fra utildekket sjøbunn reduseres tidligere i prosjektet enn antatt.

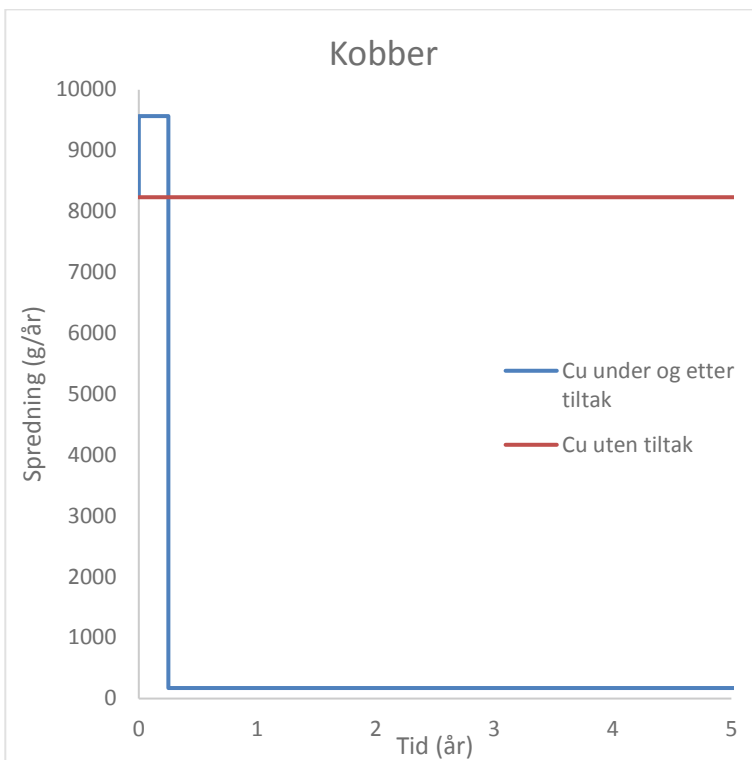
7.5 Beregnet inntjeningstid for tiltaksfasen

Spredningen fra utførelse av tiltaket gir en tilleggsbelastning den tiden aktiviteten pågår. I Brattørbassenget er det en bakgrunnsspredning som pågår fra før oppstart helt til sjøbunnen i området er tildekket. I figur 4 til figur 9 er tilleggsspredningen fra fysiske tiltak (mudring og tildekking) vist, samt reduksjonen i spredning etter tiltak illustrert for de ulike parametere. Bakgrunnsspredningen er vist som spredning uten tiltak (som beregnet i miljøbudsjettet). Det er i figurene ikke tatt hensyn til den spredningen som skjer fra utildekket og tildekket sediment i anleggsperioden.

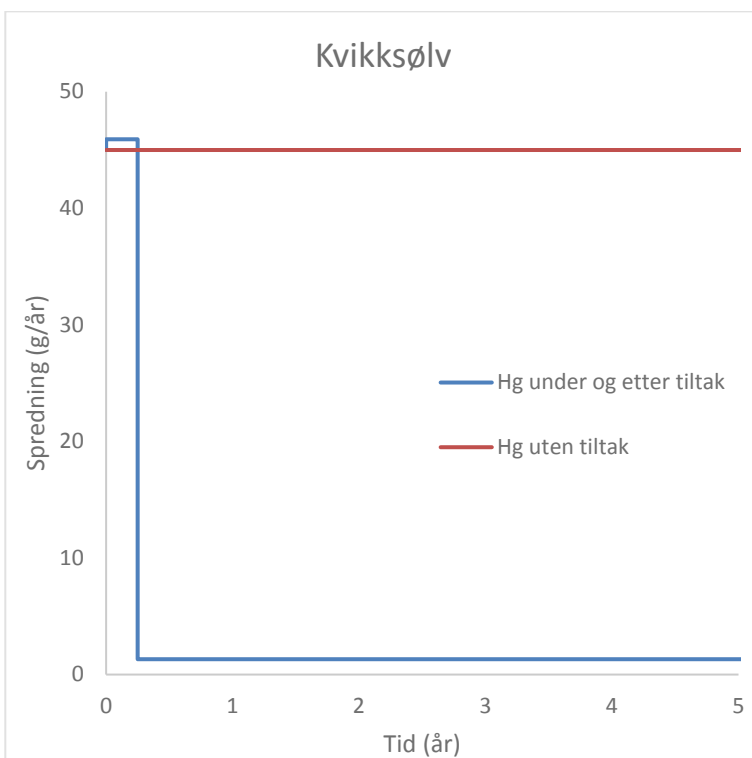
For Brattørbassenget er tiltaksperioden så kort og spredningen så liten av inntjeningstiden er beregnet mindre enn et år.



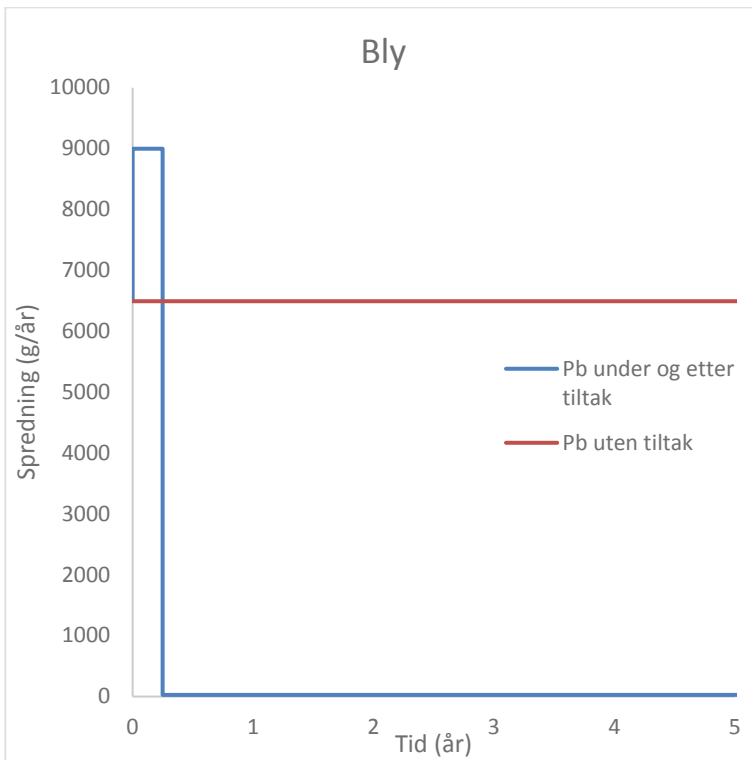
Figur 4 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for kadmium.



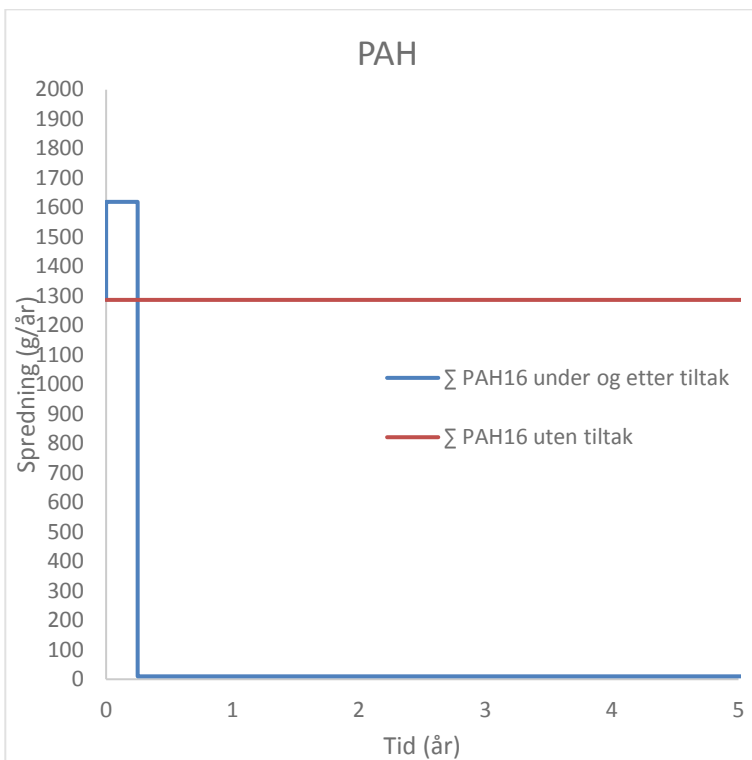
Figur 5 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for kobber.



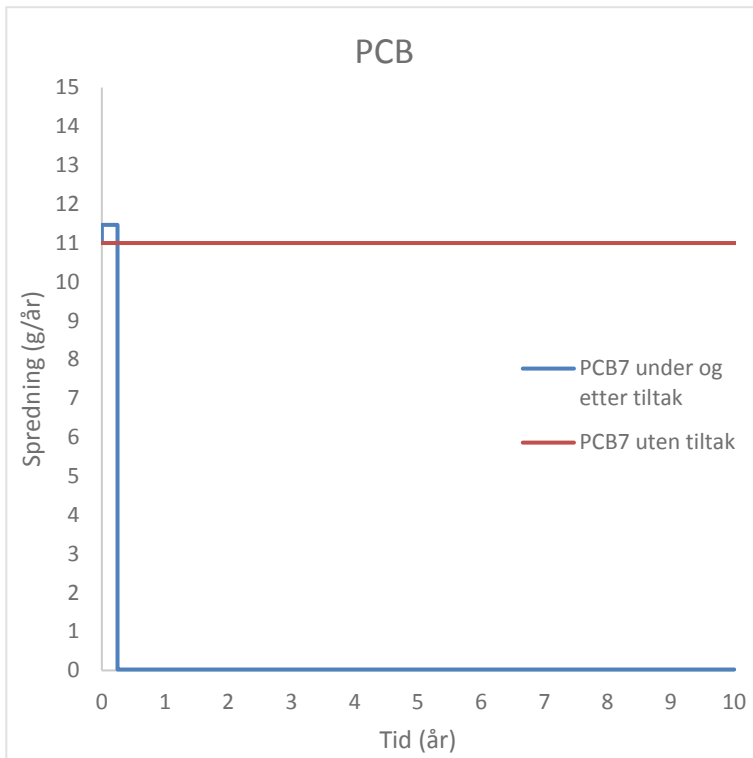
Figur 6 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for kvikksølv.



Figur 7 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for bly.



Figur 8 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for PAH (sum16).



Figur 9 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for PCB.

7.6 Kvalitet på sedimenter i spredningssone

For å måle kvalitet og mengde partikler som spres under tiltaket er det gjennomført undersøkelser med sedimentfeller før tiltak, under mudring og under tildekking av sedimenter i Brattørbassenget. Konsentrasjoner på materiale fra sedimentfellene er gitt i tabell 14.

Mengden sedimenterende materiale og konsentrasjon av de fleste stoffene er høyere under mudring enn før tiltaket startet (tabell 13). Under tildekkingen er mengden sedimenterende materiale betydelig høyere. Konsentrasjonen av de fleste stoffer under tildekking er som forventet lavere enn før tiltak og under mudring.

Tabell 13 Sedimentasjonsrate (mm/år) i sedimentfeller i Brattørbassenget før tiltak, under mudring og under tildekking

Stasjon	Periode	Sedimentasjonsrate mm/år
B1	bakgrunn	3,0
B1 09/07	mudring	62,1
B1 11/09	tildekking	114,4

Resultatene fra sedimentfellene under mudring og tildekking er benyttet til å estimere konsentrasjon i det øvre laget i spredningssonen utenfor Brattørbassenget. Det øvre laget vil variere i mektighet fra cm til mm avhengig av avstand fra utløpet.

Ny konsentrasjon er estimert ved å anta at materialet som spres under mudring og tildekking blandes i det samme forholdet som er funnet i sedimentfellene for de aktuelle periodene. Positive verdier angir forbedring og negative verdier angir forverring i forhold til bakgrunnskonsentrasjoner.

Tabell 14 Konsentrasjoner i sedimentfeller under mudring og tildekking, samt estimert konsentrasjon i spredningssonen og beregnet prosentvis endring i konsentrasjon fra før til etter tiltak. Konsentrasjonene er klassifisert iht. Miljødirektoratets veileder TA-2229.

ELEMENT		B1 Bakgrunn	B1 9/7-15 Mudring	B1 11/9-15 Tildekking	Estimert ny sediment- konsentrasjon i sprednings- sonen	% endring i konsentrasjon
Mengde total, tørt	g	13	86	310		
As (Arsen)	mg/kg TS	11	10	<1.0	2,6	77 %
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	0,16	0,58	<0.10	0,5	-223 %
Cr (Krom)	mg/kg TS	73	81	3	20	73 %
Cu (Kopper)	mg/kg TS	59	67	4,7	18	69 %
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	0,05	0,84	<0.10	0,22	-343 %
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	41	49	3,1	13	68 %
Pb (Bly)	mg/kg TS	56	57	1,7	14	76 %
Zn (Sink)	mg/kg TS	112	232	7,2	56	50 %
Naftalen	mg/kg TS	<0,050	0,082	<0.050	0,037	-50 %
Acenaftylen	mg/kg TS	<0,050	0,053	<0.050	0,031	-24 %
Acenaften	mg/kg TS	<0,050	0,053	<0.050	0,031	-24 %
Fluoren	mg/kg TS	<0,050	0,081	<0.050	0,037	-49 %
Fenantren	mg/kg TS	0,36	0,41	<0.050	0,109	70 %
Antracen	mg/kg TS	0,088	0,28	<0.050	0,080	9 %
Fluoranten	mg/kg TS	0,76	2,2	<0.050	0,497	35 %
Pyren	mg/kg TS	0,53	2,6	<0.050	0,584	-10 %
Benso(a)antracen	mg/kg TS	0,25	0,75	<0.050	0,182	27 %
Krysen	mg/kg TS	0,23	0,64	<0.050	0,159	31 %
Benso(b)fluoranten	mg/kg TS	0,22	0,89	<0.050	0,213	3 %
Benso(k)fluoranten	mg/kg TS	0,13	0,29	<0.050	0,083	36 %
Benso(a)pyren	mg/kg TS	0,26	0,68	<0.050	0,167	36 %
Dibenso(ah)antracen	mg/kg TS	<0,050	0,13	<0.050	0,048	-91 %
Benso(ghi)perylene	mg/kg TS	0,24	0,78	<0.050	0,189	21 %
Indeno(123cd)pyren	mg/kg TS	0,24	0,61	<0.050	0,152	37 %
Sum PAH-16	mg/kg TS	3,31	10,5	n.d.	2,60	21 %
Sum PCB-7	mg/kg TS	0,0081	0,0422	n.d.	0,017	-115 %

7.7 Oppsummering Brattørbassenget

Miljøregnskapet viser at spredningen fra mudringen var beskjeden i forhold til spredningen fra utildekket sediment (bakgrunnsspredning) beregnet med risikovurderingsverktøyet. Spredningen fra selve tiltaket gir likevel en liten tilleggsbelastning den tiden aktiviteten foregår.

Tidligere tildekking enn det som opprinnelig var planlagt gjorde at spredningen fra utildekket sediment ble mindre i tiltaksperioden enn budsjettert. Denne reduksjonen i spredningen var større enn økningen i spredning fra mudringen i forhold til budsjettet, noe som gjorde at spredningen totalt sett ble mindre enn budsjettert fra hele tiltaksperioden sett under ett.

For Brattørbassenget er tiltaksperioden så kort og spredningen så liten av inntjenings-tiden er beregnet lavere enn et halvt år.

Forurenset sedimenterende materiale på grunn av mudringen i influensområdet utenfor tiltaksområdene er senere blitt tildekket av rene partikler fra tildekkingsmassene som ble spredt under tildekkingen. Det er estimert at konsentrasjonen i sedimentet i det øvre laget i spredningssonen generelt ikke har medført noen endring i tilstandsklassen for sedimentet. Spredningen av tildekkingsmateriale etter mudring gir derfor et positivt bidrag på sjøbunnen i influensområdet utenfor tiltaksområdet.

8 Miljøgiftsregnskap for Kanalen

8.1 Spredning fra sjøbunn under mudring

I Kanalen har entreprenør innrapportert at det totalt er mudret 12 372 m³ sediment².

Mudringen i Kanalen startet 16. september 2015 fra vest mot øst. Den 20. oktober startet tildekking i vestre deler av Kanalen, overvåket av K1, samtidig som mudringen fortsatte i den østre delen. Tildekking av første lag var ferdig 31. mars 2016.

Området som ble overvåket mellom mudre- og tildekkingsaktivitetene i Kanalen ble tildekket etter at alle øvrige mudrearbeider var ferdige.

For overvåking av mudrings- og tildekkingsarbeidene i Kanalen har det vært plassert ut tre målestasjoner; K1 (ved utløpet ved Skansen i vest), K2 (Ravnkløpet) og K3 (i utløpet mot Nidelva i øst) (figur 2). K3 er betydelig påvirket av ferskvannet fra Nidelva, som har høy turbiditet fordi det er grunt i utløpsområdet.

² Mengden mudret masse er hentet fra ENVISANs mudre- og deponeringsrapportering. Bestemt hovedsakelig ved oppmåling før og etter mudring.

Under mudringsarbeidene i Gryta (lengst øst), ble det etablert en ekstra overvåkingsstasjon i området mellom mudring (i øst) og tildekking (i vest) på grunn av potensiell spredningsrisiko i retning tildekkingsarbeidene vest i Kanalen.

I perioden er det registrert totalt 31 overskridelser av grenseverdien for turbiditet når det pågikk mudringsarbeider i området;

- K1: 3 overskridelser (3 vannprøver)
- K2: 12 overskridelser (11 vannprøver)
- K3: 15 overskridelser (14 vannprøver)

I tabell 15 er resultater fra vannprøvene fra K1, K2 og K3 sammenstilt med resultater for bakgrunnsprøven fra disse områdene.

I K1 er det påvist forhøyede konsentrasjoner av kadmium, kobber og bly under mudring sammenliknet med bakgrunnskonsentrasjon i K1. Det er påvist konsentrasjoner av kobber i tilstandsklasse V i 2 prøver.

I K2 er det i episoder påvist forhøyede konsentrasjoner av kadmium, kobber, bly og PAH sammenliknet med bakgrunnskonsentrasjonen i K2. Det er påvist konsentrasjon av kobber i én prøve og av PAH-16 i tre prøver i tilstandsklasse V.

I K3 er det hovedsakelig påvist konsentrasjoner på samme nivå som bakgrunnsprøven i K3 for samtlige forbindelser. Det er ikke en tydelig korrelasjon mellom innhold av partikler og høye konsentrasjoner av de påviste parameterne.

Tabell 15 *Konsentrasjoner i vannprøver tatt ved bakgrunn og overskridelser av turbiditetsnivå ved hhv. K1, K2 og K3 under mudring i Kanalen, samt etter tiltak. Konsentrasjonene er sammenliknet med Miljødirektoratets klassifiserings-system for sjøvann (TA-2229)*

Uke	Prøvenavn	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)P	Σ PAH-16	Σ PCB-7	Turb.	Susp. stoff
		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	FNU	mg/l
Bakgrunn	K1	<0,05	0,81	0,00257	0,848	<0,02	0	n.d.	0,63	11,8
43	K1 20151020 kl. 20:40	<0,05	103	<0,002	9,66	<0,02	n.d.	n.d.		
44	K1 20151029 kl. 17:30	0,159	10,9	0,0031	6,97	<0,02	0,18	n.d.	100	170
47	K1 20151119 kl. 11:50	0,0506	1,8	0,00631	6,31	<0,02	n.d.	n.d.	3,1	4
Bakgrunn	K2	<0,05	1,1	<0,002	1,83	<0,02	0	n.d.	0,35	11,2
39	K2 20150924 kl. 16:30	<0,05	1,05	<0,002	3,72	<0,02	n.d.	n.d.	6	0,75
42	K2 20151014 kl. 18:30	0,0707	22	<0,002	9,72	<0,02	0,15	n.d.	-	-
44	K2 20151028 kl. 17:45	0,0733	2,26	<0,002	4,81	<0,02	0,27	n.d.	2,8	32
44	K2 20151029 kl. 16:50	0,0691	1,72	<0,002	1,25	<0,02	n.d.	n.d.	1	4
45	K2 20151106 kl. 13:12	<0,05	4,78	0,00271	5,15	<0,02	0,011	n.d.	2,27	15,3
49	K2 20151202 kl. 12:30	<0,05	1,91	0,00595	2,76	<0,02	0,048	n.d.	4,95	22,6
49	K2 20151203 kl. 10:30	<0,05	1,62	<0,002	1,53	<0,02	0,25	n.d.	1,5	11,4
50	K2 20151207 kl. 16:05	<0,05	1,61	<0,002	1,35	<0,02	2,9	n.d.	11	8,5
50	K2 20151208 kl. 17:25	<0,05	1,02	<0,002	<0,3	<0,02	1	n.d.	2,2	2,5
51	K2 20151214 kl. 10:30	<0,05	1,17	<0,002	1,28	<0,02	0,01	n.d.	1,6	4,5
51	K2 20151214 kl. 11:15	<0,05	1,13	0,00226	1,09	<0,02	n.d.	n.d.	7,3	24
Bakgrunn	K3	<0,05	1,19	<0,002	0,987	<0,02	0	n.d.	0,86	<5,0
49	K3 20151201 kl. 13:00	<0,05	1,69	<0,002	0,873	<0,02	n.d.	n.d.	0,67	7,6
1	K3 20160109 kl. 20:00	<0,05	1,99	<0,002	0,961	<0,02	n.d.	n.d.	0,61	<1
2	K3 20160114 kl. 12:45	<0,05	1,88	<0,002	0,983	<0,02	n.d.	n.d.	0,51	1
4	K3 20160126 kl. 21:25	<0,05	2,63	<0,002	1,4	<0,02	n.d.	n.d.	2,1	33
5	K3 20160202 kl. 14:30	<0,05	3,35	<0,002	0,646	<0,02	n.d.	n.d.	0,66	<1
5	K3 20160203 kl. 16:05	<0,05	1,23	<0,002	0,613	<0,02	n.d.	n.d.	1,7	<1
5	K3 20160205 kl. 17:55	<0,05	1,02	<0,002	0,777	<0,02	n.d.	n.d.	0,53	<1
5	K3 20160206 kl. 20:30	<0,05	1,46	<0,002	1,03	<0,02	n.d.	n.d.	0,71	<1
6	K3 20160209 kl. 08:15	<0,05	3,28	0,00337	1,47	<0,02	n.d.	n.d.	5,3	16
6	K3 20160210 kl. 23:00	<0,05	2,03	0,00327	1,95	<0,02	n.d.	n.d.	2,7	4,5
6	K3 20160213 kl. 12:10	<0,05	1,48	<0,002	0,441	<0,02	n.d.	n.d.	0,62	<1
7	K3 20160215 kl. 14:25	<0,05	1,51	<0,002	0,449	<0,02	n.d.	n.d.	0,97	<1
7	K3 20160218 kl. 18:25	<0,05	1,34	0,00411	1,76	<0,02	n.d.	n.d.	3,1	84
7	K3 20160219 kl. 18:25	<0,05	1,21	<0,002	1,23	<0,02	n.d.	n.d.	0,43	<1
Etter tiltak										
	K1 SF 20160524	0,025	1,28	<0,002	2,26	<0,02	n.d.	n.d.	1,3	1,5
	K2 SF 20160524	0,0617	4,39	<0,002	8,55	<0,02	n.d.	n.d.	1,3	3,5
	K3 SF 20160524	0,025	2,92	<0,002	5,2	<0,02	n.d.	n.d.	1	1,5

Det er brukt halv deteksjonsgrense for klassifisering av parametere under deteksjonsgrense

SINTEF (2016) beskriver at vannutskiftningen skyldes tidevann og medrivning (entrainment) og at total vannutskifting per døgn gjennom Skansenløpet blir ifølge:

$368\,000\text{ m}^3$ (tidevannsstrøm) + $1\,020\,000\text{ m}^3$ per døgn (medrivning) = $1\,388\,000\text{ m}^3$ per døgn.

For å beregne mengden vann som passerer K1 og K2 er det benyttet forholdet mellom tverrsnittsarealene ved de to områdene før mudring; hhv 84% og 16%. Dette gir en vannmengde ved K1 på $1\,165\,000\text{ m}^3$ per døgn og ved K2 på $222\,000\text{ m}^3$ per døgn.

Beregnet spredning under mudring fra vannkonsentrasjoner som er høyere enn bakgrunnsverdier er gitt i tabell 16. Det er kun stoffer som inngår i tiltaksområdet som er rapportert, ref. avsnitt 2.

Tabell 16 *Beregnet spredningsbidrag under mudring i Kanalen*

Parameter	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)p	ΣPAH16	ΣPCB7
Beregnet spredningsbidrag under mudring (g)	17	13708	1,3	3363	0,1	82	0

0 - ikke spredningsbidrag fra aktuell parameter under mudring.

8.2 Spredning fra sjøbunn under tildekking

Spredning av forurenset sjøbunn er en potensiell spredningsvei under første utleggingslag. Under tildekking i Kanalen er det registrert totalt 24 reelle overskridelser i forbindelse med tildekking av første lag;

- K1: 11 overskridelser
- K2: 10 overskridelser
- K3: 3 overskridelser

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.

Turbiditetsdata fra tildekkingen viser en betydelig økning av turbiditet under tildekking som følge av høy finstoffandel i tildekkingsmaterialet. Data fra sedimentfeller, tabell 22, viser en høy sedimenteringsrate, som viser at partikkelmengden under tildekking er relatert til spredning av rene masser.

Vannprøver tatt ved overskridelser av turbiditet (tabell 17) viser at det i K1 er registrert forhøyede konsentrasjoner av kadmium, kobber og bly. Kobber er påvist i tilstandsklasse V i tre prøver. I K2 er det påvist noe forhøyede konsentrasjoner av kadmium, kobber og bly i forhold til bakgrunnskonsentrasjoner i K2. Det er påvist Sum PAH-16 i tilstandsklasse V vi en prøve. I K3 er påviste konsentrasjoner i prøver fra overskridelser på nivå med bakgrunnskonsentrasjoner i K3.

Høye metallkonsentrasjoner i vannprøver for tildekking etter første lag vil være påvirket av høyt innhold av partikler fra tildekkingsmaterialet da prøver ikke er filtrert.

Tabell 17 *Konsentrasjoner i vannprøver tatt ved bakgrunn og overskridelser av turbiditetsnivå ved hhv. K1, K2 og K3 under tildekking i Kanalen. Konsentrasjonene er sammenliknet med Miljødirektoratets klassifiseringssystem for sjøvann (TA 2229)*

Uke	Prøvenavn	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)P	Σ PAH-16	Σ PCB-7	Turb.	Susp. stoff
	Enhet	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	FNU	mg/l
Bakgrunn	K1	<0,05	0,81	0,00257	0,848	<0,02	0	n.d.	0,63	11,8
42	K1 20151016 kl. 16:00									
42	K1 20151016 kl. 20:10	0,053	10,8	<0,002	8,62	<0,02	n.d.	n.d.	-	-
43	K1 20151019 kl. 12:15	<0,05	4,84	<0,002	2,46	<0,02	n.d.	n.d.	-	-
43	K1 20151019 kl. 15:40	0,0726	1,92	<0,002	1,07	<0,02	n.d.	n.d.	-	-
43	K1 20151020 kl. 12:11	<0,05	103	<0,002	9,66	<0,02	n.d.	n.d.	-	-
43	K1 20151020 kl. 15:22	<0,05	25,5	<0,002	4,24	<0,02	n.d.	n.d.	-	-
45	K1 20151103 kl. 21:00	0,0595	1,7	0,00258	1,96	<0,02	n.d.	n.d.	38	94
48	K1 20151123 kl. 13:00	0,0543	1,87	0,00646	1,21	<0,02	n.d.	n.d.	67	69
48	K1 20151124 kl. 14:20	<0,05	1,23	<0,002	0,827	<0,02	n.d.	n.d.	16	8
48	K1 20151125 kl. 16:10	<0,05	1,51	0,00414	0,769	<0,02	n.d.	n.d.	54	33
16	K1 20160419 kl. 18:40	<0,05	2,19	<0,002	1,54	<0,02	n.d.	n.d.	8,6	9
Bakgrunn	K2	<0,05	1,1	<0,002	1,83	<0,02	n.d.	n.d.	0,35	11,2
48	K2 20151123 kl. 11:45	<0,05	5,23	0,00324	4,2	<0,02	n.d.	n.d.	16	9
48	B1 20151128 kl. 15:15	0,0834	1,43	0,00324	1,57	<0,02	n.d.	n.d.	33,5	114
8	K2 20160222 kl. 13:30	<0,05	6,45	<0,002	11,1	<0,02	n.d.	n.d.	17	42
10	K2 20160315 kl. 17:40	<0,05	3,94	<0,002	2,18	<0,02	n.d.	n.d.	6,8	7
10	K2 20160317 kl. 16:20	<0,05	1,54	<0,002	4,2	<0,02	n.d.	n.d.	9,3	32
10	K2 20160318 kl. 11:40		Prøven har blitt borte, avvik nr. 50							
10	K2 20160318 kl. 15:00	<0,05	2	<0,002	1,62	<0,02	n.d.	n.d.	19	53
11	K2 20160321 kl. 12:05	<0,05	1,2	<0,002	1,6	<0,02	n.d.	n.d.	39	49
12	K2 20160330 kl. 17:45	<0,05	1,36	<0,002	1,06	<0,02	n.d.	n.d.	23	16
12	K2 20160330 kl. 21:00	<0,05	1,48	<0,002	0,634	<0,02	n.d.	n.d.	15	9
16	K2 20160419 kl. 18:30*	<0,05	1,71	<0,002	0,89	<0,02	0,59	n.d.	8	11
Bakgrunn	K3	<0,05	1,19	<0,002	0,987	<0,02	0	n.d.	0,86	<5,0
9	K3 20160302 kl. 16:40	<0,05	1,84	<0,002	1,03	<0,02	n.d.	n.d.	1,3	1,5
10	K3 20160317 kl. 16:30	<0,05	1,41	<0,002	1,82	<0,02	n.d.	n.d.	13	26
12	K3 20160331 kl. 14:05	<0,05	1,96	<0,002	0,782	<0,02	n.d.	ikke analysert	2,6	3

*: tildekking av 2 lag

Det er brukt halv deteksjongrense for klassifisering av parametere under deteksjongrense

Tilleggsbidraget under tildekking av første lag beregnes med tilsvarende formelverk som for mudring. For tungmetallene kadmium, kobber, kvikksølv og bly er det et tillegg bidrag som følge av tildekking (tabell 18). For de organiske parameterne er bidraget lik null ift. bakgrunn.

Etter utlegging av første lag er partikkelspredningen relatert til partikler fra dekkmassene som ikke ansees som spredning av forurensing fra tiltaket.

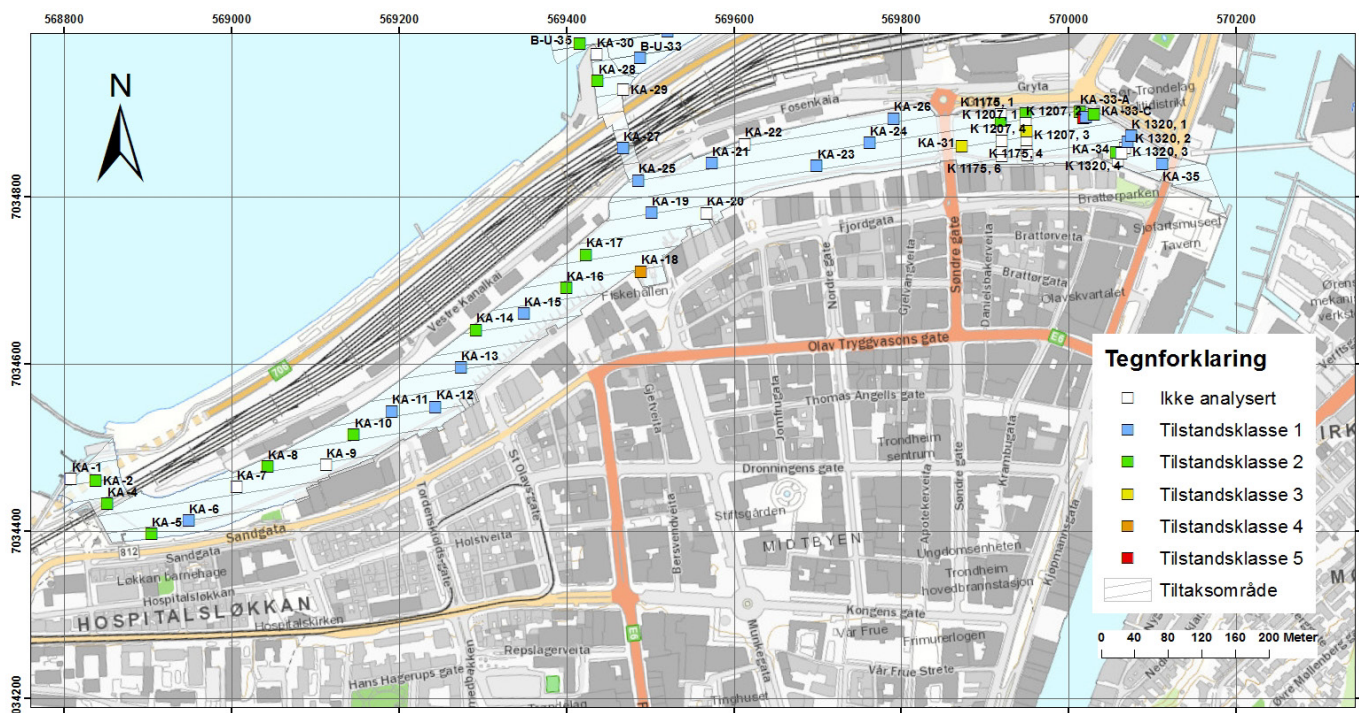
Tabell 18 Beregnet spredningsbidrag under 1.tildeckingslag i Kanalen.

Spredningsvei	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)p	Σ PAH-16	Σ PCB-7
Spredning ved tildekking (1. tildeckingslag) (g)	15	10386	1,1	2940	0	0	0

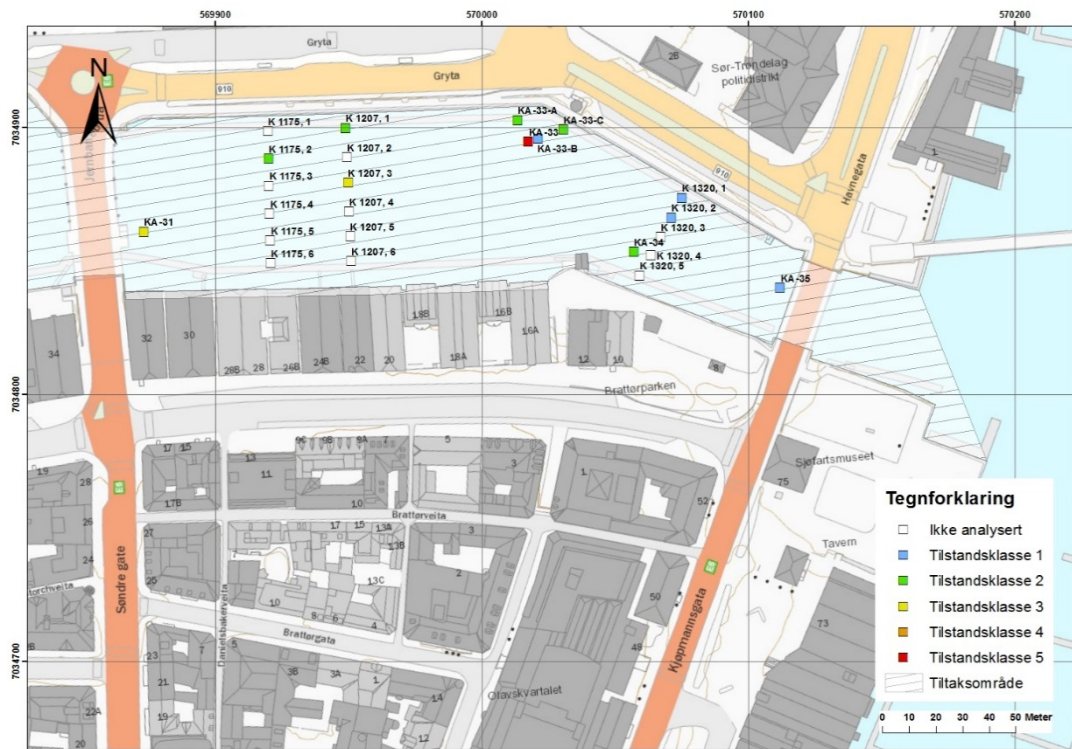
0 – ikke spredningsbidrag fra aktuell parameter under tildekking

8.3 Spredning fra tildekkede sedimenter

Spredningen fra ny sjøbunn etter at tildekkingen er gjennomført, er beregnet basert på oppnådd konsentrasjon i tildekkingens filterlag. Oppnådd kjemisk innhold i tildekkingen for tiltaks målparametrene Cd, Cu, Hg, Pb, B(a)P, sum PAH-16 og sum PCB-7 er vist i figur 10 og figur 11.



Figur 10 Klassifisert kjemisk tilstand i filterlaget i Kanalen.



Figur 11 Klassifisert kjemisk tilstand i filterlaget i Gryta (Kanal).

I forhold til tiltaksålet, ble det i prøve KA-33 påvist sum PAH-16 i tilstandsklasse V. Det ble derfor tatt 3 nye prøver i området hvor KA-33 er tatt, KA-33-A, KA-33-B og KA-33-C. Disse viser sum PAH-16 i tilstandsklasse I og II. Tiltaksålet vurderes derfor som oppnådd i Kanalen. Prøve KA-33 er ikke tatt med i spredningsvurderingene for nytt tildekkingslag.

Basert på konsentrasjoner i filterlaget er det beregnet spredning fra målt totalkonsentrasjon i ny sjøbunn. Inngangsdata i risikovurderingen inkluderer ingen skipsoppvirvling, da erosjonslaget er dimensjonert for å unngå dette. Resultater fra beregnet spredning etter tildekking er gitt i tabell 19.

Tabell 19 Beregnet spredning (F) fra tildekket sjøbunn i Kanalen, g/år.

Spredningsvei	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)p	PAH	PCB
F diffusjon, middel [g/år]	3,6	20,3	1,35	4,5	0,003	19	0,02
F skipnormert, middel [g/år]	0	0	0	0	0	0	0
F organismer, middel [g/år]	1,5	0,6	0,04	0,4	0,01	58	0,25
F total, middel [g/år]	5,1	21	1,4	4,9	0,01	77	0,27

8.4 Miljøgiftsregnskap for Kanalen

Miljøgiftregnskapet for Kanalen er sammenstilt i tabell 20, sammen med miljøbudsjettet fra 2014.

Tabell 20 Miljøregnskap sammenlignet med miljøbudsjett for Kanalen.

Spredningsvei	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)p	Σ PAH-16	Σ PCB-7
Spredning før tiltak beregnet fra forurenset sjøbunn (g/år)	465	32883	299	31105	254	4385	26
Miljøbudsjett (NGI, 2013)							
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
Budsjettert total spredning under tiltak (g)	621	44953	398	42686	339	5851	35
Budsjettert spredning etter tiltak (g/år)	2	18	0,3	15	2	5	0,1
Miljøregnskap							
Spredning fra mudring (g)	17	13708	1,3	3363	0	82	0
Spredning ved tildekking (1. tildekkingslag) (g)	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
Spredning fra fysiske tiltak (g)	32	24094	2,4	6303	0	82	0
Total spredning fra tiltak og sjøbunn under tiltak (g)	479	55615	289	36114	244	4313	25
Spredning etter tiltak beregnet fra ny sjøbunn (g/år)	5,1	21	1,4	4,9	0,01	77	0,3

0 - Ikke spredningsbidrag fra aktuell parameter for aktivitet

Spredning på grunn av mudring og tildekking er høyere i regnskapet enn i budsjettet, spesielt for metaller. Spredningen ved 1. tildekking kan i enkelte tilfeller være relatert til parallelle aktiviteter i Kanalen.

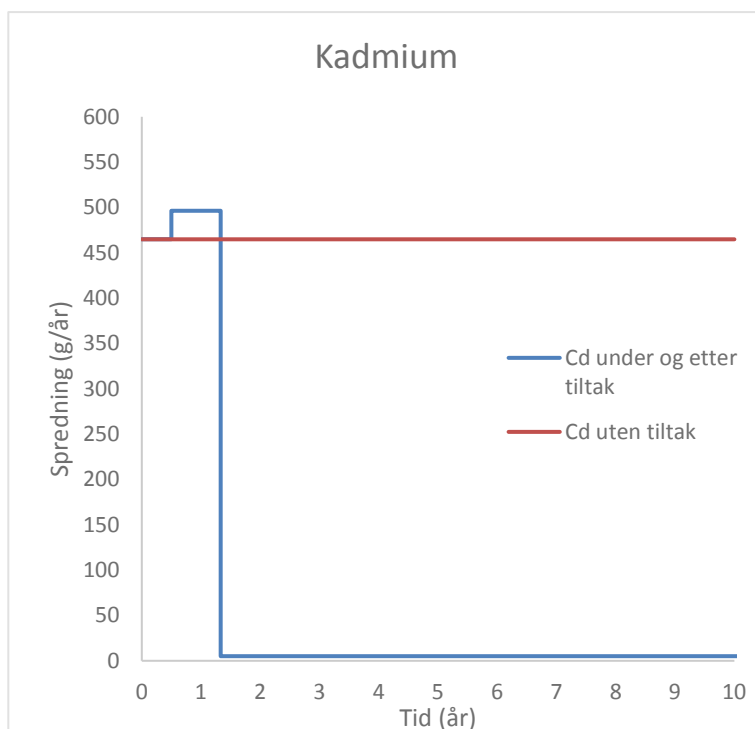
Spredningen fra utildekkede sedimenter er i miljøregnskapet satt til 11,5 måneder, fom. 1. februar tom 20. oktober (9 mnd.) + 1/2 perioden under tildekking fom. 20.oktober tom. 31.mars (2,5 mnd.). Denne er beregnet som en tidsfraksjon av spredning før tiltak. Denne spredningen er den dominerende spredningen i tiltaksfasen.

Beregnet spredning etter tiltak er på nivå med hva som ble budsjettet. I miljøgiftbudsjettet er spredningen etter tiltak basert på å øke diffusjonsveien for forurenset sjøbunn gjennom et rent tildekkingslag. For etter-tilstanden i miljøgiftregnskapet er det imidlertid konsentrasjonene i oppnådd sjøbunn (filterlaget) som ligger til grunn. Kd-verdier fra før tiltak er brukt for å beregne ny porevannskonsentrasjon og dermed spredning via diffusjon.

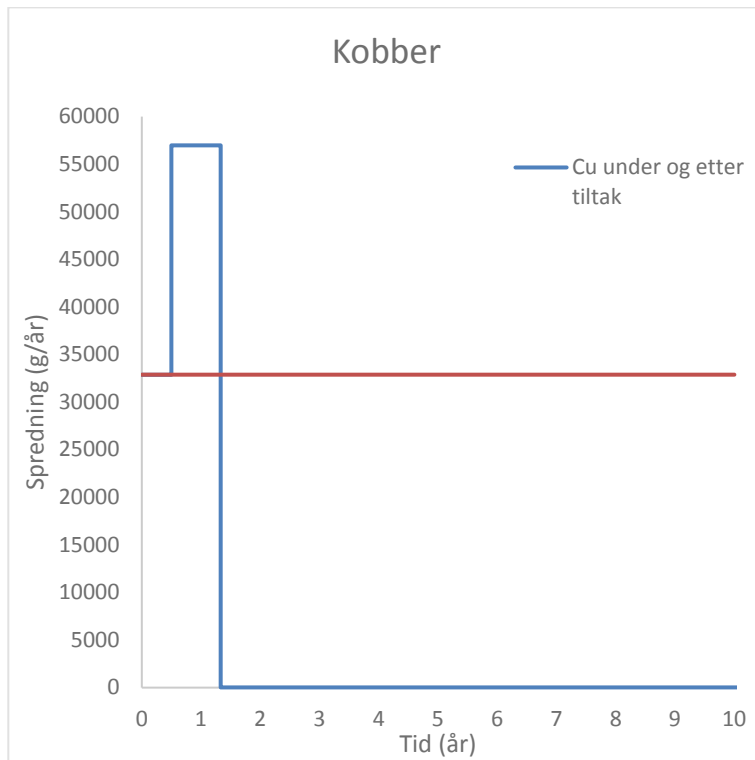
8.5 Beregnet inntjeningstid for tiltak

Spredningen fra utførelse av tiltaket gir en tilleggsbelastning den tiden aktiviteten pågår. I Kanalen er det en bakgrunnsspredning som pågår fra før oppstart helt til sjøbunnen i området er tildekket. I figur 12 til figur 17 er tilleggsspredningen fra fysiske tiltak (mudring og tildekking) vist, samt reduksjonen i spredning etter tiltak illustrert for de ulike parametere. Bakgrunnsspredningen er vist som spredning uten tiltak (som beregnet i miljøbudsjettet). Det er i figurene ikke tatt hensyn til den spredningen som skjer fra utildekket og tildekket sediment i anleggsperioden.

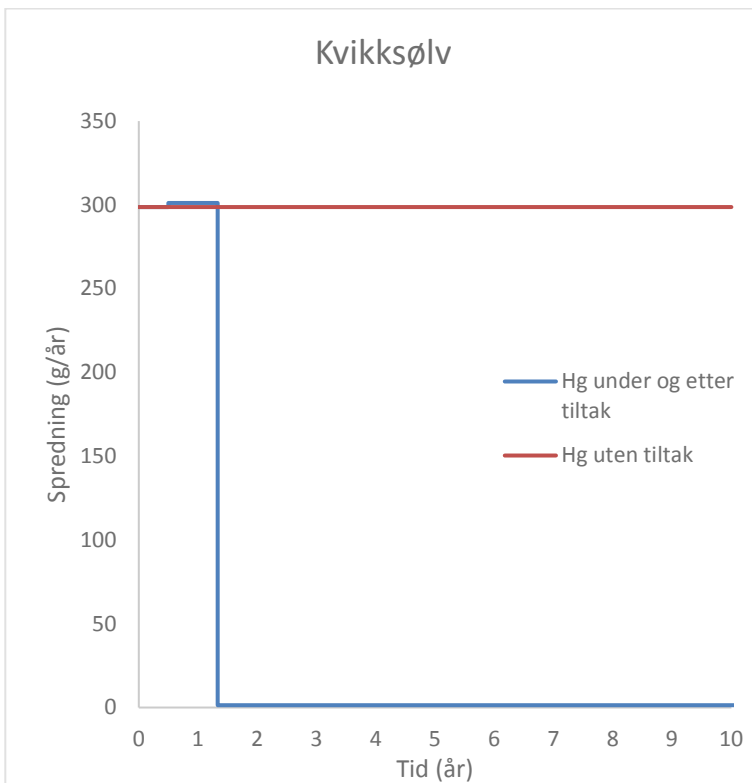
Spredningsbidraget fra kobber, som har den lengste inntjeningsperioden, vil være inntjent etter innen et år, basert på tallene i miljøregnskapet.



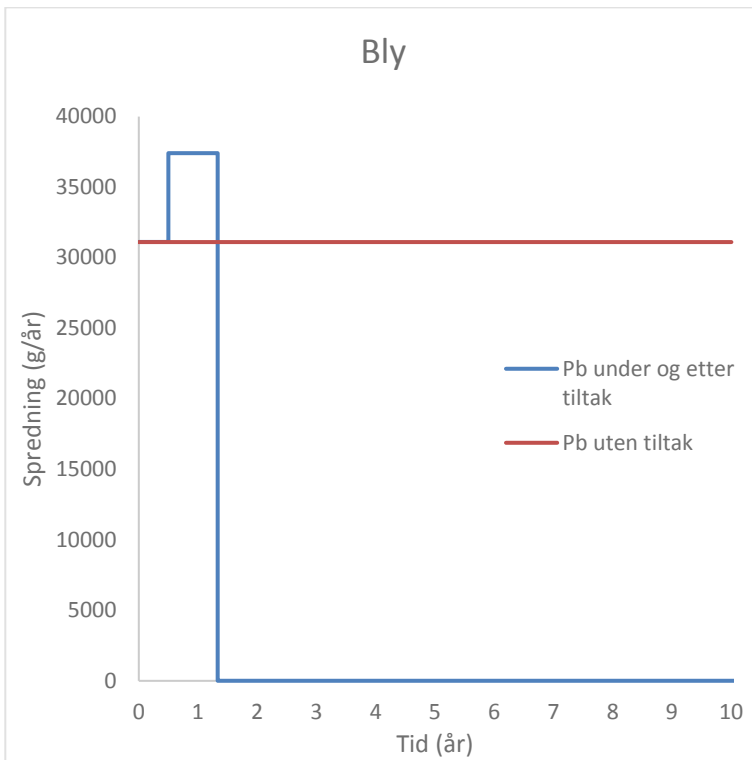
Figur 12 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for kadmium.



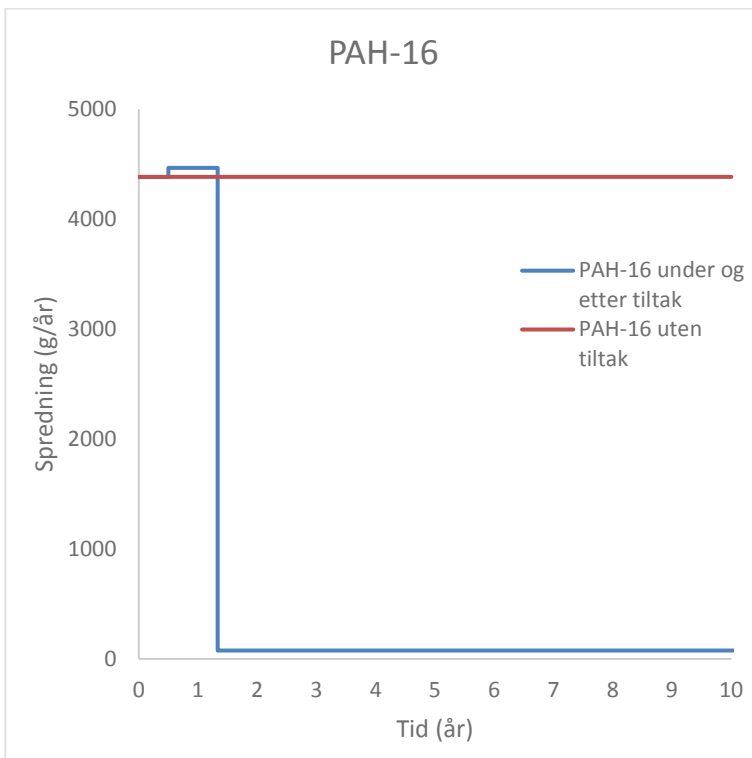
Figur 13 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for kobber.



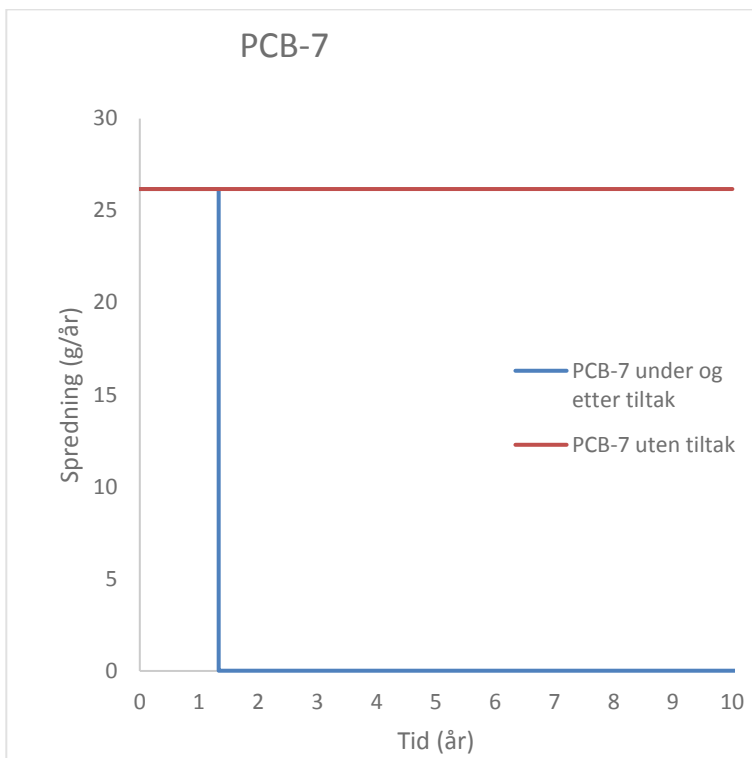
Figur 14 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for kvikksølv.



Figur 15 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for bly.



Figur 16 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for PAH (sum16).



Figur 17 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for PCB.

8.6 Kvalitet på sedimenter i spredningssonen

For å måle kvalitet og mengde partikler som spres under tiltaket, er det gjennomført undersøkelser med sedimentfeller før tiltak, under mudring og under tildekking av sedimenter i K1, K2 og K3 i Kanalen. Konsentrasjoner på materiale fra sedimentfellene er gitt i tabell 22.

Mengden sedimenterende materiale og konsentrasjon av de fleste stoffene er høyere under mudring enn før tiltaket startet (tabell 21). Under tildekkingen er mengden sedimenterende materiale betydelig høyere. Konsentrasjonen av de fleste stoffer under tildekking er som forventet lavere enn før tiltak og under mudring.

Tabell 21 Sedimentasjonsrate (mm/år) i sedimentfeller i Kanalen før tiltak, under mudring og under tildekking

Stasjon	Periode	Sedimentasjonsrate mm/år
K1	bakgrunn	3,1
K2	bakgrunn	3,1
K3	bakgrunn	11,1
K1 09/10	mudring	7,1
K2 27/11	mudring	35,6
K2 22/2	mudring	57,3
K3 22/2	mudring	48,6
K2 22/4	tildekking	107,9
K1 22/12	tildekking	175,0

Resultatene fra sedimentfellene under mudring og tildekking er benyttet til å estimere konsentrasjon i det øvre laget i spredningssonen utenfor tiltaksområdet Kanalen. Det øvre laget vil variere i mektighet fra cm til mm avhengig av avstand fra utløpet.

Ny konsentrasjon er estimert ved å anta at materialet som spres under mudring og tildekking blandes i det samme forholdet som er funnet i sedimentfellene for de aktuelle periodene.

Beregningene viser at estimerte konsentrasjoner, bortsett fra kvikksølv og enkelte PAH-forbindelser, er lavere enn før tiltak. Parametere som ikke er påvist under tildekking er beregnet med halv deteksjonsgrensen og ikke 0. Samtidig er konsentrasjoner under mudring betydelig høyere enn under tildekking, og dominerer derfor beregnet etterkonsentrasjon, som er et vektet gjennomsnitt av mudring og tildekking.

Tabell 22 *Konsentrasjoner i sedimentfeller under mudring og tildekking, samt estimert konsentrasjon i spredningssonen. Konsentrasjonene er klassifisert iht. Miljødirektoratets veileder TA-2229.*

Stoff	Enhet	K1 bak-grunn	K2 bak-grunn	K3 bak-grunn	K1 09/10 mudring	K2 27/11 mudring	K2 22/2 mudring Gryta	K3 22/2 mudring Gryta	K1 22/12 tild.	K2 22/04 tild.	Estimert konsentrasjon i spredningssonen	% endring i konsentrasjon
Mengde total, tørt	g	13	13	46	21	210	300	250	780	390		
As	mg/kg TS	15	15	7,6	8,9	9,8	5,9	6,5	2	2	4,1	67 %
Cd	mg/kg TS	0,25	0,19	0,22	0,46	0,62	0,45	0,52	<0,10	<0,10	0,2	-8 %
Cr	mg/kg TS	93	101	73	63	49	68	73	5,1	4,5	28,7	68 %
Cu	mg/kg TS	86	86	65	77	72	60	64	6,5	11	30,8	61 %
Hg	mg/kg TS	0,16	<0,10	<0,10	1,6	0,71	0,69	0,44	<0,10	<0,10	0,3	-230 %
Ni	mg/kg TS	55	60	48	40	32	43	49	4,5	4,1	19,4	64 %
Pb	mg/kg TS	71	56	30	121	141	40	34	2,4	2,4	28,4	46 %
Zn	mg/kg TS	215	199	149	205	202	182	188	15	24	86,8	54 %
Naftalen	mg/kg TS	0,14	0,062	<0,050	0,28	0,066	0,091	0,057	<0,050	<0,050	0,05	39 %
Acenaftilen	mg/kg TS	<0,050	<0,050	<0,050	0,074	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,03	-2 %
Acenaften	mg/kg TS	<0,050	<0,050	<0,050	0,064	0,054	0,073	0,06	<0,050	<0,050	0,04	-62 %
Fluoren	mg/kg TS	0,064	<0,050	<0,050	0,089	0,079	0,11	0,09	<0,050	<0,050	0,05	-39 %
Fenantren	mg/kg TS	1,6	0,38	0,37	0,53	0,46	0,54	0,52	0,05	0,11	0,25	68 %
Antracen	mg/kg TS	0,2	0,15	0,056	0,17	0,15	0,14	0,14	<0,050	<0,050	0,07	46 %
Fluoranten	mg/kg TS	2,3	1,2	1	1,3	0,99	1,1	1,1	0,092	0,16	0,50	67 %
Pyren	mg/kg TS	1,3	0,82	0,66	0,81	0,97	0,83	0,84	0,054	0,091	0,39	58 %
Benso(a)antracen	mg/kg TS	0,29	0,32	0,14	0,21	0,41	0,34	0,33	<0,050	<0,050	0,16	38 %
Krysen	mg/kg TS	0,33	0,35	0,17	0,23	0,35	0,34	0,33	<0,050	<0,050	0,15	47 %
Benso(b)fluoranten	mg/kg TS	0,26	0,32	0,12	0,18	0,35	0,26	0,24	<0,050	<0,050	0,13	46 %
Benso(k)fluoranten	mg/kg TS	0,17	0,19	0,08	0,11	0,18	0,14	0,14	<0,050	<0,050	0,08	49 %
Benso(a)pyren	mg/kg TS	0,35	0,31	0,13	0,2	0,31	0,25	0,24	<0,050	<0,050	0,12	55 %
Dibenso(ah)antracen	mg/kg TS	<0,050	<0,050	<0,050	0,06	0,096	<0,050	0,052	<0,050	<0,050	0,04	-46 %
Benso(ghi)perylene	mg/kg TS	0,32	0,3	0,16	0,12	0,28	0,19	0,17	<0,050	<0,050	0,10	63 %
Indeno(123cd)pyren	mg/kg TS	0,33	0,32	0,15	0,15	0,32	0,22	0,24	<0,050	<0,050	0,12	57 %
Sum PAH-16	mg/kg TS	7,65	4,72	3,04	4,58	5,07	4,62	4,55	0,196	0,361	2,04	60 %
Sum PCB-7	mg/kg TS	0,0204	0,0347	0,0929	0,0248	0,0188	0,015	0,0164	n.d.	n.d.	0,02	56 %

8.7 Oppsummering Kanalen

Miljøregnskapet viser at spredningen fra mudringen var beskjeden i forhold til spredningen fra utildekket sediment (bakgrunns-spredning) beregnet med risikovurderingsverktøyet. Spredningen fra selve tiltaket gir likevel en tilleggsbelastning den tiden aktiviteten foregår. Spredning fra tildekkingen av første lag gir en tilleggsbelastning for metaller, i samme størrelsesorden som for mudring. Spredning under tildekking 1. lag kan være relatert til parallelle aktiviteter i Kanalen.

Noe kortere tildekkingsperiode enn det som opprinnelig var planlagt gjorde at spredningen fra utildekket sediment ble mindre i tiltaksperioden enn budsjettert. Denne

reduksjonen i spredningen var større enn økningen i spredning fra mudringen i forhold til budsjettet, noe som gjorde at spredningen totalt sett ble mindre enn budsjettert fra hele tiltaksperioden sett under ett.

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

9 Miljøgiftsregnskap for Nyhavna

9.1 Spredning fra sjøbunn under mudring og deponering

I Nyhavna har entreprenør rapportert at det er mudret totalt 49 696 m³ sediment³.

Før fysiske arbeider på sjøbunnen startet ble det etablert en partikkelsperre mellom østre og vestre basseng i Nyhavna. Denne ble installert 11. april 2015. Mudringen i Nyhavna startet 15. april 2015 og var ferdig 7. august 2015.

Bygging av strandkantdeponi startet 23. april 2015. Under bygging av strandkantdeponi ble det fylt sediment og sand i geobager for etablering av sjeté. Samtidig ble det utført deponering i strandkantdeponiet. Strandkantdeponiet ble lukket den 2. september 2015. Deponering i sjøbunnsdeponi var ferdig da mudring i Kanalen var ferdigstilt februar 2016. Noe utjevning av topper ble utført i mars.

Tildekking av forurenset sjøbunn ved betongmadrasser ved kai 57 i Nyhavna ble utført i august-september 2015. Tildekking i Nyhavna vestre del startet januar 2016 og erosjonsmasser ble lagt ut her i februar og mars. Tildekking av østre del startet så snart deponering var ferdig utført. Første lag i østre basseng inkludert på sjøbunnsdeponiet ble utført i mars. Tildekking i DORA I ble utført i april. Tildekking i østre basseng ble ferdigstilt mai 2016.

For overvåking av mudrings-, deponerings og tildekkingsarbeidene i Nyhavna har det vært plassert ut én målestasjon (N1) ved utløpet av Nyhavna. Det ble etablert en ekstra målestasjon B1 for å overvåke parallelle aktiviteter som tildekking og mudring i Nyhavna. Formålet med målestasjonen var å gi et bedre grunnlag for entreprenøren for å kunne starte tildekkingen i vestre basseng før deponering av mudremasser var ferdig i østre basseng. B1 sto på innsiden av siltgardinen til deponering var avsluttet. Etter tildekking av første lag i østre basseng ble siltgardinen demontert og måler B1 flyttet til

³ Mengden mudret masse er hentet fra ENVISANs mudre- og deponeringsrapportering. Bestemt hovedsakelig ved oppmåling før og etter mudring

nordsiden av utløpet av Nyhavna. I perioden er det registrert totalt 31 overskridelser av grenseverdien for turbiditet når det pågikk mudrings-, deponerings- og /eller tildekkingsarbeider i Nyhavna: 25 overskridelser ved mudring og deponering (24 vannprøver). I tabell 23 er resultater fra vannprøvene fra N1 (B1) sammenstilt med resultater for bakgrunnsprøven fra utløpet av Nyhavna.

I N1 er det frem til og med uke 21, 2015 hovedsakelig påvist konsentrasjoner på samme nivå som bakgrunnsprøven i N1 for samtlige forbindelser. Fra og med uke 22 er det påvist forhøyede konsentrasjoner av hovedsakelig PAH-forbindelser, men også noe bly.

Tabell 23 *Konsentrasjoner i vannprøver tatt ved bakgrunn og overskridelser av turbiditetsnivå ved N1 (B1) under mudring, deponering og tildekking i Kanalen, samt etter tiltak. Konsentrasjonene er sammenliknet med Miljødirektoratets klassifiseringssystem for sjøvann (TA 2229)*

Uke	Prøvenavn	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)P	Σ PAH-16	Σ PCB-7	Turb.	Susp. stoff
	Enhet	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	FNU	mg/l
Bakgrunn	N 1	<0,05	1,46	<0,002	0,896	<0,020	n.d.	n.d.	0,59	6,3
	Mudring og deponering									
16	N1 20150414	<0,05	2,54	<0,002	0,953	<0,020	n.d.	n.d.	0,87	5,2
	N1 20150417 kl. 19.30	<0,05	1,32	<0,002	0,919	<0,020	n.d.	n.d.	1	12
	N1 20150417 kl. 16.30	<0,05	2,73	<0,002	2,05	<0,020	n.d.	n.d.	4,5	13
	N1 20150418 kl. 15.25	<0,05	0,641	<0,002	0,891	<0,020	n.d.	n.d.	1,9	5,6
	N1 20150418 kl. 18.00	<0,05	2,18	<0,002	1,75	<0,020	n.d.	n.d.	2,1	10
18	N1 20150428 kl. 12.15	<0,05	5,95	<0,002	0,877	<0,020	n.d.	n.d.	2,39	5,9
	N1 20150429 kl. 12.00	<0,05	1,17	<0,002	0,454	<0,020	0,03	n.d.	4,31	5,2
19	N1 20150507 kl. 09.45	<0,05	2,39	0,0035	1,49	<0,020	n.d.	n.d.	1,16	9,3
	N1 20150507 kl. 14.19	<0,05	<0,5	<0,002	0,881	<0,020	n.d.	n.d.	3,87	8,9
20	N1 20150512 kl. 12.25	<0,05	<0,5	<0,002	2,53	<0,020	n.d.	n.d.	4,9	11,4
	N1 20150513 kl. 14.25	<0,05	<0,5	<0,002	1,14	<0,020	n.d.	n.d.	3,34	7,9
	N1 20150516 kl. 18:35	<0,05	1,65	<0,002	<0,3	<0,020	0,012	n.d.	0,55	8,8
	N1 20150516 kl. 14:55	<0,05	0,634	<0,002	0,31	<0,020	n.d.	n.d.	2,5	32
21	N1 20150518 Kl. 16:15	<0,05	2,54	<0,002	0,598	<0,020	n.d.	n.d.	3,3	16
	N1 20150519 Kl. 18:00	<0,05	2,89	<0,002	0,939	<0,020	n.d.	n.d.	10	42
22	N1 20150527 Kl. 11:30	<0,05	5,09	<0,002	4,74	0,022	0,31	n.d.	11	39
	N1 20150527 kl. 11:50	<0,05	3,19	<0,002	2,45	<0,020	0,22	n.d.	8,4	40
27	N1 20150630 kl. 16:45	0,0913	1,26	0,0033	1,6	<0,020	0,054	n.d.	0,4	14
31	N1 20150801 kl. 16:50	<0,05	1,2	<0,002	1,89	<0,020	0,1	n.d.	1,4	8,6
	N1 20150801 kl. 18:45	<0,05	1,69	0,00431	2,62	0,042	1,3	n.d.	3,9	23
	N1 20150802 kl. 09:00	<0,05	0,528	<0,002	1,18	0,022	0,63	n.d.	1,3	23
32	N1 20150803 kl. 19:30	<0,05	0,994	0,00323	2,15	0,026	0,7	n.d.	0,35	13
	N1 20150804 kl. 10:30	0,0775	1,43	0,00298	2,42	0,022	0,64	n.d.	2,1	19
Deponering										
40	N1 20150928 kl. 18:20	0,0922	7,35	0,0071	18,4	0,204	2,1	n.d.	4,9	47
Tildekking 2. lag (HAR regime)										

Uke	Prøvenavn	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)P	Σ PAH-16	Σ PCB-7	Turb.	Susp. stoff
		μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	μg/l	FNU	mg/l
14	B1 20160405 kl. 18:15	<0,05	1,29	<0,002	0,725	<0,020	n.d.	n.d.	12	13
	B1 20160405 kl. 18:30	<0,05	1,07	0,0029	0,484	<0,020	0,027	n.d.	52	24
	B1 20160406 kl. 18:40	0,0915	0,898	<0,002	1,91	<0,020	n.d.	n.d.	30	47
15	B1 20160414 kl. 12:20	<0,05	1,37	0,0038	2,36	<0,020	n.d.	n.d.	97	164
16	B1 20160422 kl. 20:30	<0,05	2,12	<0,002	1,69	<0,020	n.d.	n.d.	6,5	4
17	B1 20160428 kl. 15:00	<0,05	1,64	<0,002	3,18	<0,020	n.d.	n.d.	0,96	<1
	B1 20160429 kl. 15:00	<0,05	1,06	<0,002	1,25	<0,020	0,62	n.d.	12	18
18	B1 20160506 kl. 18:00	<0,05	2,22	<0,002	2	<0,020	n.d.	n.d.	22	44
19	B1 20160510 kl. 17:35	<0,05	2,28	<0,002	2,99	<0,020	n.d.	n.d.	17,4	39,5
Etter tiltak										
22	N1 20160603	0,166	1,2	<0,002	4,07	<0,020	n.d.	n.d.	2,13	18,4

Ved utløpet av Nyhavna er det en netto vanntransport inn i havna ved målepunktet nord-øst i utløpet. Dette fører til at det må være en nettotransport av vann ut av havna sørvest i utløpet. Basert på strømmålinger beregnes vannutskiftingen å være ca. 560 000 m³ per døgn (SINTEF 2016) (NGI, 2014b).

Beregnet spredning under mudring og deponering fra vannkonsentrasjoner som er høyere enn bakgrunnsverdier er gitt i tabell 24. Det er kun stoffer som inngår i tiltaks-målet for området som er rapportert, ref. avsnitt 2.

Tabell 24 Beregnet spredningsbidrag under mudring og deponering i Nyhavna

Parameter	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)p	ΣPAH16	ΣPCB7
Beregnet spredning under mudring og deponering (g)	3,6	301	0,3	268	1,6	56	0

0 - ikke spredningsbidrag fra aktuell parameter.

9.2 Spredning fra sjøbunn under deponering og tildekking

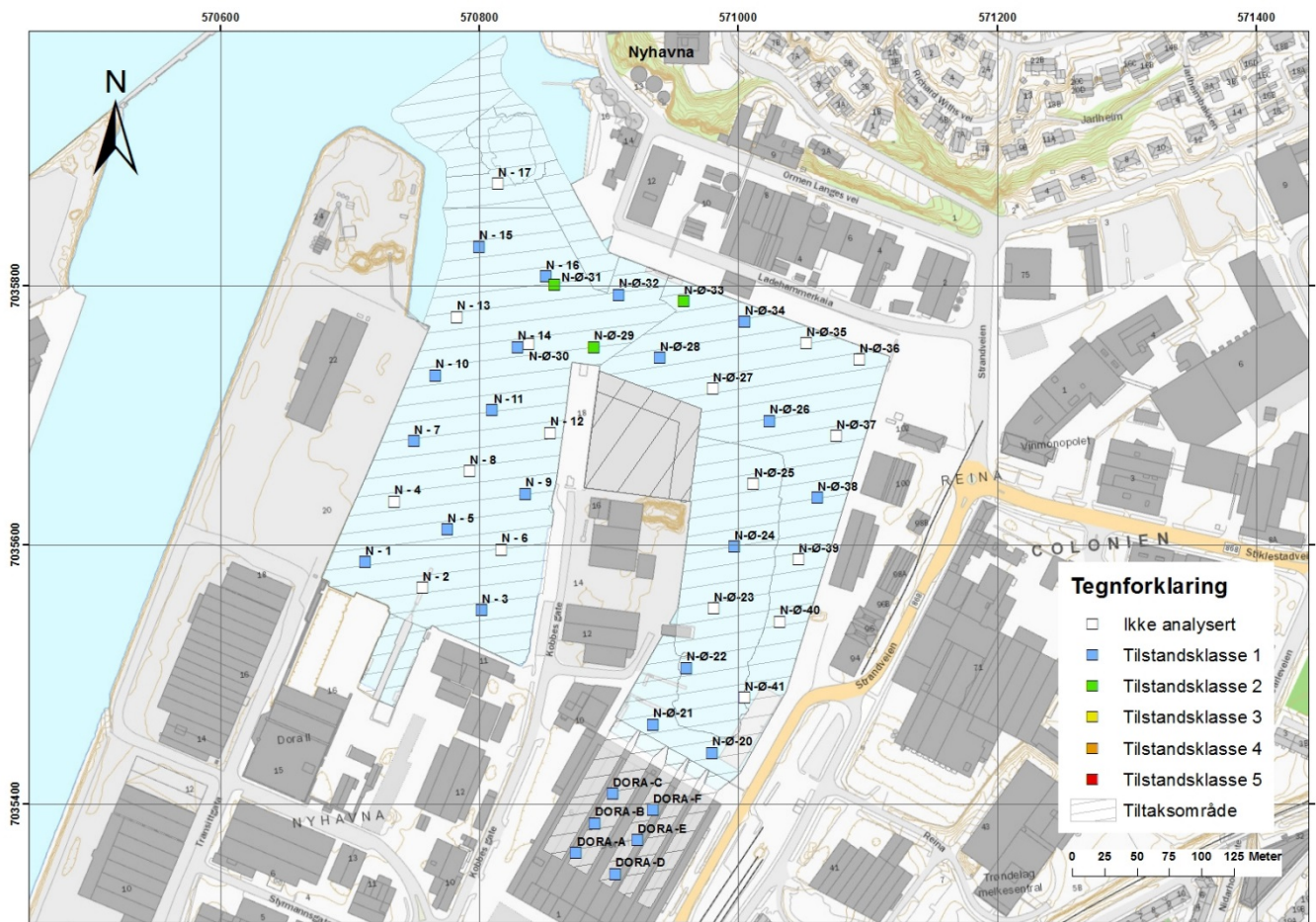
Tildekking av Nyhavna pågikk i perioden 3. januar 2016 til 10. mai 2016. Til og med 4. april var det tildekking med første lag (LAR-regime), og fra og med 5. april var det tildekking over allerede tildekket sjøbunn (HAR-regime). Perioder med forhøyet turbiditet under tildekking er vist i vedlegg A.

Det ble ikke registrert perioder med forhøyet turbiditet i forbindelse med tildekking med første lag, og dermed ikke tatt vannprøver i denne perioden. I indre basseng ble all tildekking av første lag utført med siltgardin oppe, bortsett fra under Dora I. Det ble her utført tildekking av første lag mens det foregikk tildekking på allerede tildekket sjøbunn i østre basseng.

Etter utlegging av første lag er spredningen kun relatert til rene partikler og som derfor ikke anses som spredning av forurensing fra tiltaket. Samtlige 8 vannprøver i tabell 23 er tatt under tildekking av senere lag i østre basseng.

9.3 Spredning fra tildekkede sedimenter

Spredningen fra ny sjøbunn etter at tildekkingen er gjennomført, er beregnet basert på oppnådd konsentrasjon i tildekkingens filterlag. Oppnådd kjemisk innhold i tildekkingen for tiltaksområdene Cd, Cu, Hg, Pb, B(a)P, sum PAH-16 og sum PCB-7 er vist i figur 18.



Figur 18 Klassifisert kjemisk tiltak i filterlaget i Nyhavna.

I forhold til tiltaksålet, ble det i prøve N-Ø-31 påvist to enkeltforbindelser av PAH i nedre tilstandsklasse IV og to i tilstandsklasse III. Ellers er samtlige forbindelser i samtlige prøver påvist i tilstandsklasse I og II. Basert på konsentrasjoner i filterlaget er det beregnet spredning fra målt totalkonsentrasjon i ny sjøbunn. Inngangsdata i risikovurderingen inkluderer ingen skipsoppvirvling, da erosjonslaget er dimensjonert for å unngå dette. Resultater fra beregnet spredning etter tildekking er gitt i tabell 25.

Tabell 25 *Beregnet spredning (F) fra tildekket sjøbunn i Nyhavna, g/år.*

Spredningsvei	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)p	PAH	PCB
F diffusjon, middel [g/år]	3,07	20	1,57	4,5	0,0	11	0,01
F skipnormert, middel [g/år]	0	0	0	0	0	0	0
F organismer, middel [g/år]	0,75	0,5	0,03	0,4	0,09	79	0,18
F total, middel [g/år]	3,82	20,5	1,60	4,9	0,09	90	0,19

9.4 Miljøgiftregnskap for Nyhavna

Miljøgiftregnskapet for Nyhavna er sammenstilt i tabell 26, sammen med miljøbudsjettet fra 2014.

Tabell 26 Miljøregnskap sammenlignet med miljøbudsjett for Nyhavna.

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

* Tallene for deponering er hentet fra Multiconsult, 2014

0 - ikke spredningsbidrag fra aktuell parameter for aktuell aktivitet

Spredning er lavere enn budsjettert for fysiske tiltak, mudring, deponering og tildekking. Det foreligger ikke budsjetterte spredningstall for kadmium fra deponiområdet.

Mengdene i regnskapet er styrt av lengden på overskridelsene og konsentrasjonene i vannet ved overskridelser.

Tildekking av første lag er relevant for oppvirvling av forurensede sedimenter under tildekking. Det ble ikke registrert overskridelser ved utlegging av første lag, og estimert spredning er satt lik null for denne perioden.

Spredningen fra utildekkede sedimenter er i miljøregnskapet beregnet ut i fra 9,25 måneders påvirkning (1. februar til 17. april 2015 og halve perioden under mudring og tildekking, ca. 11,5 måneder). Denne er beregnet som en tidsfraksjon av spredning før tiltak. Denne spredningen er den dominerende spredningen i tiltaksfasen. Spredningen er mindre enn beregnet i budsjettet på grunn av kortere anleggsperiode.

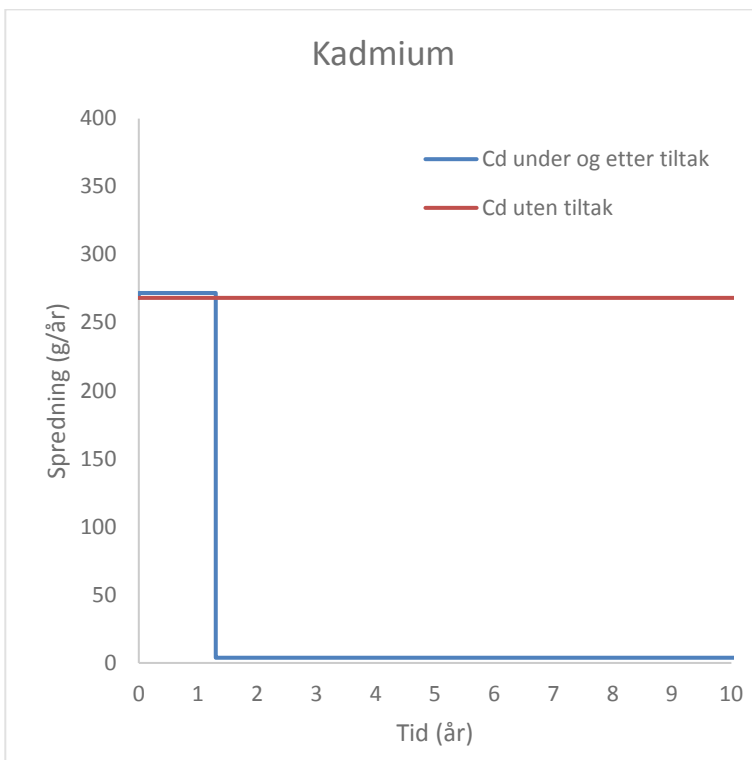
Spredning fra ferdig tildekket sjøbunn i anleggsperioden (etter første lag) er beregnet ut i fra 1,5 måneders påvirkning (halve perioden fra 1.januar 2016 til 5.april i 2016). Denne spredningen er neglisjerbar i forhold til spredning på grunn av utildekket sjøbunn.

Beregnet spredning etter tiltak er på nivå med hva som ble budsjettert. Det er ikke målt porevannskonsentrasjoner i tildekkingslaget, men benyttet Kd-verdier tilsvarende som for før tiltak. I miljøgiftbudsjettet er spredningen etter tiltak basert på å øke diffusjonsveien for forurenset sjøbunn gjennom et rent tildekkingslag. For etter-tilstanden i miljøgiftregnskapet er det imidlertid konsentrasjonene i oppnådd sjøbunn (filterlaget) som ligger til grunn. I tillegg gis konsentrasjoner som er påvist under deteksjonsgrensa verdien lik halve deteksjonsgrensa, som kan gi en falskt forhøyet konsentrasjon av PAH og PCB.

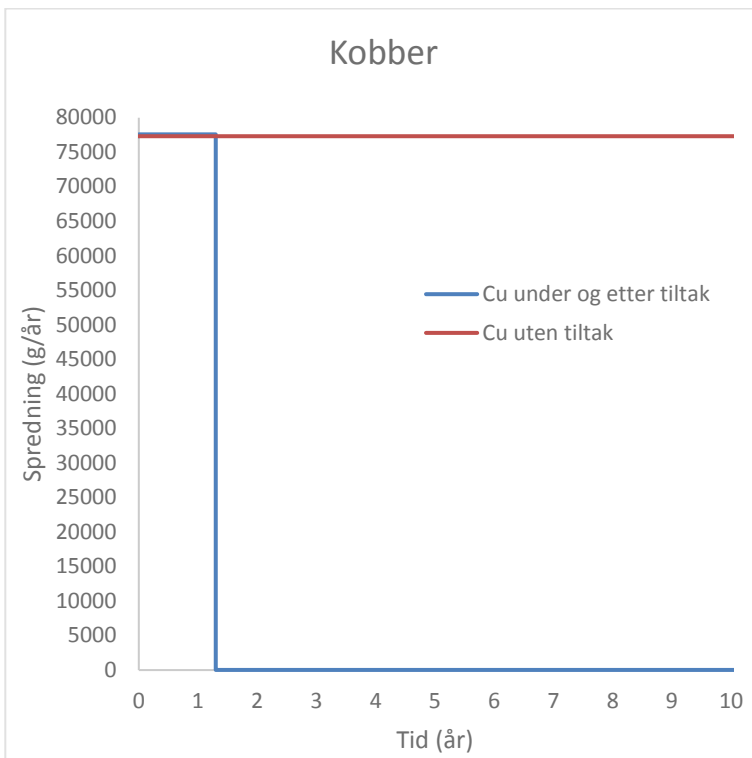
9.5 Beregnet inntjeningstid for tiltaket

Spredningen fra utførelse av tiltaket (mudring) gir en tilleggsbelastning de 4 månedene aktiviteten pågår. I Nyhavna er det en bakgrunnsspredning som pågår fra før oppstart helt til sjøbunnen i området er tildekket. I figur 19 til figur 24 er tilleggsspredningen fra fysiske tiltak (mudring og tildekking) vist, samt reduksjonen i spredning etter tiltak illustrert for de ulike parametre. Bakgrunns-spredningen er vist som spredning uten tiltak (som beregnet i miljøbudsjettet). Det er i figurene ikke tatt hensyn til den spredningen som skjer fra utildekket og tildekket sediment i anleggsperioden.

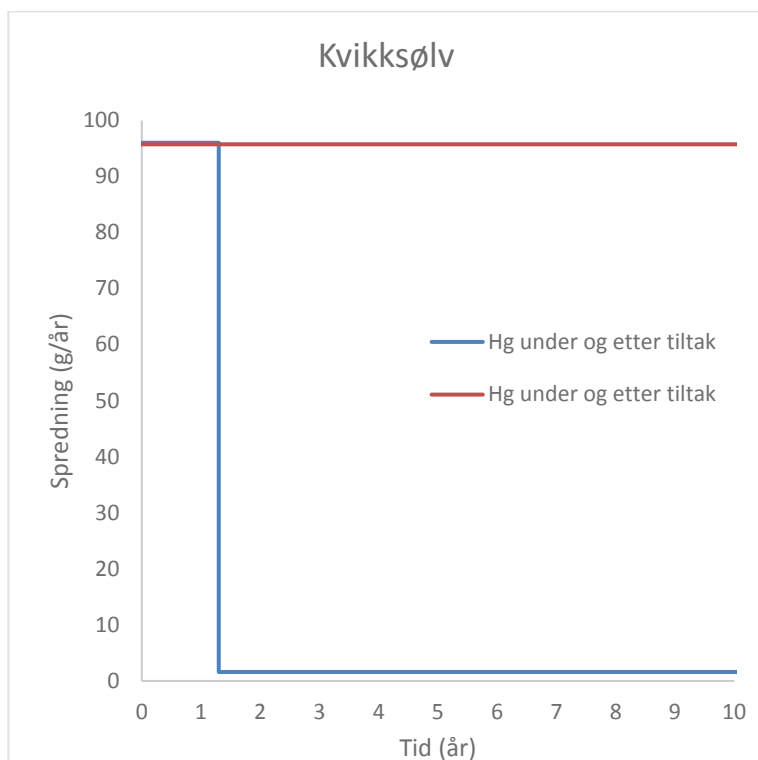
For samtlige målte parametre er tilleggsbelastningen for mudring og tildekking svært beskjedent i forhold til bakgrunnsspredningen. Tiltaket er beregnet inntjent kort tid etter at tiltaket er gjennomført, innen et halvt år etter at tiltaket er ferdig.



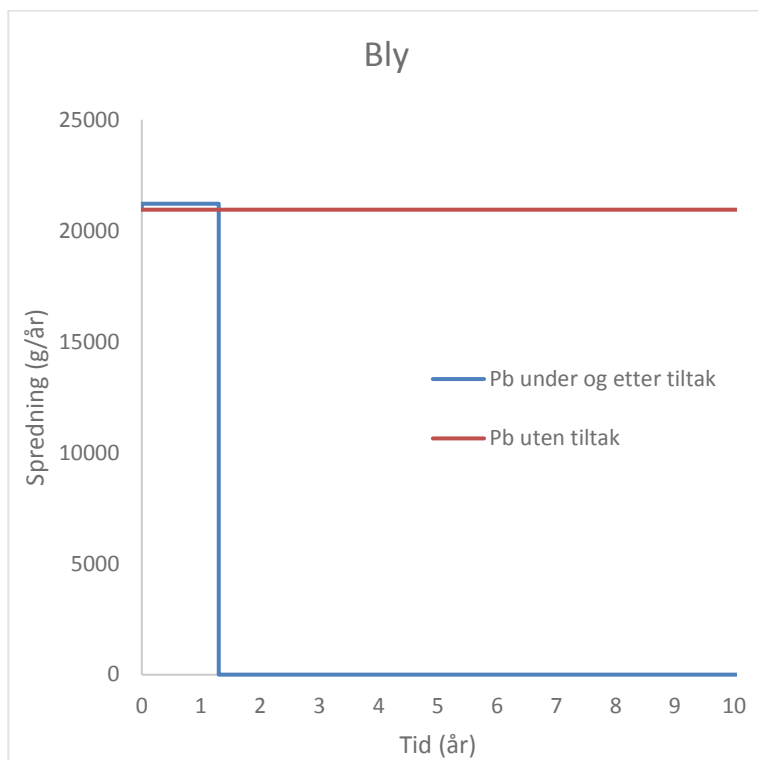
Figur 19 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for kadmium.



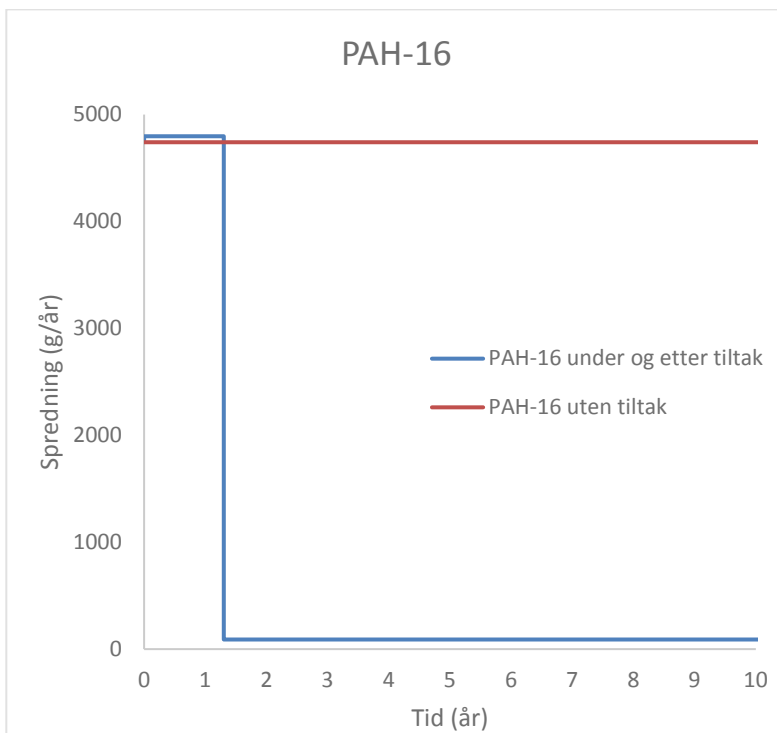
Figur 20 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for kobber.



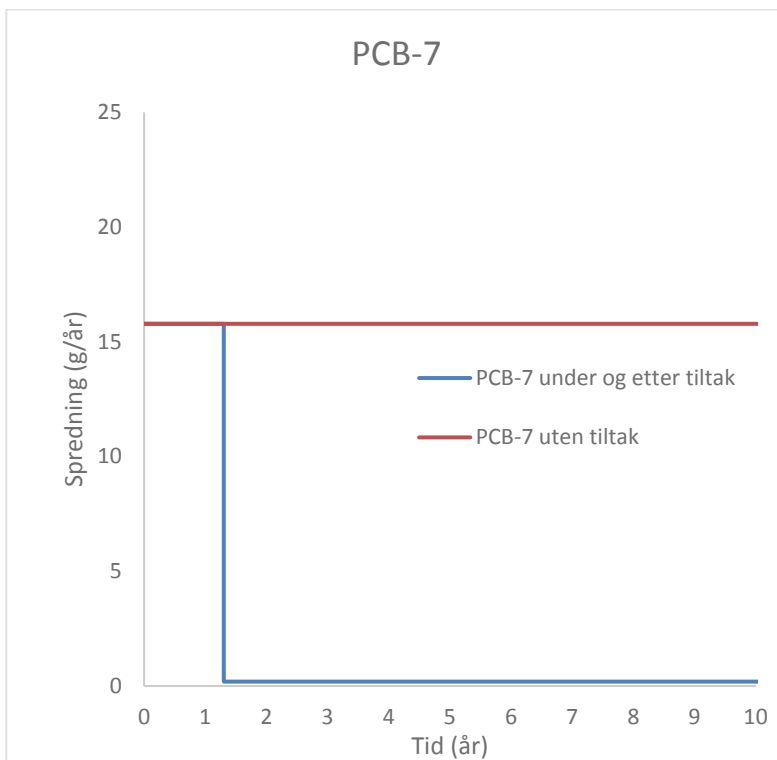
Figur 21 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for kvikksølv.



Figur 22 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for bly.



Figur 23 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for PAH (sum16).



Figur 24 Spredning uten tiltak, under tiltak og etter tiltak for PCB.

9.6 Kvalitet på sedimenter i spredningssonen

For å måle kvalitet og mengde partikler som spres under tiltaket er det gjennomført undersøkelser med sedimentfeller før tiltak, under mudring og deponering og under tildekking av sedimenter i N1 ved utløpet av Nyhavna. En måler (B1) har også vært plassert utenfor strandkantdeponiet for å se på spredning i forbindelse med deponering. Konsentrasjoner på materiale fra sedimentfellene er gitt i tabell 27.

På grunn av en feil fra laboratoriet (ALS) hvor mengde sedimenterende materiale ikke ble målt i sedimentfellen fra tildekkingen, var det ikke mulig å beregne en sedimentasjonsrate for tildekkingsperioden.

Tabell 27 Sedimentasjonsrate (mm/år) i sedimentfeller i Kanalen før tiltak, under mudring og under tildekking

Stasjon	Periode	Sedimentasjonsrate mm/år
N1	bakgrunn	19
N1 28/7-15	mudring og deponering	40
N1 22/12-15	mudring og deponering	25
B1 29/2-16	deponering	24
N1 03/06-16	tildekking	ikke målt

Resultatene fra sedimentfellene under mudring og tildekking er benyttet til å estimere konsentrasjon i det øvre laget i spredningssonen utenfor tiltaksområdet Kanalen. Det øvre laget vil variere i mektighet fra cm til mm avhengig av avstand fra utløpet.

Ny konsentrasjon er estimert ved å anta at materialet som spres under mudring og tildekking blandes i det samme forholdet som er funnet i sedimentfellene for de aktuelle periodene. For sedimentfellen under tildekking var det ikke målt mengde tørt materiale. Det er her antatt en noe høyere mengde enn ved mudring og deponering, basert på erfaringer fra sedimentfeller under tildekking fra de andre områdene, hvor mengden ved tildekking er fordoblet eller høyere.

Mengden sedimenterende materiale og konsentrasjon av de fleste stoffene er høyere under mudring enn før tiltaket startet (tabell 28), selv om det er påvist høye konsentrasjoner av PAH-forbindelser også før tiltak. Konsentrasjonen av de fleste stoffer under tildekking er som forventet lavere enn før tiltak og under mudring. På grunn av høye konsentrasjoner under mudring, er de estimerte konsentrasjonene på nivå med før tiltak eller noe lavere.

Tabell 28 Konsentrasjoner i sedimentfeller under mudring og tildekking, samt estimert konsentrasjon i spredningssonen. Konsentrasjonene er klassifisert iht. Miljødirektoratets veileder TA-2229.

Stoff	Enhet	N 1	N1 28/7-15	N1 22/12-15	B1 29/2-16	N1 03/06-16	Estimert konsentrasjon i spredn. sonen	% forbedring i konsentrasjon
Aktivitet/Tiltak		Bakgrunn	Mudring og deponering	Mudring og deponering	Deponering	Tildekking		
Mengde total, tørt	g	79	250	220	100	400*		
As (Arsen)	mg/kg TS	4,40	5,40	8,10	7,00	<0,50	5,3	-22 %
Cd (Kadmium)	mg/kg TS	0,39	0,42	0,54	0,66	<0,10	0,4	-10 %
Cr (Krom)	mg/kg TS	56,00	59,00	67,00	68,00	3,26	50,8	9 %
Cu (Kopper)	mg/kg TS	43,00	62,00	67,00	69,00	3,95	52,0	-21 %
Hg (Kvikksølv)	mg/kg TS	<0,10	0,31	0,32	0,66	<0,20	0,4	-616 %
Ni (Nikkel)	mg/kg TS	31,00	36,00	38,00	45,00	2,50	31,3	-1 %
Pb (Bly)	mg/kg TS	24,00	32,00	50,00	49,00	2,00	34,3	-43 %
Zn (Sink)	mg/kg TS	122,00	185,00	237,00	218,00	8,10	167,0	-37 %
Naftalen	mg/kg TS	0,16	0,17	0,67	0,08	<0,010	0,24	-49 %
Acenaftylen	mg/kg TS	0,29	0,16	0,77	<0,050	<0,010	0,25	15 %
Acenaften	mg/kg TS	0,13	0,10	0,48	<0,050	<0,010	0,16	-20 %
Fluoren	mg/kg TS	0,40	0,22	1,10	0,06	<0,010	0,36	11 %
Fenantren	mg/kg TS	2,80	0,97	7,10	0,32	0,02	2,17	23 %
Antracen	mg/kg TS	0,85	0,46	1,30	0,15	<0,010	0,49	42 %
Fluoranten	mg/kg TS	5,80	2,20	11,00	0,97	0,04	3,66	37 %
Pyren	mg/kg TS	4,00	1,70	8,10	0,75	0,03	2,73	32 %
Benso(a)antracen	mg/kg TS	2,10	0,89	3,80	0,35	0,01	1,30	38 %
Krysen	mg/kg TS	1,50	0,71	3,20	0,34	0,01	1,10	27 %
Benso(b)fluoranten	mg/kg TS	1,80	1,10	4,50	0,29	0,02	1,52	15 %
Benso(k)fluoranten	mg/kg TS	0,90	0,50	1,90	0,15	<0,010	0,66	27 %
Benso(a)pyren	mg/kg TS	2,20	1,10	3,80	0,25	0,02	1,33	39 %
Dibenso(ah)antracen	mg/kg TS	0,28	0,24	0,71	0,06	<0,010	0,26	7 %
Benso(ghi)perylene	mg/kg TS	1,90	0,94	2,60	0,21	<0,010	0,97	49 %
Indeno(123cd)pyren	mg/kg TS	2,30	1,00	3,40	0,28	<0,010	1,21	48 %
Sum PAH-16	mg/kg TS	27,40	12,50	54,40	4,26	0,15	18,38	33 %
Sum PCB-7	mg/kg TS	0,02	0,02	0,07	0,02	n.d.	0,03	-46 %

*Antatt mengde tørt materiale basert på erfaringer fra feller under tildekking i Kanalen og Brattøra

9.7 Oppsummering Nyhavna

Miljøgiftregnskapet viser at spredningen er lavere enn budsjettert 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). Det ble ikke registrert spredning ved tildekking av første lag.

Regnskapet viser at spredningen fra fysiske tiltak var beskjeden i forhold til spredningen fra utildekket sediment (bakgrunns-spredning) beregnet med risikovurderingsverktøyet. Noe kortere tildekkingsperiode enn det som opprinnelig var planlagt gjorde at spredningen fra utildekket sediment ble mindre i tiltaksperioden enn budsjettert. Denne reduksjonen gir høyest reduksjon av totalspredning under tiltak fra fysiske arbeider og utildekket sjøbunn i anleggsfasen i forhold til budsjett.

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. Det er estimert at konsentrasjonen i sedimentet i det øvre laget i spredningssonen generelt har konsentrasjoner på nivå eller lavere enn før tiltak. Spredningen av tildekkingsmateriale etter mudring gir derfor et positivt bidrag på sjøbunnen i influensområdet utenfor tiltaksområdet.

10 Samlet regnskap for delområdene Brattørbassenget, Nyhavna og Kanalen

I tabellen under (tabell 29) 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 budsjettert. 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 29 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
Spredning før tiltak beregnet fra forurenset sjøbunn (g/år)	848	118440	440	58547	636	10413	53
Miljøbudsjett (NGI, 2013)							
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
Budsjettert total spredning under tiltak (g)	1133	173960	626	85788	999	16310	83,6
Budsjettert spredning etter tiltak (g/år)	4,2	109	1,2	97	21,6	104	0,7
Miljøregnskap							
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
Spredning fra fysiske tiltak (g)	110,6	25728	3,6	9076	5,6	471	0,5
Total spredning fra tiltak og sjøbunn under tiltak (g)	844	121787	392	58843	542	9126	44
Spredning etter tiltak beregnet fra ny sjøbunn (g/år)	23,92	214,5	4,3	36,8	0,18	176,9	0,51

11 Erfaring med bruk av miljøregnskap

11.1 Datagrunnlag for beregning

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, se kapittel 5.2. 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, vannutskifting 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 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 lavere enn EQS (årlig gjennomsnitt) (NGI, 2015).

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.

Sedimentfelledata har vært spesielt 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.

11.2 Sammenlikning med miljøgiftbudsjett

Miljøgiftregnskapet sammenliknes med miljøgiftbudsjettet som ble laget på forhånd. De elementene i budsjettet som er beregnet ut i fra 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 konservatisme 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 prosjekt 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, en miljøgevinst, noe som framstår som hensiktsmessig. Videre kommer regnskapet gunstig ut når ferdig utlagt tildekkingslag er dokumentert 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.

11.3 Bruk av miljøgiftregnskap

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 forholdvis lang i forhold til analysetid for de sentrale overvåkingsparametrene. 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.

12 Diskusjon

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 inntjeningsperiode 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 inntjeningsperioden av spredning som er estimert her.

13 Konklusjon miljøregnskap

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 budsjettert 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.

14 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)

Bruk av miljøgiftbudsjett ved gjennomføring av tiltak i forurenset sediment. Utredning av muligheter. TA-2804-2011.

Multiconsult (2014)

Renere havn, Trondheim. Deponi Nyhavna. Rapport nr. 415566-RIGm-RAP-003, datert 30. mai 2014

NGI, 2015

20130339-19-R Renere havn – Årsrapport 2015, 18. mars 2015

NGI (2014a)

20130339-03-R Tiltaksbeskrivelse for søknad om tillatelse til opprydding i forurensete sedimenter i Trondheim havn.

NGI (2014b)

20130339-05-TN Strømmålinger i Kanalen, Brattørbassenget og Nyhavna. 9. mai 2014

SINTEF (2016)

Beregnet vanntransport gjennom Skanseløpet og Brattørbassenget", SINTEF-notat av 03.11.2016

Vedlegg A

PERIODER MED FORHØYET TURBIDITET I
ANLEGGSPERIODEN FOR
BRATTØRBASSENGET, KANALEN OG
NYHAVNA

Innhold

A1	Brattørbassenget	2
A2	Kanalen	3
A3	Nyhavna	6

A1 Brattørbassenget

Tabell 1 Perioder med forhøyet turbiditet under mudring og oversikt over SMS-varsel.

Stasjon	Periode med høy turbiditet	SMS-varsel		Vannprøve, kommentar
		Stopp	Start	
B1	16/6 kl. 22:40 – 23:20	23:05	23:55	Mangler vannprøve, Avvik.
B1	17/6 kl. 00:50 – 01:50	01:15	02:25	00:15
B1	17/6 kl. 04:00 – 05:40	04:25	07:01	04:40
B1	18/6 kl. 02:10 – 05:20	02:35	05:55	02:35 og 03:55
B1	18/6 kl. 12:00 – 13:30	12:45	14:05	13:45
B1	19/6 kl. 05:50 – 06:10	06:05	06:45	06:05
B1	19/6 kl. 18:10 – 18:40	18:35	19:15	18:55
B1	20/6 kl. 04:10 – 07:00	04:55	07:35	05:15
B1	20/6 kl. 18:00 – 18:30	18:16	19:06	18:40
B1	20/6 kl. 22:40 – 24:00	23:06	00:36	Ingen aktivitet
B1	21/6 kl. 07:00 – 08:40	07:26	08:46	21/6 kl. 08:30
B1	21/6 kl. 11:30 – 11:50	11:56	12:56	21/6 kl. 12:00
B1	21/6 kl. 13:50 – 23/6 kl. 09:00	14:16	09:36	21/6 kl. 14:40

Tabell 2 Perioder med forhøyet turbiditet under tildekking i Brattørbassenget og oversikt over SMS varsel.

Stasjon	Periode med forhøyet turbiditet	SMS-varsel		Vannprøve, kommentar
		Stopp	Start	
B1	27/7 kl. 15:30 – 19:20	15:57	19:57	16:30
B1	28/7 kl. 00:50 – 02:10	01:17	02:47	Utenfor arbeidstid
B1	28/7 kl. 03:20 – 03:50	03:47	04:27	Utenfor arbeidstid
B1	28/7 kl. 12:00 – 17:30	13:02	18:07	13:30
B1	28/7 kl. 20:00 – 21:30	20:27	22:07	Utenfor arbeidstid
B1	28/7 kl. 22:30 – 29/7 kl. 00:40	22:57	01:17	Utenfor arbeidstid
B1	29/7 kl. 02:10 – 05:40	02:37	06:17	Utenfor arbeidstid
B1	Endring i turbiditetsalarm. Alarm ved ref + 20 NTU i mer enn 4 timer 29/7 fra morgenen av.			Tildekking etter første lag er lagt ut. Ikke risiko for oppvirling av stedlige forurensete sedimenter
B1	3/8 kl. 17:00 – 4/8 kl. 09:00	20:59	09:37	21:15
B1	10/8 kl. 18:40 – 11/8 kl. 06:30	22:37	07:00	Ingen aktivitet. Ingen prøve
B1	Endring i turbiditetsalarm. Alarm ved ref + 10 NTU i mer enn 20 min fra 12/8 kl. 19:00			
B1	12/8 kl. 19:00 – 22:10	19:08	22:47	Ingen aktivitet. Ingen prøve
B1	12/8 kl. 22:50 -	23:17		Ingen aktivitet. Ingen prøve
B1	Endring i turbiditetsalarm. Alarm ved ref + 20 NTU i mer enn 4 timer 13/8 kl. 07:00			
B1	- 13/8 kl. 10:00		11:07	Ingen aktivitet. Ingen prøve
B1	13/8 kl. 16:00 – 18:20	16:27	18:57	Ingen aktivitet. Ingen prøve. Alarm gikk for tidlig.
B1	17/8 kl. 04:20 – 10:20	08:18	10:58	Ingen aktivitet. Ingen prøve

Stasjon	Periode med forhøyet turbiditet	SMS-varsel		Vannprøve, kommentar
		Stopp	Start	
Endring i turbiditetsalarm. Alarm ved ref + 10 NTU i mer enn 20 min fra 17/8 kl. 19:00				
	Endring i turbiditetsalarm. Alarm ved ref + 20 NTU i mer enn 4 timer 18/8 kl. 01:00			Alarmer ble sendt ut til morgenen den 18/8, men, etter avtale med NGI og prosjektleder, forholdt entreprenør seg til det høyere turbiditetsalarm regimet.
B1	27/8 kl. 21:50 – 28/8 kl. 06:20	01:48	06:18	Ingen vannprøve. Avvik nr. 22
B1	3/9 kl. 04:40 – 13:40	08:38	14:18	09:20
B1	3/9 kl. 19:10 – 4/9 kl. 09:00	01:08	09:38	01:30
Endring i turbiditetsalarm. Alarm ved ref + 10 NTU i mer enn 20 min fra 6/9 kl. 21:00				
B1	27/11 kl. 8:50 – 15:10	09:10	15:40	Ikke prøve. Flytting av måler til utenfor Brattøra. Synlig at springflo forårsaket utvasking av partikler fra molo – ble ikke mudret eller drevet tildekking.
B1	27/11 Endret varslingsgrense til 20 NTU over ref. i 4 timer			B1 er plassert utenfor Brattørløpet
B1	28/11 kl. 14:40 – 15:30	Ikke alarm (alarmsystemet var stilt inn på HAR. Manuell overvåkning av verdier fra systemet)		Prøve ble tatt kl. 15:15. Manuell overvåkning av verdier viste at LAR var overskredet kl. 15:00

A2 Kanalen

Tabell 3 Perioder med forhøyet turbiditet i K1, K2 og K3 som følge av mudring og oversikt over SMS-varsel.

Stasjon	Periode med forhøyet turbiditet	SMS-varsel		Vannprøve, kommentar
		Stopp	Start	
K1				
K1	20/10 kl. 20:10 – 22:30	20:30	23:00	Ikke vannprøve. Avvik nr. 29
K1	21/10 Endret varslingsgrense til 20 NTU over ref. i 4 timer			
K1	29/10 kl. 13:20 – 17:40	16:59	18.10	17:30
K1	19/11 kl. 11:20 – 17:30	11:40	18:00	Prøve ble tatt kl. 11:50. Mudring stoppet kl. 11:30
K1	23/11	K1 plassert på Skansen		
K1 og K2	24/11 Endret varslingsgrense til 20 NTU over ref. i 4 timer			
K2				
K2	24/9 kl. 14:30 – 15:00	15:09	15:40	16:30
K2	14/10 kl. 17:50 – 18:40	18:10	19:10	18:25
K2	27/10 kl. 17:00 – 17:20	17:22	17:52	Ikke tatt vannprøve. Avvik nr 29.
K2	28/10 kl. 17:00 – 17.20	17:22	17:52	17:45
K2	29/10 kl. 16:00 – 17:00	16:22	17:32	16:50
K2	29/10 kl. 17:50 – 18:20	18:12	18:42	Ble ikke tatt prøve fordi det var tatt kl. 16:50.

Stasjon	Periode med forhøyet turbiditet	SMS-varsel		Vannprøve, kommentar
		Stopp	Start	
K2	31/10 kl. 19:20 – 20:00	19:40	20:30	Ble ikke tatt prøve. Det var ikke mannskap til å ta prøven fordi det var begrenset med bemanning lørdag kveld. Avvik nr. 29.
K2	06/11 kl. 12:40 – 13:00	13:00	13:30	13:12
K2	06/11 kl. 20:40 – 21:50			NGIs alarmsystem var nede, avvik nr. 28
K2	07/11 kl. 14:10 – 15:00			
K2	07/11 kl. 21:30 – 08/11 kl. 00.20			
K2	27/11 Endret varslingsgrense til 10 NTU over ref. i 20 minutter			
K2	2/12 kl. 11:30 – 12:10	11:54	12:44	Prøve tatt kl. 12:30
K2	3/12 kl. 09:30 – 12:50	09:54	13:24	Prøve tatt kl. 10:30
K2	7/12 kl. 14:40 – 15:40	15:04	16:04	Prøve tatt kl. 16:05
K2	8/12 kl. 16:50 – 21:30	17:14	21:54	Prøve tatt kl. 17:25, manuelle målinger utført av entreprenør, og entreprenør fortsatte mudring etter avtale med byggherre
K2	14/12 kl. 10:10 – 15:00	10:54	15:34	Prøve tatt kl. 11:15. Mudring stoppet kl. 10:10.
K2	14/12 kl. 09:50 – 11:30	10:10	12:00	Prøve tatt kl. 10:20. Mudring stoppet kl. 10:10.
K3				
K3	23/11 kl. 19:00 – 19:40	19:20	20:10	Mudring ble stoppet, men det ble ikke tatt vannprøve. Avvik nr. 35.
K3	1/12 kl. 10:50 – 11:10	11:10	11:40	Prøve tatt kl. 13:00, prøve tatt 1,5 timer etter overskridelse. Avvik nr. 37.
K3	8/12 kl. 17:30 – 19:40	17:50	20:10	Frem til kl. 17:54 kan alarmer ved K3 sees bort ifra pga. ferskvannspåvirkning fra Nidelva, jf. Kontrollprogrammet. Alarmen vedvarte etter kl. 17:54, mudring fortsatte. Avvik nr. 39.
K3	9/1 kl. 19:20 – 20:00	19:41	20:31	Vannprøve kl. 20. Mudring stanset ved alarm og gjenopptatt kl. 20:30.
K3	9/1 kl. 21:20 – 22:10	21:41	22:41	Mudring stanset kl. 21:30. Ingen prøve, fordi det ikke var noen tilstede. Avvik nr. 41.
K3	14/1 kl. 12:10 – 12:30	12:32	13:02	Vannprøve tatt kl. 12:45. Stopp av mudring til kl. 13:30
K3	26/1 kl. 20:50 – 22:30	21:12	23:02	Tidevannsperioden ₁ hvor det er antatt mulighet for spredning fra tiltaksområdet mot Nidelva starter kl. 21:23. Envisan stoppet arbeidene kl. 21:20. Vannprøve tatt kl. 21:45.
K3	2/2 kl. 11:20 – 14:10	11:43	14:43	Ikke aktuell, pga. tidevannsperioden ₁ frem til kl. 14:17. Stoppet mudring kl. 14:15 og tok vannprøve kl. 14:30.
K3	3/2 kl. 15:30 – 15:50	15:53	16:23	Mudring stoppet kl. 15:50. Vannprøve tatt kl. 16:05
K3	5/2 kl. 17:20 – 19:00	17:43	19:33	Alarm aktuell fra kl. 17:40, i hht til tidevannsyklus. Mudring stoppet kl. 17:40. Vannprøve tatt kl. 17:55.
K3	6/2 kl. 19:40 – 20:30	20:03	21:03	Mudring stoppet kl. 20:00. Vannprøve tatt kl. 20:15.
K3	9/2 kl. 07:50 – 08:10	08:13	08:43	Mudring stoppet kl. 07:40. Vannprøve tatt kl. 08:15.
K3	10/2 kl. 22:30 – 23:10	22:53	23:43	Mudring stoppet kl. 22:50. Vannprøve tatt kl. 23:10
K3	13/2 kl. 11:40 – 12:50	12:03	13:23	Mudring stoppet kl. 12:00. Vannprøve tatt kl. 12:10.
K3	15/2 kl. 13:50 – 14:40	14:13	15:13	Mudring stoppet kl. 14:00. Vannprøve tatt kl. 14:25.
K3	18/2 kl. 17:50 – 19:10	18:13	19:43	Mudring stoppet kl. 18:10. Vannprøve tatt kl. 18:25.
K3	19/2 kl. 17:40 – 18:40	18:03	19:13	Mudring stoppet kl. 17:40. Vannprøve tatt kl. 18:25.

Tabell 4 *Perioder med forhøyet turbiditet i K1, K2 og K3 som følge av tildekking og oversikt over SMS-varsel.*

Stasjon	Periode med forhøyet turbiditet	SMS-varsel		Vannprøve, kommentar
		Stopp	Start	
K1				
K1	16/10 kl. 15:00 – 16:40	15:20	17:10	Ikke vannprøve. Avvik nr. 29
K1	16/10 19:50 – 22:10	20:11	22:41	20:20
K1	19/10 kl. 11:20 – 12:50	11:40	13:20	12:15
K1	19/10 kl. 15:10 – 15:40	15:30	16:10	15:40
K1	19/10 kl. 18:30 – 20:50	18:50	21:20	Prøve ble tatt kl 19:30, men ikke analysert fordi arbeid stoppet kl. 14.45 og det ble tatt prøve kl. 15:40
K1	20/10 kl. 11:30 – 12:50	11:50	13:20	12:10
K1	20/10 kl. 14:40 – 15:40	15:00	16:10	15:22
K1	02/11 kl. 15:10 – 22:30			Gikk ikke alarm fordi LAR turbiditetsregime ikke var aktivert. Arbeid ble ikke stoppet og det ble ikke tatt vannprøve, avvik nr. 30
K1	03/11 kl. 16:50 – 22:20	20:40	22:50	21:00
K1	23/11 kl. 12:30 – 17:10	12:50	17:40	Prøve tatt kl. 13:00. Tildekking stoppet før alarm
K1	24/11 kl. 10:20 – 17:10	14:00	17:40	Tildekking stoppet kl. 14:20. Prøve ble tatt kl. 14:20
K1	25/11 kl. 11:50 – 17:30	15:40	18:00	Prøve ble tatt kl. 16:10 Tildekking var stoppet kl. 13:50
K1	19/4 kl. 14:30 – 21/4 kl. 07:50	18:25	08:25	Tildekking stoppet kl. 18:20, men fortsatte etter instruks fra byggherre. Det var kun en leker igjen i Ravnkloøpet. Tildekkingen stoppet kl. 19:00. Begroing på sensor. Vannprøve kl. 18:40.
K2	23/11 kl. 11:10 – 15:10	11:30	15:40	Prøve tatt kl. 11:45. Tildekking stoppet kl. 11:35
B1	28/11 kl. 14:40 – 15:30	Ikke alarm (manuell overv.)		Prøve ble tatt kl. 15:15. Manuell overvåking av verdier viste at LAR var overskredet kl. 15:00
K2				
K2	22/2 kl. 12:50 – 18:50	13:16	19:26	Tildekkingen stoppet kl. 13:10, vannprøve tatt ved Ravnkloøpet kl. 13:30
Første tildekkingslag var ferdig 23/2 kl. 16:30, og HAR ble satt til gjeldende				
K2	15/3 kl. 17:00 – 19:20	17:26	19:56	Tildekkingen stoppet kl. 17:20. Vannprøve kl. 17:40.
K2	17/3 kl. 15:40 – 16:10	16:07	16:46	Tildekkingen stoppet kl. 16:00. Vannprøve kl. 16:20.
K2	18/3 kl. 11:00 – 12:50	11:26	13:26	Tildekkingen stoppet kl. 11:26. Vannprøve kl. 11:40.
K2	18/3 kl. 14:10 – 16:30	14:36	17:07	Tildekkingen stoppet kl. 14:36. Vannprøve kl. 15:00.
K2	21/3 kl. 11:20 – 22/3 kl. 00:20	11:46	00:57	Tildekkingen stoppet kl. 10:50. Vannprøve kl. 12:05. Tildekkingen ble startet igjen kl. 17:35 etter at startalarm ved K3 ble sendt. Avvik 48 (ENVISAN)
K2	29/3 kl. 17:00 – 21:20	Det ble ikke sendt ut SMS-varsel for overskridelse av grenseverdi. Avvik nr. 50.		
K2	29/3 kl. 23:30 – 00:50			
K2	30/3 kl. 16:50 – 18:40	17:17	19:17	Ved alarmtidspunktet pågikk det lasting av Arena. Tildekkingen startet opp igjen kl. 19:45. Vannprøve kl. 17:45.
K2	30/3 kl. 20:20 – 23:00	20:47	23:37	Tildekkingen stoppet kl. 20:40. Vannprøve kl. 21:00.
K2	19/4 kl. 14:40 – 19:50	18:35	20:25	Tildekking stoppet kl. 18:20, men fortsatte etter instruks fra byggherre. Tildekkingen stoppet kl. 19:00. Det var kun en leker igjen i Ravnkloøpet. Begroing på sensor. Vannprøve kl. 18:50.
K3				

Stasjon	Periode med forhøyet turbiditet	SMS-varsel		Vannprøve, kommentar
		Stopp	Start	
K3	15/3 kl. 10:00 – 15:50	10:24	16:24	Tildekking stoppet kl. 12:50. Manuelle målinger ble gjort i mellom måler og arbeidssted. K3 ble flyttet nedstrøms Brattørbrua ca. kl. 15:40. Tildekkingen startet igjen kl. 15:50 etter samtaler mellom entreprenør, byggherre og rådgiver.
K3	17/3 kl. 15:40 – 16:40	16:04	17:14	Tildekkingen stoppet kl. 16:00. Vannprøve kl. 16:30.
K3	31/3 kl. 13:20 – 17:00	13:45	17:35	Tildekkingen midt i Kanalen ble stoppet. Første tildekkingslag var ferdig. Byggherre ga tillatelse til å fortsette tildekkingen. Vannprøve kl. 14:05.

A3 Nyhavna

Tabell 5 *Perioder med forhøyet turbiditet i N1 (B1) som følge av mudring og deponering og oversikt over SMS-varsel. Varsel som ikke skyldes mudring eller deponering er ikke vist.*

Stasjon	Periode med forhøyet turbiditet	SMS-varsel		Vannprøve / Kommentar
		Stopp	Start	
N1	17/4 kl. 05:00 – 08:00	06:04	08:14	Kl. 07:30
N1	17/4 kl. 15:40 – 16:00	16:04	16:14	Kl. 16:30
N1	18/4 kl. 14:10 – 14:40	14:34	14:54	Kl. 15:25
N1	18/4 kl. 16:50 – 17:10	17:14	17:24	Kl. 18:00
N1	28/4 kl. 11:40 – 12:30	12:04	13:04	Kl. 12:50
N1	29/4 kl. 11:00 – 11:20	11:24	11:54	Kl. 12:00
N1	7/5 kl. 08:50 – 10:30	09:15	11:25	Kl. 09:45
N1	7/5 kl. 13:40 – 14:10	14:05	14:45	Kl. 14:19
N1	12/5 kl. 11:40 – 12:10	12:05	12:45	Skip Cantagena ved Kai 57, ingen arbeider, prøve kl. 12:25
N1	13/5 kl. 13:00 – 14:10	14:13	14:45	Kl. 15:00
N1	16/5 kl. 13:50 – 14:30	14:15	15:05	Kl. 14:55
N1	16/5 kl. 17:40 – 18:30	18:05	19:05	Kl. 18:35
N1	16/5 kl. 20:30 – 20:50	20:55	21:25	Ingen prøve i hht. Envisans logg
N1	18/5 kl. 15:20 – 16:30	15:45	17:06	Kl. 16:15
N1	19/5 kl. 16:20 – 19:50	16:45	20:25	Kl. 18:00
N1	27/5 kl. 10:00 – 10:50	10:26	11:26	Kl. 11:30
N1	30/6 kl. 16:00 – 16:30	16:27	16:57	16:45
N1	31/7 kl. 16:00 – 16:50	16:28	17:28	Envisan prøvde å ta prøve fra land, ikke mulig. Skaffet båt til senere prøvetaking. Avvik nr. 17.
N1	1/8 kl. 16:00 – 16:50	16:28	17:28	16:50
N1	1/8 kl. 18:10 – 20:00	18:38	20:38	18:45
N1	2/8 kl. 07:50 – 08:10	08:13	08:48	09:00
N1	2/8 kl. 13:30 – 14:10	13:58	14:48	Nei, mannskap ikke informert. Avvik nr. 18
N1	3/8 kl. 08:40 – 09:30	09:18	10:08	19:30
N1	4/8 kl. 09:40 – 10:40	10:08	11:18	Flytting av bøye

Stasjon	Periode med forhøyet turbiditet	SMS-varsel		Vannprøve / Kommentar
		Stopp	Start	
N1	28/9 kl. 17:40 – 19:10	17:59	19:39	18:20

* LAR = Referanseverdi + 10 NTU, 20 min. HAR = Referanseverdi + 20 NTU, 4 timer

Tabell 6 *Perioder med forhøyet turbiditet i N1 (B1) som følge av tildekking og oversikt over SMS-varsel. Varsel som ikke skyldes mudring eller deponering er ikke vist.*

Stasjon	Periode med forhøyet turbiditet	SMS-varsel		Vannprøve / Kommentar
		Stopp	Start	
B1 ble plassert på nordsiden av utløpet av Nyhavna den 5. april, etter at siltgardinen mellom vestre og østre basseng i Nyhavna ble fjernet. Gjeldende alarmregime er HAR.				
B1	5/4 kl. 14:10 – 23:20	18:05	23:55	Tildekkingen stoppet kl. 18:15. Byggherre bestemte å starte tildekkingen igjen kl. 20:00. Vannprøve tatt kl. 18:20.
B1	6/4 kl. 14:30 – 22:00	18:25	22:35	Vannprøve tatt kl. 18:40. Byggherre bestemte at tildekkingen skulle fortsette.
B1	14/4 kl. 08:20 – 15:40	12:15	16:15	Tildekkingen stoppet kl. 12:15. Vannprøve kl. 12:20
B1	22/4 kl. 16:10 – 25/4 kl. 11:00	20:05	11:36	Tildekking stoppet for dagen kl. 20:05. Vannprøve kl. 20:30. Begroing på sensor. Det ble utført tildekking den 23/4 kl. 07:30 – 23:20. I denne perioden utførte entreprenør manuelle turbiditetsmålinger men håndholdt utstyr. Sensor rengjort mandag den 25/4 kl. 11:00.
B1	28/4 kl. 10:50 – 16:30	14:46	17:06	Tildekking stoppet kl. 14:45. Vannprøve kl. 15:00
B1	29/4 kl. 10:50 – 30/4 kl. 07:40	14:46	08:16	Tildekking stoppet for dagen kl. 14:45. Vannprøve kl. 15:00
B1	6/5 kl. 12:30 – 21:20	17:36	20:06	Tildekking ble stoppet kl. 17:35. Vannprøve kl. 18:00. Begroing på referansemåler, har forårsaket lavere komp. verdier. Derfor stemmer ikke SMS-varslingen, og stoppvarsel ble sendt ut for sent. Avvik nr. 52.
B1	10/5 kl. 13:40 – 11/5 kl. 00:30	17:36	01:06	Tildekking stoppet kl. 17:20. Vannprøve kl. 17:50.

* LAR = Referanseverdi + 10 NTU, 20 min. HAR = Referanseverdi + 20 NTU, 4 timer

Vedlegg B

RESULTATER FRA SEDIMENTPRØVER AV
TILDEKKINGSLAG I BRATTØRBASSENGET,
KANALEN OG NYHAVNA

Innhold

B1	Brattørbassenget	2
B2	Kanalen	3
B3	Nyhavna	5

B1 Brattørbassenget

Tabell 1 Sedimentkonsentrasjoner i filterlag i Brattørbassenget, mg/kg. Konsentrasjonene er klassifisert iht. Miljødirektoratets veileder TA-2229.

Prøve	Cd	Cu	Hg	Pb	Benso(a) pyren	Sum PAH16	Sum PCB7
	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
B-i-1	<0,05	2	0,02	<1	<0,010	0,013	n.d.
B-i-2	<0,05	2,5	0,03	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-i-3	0,15	2,9	0,11	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-i-4	<0,05	2,3	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-i-5	<0,05	3,8	0,03	<1	0,013	0,168	n.d.
B-i-6	<0,05	2,7	0,03	<1	<0,010	0,068	n.d.
B-i-7	<0,05	3	0,02	<1	<0,010	0,012	n.d.
B-i-8	<0,05	2,2	0,03	<1	<0,010	0,01	n.d.
B-i-9, 070815	<0,05	2,9	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-i-10, 070815	<0,05	2,2	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-i-11,070815	<0,05	2,9	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-i-12	<0,05	2,5	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-Y-13	0,21	29	0,22	15	0,031	1,01	0,003
B-Y-14	0,11	11	0,05	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-Y-16	0,12	4,2	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-Y-17	0,09	5,6	0,03	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-Y-18	0,05	4,5	0,03	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-Y-19	0,18	6,6	<0,01	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-Y-20	<0,05	2,5	0,03	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-Y-21	0,05	3,5	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-Y-22	0,13	5,6	0,03	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-Y-23	<0,05	1,2	0,03	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-Y-24	<0,05	3,9	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-Y-25	0,07	4,8	0,04	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-Y-26	0,17	4,6	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-Y-27	0,07	4	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-Y-28	0,11	9,5	0,03	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-Y-29	<0,05	2,9	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-Y-30	<0,05	0,7	0,01	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-U-31	<0,05	4,4	0,01	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-U-32	0,06	2	0,01	<1	<0,010	n.d.	n.d.

Prøve	Cd	Cu	Hg	Pb	Benso(a) pyren	Sum PAH16	Sum PCB7
	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
B-U-33	0,07	1,9	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
B-U-34	0,11	8,3	0,02	<1	<0,010	0,081	n.d.
B-U-35	0,21	2,4	<0,01	<1	0,016	0,611	n.d.

B2 Kanalen

Tabell 2 Sedimentkonsentrasjoner i tildekkingslaget i Kanalen, mg/kg. Konsentrasjonene er klassifisert iht. Miljødirektoratets veileder TA-2229.

Prøve	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)P	Sum PAH-16	Sum PCB-7
	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
KA-2	<0,05	10	0,03	3	0,011	1,17	n.d.
KA-4	<0,05	11	0,05	<1	<0,010	0,153	n.d.
KA-5	<0,05	11	0,05	11	0,012	0,75	n.d.
KA-6	<0,05	12	0,07	3	<0,010	0,124	n.d.
KA-8	<0,05	18	0,08	4	<0,010	0,464	n.d.
KA-10	<0,05	12	0,02	2	0,012	0,537	n.d.
KA-11	<0,05	8,7	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
KA-12	<0,05	12	0,09	2	<0,010	0,226	n.d.
KA-13	<0,05	6,8	0,02	<1	<0,010	0,095	n.d.
KA-14	<0,05	12	0,05	3	0,025	0,786	n.d.
KA-15	<0,05	11	0,03	<1	<0,010	0,106	n.d.
KA-16	0,97	16	0,06	31	0,024	0,501	0,001
KA-17	<0,05	32	0,12	6	0,018	0,488	n.d.
KA-18	<0,05	9	0,02	3	0,093	8,12	n.d.
KA-19	<0,05	9,4	0,02	1	<0,010	0,047	n.d.
KA-21	<0,05	17	0,07	1	<0,010	0,106	n.d.
KA-23	<0,05	10	0,1	<1	<0,010	n.d.	n.d.
KA-24	<0,05	27	0,01	2	<0,010	0,107	n.d.
KA-25	<0,05	8,3	0,1	1	<0,010	0,073	n.d.
KA-26	<0,05	7,2	<0,01	2	<0,010	0,023	n.d.
KA-27	<0,05	4,1	0,02	<1	<0,010	0,101	n.d.
KA-28	<0,05	8,5	0,05	6	0,021	0,41	n.d.
KA-31	<0,05	9,6	0,02	<1	<0,010	2,26	n.d.
KA-33*	<0,05	15	0,84	3	<0,010	23,2	n.d.
KA-34	<0,05	10	0,03	1	<0,010	1,11	n.d.

	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)P	Sum PAH-16	Sum PCB-7
Prøve	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
KA-35	<0,05	5,6	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
KA-33-A	<0.10	2,95	<0.20	<1.0	<0,010	0,72	n.d.
KA-33-B	<0.10	1,8	<0.20	<1.0	<0,010	0,091	n.d.
KA-33-C	<0.10	4,56	<0.20	<1.0	0,011	1,1	n.d.
1320-1	<0.10	2,56	<0.20	<1.0	<0,010	0,038	n.d.
1320-2	<0.10	1,36	<0.20	<1.0	<0,010	n.d.	n.d.
1207-1	<0.10	4,82	<0.20	<1.0	<0,010	0,6	n.d.
1207-3	<0.10	4,94	<0.20	<1.0	<0,010	3,3	n.d.
1175-2	<0.10	4,7	<0.20	<1.0	<0,010	1,7	n.d.

*Prøven er ikke tatt med i beregning av spredning etter tildekking

B3 Nyhavna

Tabell 3 Sedimentkonsentrasjoner i filterlaget i Nyhavna, mg/kg. Konsentrasjonene er klassifisert iht Miljødirektoratets veileder TA-2229.

Område	Prøve	Cd	Cu	Hg	Pb	B(a)P	Sum PAH-16	Sum PCB-7
		mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
Vestre basseng	N-1	<0,05	3,60	0,03	<1	<0,010	n.d.	n.d.
	N-3	<0,05	3,00	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
	N-5	<0,05	3,70	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
	N-7	0,09	4,30	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
	N-9	<0,05	3,00	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
	N-10	<0,05	3,20	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
	N-11	<0,05	2,30	0,03	<1	<0,010	n.d.	n.d.
	N-14	<0,05	4,20	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
	N-15	0,05	2,90	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
Østre basseng	N-Ø-20	0,06	2,70	0,03	<1	<0,010	n.d.	n.d.
	N-Ø-21	<0,05	4,00	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
	N-Ø-22	<0,05	2,30	0,02	<1	<0,010	n.d.	n.d.
	N-Ø-24	0,11	3,20	0,02	<1	<0,010	0,01	n.d.
	N-Ø-26	<0,05	9,90	0,03	<1	<0,010	n.d.	n.d.
	N-Ø-28	<0,05	2,60	0,02	<1	<0,010	0,03	n.d.
	N-Ø-29	<0,05	4,80	0,03	<1	0,01	0,12	n.d.
	N-Ø-31	<0,05	5,40	0,02	<1	0,08	1,32	n.d.
	N-Ø-34	0,06	2,50	0,04	<1	<0,010	n.d.	n.d.
	N-Ø-38	0,05	3,80	0,06	<1	<0,010	n.d.	n.d.
	NØ-32	<0,05	2,20	<0,01	<1	<0,010	0,01	n.d.
NØ-33	<0,05	2,20	<0,01	<1	0,01	0,07	n.d.	
DORA	DORA-A	<0,05	2,20	0,01	<1	<0,010	n.d.	n.d.
	DORA-B	<0,05	2,90	0,02	<1	<0,010	0,01	n.d.
	DORA-C	<0,05	1,90	0,01	<1	<0,010	n.d.	n.d.
	DORA-D	<0,05	3,40	0,02	<1	<0,010	0,02	n.d.
	DORA-E	<0,05	4,50	0,02	<1	<0,010	0,01	n.d.
	DORA-F	<0,05	4,40	0,02	<1	<0,010	0,01	n.d.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Miljøregnskap		Dokumentnr./Document no. 20130339-27-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Trondheim kommune	Dato/Date 2016-11-01
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 5 / 2017-07-07
Distribusjon/Distribution ÅPEN: Skal tilgjengeligjøres i åpent arkiv (BRAGE) / OPEN: To be published in open archives (BRAGE)		
Emneord/Keywords Mudring, deponering, sediment, tildekking, miljøregnskap		

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

Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2016-10-31 Marianne Kvennås	2016-11-01 Arne Pettersen		
1	Revidert beregning etter spredning; Avsnitt 6.4, 7.3-7.5, 8.3-8.5, 9.3-9.5. Nytt kapittel; Konklusjon (kap10)	2017-01-19 Mari Moseid	2017-01-19 Arne Pettersen/ Espen Eek		
2	Kap 6.1 Enkelte tekstlige presiseringer.	2017-03-06 Mari Moseid	2017-03-06 Arne Pettersen		
3	Tab. 12, 20 og 26. Presiseringer i kap. 11.2	2017-04-04 Mari Moseid	2017-04-04 Marianne Kvennås		
4	Tekstlig presisering kap. 9.4, 9.7 og 10.2 (tidl. 11.2). Nytt kap. 11 Diskusjon. Konklusjon (nå kap. 12) flyttet	2017-06-01 Mari Moseid/ Marianne Kvennås	2017-06-01 Arne Pettersen		
5	Tekstlig presisering kap. Ny kapitteinndeling kap. 10 til 12.	2017-07-05 Mari Moseid	2017-07-05 Arne Pettersen		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 7. juli 2017	Prosjektleder/Project Manager 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

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

