

Overvåking av miljøgifter i nærområdet til Xstrata Nikkelverk AS i Kristiansand i 2012; Metaller i sedimenter, vann og blåskjell



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Overvåking av miljøgifter i nærområdet til Xstrata Nikkelverk AS i Kristiansand i 2012; Metaller i sedimenter, vann og blåskjell	Løpenr. (for bestilling) 6547-2013	Dato 05.06.2013
	Prosjektnr. Undemr. O-10361/ O-10362	Sider Pris 54
Forfatter(e) Kristoffer Næs Jarle Håvardstun	Fagområde Miljøgifter i marint miljø	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket CopyCat

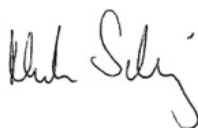
Oppdragsgiver(e) Xstrata Nikkelverk AS	Oppdragsreferanse Björg Kari Haugland
---	--

Sammendrag
Xstrata Nikkelverk AS gjennomfører et overvåkingsprogram i det bedriftsnære sjøområdet i Kristiansandsfjorden. Programmet supplerer og er koplet opp mot myndighetenes generelle overvåking av Kristiansandsfjorden. Hovedhensikten med undersøkelsene i 2012 var å finne velegnet stasjon(er) for overvåking av tidsutviklingen av forurensninger i sedimentet. I den sammenheng ble det gjennomført en omfattende sedimentundersøkelse i Hanneviksbukta. Det ble også gjort undersøkelser av arsen i vannmasser og blåskjell. Tildekkingen i sin tid av sedimentene i Hanneviksbukta med rent, sandig materiale førte til en betydelig reduksjon i konsentrasjoner i overflatesedimentene. Sedimentene er imidlertid nå betydelig rekontaminert.

Fire norske emneord 1. Kristiansandsfjorden 2. Sedimenter 3. Vann 4. Blåskjell (<i>Mytilus edulis</i>)	Fire engelske emneord 1. Kristiansand fjord 2. Sediments 3. Water 4. Blue mussels (<i>Mytilus edulis</i>)
--	---



Kristoffer Næs
Prosjektleder



Morten Schaaning
Forskningsleder



James Berg
Forskningsdirektør

**Overvåking av miljøgifter i nærområdet til Xstrata
Nikkelverk AS i Kristiansand i 2012; Metaller i
sedimenter, vann og blåskjell**

Forord

NIVA gjennomfører en langsiktig overvåking for Xstrata Nikkelverk AS i Kristiansand. Hovedkontakt for bedriften har vært Hege Stubberud og i senere tid Bjørg Kari Haugland.

Ved NIVA har Jarle Håvardstun, Merete Schøyen og Sigurd Øxnevad gjennomført feltarbeidet. Kristoffer Næs og Jarle Håvardstun har skrevet rapporten. NIVAs, ALS' og Eurofins laboratorier har gjennomført analysene.

Alle takkes for innsatsen.

Grimstad, 5. juni 2013

Kristoffer Næs

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn	7
2. Undersøkellesmetodikk	8
2.1 Vannmasser	8
2.2 Blåskjell	9
2.3 Sedimenter	11
3. Resultater og diskusjon	13
3.1 Overvåking av arsen i vannmassene	13
3.1.1 Bakgrunn og formål	13
3.1.2 Beskrivelse av utslippet	13
3.1.3 Konsentrasjoner	19
3.2 Metaller i blåskjell	20
3.3 Metaller i sedimenter	20
3.4 Videre overvåking	32
4. Referanser	40
Vedlegg A. Analyseresultater - Blåskjell	41
Vedlegg B. Analyseresultater - Vannprøver	42
Vedlegg C. Analyseresultater - Sedimenter	46
Vedlegg D. Analysemetoder og analyseusikkerhet	52

Sammendrag

Kristiansandsfjorden har vært og er fremdeles tildels sterkt forurenset av utslipp fra den lokale industrien. Fjorden er imidlertid i en utvikling mot bedre miljøtilstand etter at industrien har gjennomført utslippsbegrensende tiltak og tiltak mot de forurensete sedimentene. Forurensningsmyndighetene har satt i gang et overvåkingsprogram som skal dekke fjordområdet som sådan. I den sammenheng har Xstrata Nikkelverk AS igangsatt et eget overvåkingsprogram for det mer bedriftsnære området. Problemstillingene rundt utslipp fra bedriften er i hovedsak knyttet til metaller og organiske miljøgifter.

Hovedformålene med undersøkelsene er å:

- Overvåke konsentrasjoner av arsen i vannmasser, blåskjell og sedimenter i nærområdet til Xstrata Nikkelverk AS
- Overvåke konsentrasjonen av metaller og organiske miljøgifter slike som dioksiner og PCB i blåskjell og sedimenter i nærområdet til Xstrata Nikkelverk AS
- Danne grunnlag for en overvåking av eventuelle endringer over tid i sjøresipienten til Xstrata Nikkelverk AS
- Supplere myndighetenes mer overordnede overvåkingsprogram i Kristiansandsfjorden

Undersøkelsene i 2012 har omfattet målinger av arsen i vannmasser og blåskjell og metallpåvirkning av sedimentene i Hanneviksbukta.

Målingene av arsen i vannmassene. Modellering gjort i forbindelse med 2010-undersøkelsene av konsentrasjonene av hovedutslippet av arsen viste at allerede ved primærfortynningen oppnås vanligvis tilstandsklasse II, ”moderat forurenset”, iht. Klifs klassifiseringer. Modellen anslo videre influensområdet for utslippet til noen titalls meter omkring utslippspunktet. Resultatene fra overvåkingen i 2010, 2011, 2012 og 2013 bekrefter i stor grad modelleringen og de målte konsentrasjonene var lave.

Blåskjellundersøkelsene gjennomført i 2010, 2011 og 2012 på stasjoner i Hanneviksbukta, ved Myrodden og i Kolsdalsbukta (kun funnet skjell i 2010) viste at det var generelt lave verdier for metallene arsen (As), kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), kvikksølv (Hg) og sink (Zn) i blåskjell. For disse metallene ble alle stasjoner klassifisert til ”moderat forurenset (klasse II)” eller lavere. For bly og nikkel ble stasjonen i Hanneviksbukta i 2011 klassifisert til ”markert forurenset (klasse III)”, mens skjellene fra de to andre stasjonene ble klassifisert til ”ubetydelig-lite forurenset (klasse I)” av bly (Pb). Resultatene samstemmer godt med observasjonene fra 2010. I 2012 ble kun arsen analysert og verdien var lav.

Sedimentundersøkelsene gjennomført i 2012 viser at tildekkingen av sedimentene i Hanneviksbukta med rent sandig materiale førte til en betydelig reduksjon i konsentrasjoner i overflatesedimentene, men at disse nå er blitt betydelig rekontaminert. Rekontamineringen kan skyldes flere forhold. Etter den opprinnelige tildekkingen av sedimentene i Hanneviksbukta, ble det påvist sedimentavsetninger under deler av vestre kaiområde. Tiltak ble etter hvert gjennomført, men forurensete partikler kan i mellomtiden ha blitt spredd og sedimentert opp på tildekkingslaget i bukta. Rekontamineringen kan også skyldes dagens tilførsler i form av aktive utslipp og også transport og sedimentasjon av forurensete partikler fra det utildekkede området utenfor Hanneviksbukta. Ut fra en statistisk behandling er strategi for fremtidig overvåking av tidsutvikling av metallkonsentrasjoner i Hanneviksbukta anbefalt.

Summary

Title: Monitoring of environmental toxins in the nearshore area of Xstrata Nikkelverk AS in Kristiansand in 2012: Metals in sediments, water and blue mussels

Year: 2013

Authors: Kristoffer Næs and Jarle Håvardstun

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-6282-7

Xstrata Nikkelverk AS, Kristiansand, conducts a monitoring program of the sea area near to the facility in Kristiansand fjord, S Norway. The program complements and is connected to the national monitoring of this fjord. In 2012, the analysis of arsenic in water and mussels were performed along with a comprehensive survey of metal concentrations in the sediments. The results showed that the arsenic content in water and blue mussels were low. The sediment survey showed that the cap of clean sand placed around year 2000 has been recontaminated. A strategy for further time trend monitoring is suggested.

1. Bakgrunn

Xstrata Nikkelverk AS er pålagt av Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) å etablere et overvåkingsprogram for å belyse konsekvenser av utslipp av miljøgifter til Kristiansandsfjorden. Problemstillingene rundt utslipp fra bedriften er i hovedsak knyttet til metaller, med spesielt fokus på arsen i tillegg til organiske miljøgifter. Det har de siste 15 årene blitt gjennomført mange tiltak for å bedre miljøforholdene i Kristiansandsfjorden generelt. Dette omfatter både utslippsreduksjoner og tiltak med de forurensede sedimentene i Hanneviksbukta og langs kaiene til Xstrata Nikkelverk AS. En oppsummering av disse tiltakene er beskrevet i Berge mfl. 2007.

Hovedformålene med undersøkelsene er å:

- Overvåke konsentrasjoner av arsen i vannmasser, blåskjell og sedimenter i nærområdet til Xstrata Nikkelverk AS
- Overvåke konsentrasjonen av metaller og organiske miljøgifter slik som dioksiner og PCB i blåskjell og sedimenter i nærområdet til Xstrata Nikkelverk AS
- Danne grunnlag for en overvåking av eventuelle endringer over tid i sjøresipienten til Xstrata Nikkelverk AS
- Supplere myndighetenes mer overordnede overvåkingsprogram i Kristiansandsfjorden

For å kunne belyse konsekvensene av utslippene til Hanneviksbukta og Kristiansandsfjorden har NIVA benyttet sin inngående kunnskap om Kristiansandsfjorden gjennom 30 års arbeid i fjordområdet. Dette omfatter blant annet nylig avsluttede målinger av sedimentasjon av metaller i Hanneviksbukta (Næs og Håvardstun 2010) og årlig overvåking på faste stasjoner i Kristiansandsfjorden innenfor det nasjonale overvåkingsprogrammet Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP) (Green mfl. 2010). I tillegg gjennomfører NIVA på oppdrag fra myndighetene et overvåkingsprogram som omfatter miljøgifter i vann, organismer og sedimenter i Kristiansandsfjorden (Schøyen mfl. 2012). Det er også utarbeidet et forurensningsbudsjett i Hanneviksbukta for noen utvalgte miljøgifter (Kroglund og Håvardstun 2011).

Undersøkelsene i 2012 har vært fokusert rundt videreføring av overvåkingen av arsen i vannmasser og i blåskjell. I tillegg har det blitt gjennomført en omfattende kartlegging av fordeling og nivå av utvalgte metaller i overflatesedimentene i Hanneviksbukta. Det er nå vel 10 år siden de forurensede sedimentene her ble overdekket av ren sand og det har vært et behov for å avklare hvordan forurensningssituasjonen i sedimentene har endret seg i denne perioden. Knyttet til dette har et hovedformål med sedimentundersøkelsene vært å finne en hensiktsmessig overvåkingsstasjon for å kunne påvise utviklingen over tid for sedimentene i Hanneviksbukta.

2. Undersøkellesmetodikk

2.1 Vannmasser

Vannprøver for analyse av arsen er blitt samlet inn fra tre stasjoner i 2011 (6.6.11 og 4.8.11) og videreført i 2012 (2.4.12 og 7.12.12), (**Figur 1**). Koordinater for stasjonene er gitt i **Tabell 1**. Vannprøvene ble analysert for totalinnhold av arsen ved ALS' laboratorium.



Figur 1. Kart som viser stasjonsplassering for vannprøver og blåskjell for Xstrata Nikkelverk AS i 2011 og 2012. Det er også vist stasjoner for NIVAs prosjekter for Fylkesmannen i Vest-Agder og Elkem i 2011 og 2012.

Tabell 1. Koordinater for prøvetakingspunkter for vann og blåskjell (WGS84) i 2011 og 2012.

Stasjonsnavn	Prøvetype	Breddegrader	Lengdegrader
Kolsdalsbukta	vann	N 58°08.337	Ø 07°58.677
Hanneviksbukta	vann	N 58°07.974	Ø 07°58.369
K 18	vann	N 58°07.801	Ø 07°59.196
Hanneviksbukta	blåskjell	N 58°08.160	Ø 07°58.154
Myrodden	blåskjell	N 58°07.890	Ø 07°58.642

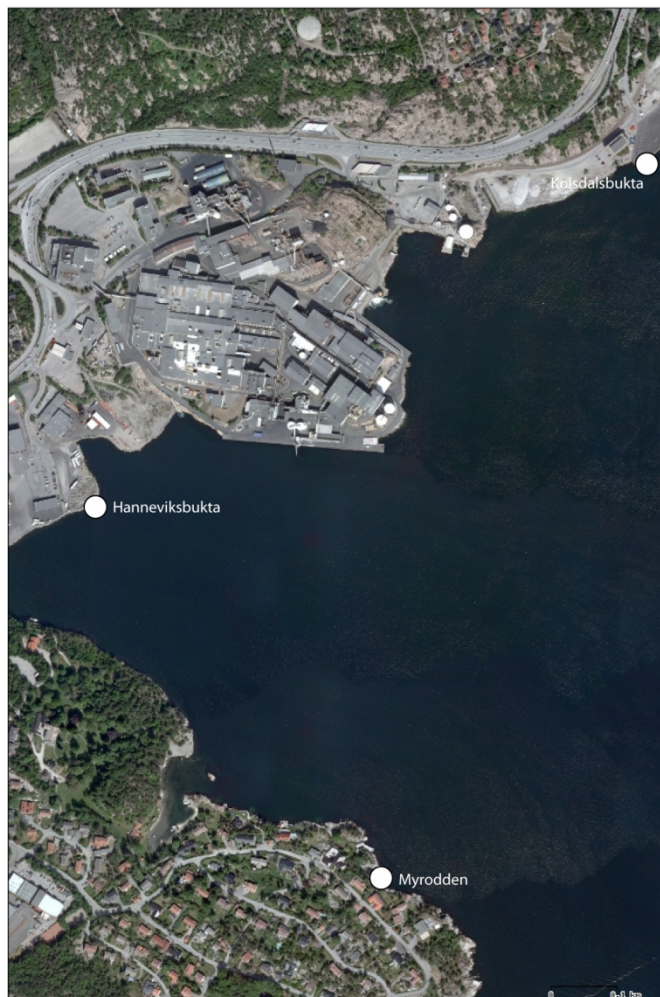
Klif har utviklet kriterier for klassifisering av miljøkvalitet basert på innhold av miljøgifter i blant annet sjøvann (Bakke mfl. 2007). Et utdrag av disse kriteriene for arsen er vist i **Tabell 2**. Systemet opererer med fem tilstandsklasser som spenner fra ”bakgrunn (klasse I)” til ”svært dårlig (klasse V)” for innhold av metaller i vann.

Tabell 2. Utdrag av ”Klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller i vann” (Bakke mfl. 2007)

	I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Arsen ($\mu\text{g As/l}$)	<2	2 - 4,8	4,8 - 8,5	8,5 - 85	>85

2.2 Blåskjell

Det er blitt samlet inn blåskjell fra to stasjoner, Hanneviksbukta (6/6/11, 05/07/12 og 28/09/12) og Myrodden (4/8/11 og 20/10/11, 05/07/12 og 28/09/12), se **Figur 1**, **Figur 2**, og **Tabell 1**. Opprinnelig var det også planlagt innsamling fra en stasjon i Kolsdalsbukta. Her ble det imidlertid ikke funnet skjell.



Figur 2. Plassering av blåskjellstasjoner.

I 2012 ble blåskjellene kun analysert for tørrstoffinnhold og arsen, analysene ble utført ved Eurofins laboratorier.

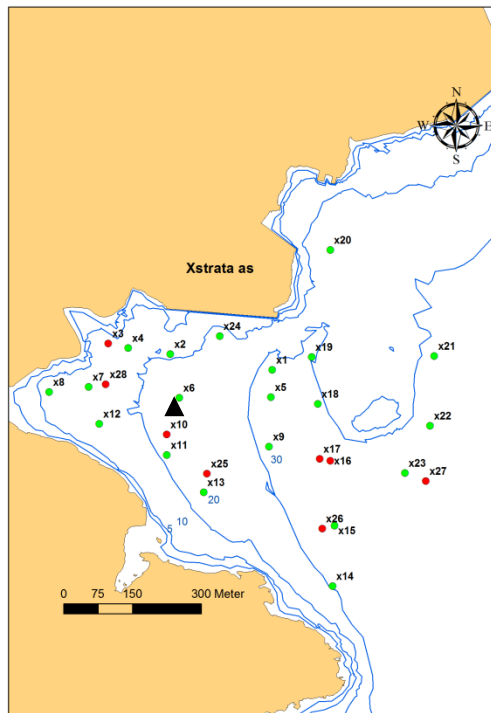
Klif har utviklet kriterier for klassifisering av miljøtilstand basert på innhold av miljøgifter i blant annet blåskjell (Molvær mfl. 1997). Et utdrag av disse kriteriene er vist i **Tabell 3**. Systemet opererer med fem tilstandsklasser som spenner fra ”ubetydelig-lite forurenset (klasse I)” til ”meget sterkt forurenset (klasse V)” for innhold av miljøgifter. Blåskjellene fra Kristiansand er blitt klassifisert iht. dette systemet.

Tabell 3. Klifs klassifisering av miljøtilstand basert på innhold av metaller og utvalgte klororganiske forbindelser i blåskjell (Molvær mfl. 1997).

Arter/ vev	Parametere	Tilstandsklasser				
		I <i>Ubetydelig – Lite forurenset</i>	II <i>Moderat forurenset</i>	III <i>Markert forurenset</i>	IV <i>Sterkt forurenset</i>	V <i>Meget sterkt forurenset</i>
Blåskjell (tørrvektbasis)	Bly (mg Pb/kg)	<3*	3-15	15-40	40-100	>100
	Kadmium (mg Cd/kg)	<2	2-5	5-20	20-40	>40
	Kobber (mg Cu/kg)	<10	10-30	30-100	100-200	>200
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0,2	0,2-0,5	0,5-1,5	1,5-4	>4
	Krom (mg Cr/kg)	<3	3-10	10-30	30-60	>60
	Sink (mg Zn/kg)	<200	200-400	400-1000	1000-2500	>2500
	Nikkel (mg Ni/kg)	<5	5-20	20-50	50-100	>100
	Arsen (mg Ar/kg)	<10	10-30	30-100	100-200	>200
	Sølv (mg Ag/kg)	<0,3	0,3-1	1-2	2-5	>5
TBT* (mg/kg)	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	2-5	>5	
Blåskjell (våtvektbasis)	ΣPAH (µg/kg)	<50	50-200	200-2000	2000-5000	>5000
	ΣKPAH (µg/kg)	<10	10-30	30-100	100-300	>300
	B[a]P (µg/kg)	<1	1-3	3-10	10-30	>30
	TE _{PCDF/D} (ng/kg)	<0,2	0,2-0,5	0,5-1,5	1,5-3	>3
	HCB (µg/kg)	<0,1	0,1-0,3	0,3-1	1-5	>5
	ΣPCB ₇ (µg/kg)	<4	4-15	15-40	40-100	>100

2.3 Sedimenter

Innsamling av sedimentprøver fra Hanneviksbukta ble gjennomført 05.06.2012 (**Figur 3**). Sedimentstasjonen fra 2010, som viste seg uegnet for trendovervåking, er også vist i kartet.



Figur 3. Kart over prøvetakingsstasjoner for sedimenter i Hanneviksbukta. Grønne punkter angir hvor prøver ble oppnådd, rød hvor det mislykkes å hente prøve. Svart trekant er opprinnelig overvåkingstasjon for sedimenter etablert i 2010.

Sedimentprøvene ble analysert på innhold av metallene arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink ved Eurofins laboratorium. Klifs grenseverdier for tilstandsklasser for disse metallene er gitt i **Tabell 4**.

Tabell 4. Klifs klassifisering av miljøtilstand ut fra innhold av metaller i sedimenter oppgitt på tørrvektbasis (Bakke mfl. 2007).

Parametere	Tilstandsklasser				
	I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Metaller					
Arsen (mg As/kg)	<20	20-52	52-76	76-580	>580
Bly (mg Pb/kg)	<30	30-83	83-100	100-720	>720
Kadmium (mg Cd/kg)	<0,25	0,25-2,6	2,6-15	15-140	>140
Kobber (mg Cu/kg)	<35	35-51	51-55	55-220	>220
Krom (mg Cr/kg)	<70	70-560	560-5900	5900-59000	>59000
Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0,15	0,15-0,63	0,63-0,86	0,86-1,6	>1,6
Nikkel (mg Ni/kg)	<30	30-46	46-120	120-840	>840
Sink (mg Zn/kg)	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500

3. Resultater og diskusjon

3.1 Overvåking av arsen i vannmassene

3.1.1 Bakgrunn og formål

Xstrata Nikkelverk A/S har hatt fokus på belastningen i resipienten fra utslipp av arsen. I rapporten fra 2010 ble spredning og fortynningsforhold til hovedutslippet av arsen modellert og på det grunnlag ble det samlet inn vannprøver fra overflatevannmassene. I 2011 og 2012 er prøvetakingen videreført, men da med prøver fra flere vannlag. Hovedresultatene fra modelleringen rapportert i 2010 er tatt med her for å lette forståelsen av arsens forekomst i vannmassene.

3.1.2 Beskrivelse av utslippet

I rapporten fra 2010 ble innlagringsdyp og fortynning modellert. Det er fem utslipp der avløpsvannet inneholder arsen (**Figur 4**). Av disse bidrar avløp nr. 7 med 62 % regnet på årsbasis (**Tabell 5**) og de etterfølgende beregningene blir derfor konsentrert om dette.

Vannet som slippes ut gjennom avløp 7 består av filtrat fra felleanlegg for tynne løsninger og sjøvann. Egenvekten av filtratet er oppgitt til 0,996 kg/l, eller praktisk talt samme egenvekt som ferskvann. Sjøvannet pumpes inn fra 21 meters dyp i Hanneviksbukta. Opplysningene om utslippet er sammenfattet i **Tabell 6**.

Tabell 5. Beskrivelse av avløp som fører arsen til Hanneviksbukta. Data fra 2009.

Avløp nr.	Arsen (kg/d)		
	Middel	Maksimum	Minimum
3	0,04 (10,8 %)	0,22	0,01
7	0,23 (62,2 %)	0,38	0,13
9	0,05 (13,5 %)	0,15	0
14	0,02 (5,4 %)	0,03	0
20	0,03 (8,1 %)	0,06	0
Sum	0,37 (100 %)	0,84	0,14



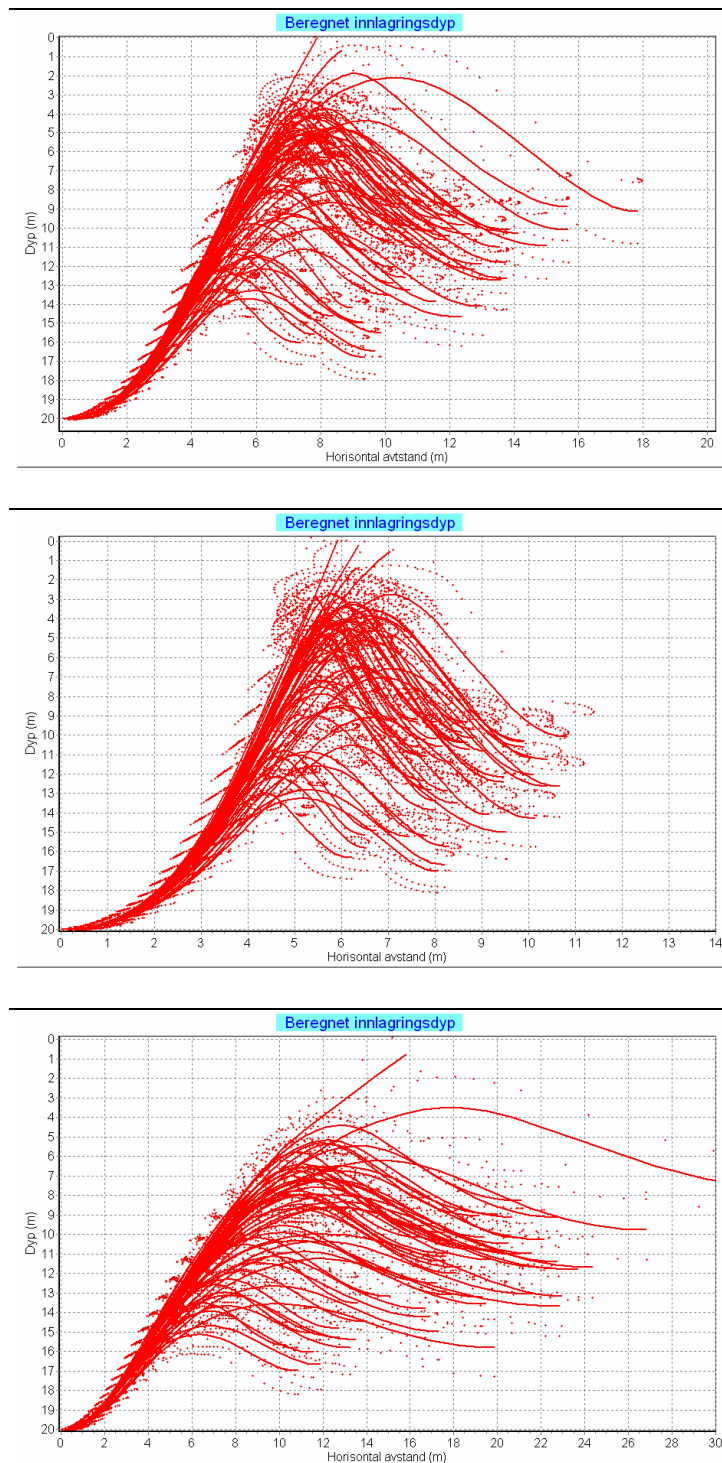
Figur 4. Hanneviksbukta med avløp som fører arsen. Avløp 7 er i særklasse størst.

Xstrata Nikkelverk AS opplyser at i 2009 var gjennomsnittskonsentrasjonen 25 µg As/l i avløp 7, maksimum var 39 µg As/l og minimum var 13 µg As/l. I beregningene er 25 µg As/l lagt til grunn. Bedriften (Björg Kari Haugland) opplyser at i 2012 varierte konsentrasjonen av As fra 14 til 25 µg/l med et gjennomsnitt på 20g/l. Gjennomsnittlig vannmengde i avløp 7 var 11670 m³/døgn med 3205 m³/døgn i filtratet.

Tabell 6. Avløp 7. Vannmengder, utslipp og inntak, til bruk i beregningene av innlagingsdyp og fortykning for utslippsvannet.

Vannmengder (m ³ /d)			Inntaksdyp sjøvann	Utslippsdyp	Diameter utslippsledning
Filtrat	Sjøvann	Totalt			
3120	6320	9440	21 m	20 m	600 mm

Avløpsvannet har lavere egenvekt enn sjøvannet i 20 meters dyp og begynner dermed å stige mot overflaten. Innlagringen påvirkes av den vertikale sjiktningen og av strømhastigheten. Resultatene av innlagingsberegningene for strømhastigheter på 2 cm/s, 4 cm/s og 8 cm/s er vist i **Figur 5**. For mer detaljerte opplysninger vises det til rapporten fra undersøkelsene i 2010 (Håvardstun mfl. 2011).



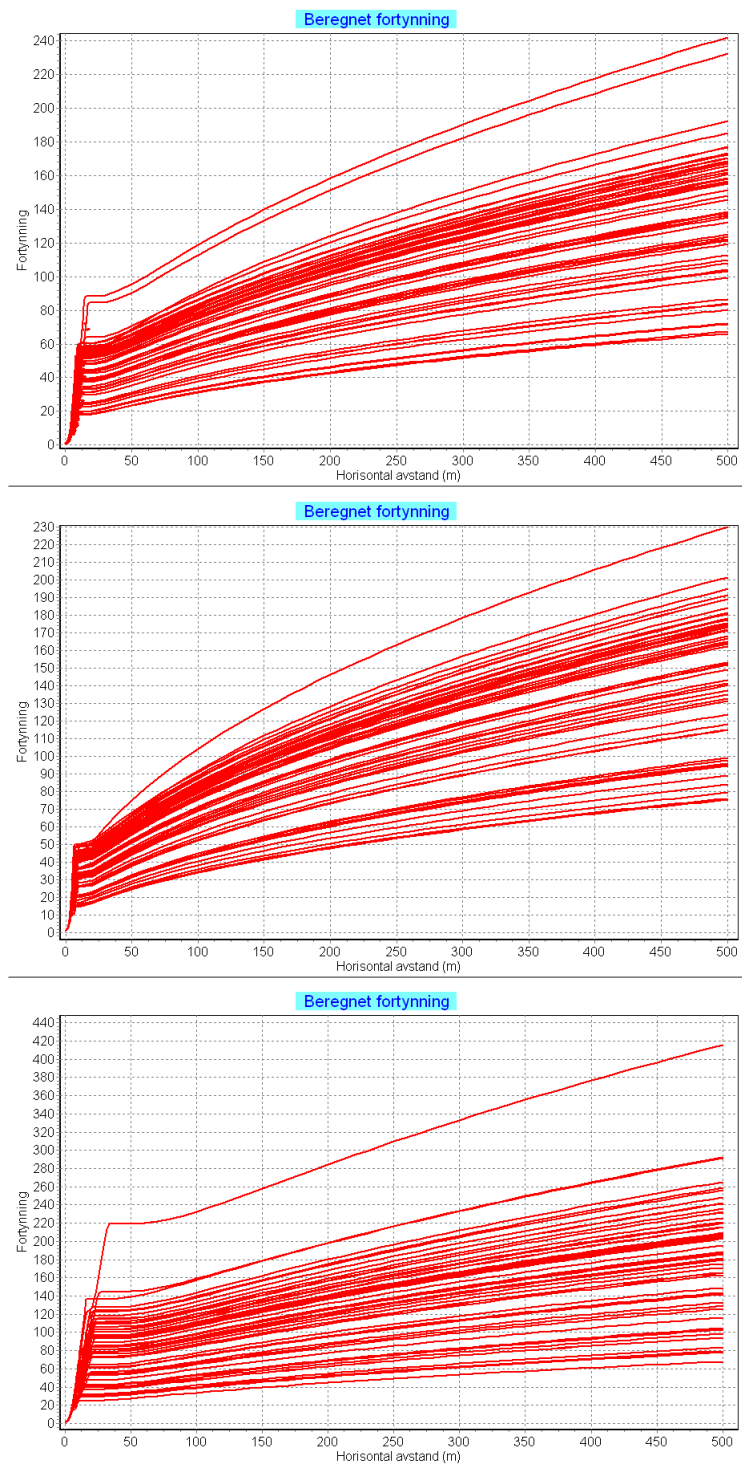
Figur 5. Beregningen av innlagringsdyp for avløpsvannet ved utlipp i 20 meters dyp. Hver figur viser resultat for 56 situasjoner. Senterlinjen for skyen med fortynnet avløpsvann er vist med heltrukne linjer, mens yttergrensene er vist med stiplede linjer. Øverst: resultat for vanligste strømhastighet, 4 cm/s. Midten: resultat for lav strømhastighet, 2 cm/s. Nederst: resultat for høy strømhastighet, 8 cm/s.

Den beregnede gjennomsnittlige fortynningen i den innlagrede ”skyen” med avløpsvann er vist i **Figur 6** med de tre valgte strømhastighetene. Ved den vanligste strømhastigheten (4 cm/s) er avløpsvannet fortynnet 20-60x allerede når det innlagres (primærfortynningen). Fortynningen er lavest når avløpsvannet innlagres dypt (kort fortynningsdistanse) og større ved de situasjonene når innlagringen skjer høyere i vannsøylen. For de to situasjonene hvor det innblandes i overflatelaget er primærfortynningen ca. 85x. Ved ca. 150 meters avstand er fortynningen typisk 40-140x.

Den midtre figuren (strømhastighet 2 cm/s) viser noe lavere primærfortynning fordi strålebanen er mer vertikal (kortere fortynningsdistanse enn for 4 cm/s), men deretter øker fortynningen relativt raskt – og raskere enn ved 4 cm/s. Denne forskjellen skyldes at ”fortynning behøver tid”, og ved lav hastighet tar det lenger tid for avløpsvannet å nå ut til for eksempel 150 meter enn ved større hastigheter.

Den nederste figuren (strømhastighet 8 cm/s) viser høyest primærfortynning fordi strålebanen er flatere (lengre fortynningsdistanse enn for 2-4 cm/s), men deretter øker fortynningen langsommere enn vist i de to figurene ovenfor. Grunnen til langsommere fortynning ut til for eksempel 150 meter er større strømhastighet/kortere tid.

Den vertikale tykkelsen av skyen med fortynnet avløpsvann vil variere med den vertikale sjiktningen og strømforholdene, men ligger sannsynligvis oftest i intervallet 2-3 meter. I sentrum av skyen vil fortynningen oftest være 50-70 % av den gjennomsnittlige fortynningen.



Figur 6. Beregnet fortytning av avløpsvannet for de 56 situasjonene og ved strømhastighet 4 cm/s (øverst), 2 cm/s (midten) og 8 cm/s (nederst).

Vi har antatt at $2 \mu\text{g As/l}$ er en typisk konsentrasjon i sjøvannet som blandes med avløpsvannet, og dermed fortynner dette. Til vanlig oppnås dermed tilstandsklasse II "God" ($2-4,8 \mu\text{g As/l}$) allerede ved primærfortynningen. På grunnlag av beregningene i det foregående kapitlet, vannkvalitetsklassifiseringen og en Predicted No Effect Concentration (PNEC) på $12,5 \mu\text{g As/l}$ (Crommentuijn mfl. 1997) kan man dermed anslå influensområdet for utslippet til noen titalls meter omkring utslippspunktet, som skissert i **Figur 7**.

Til vanlig vil det fortyndede avløpsvannet bli innlagret i 10-15 meters dyp. Det er mulig at avløpsvannet en gang i blant – ved fralandsvind som reduserer innstrømming av brakkvann fra selve Kristiansandsfjorden/liten vannføring i Otra – kan nå overflatelaget i Hanneviksbukta. Da er samtidig primærfortynningen maksimal og arsenkonsentrasjonen $\leq 2,5 \mu\text{g As/l}$.

I forhold til påvirkning kan man også ta i betraktning at mens vanddypet i influensområdet (vannsøylen) er 20-30 meter, vil tykkelsen av skyen med fortyndet avløpsvann typisk være 2-4 meter.



Figur 7. Illustrasjon av skyen med innlagret avløpsvann. Utenfor noen titalls meter vil vannkvaliteten tilsvare "god tilstandsklasse (klasse II)".

3.1.3 Konsentrasjoner

Resultatene av målingene av arsen i vannprøvene fra Kristiansandsfjorden i 2010, 2011 og 2012 er vist i **Tabell 7**. Målingene i 2010 og 2011 viste at det ikke ble funnet arsenkonsentrasjoner over bakgrunnsnivå i overflatevannmassene. Prøven på 10 meters dyp som ligger nær utslippspunktet, viste noe høyere verdi svarende til tilstandsklasse II "god miljøtilstand". De observerte verdiene stemmer således godt overens med de modellerte konsentrasjonene. På grunn av en laboratoriefeil ble vannprøvene fra 2012 analysert med for høy deteksjonsgrense. Den laveste deteksjonsgrensen i 2012 på 7 µg/l tilsvarer tilstandsklasse III. Ut fra dette og også lave konsentrasjoner i blåskjell i 2012, er det grunn til å anta at verdiene i 2012 var tilsvarende de i 2010 og 2011. Dette ble ytterligere verifisert med ny prøvetaking og analyser med lav deteksjonsgrense i april 2013. Disse analysene bekreftet lave konsentrasjoner av arsen, sammenlignbare med de målt i 2010 og 2011.

Tabell 7. Arseninnhold i vannprøver fra Kristiansandsfjorden i 2010, 2011 og 2012. Romertall tilsvarer tilstandsklasse iht. Klifs kriterier.

Stasjon	Dato	Dyp m	As µg/l	Tilstandsklasse
K 18	10/9/2010	0,3	<1	I
Kolsdalsbukta	10/9/2010	0,3	1,21	I
Myrodden	10/9/2010	0,3	1,14	I
K 18	9/12/2010	0,2	1,19	I
Kolsdalsbukta	9/12/2010	0,2	1,49	I
Kolsdalsbukta	9/12/2010	10	1,45	I
Myrodden	9/12/2010	0,2	1,24	I
K 18	06/6/2011	0,3	<1	I
Kolsdalsbukta	06/6/2011	0,3	<1	I
Kolsdalsbukta	06/6/2011	10	<2	I
Myrodden	06/6/2011	0,3	<1	I
K 18	04/08/2011	0,3	0,70	I
Kolsdalsbukta	04/08/2011	0,3	0,65	I
Kolsdalsbukta	04/08/2011	10	2,57	II
Myrodden	04/08/2011	0,3	0,74	I
K 18	02/04/2012	0,5	<30	Irrelevant pga. høye deteksjonsgrenser
Kolsdalsbukta	02/04/2012	0,5	<30	-
Kolsdalsbukta	02/04/2012	10	<30	-
Myrodden	02/04/2012	0,3	<40	-
K 18	11/12/2012	0,5	<7	-
Kolsdalsbukta	11/12/2012	0,5	<7	-
Kolsdalsbukta	11/12/2012	5	<8	-
Kolsdalsbukta	11/12/2012	10	<9	-
Kolsdalsbukta	11/12/2012	15	<9	-
Myrodden	11/12/2012	0,5	<7	-
Kolsdalsbukta	26/04/2013	0,5	1,50	I
Kolsdalsbukta	26/04/2013	5	2,30	II
Kolsdalsbukta	26/04/2013	10	1,83	I
Kolsdalsbukta	26/04/2013	15	2,23	II

3.2 Metaller i blåskjell

Innholdet av metaller i blåskjellprøvene fra nærområdet til Xstrata Nikkelverk AS i 2010, 2011 og 2012 er vist i **Tabell 8**. Som tidligere opplyst, ble det i 2012 kun analysert for innhold av arsen

Tabell 8. Metallinnhold i blåskjell fra Kristiansandsfjorden i 2010, 2011 og 2012. Farge tilsvarende tilstandsklasser iht. Klifs kriterier (**Tabell 3**). For aluminium (Al), jern (Fe), kobolt (Co), silisium (Si) og kalsium (Ca) er det ikke utarbeidet tilstandsklasser. I 2012 var det kun As som inngikk i analyseprogrammet for blåskjell. (U) angir utsatte skjell.

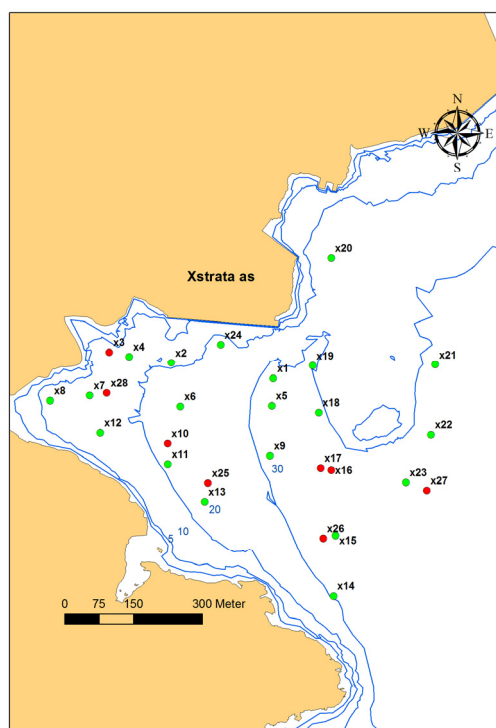
		Tørstoff %	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Al	Fe	Co	Si	Ca
2010:															
Hanneviksbukta		13,1	13,1	1,4	3,5	29	0,2	17	19	148	106	443	7,1	260	3940
Kolsdalsbukta		16,2	12,0	1,0	1,2	12	0,1	4,9	4,0	194	101	494	1,4	241	2963
Myrodden		13,1	14,5	1,6	2,3	11	0,1	7,1	4,4	141	60	328	2,1	137	3359
2011:															
Hanneviksbukta	06.06	15	10,7	1,7	8,7	25,9	0,37	20,5	20,8	174,7	85	560	4,4	200	3940
Myrodden	04.08	14	10,9	1,7	3,0	11,4	0,19	9,3	4,9	156,4	69	364	2,4	193	5621
Myrodden	20.10	15	10,2	1,6	2,9	10,7	0,19	6,1	4,5	114,7	123	393	1,2	187	6387
Myrodden (U)	20.10	14	11,3	1,0	1,7	8,6	0,11	4,4	1,5	138,6	186	421	2,1	307	4564
2012:															
Hanneviksbukta	07.05	14	15												
Myrodden	07.05	14,5	15,2												
Hanneviksbukta	29.08	13	12,3												
Myrodden	29.08	16,5	10,9												

Resultatene viser at det var generelt lave verdier for metallene arsen (As), kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), kvikksølv (Hg) og sink (Zn) i blåskjell i alle de 3 årene overvåkingen har pågått. For disse metallene ble alle stasjoner klassifisert til ”moderat forurenset (tilstandsklasse II)” eller lavere. For bly og nikkel ble stasjonen i Hanneviksbukta i 2011 klassifisert til ”markert forurenset (tilstandsklasse III)”, mens skjellene fra de to andre stasjonene ble klassifisert til ”ubetydelig-lite forurenset (tilstandsklasse I)” av bly (Pb).

I 2010 og 2011 ble blåskjellene ble også analysert for metallene Co, Fe, Al, Si og Ca blant annet siden Al, Si og Ca inngår i overvåkingen i regi av Elkem. Disse metallene er det ikke utarbeidet tilstandsklasser for. Generelt sett var det noe høyere verdier av kobolt og jern i Hanneviksbukta i forhold til Myrodden. Konsentrasjonene av jern, kobolt, silisium og kalsium i skjell fra Myrodden var i samme område som de tre stasjonene, som inngår i Elkems overvåkingsprogram, nemlig Fiskåtangen, Lumber og Timlingene.

3.3 Metaller i sedimenter

Hovedformålet med sedimentprøvetakingen i Hanneviksbukta var å få en oppdatert oversikt over miljøtilstanden etter at tildekkingen av sedimentene har vært gjennomført og på grunnlag av dette velge en hensiktsmessig lokalitet for å kunne påvise konsentrasjonsendringer over tid i Hanneviksbukta. Et relativt tett stasjonsnett ble derfor valgt, **Figur 8**.



Figur 8. Sedimentprøvetakingsstasjoner i Hanneviksbukta. Grønne punkt markerer stasjoner det ble tatt godkjente sedimentprøver fra. Røde punkt markerer stasjoner der det ikke ble godkjente sedimentprøver pga. steinbunn, fjell eller for tynt sedimentlag.

En visuell beskrivelse av sedimentene med prøvetakingsdyp er vist i **Tabell 9**.

Tabell 9. Visuelle observasjoner av sedimentprøver fra Hanneviksbukta innsamlet 05.06.12. Fra fem stasjoner merket med * ble det tatt tre parallelle prøver.

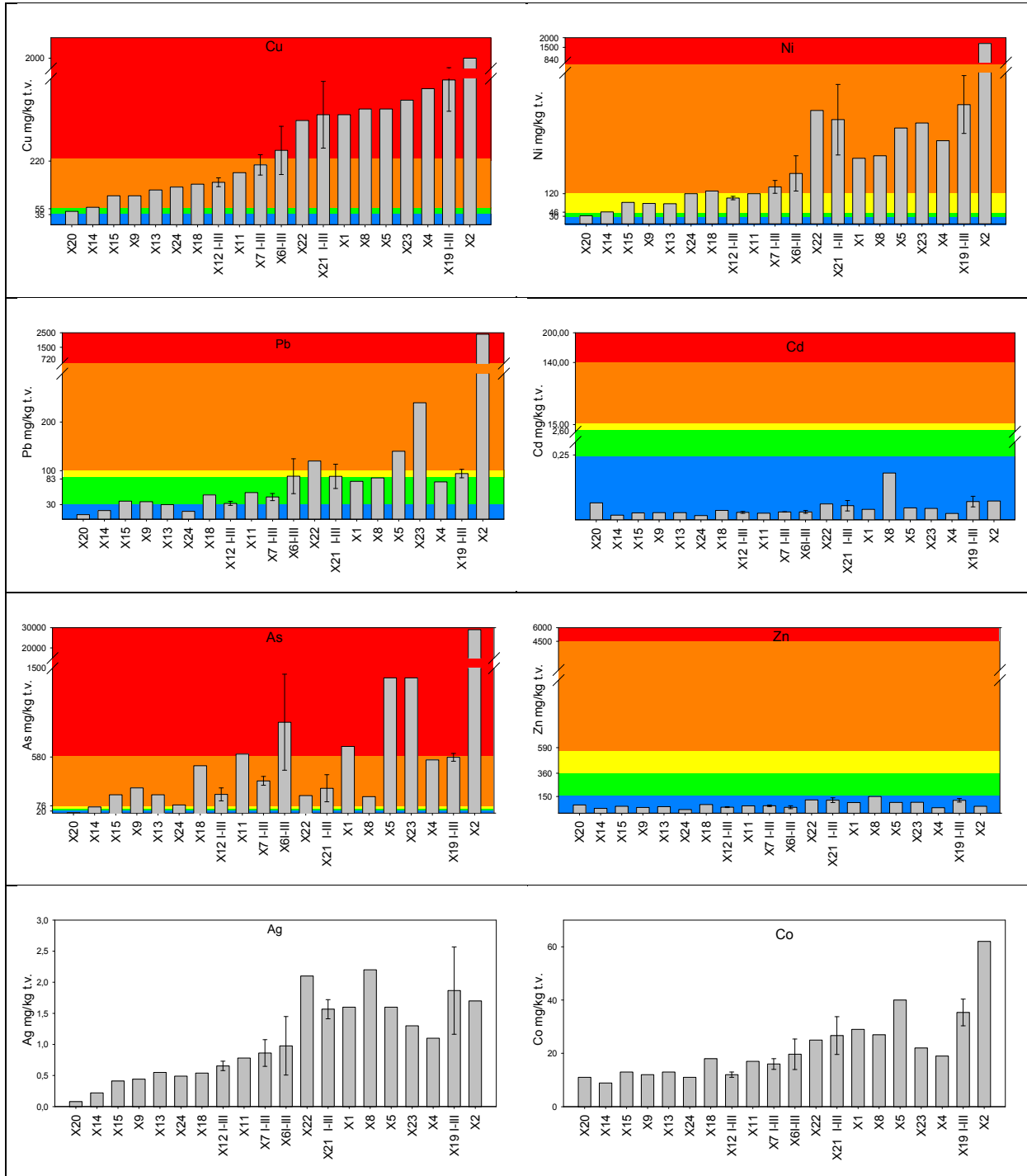
<i>Stasjon</i>	<i>Dyp</i>	<i>Visuelle observasjoner</i>	<i>Lukt av hydrogensulfid</i>
St X1	31 m	Brunt finkornet sediment	Ingen
St X2	19,5 m	Tynt sandlag på toppen, rødoransje under	Ingen
St X4	17 m	Tynt sandlag på toppen, mørkere sandig sediment under	Ingen
St X5	32 m	Brunt finkornet sediment på toppen, sand og stein under, oransje striper under 2 cm	Ingen
St X6*	23 m	Brunt finkornet topplag, mørkere sediment under	Ingen
St X7*	15,5 m	Brunt finkornet topplag, mørkere sediment under	Ingen
St X8	12 m	Brunt finkornet sediment med trebiter	Ingen
St X9	32 m	Grå leire	Ingen
St X11	21 m	Brunt finkornet sediment	Ingen
St X12*	16,6 m	Brunt sandig sediment	Ingen
St X13	23 m	Brunt sandig sediment	Ingen
St X14	31,5	Brunt sandig sediment	Ingen
St X15	34 m	Brunt sandig sediment	Ingen
St X18	32 m	Brunt finkornet topplag, mørkere sediment under med stein og leire	Ingen
St X19*	31 m	Brunt finkornet sediment med leire under	Ingen
St X20	23 m	Brunt finkornet topplag, sandig sediment under	Ingen
St X21*	33 m	Brunt finkornet topplag, mørkere sediment under med stein og leire	Ingen
St X22	37 m	Brunt finkornet topplag, mørkere sediment under med stein og leire	Ingen
St X23	37 m	Brunt sandig sediment	Ingen
St X24	23 m	Brunt sandig sediment	Ingen

Metallresultatene er vist i tabellform i **Tabell 10**, grafisk i **Figur 9** og som geografisk fordeling på stasjonskart i **Figur 11-18**. Fra de fem stasjonene der det ble det tatt tre parallelle prøver for analyse, er gjennomsnittsverdi med standardavvik plottet i figurene.

Tabell 10. Kornfordeling, innholdet av organisk karbon (TOC) og metaller i overflatelaget (0-2 cm) av sedimentene i Hanneviksbukta i 2012. Alle enheter er på tørrvektbasis.

stasjon	Kornford. <63µm	TOC µg C/mg	As µg/g	Cu µg/g	Ni µg/g	Pb µg/g	Zn µg/g	Cd µg/g	Co µg/g	Ag µg/g
X20	42	3	4,9	46	32	9,3	74	0,065	11	0,08
X14	56	6,6	64	60	47	18	43	0,018	9	0,22
X15	78	10	190	100	85	37	62	0,026	13	0,41
X9	36,7*	5*	260	100	81	36	51	0,027	12	0,44
X13	66	10,8	190	120	80	30	59	0,027	13	0,55
X24	8	4	83	130	120	16	33	0,016	11	0,49
X18	73	14,3	490	140	130	50	77	0,036	18	0,54
X12 I-III	53,7	9,4	193	147	102	33	54	0,028	12	0,65
X11	74	11	610	180	120	55	66	0,025	17	0,78
X7 I-III	54	14,1	333	207	147	46	66	0,030	16	0,86
X6 I-III	36,8	9,1	940	257	200	89	53	0,030	20	0,98
X22	48	31,4	180	360	450	120	120	0,061	25	2,10
X21 I-III	64,3	17,8	257	380	413	88	117	0,054	27	1,57
X1	42*	8*	690	380	260	78	95	0,040	29	1,60
X8	29,6*	67*	170	400	270	85	150	0,180	27	2,20
X5	69	18	1400	400	380	140	97	0,046	40	1,60
X23	80	20,9	1400	430	400	240	98	0,044	22	1,30
X4	40	11,8	550	470	330	77	49	0,024	19	1,10
X19 I-III	75,3	13,8	577	500	473	94	116	0,070	35	1,87
X2	35*	7*	29000	2000	1700	2400	62	0,072	62	1,70

Kornfordeling og TOC: *Analysert ved EUROFINS laboratorium, resten ved NIVA

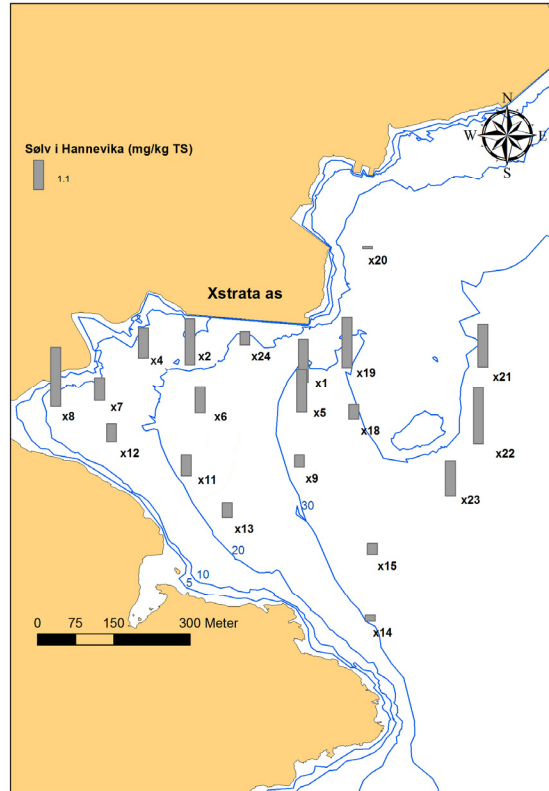


Figur 9. Metallinnhold i sedimenter fra Hanneviksbukta i 2012. Farge tilsvarer tilstandsklasse iht. Klif's klassifiseringssystem. Standardavvik er plottet på stasjoner med tre parallelle prøver.

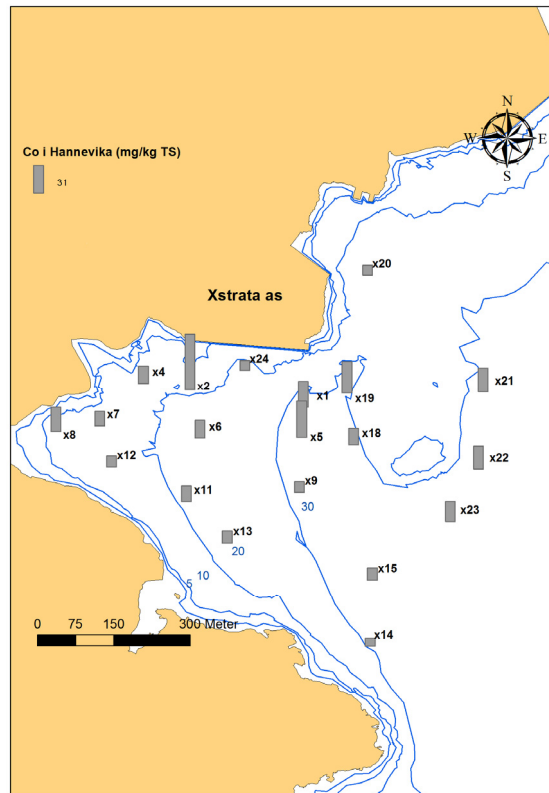
Resultatene viser at det er høye verdier av arsen, kobber, nikkell og del bly. Særlig skiller stasjon X2 seg ut med svært høye verdier. På denne stasjonen var det sandige overdekkingslaget tynt og analyseprøven inneholdt gammel sjøbunn, sannsynligvis fra før tildekkingen (**Figur 10**).



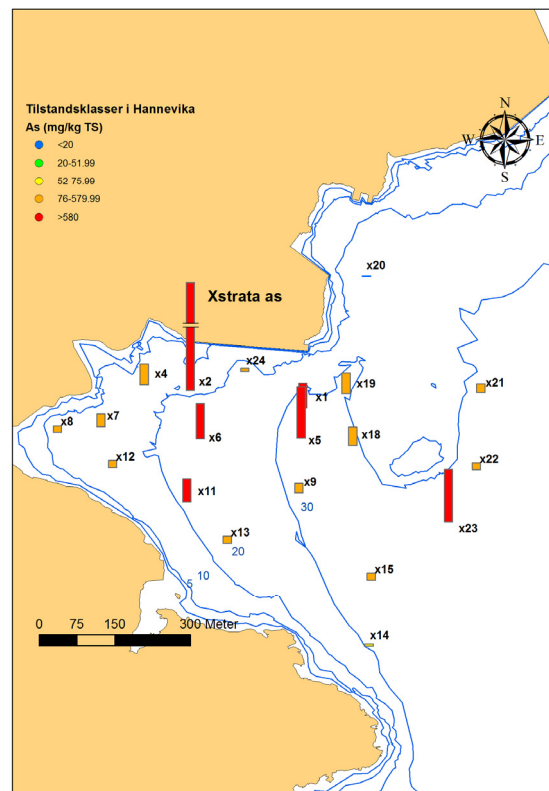
Figur 10. Bilde av sedimenter fra stasjon X2. Det tynne laget av sand over et oransje lag av sedimenter. Dette er sannsynligvis gammel sjøbunn fra før tildekkingen.



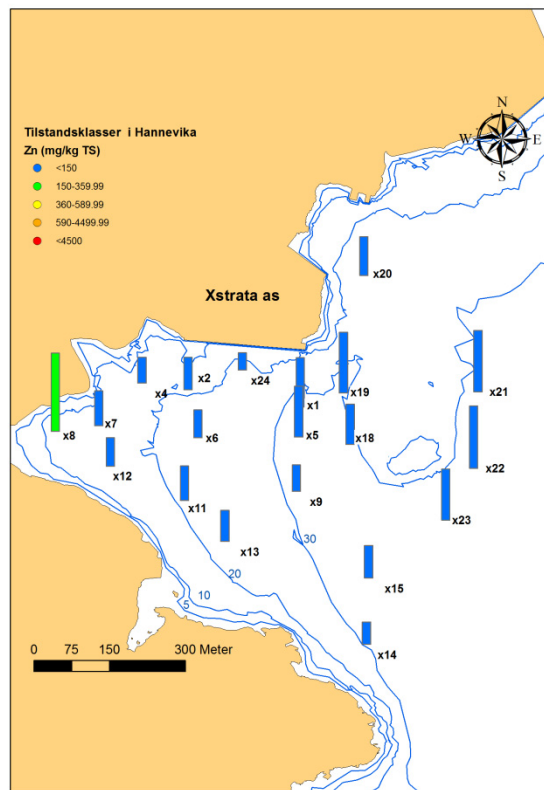
Figur 11. Innholdet av sølv i sedimentene fra Hanneviksbukta i 2012.



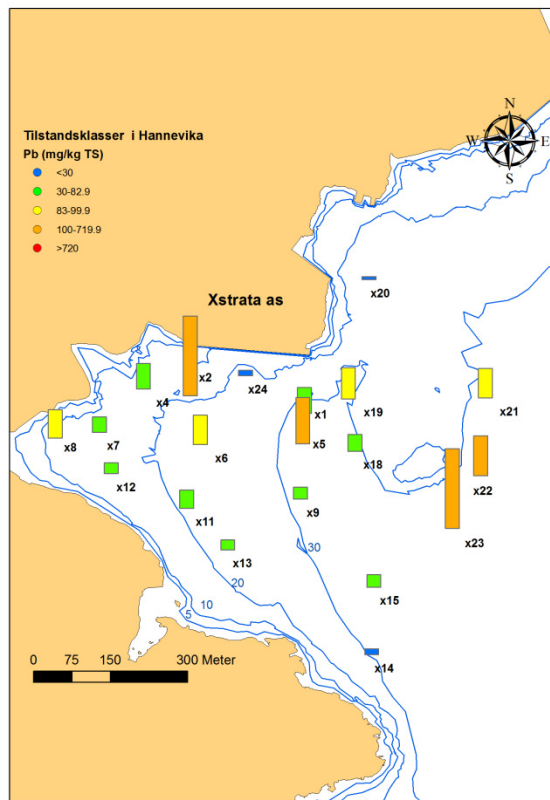
Figur 12. Innholdet av kobolt i sedimentene fra Hanneviksbukta i 2012.



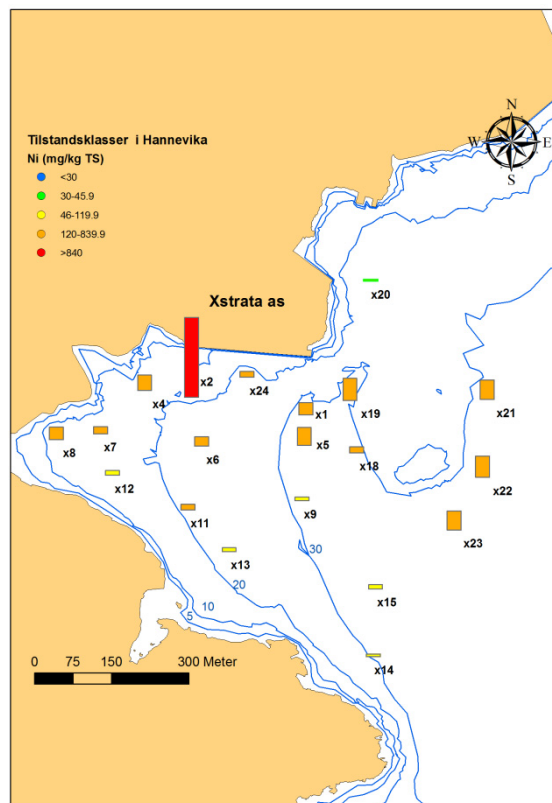
Figur 13. Innholdet av arsen i sedimentene fra Hanneviksbukta i 2012.



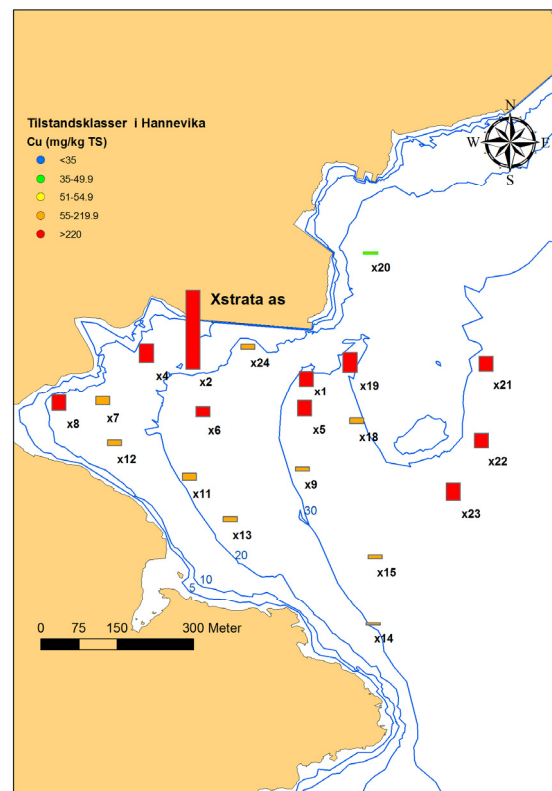
Figur 14. Innholdet av sink i sedimentene fra Hanneviksbukta i 2012.



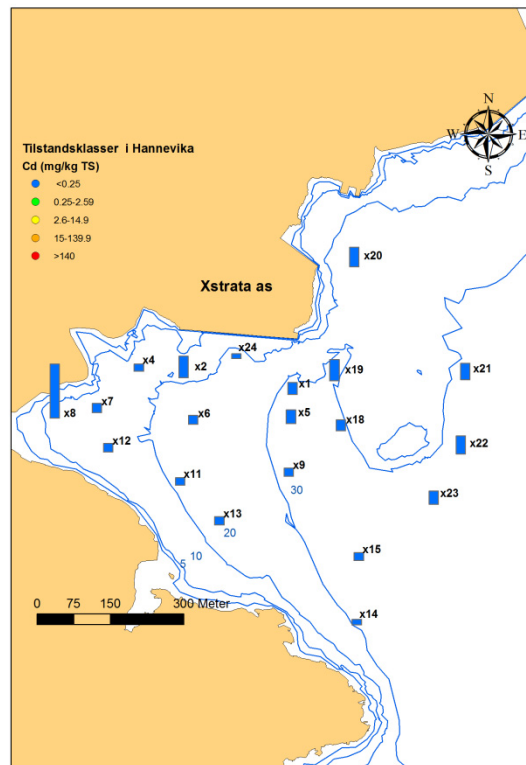
Figur 15. Innholdet av bly i sedimentene fra Hanneviksbukta i 2012.



Figur 16. Innholdet av nikkel i sedimentene fra Hanneviksbukta i 2012.

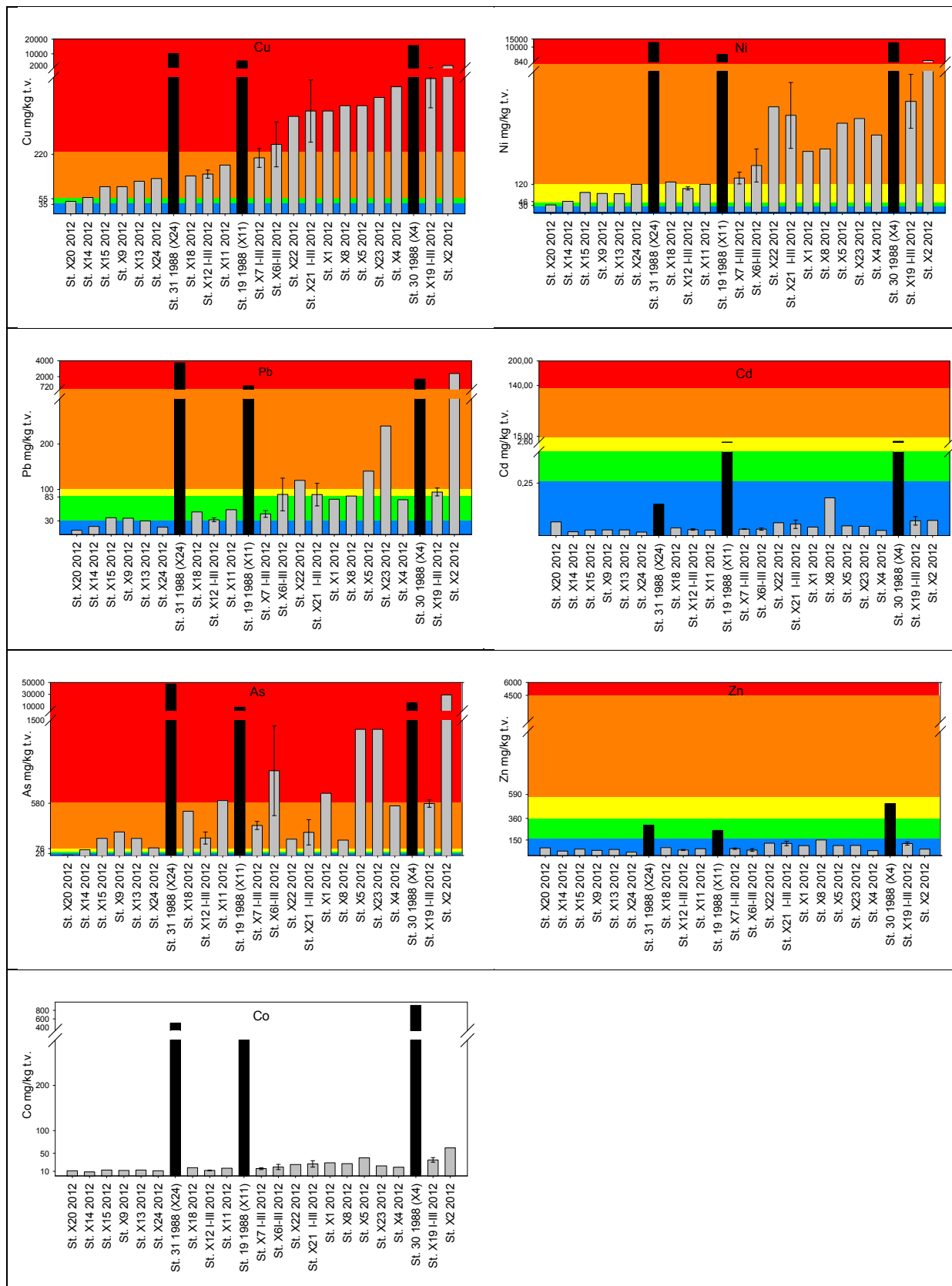


Figur 17. Innholdet av kobber i sedimentene fra Hanneviksbukta i 2012.



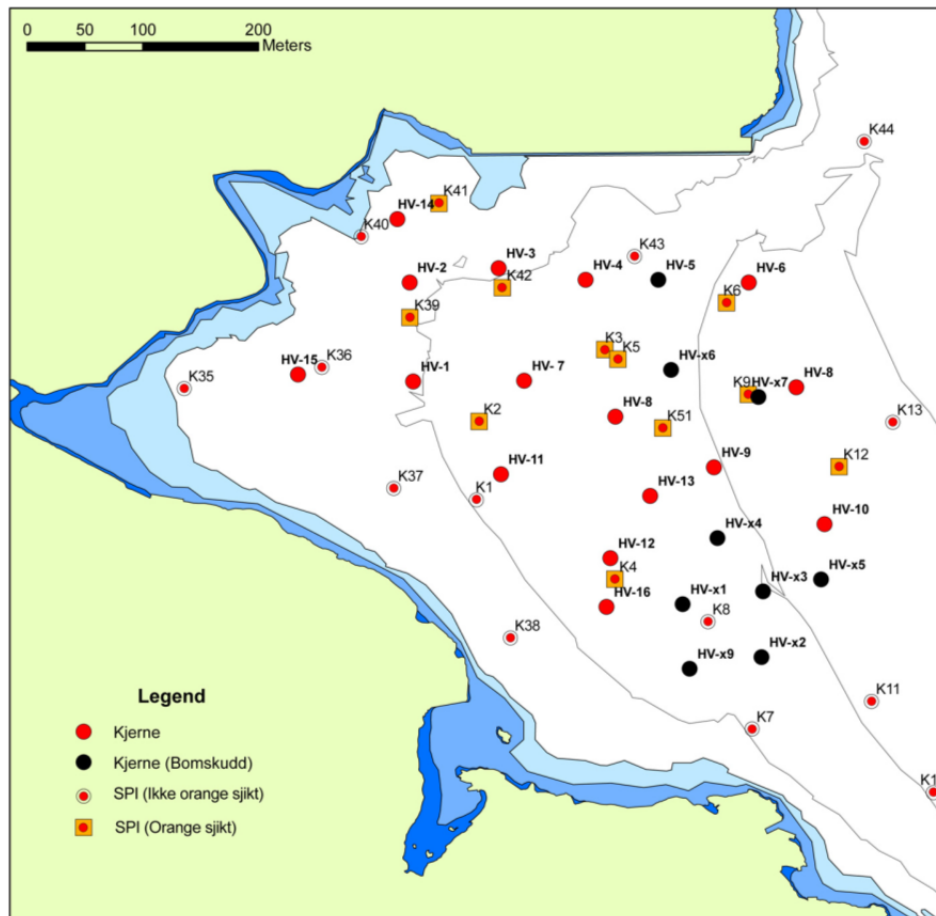
Figur 18. Innholdet av kadmium i sedimentene fra Hanneviksbukta i 2012.

For å kunne sammenligne dagens nivåer av metallinnhold i sedimentenes overflatelag, med tilstanden i overflatesedimentene før tildekking, er det valgt ut tre stasjoner fra Hanneviksbukta prøvetatt i 1988 (Knutzen mfl. 1991). Metallinnholdet for det øverste 0-2 cm laget for 1988 og 2012 er vist i **Figur 19**.



Figur 19. Metallinnhold i overflatesedimenter i 1988 (svarte søyler) og 2012 (grå søyler). Stasjonsnavn i parentes for stasjonene prøvetatt i 1988 viser den nærmeste sammenlignbare stasjonen fra 2012-innsamlingen.

I 2007 ble det samlet inn prøver av overflatesedimenter og dypereliggende sedimentlag i Hanneviksbukta (Molvær og Helland 2007), (**Figur 20**). Utvalgte prøver ble analysert og rapportert året etter (Kroglund 2008), **Tabell 11**.

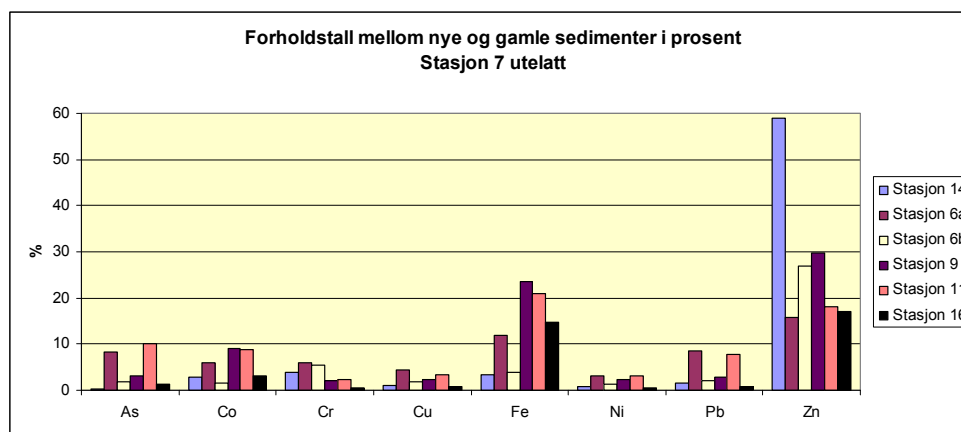


Figur 20. Oversikt over stasjoner med kjerneprøvetaking og stasjoner med SPI-fotografering i 2007 (Molvær og Helland 2007).

Tabell 11. Metallinnhold i sedimentprøver fra Hanneviksbukta i 2007. Data omarbeidet fra Kroglund 2008. I tabellen er metallene klassifisert etter Klifs veileder TA 2209/2007.

Stasjon	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
Nytt overflatesediment							
St.14 (0-2 cm)	155	<0,20	32	142	103	45	56
St.6 (0-2 cm)	462	<0,20	18	117	110	45	28
St.7 (0-2 cm)	2 140	<0,20	41	399	378	217	34
St.9 (0-2 cm)	108	<0,20	15	40	35	18	36
St.11 (0-2 cm)	639	<0,20	24	136	131	73	35
St.16 (0-2 cm)	65	<0,20	14	42	33	16	37
Gammelt overflatesediment							
St.14 (65-67 cm)	61 800	<0,20	797	14 100	13 500	3 010	94
St.6 (50-52 cm)	5 660	<0,20	306	2 650	3 460	533	178
St.6 (70-72 cm)	25 200	<0,20	324	6 240	8 610	2 090	104
St.7 (56-58 cm)	1 140	<0,20	108	454	416	107	32
St.9 (37-39 cm)	3 510	<0,20	744	1 780	1 540	615	120
St.11 (47-49 cm)	6 400	<0,20	1 070	4 000	4 240	923	192
St.16 (49-51 cm)	5 580	<0,20	2 480	5 430	8 480	1 830	218

Kroglund (2008) beregnet også forholdet mellom metallinnholdet i overflatelaget og de underliggende gamle sedimentene (**Figur 21**), og konkluderte at for de aller fleste stasjonene og metallene hadde det vært en betydelig reduksjon i konsentrasjoner etter tildekking. Unntaket er stasjon 7 som hadde like høye eller høyere konsentrasjoner av alle metaller i det nye topplaget.

**Figur 21.** Metallkonsentrasjoner i nytt toppsediment som prosent av konsentrasjonen i gammelt underliggende sediment (fra Kroglund, 2008).

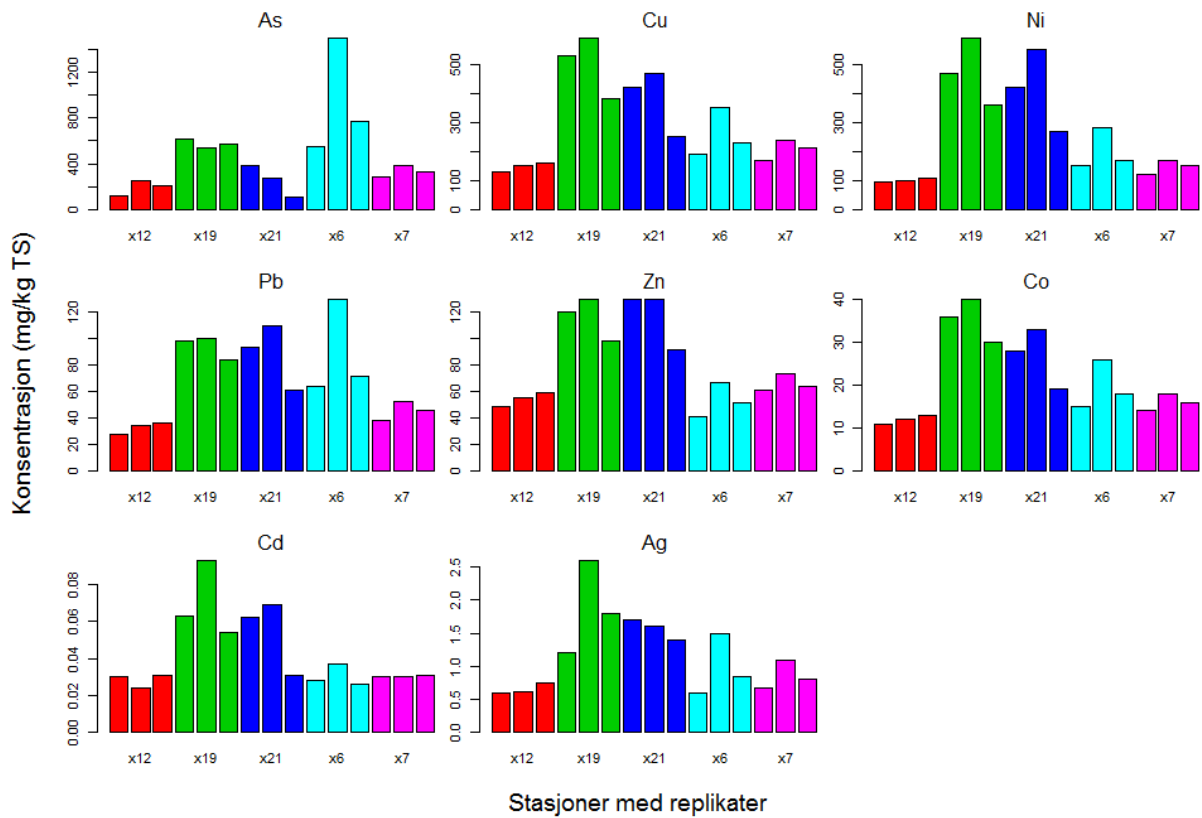
Det er også mulig å sammenligne konsentrasjonene i overflatesedimentene i Hanneviksbukta samlet i 2012 med sedimentfellemålingene fra området gjennomført i 2009 (Næs og Håvardstun 2010). Generelt er det en rimelig overensstemmelse mellom konsentrasjonene i sedimentfelle materialet og konsentrasjonene i overflatesedimenter, bortsett fra for stasjon X2 hvor konsentrasjonen i sedimentmaterialet var meget høyt.

Konklusjonene som kan trekkes ut fra sedimentmålingene i 2012 og sammenligningene med tidligere undersøkelser er at tildekkingen av sedimentene i Hanneviksbukta med rent sandig materiale førte til en betydelig reduksjon i konsentrasjoner i overflatesedimentene, men at det seinere har foregått en betydelig rekontaminering. Rekontamineringen kan skyldes flere forhold. Etter den opprinnelige tildekkingen av sedimentene i Hanneviksbukta, ble det påvist sedimentavsetninger under deler av vestre kaiområde. Tiltak ble etter hvert gjennomført, men forurensede partikler kan i mellomtiden ha blitt spredd og sedimentert på tildekkingslaget i bukta. Rekontamineringen kan også skyldes sedimentasjon knyttet til dagens tilførsler i form av aktive utslipp og også transport og sedimentasjon av forurensede partikler fra det utildekkede området utenfor Hanneviksbukta (Næs og Håvardstun 2010).

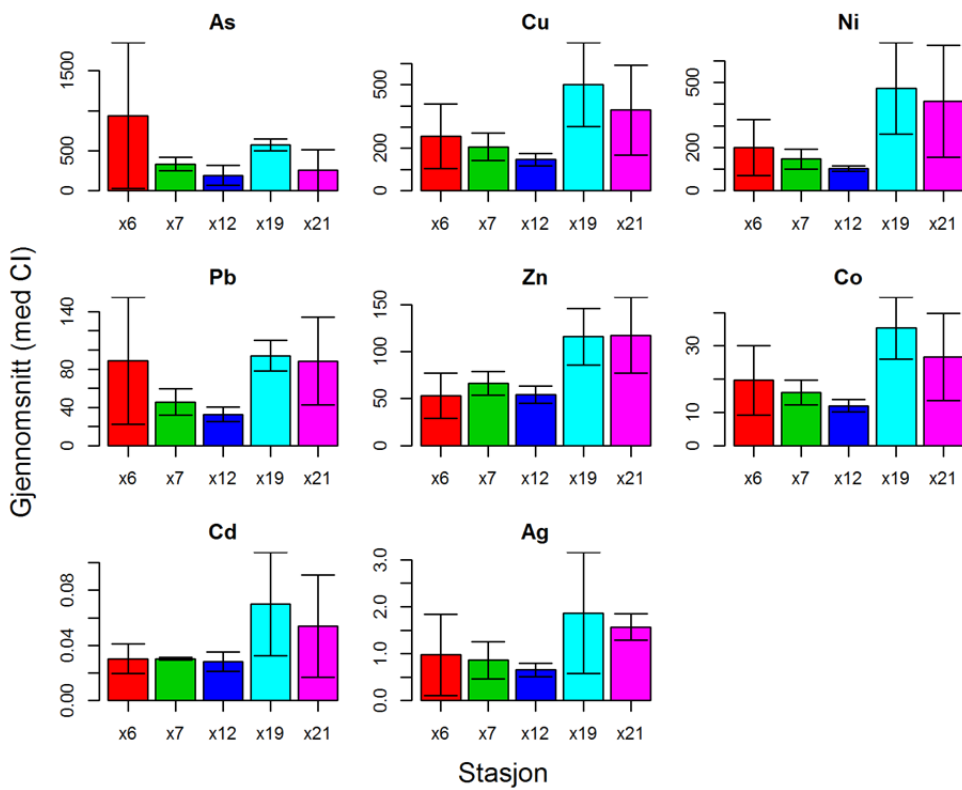
3.4 Videre overvåking

I strategien for prøvetakingen av sedimentene i Hanneviksbukta ble fem stasjoner valgt ut hvor triplikate prøver ble analysert. Hensikten var å finne stasjoner som var egnet for videre overvåking av hvordan konsentrasjonene i sedimentene endrer seg over tid. En slik overvåking må hvile på et statistisk grunnlag hvor variansen innenfor overvåkingsstasjonen(e) bestemmer hvilke endringer som er mulig å påvise som signifikante (power-analyser). En oppsummering av konsentrasjoner og varians er vist i **Figur 21**, **Figur 22** og **Figur 23**. Ut fra dette impliserer dataene følgende:

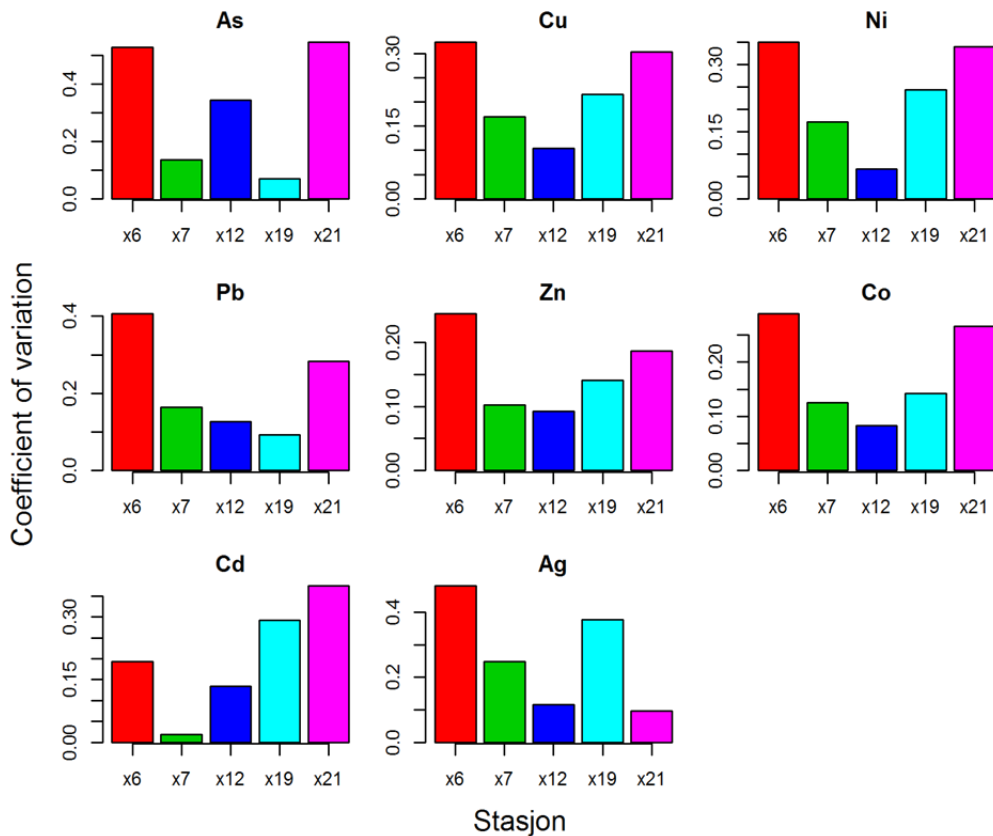
- Stasjon X12 forventes å være effektiv for å fange opp endringer i Cu, Ni, Zn, Co og Ag
- Stasjon X19 forventes å være effektiv for å fange opp endringer i As og Pb
- Stasjon X7 *kan* være mest effektiv for å fange opp endringer i Cd



Figur 22. Variasjon i konsentrasjon innenfor stasjoner med triplikate prøver.

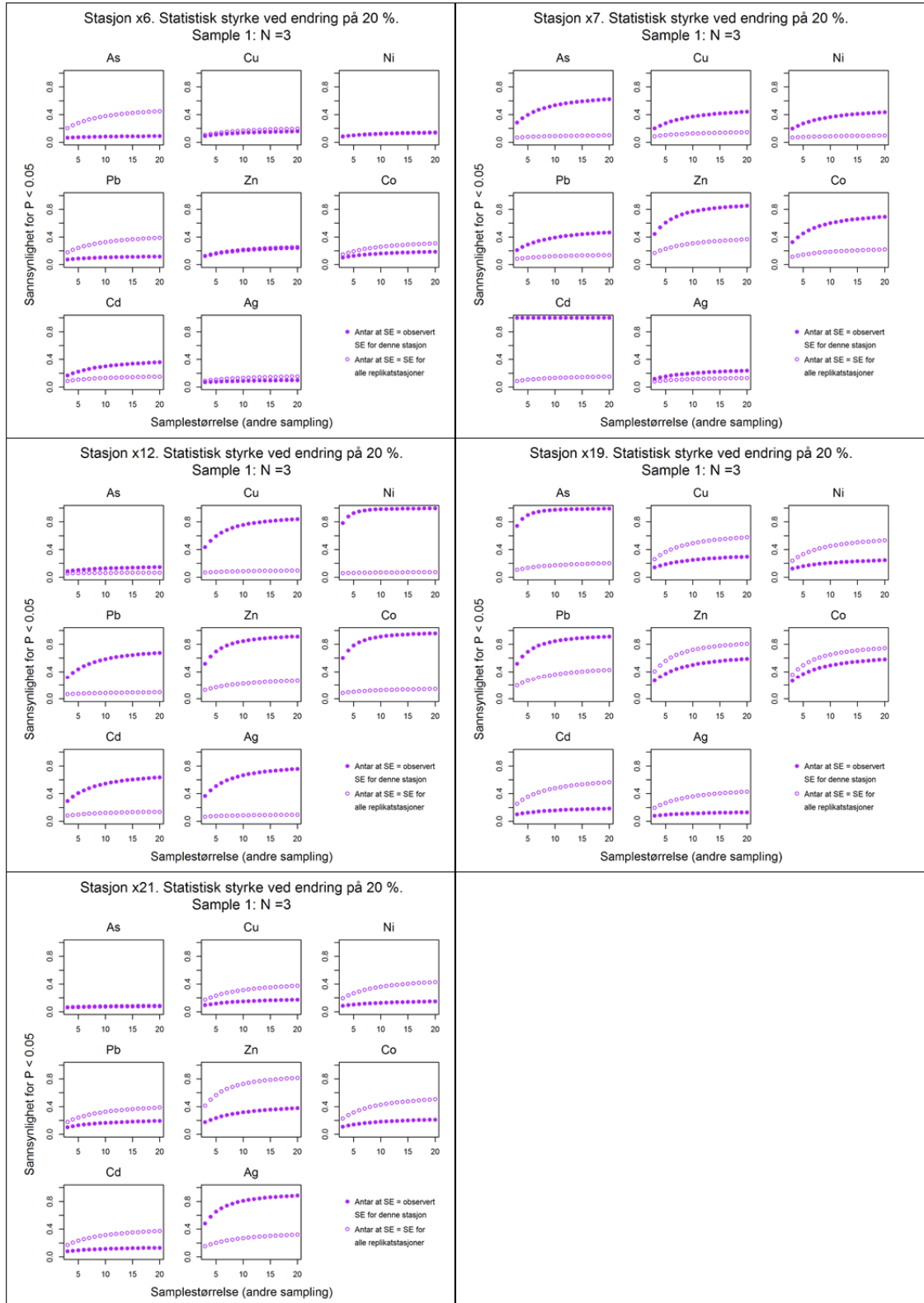


Figur 23. Gjennomsnitt og 95 % konfidensintervall innenfor stasjoner med triplikate prøver.

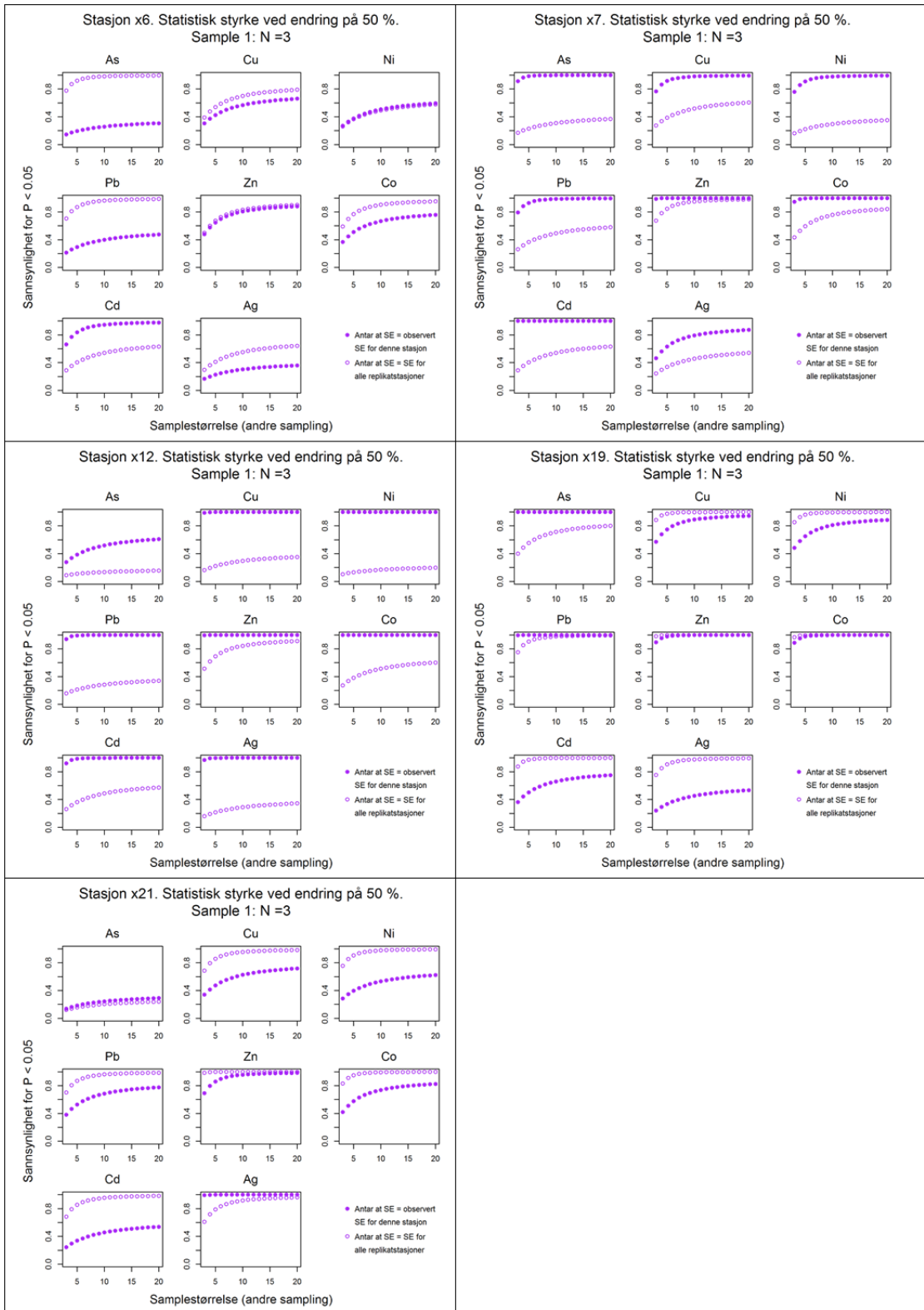


Figur 24. Variasjonskoeffisient (standardavvik/gjennomsnitt) innenfor stasjoner med triplikate prøver.

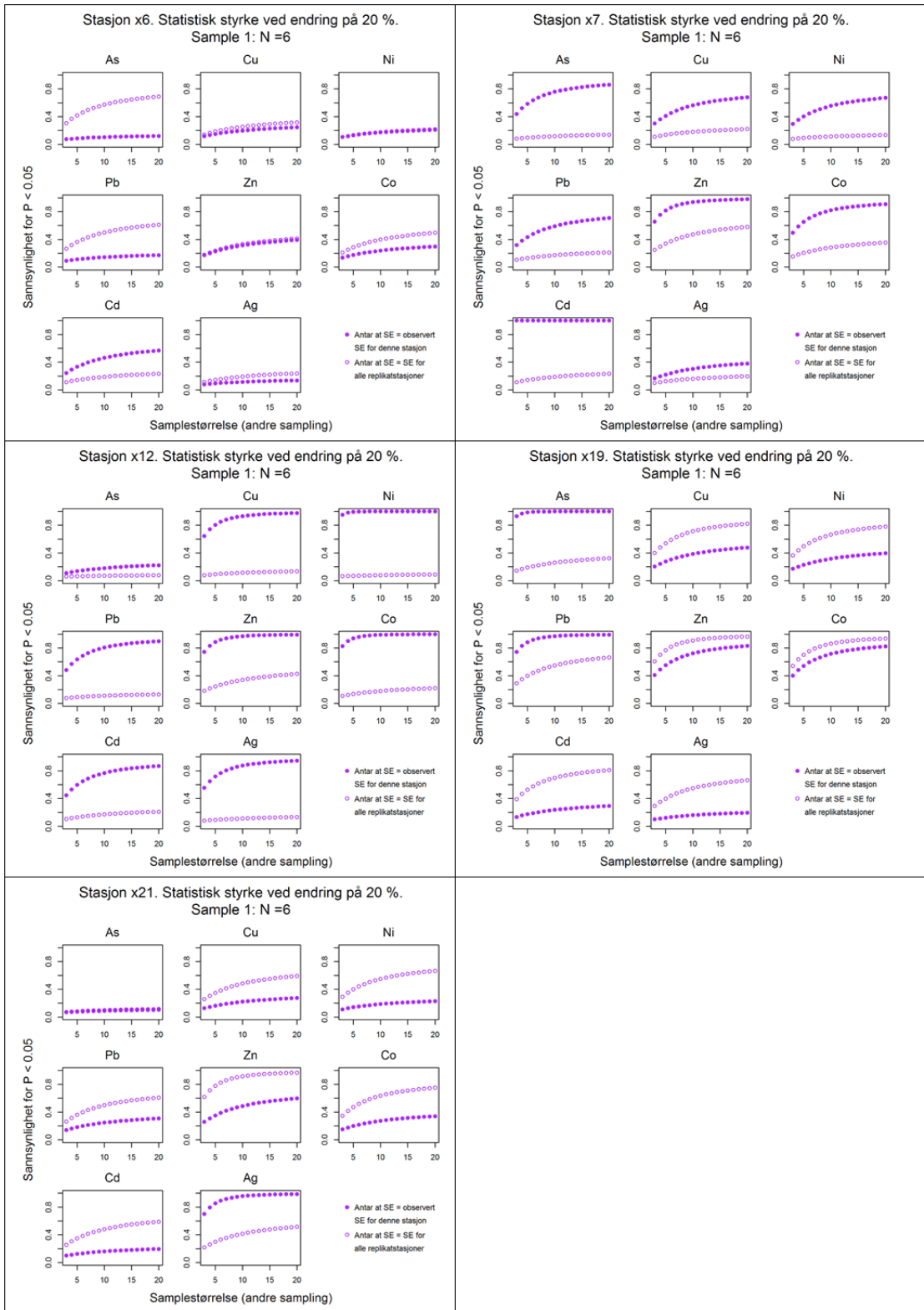
Resultatene gir mulighet for å beregne sannsynligheten for at en endring på X % opp eller ned blir statistisk signifikant ($P < 0,05$), en såkalt power-analyse. Det er gjort i figurene under for 20 og 50 prosents endring i forhold til de observerte konsentrasjonene basert henholdsvis på de eksisterende triplikate prøver og også ved at man supplerer utgangspunktet med tre nye prøver, altså til sammen 6 prøver per stasjon. Y-aksen i figurene angir hvilken sannsynlighet vi har for å detektere en signifikant endring. Det er vanlig at man ønsker mer enn 80 % sannsynlighet (faktor 0,8). X-aksen angir antall replikater ved neste prøvetaking. Kurven angir dermed hvilken sannsynlighet man har ut fra valgte antall replikater ved neste prøvetaking. I beregningene er det antatt at det reelle standardavviket innen hver stasjon er lik det observerte standardavviket for det aktuelle metallet på den aktuelle stasjonen (fylte sirkler), eller at det reelle standardavviket er lik gjennomsnittet av det observerte standardavviket for det aktuelle metallet på alle stasjoner (åpne sirkler). Det første er en optimistisk antagelse (da det er stor usikkerhet i standardavvik med kun 3prøver).



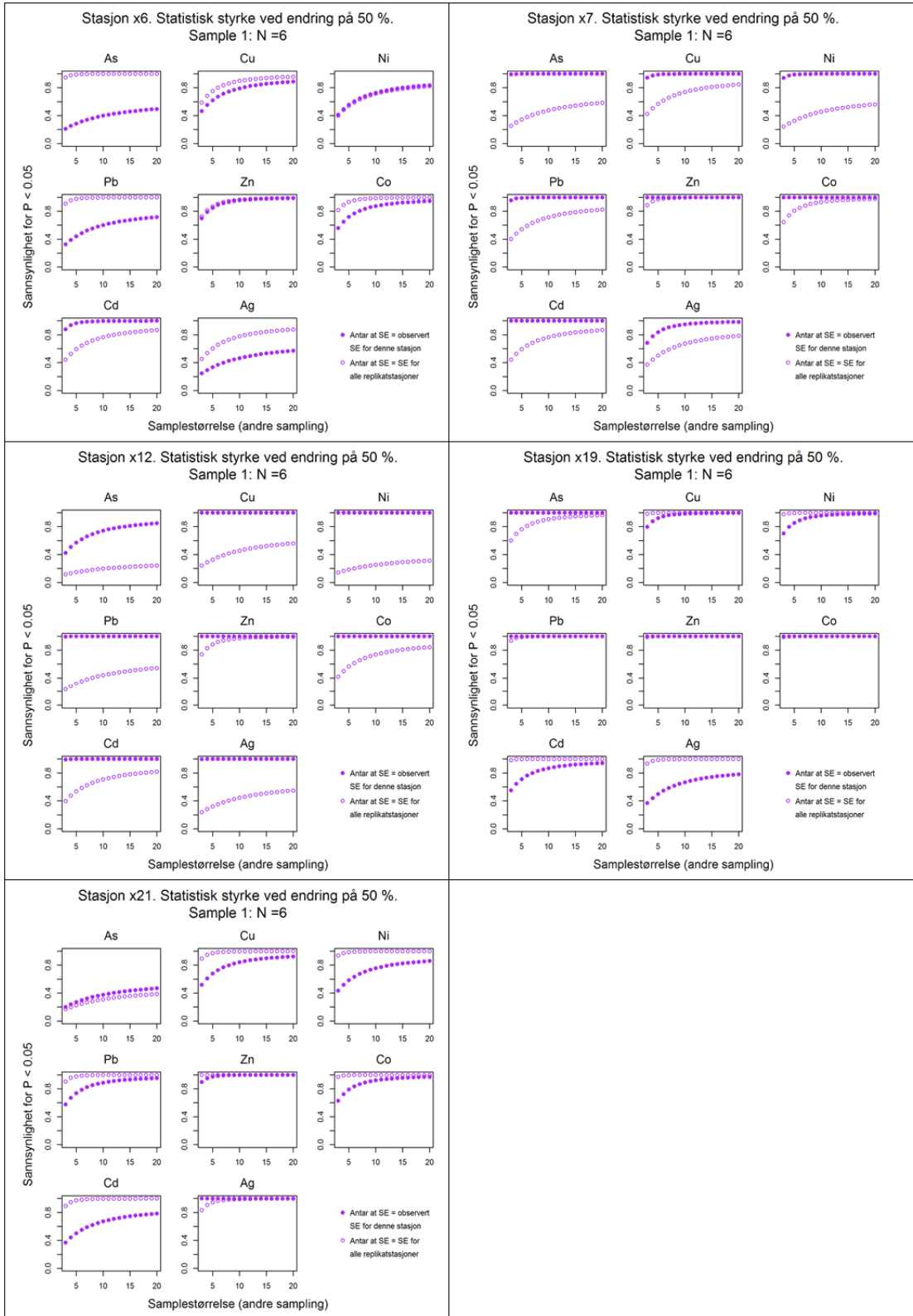
Figur 25. Sannsynlighet for å detektere en 20% endring i konsentrasjon gitt et utgangspunkt på triplikate prøver.



Figur 26. Sannsynlighet for å detektere en 50% endring i konsentrasjon gitt et utgangspunkt på triplikate prøver.



Figur 27. Sannsynlighet for å detektere en 20% endring i konsentrasjon gitt et utgangspunkt på seks parallelle prøver



Figur 28. Sannsynlighet for å detektere en 50% endring i konsentrasjon gitt et utgangspunkt på seks parallelle prøver

Power-analysene viste sannsynlighetene for å detektere konsentrasjonsendringer på henholdsvis 20 og 50-prosent. En 50% endring kan naturlig nok detekteres med mindre innsats. Imidlertid, en slik endring er stor og tilfredsstillende neppe ønsket til en adekvat trendovervåking. Detektering av en 20% endring er mer realistisk i denne sammenheng. Legger vi det til grunn, kan vi med utgangspunkt i eksisterende triplikate prøver og de samme antall nye prøver ved neste prøvetaking, påvise en 20 prosent endring for kobber, nikkel, sink og kobolt på stasjon 12. For sølv kan dette ikke oppnås selv om vi øker prøveantallet i neste innsamling til over 20 paralleller. Tilsvarende kan vi for arsen, bly og kadmium påvise en 20 prosent endring med tre parallelle prøver på henholdsvis stasjon 19 (arsen og bly) og stasjon 7 (kadmium). Det skal imidlertid bemerkes at konsentrasjonene av kadmium var lave og Xstrata AS opplyser at de ikke representerer noen kilde for dette metallet. Resultatene over baserer seg på at vi har beskrevet variansen tilstrekkelig innenfor hver stasjon med de triplikate prøvene.

Anbefalingen for videre overvåking av sedimentene i Hanneviksbukta blir derfor å peke ut stasjonene 12 og 19 for trendovervåking (stasjon 7 er kun aktuelt hvis man fortsatt ønsker å verifisere lave kadmium-verdier). Et alternativ for å styrke utsagnskraften er å supplere de 3 replikate prøvene på disse stasjonene med ca. 5 ytterligere prøver slik at sammenligningsgrunnlaget mot neste prøvetaking blir 8-10 prøver på hver av de tre aktuelle stasjonene.

Betraktningene ovenfor gjelder for de analyserte elementene. Klorerte forbindelser, inklusive dioksin, er et hovedproblem i Hanneviksbukta. Vi har ikke data som gir grunnlag for en overvåkingsstrategi for denne stoffgruppen.

Ved å anvende sedimentene som overvåkingmatriks, er det neppe hensiktsmessig å gjenta prøvetaking før det er gått 3-5 år. Et alternativ er også å anvende sedimentfeller i overvåkingen. Det vil gi øyeblikksbilder (integret over noen måneder) av konsentrasjonen på partiklene som vil danne bunnsedimentene. Dette er tidligere gjort i Hanneviksbukta (Næs og Håvardstun 2010). Sedimentfeller kan gi verdifull informasjon, men det har vist seg at teknikken er krevende å anvende i Hanneviksbukta og må eventuelt planlegges nøye. Et tredje alternativ er å analysere suspendert stoff i vannmassene. Dette gir øyeblikksbilder, men kan gjentas over året for å øke representativiteten av målingene.

4. Referanser

- Bakke, T., G. Breedveld, T. Källqvist, A. Oen, E. Eek, A. Ruus, A. Kibsgaard, A. Helland og K. Hylland, 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Klif TA-nr. 2229/2007.
- Berge, J.A., B. Bjerkgeng, K. Næs, E. Oug og A. Ruus, 2007. Undersøkelse av miljøtilstanden i Kristiansandsfjorden 2006. Miljøgifter i sediment og organismer og sammensetning av bløtbunnsfauna. NIVA-rapport 5506-2007.
- Crommentuijn, T., M.D. Polder & E.J. van der Plassche, 1997. Maximum permissible concentrations and negligible concentrations for metals taking background concentrations into account. RIVM report no. 601501 001.
- Green, N.W., M. Schøyen, S. Øxnevad, A. Ruus, T. Høgåsen, B. Beylich, J. Håvardstun, Å.G. Rogne og L. Tveiten, 2010. Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP). Hazardous substances in fjords and coastal waters – 2009. Levels, trends and effects. Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif), Statlig program for forurensningsovervåking, SPFO-rapportnr. 1079/2010, TA nr. 2716/2010. NIVA-rapport 6048-2010.
- Håvardstun, J., J. Molvær og K. Næs, 2011. Overvåking av miljøgifter i nærområdet til Xstrata Nikkelverk AS i Kristiansand i 2010: Metaller, spesielt arsen, og klororganiske forbindelser i vann, sedimenter og blåskjell. NIVA-rapport 6146-2011.
- Knutzen, J., K. Martinsen, K. Næs, M. Oehme og E. Oug, 1991. Tiltaksorientert overvåking av miljøgifter i organismer og sedimenter fra Kristiansandsfjorden 1988 og 1990. Statlig prog. forurensningsovervåk. Overvåk.rapp. 443-91. NIVA-rapport 2554-1991.
- Kroglund, T., 2008. Analyse av metaller i sedimenter fra Hannevika, Kristiansand. Notat O-27404, 17. juni 2008.
- Kroglund, T. og J. Håvardstun, 2011. Forurensningsbudsjett for utvalgte forbindelser i Hanneviksbukta, Kristiansandsfjorden. NIVA-rapport 6114-2011.
- Molvær, J. og A. Helland, 2007. Hannevika. Undersøkelser vedrørende tildekkingen av forurensede sedimenter. NIVA-rapport 5328-2007.
- Molvær J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT-veiledning nr. 97:03, TA-nr. 1467/1997.
- Næs, K. og J. Håvardstun, 2010. Sedimentasjon av dioksin og metaller i Hanneviksbukta, Kristiansand, 2009. NIVA-rapport 5942-2010.
- Schøyen, M., J. Håvardstun, S. Øxnevad og I. Allan, 2012. Overvåking av miljøgifter i Kristiansandsfjorden i 2011. Undersøkelse av blåskjell, torsk og vann. NIVA-rapport 6364-2012.

Vedlegg A. Analyseresultater - Blåskjell

Blåskjellanalyser er utført ved EUROFINS.

Side nr.1/1

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tel: 22 18 51 00
Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Navn Xstrata supplere
Adresse

Deres referanse:
JAH

Vår referanse:
Rekv.nr. 2013-0126 v01
O.nr. O 10361

Dato
18.03.2013

Prøvene ble levert ved NIVA's laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Hanneviksbukta	2012.05.07	2013.01.16	2013.01.29-2013.02.14
2	Myrodden	2012.05.07	2013.01.16	2013.01.29-2013.02.14
3	Hanneviksbukta	2012.09.28	2013.01.16	2013.01.29-2013.02.14
4	Myrodden	2012.09.28	2013.01.16	2013.01.29-2013.02.14

Analysevariabel	Enhet	Metode	Prøvenr			
			1	2	3	4
Arsen	mg/kg	EN ISO 11885, mod.	2,1	2,2	1,6	1,8
Tørrstoff	%	§64 LFGB L 06.00-3,	14,0	14,5	13,0	16,5

Kommentarer

- 1 Alle prøvene er merket med Stedegen.
Oppdraget er utført hos Eurofins

Norsk institutt for vannforskning

Anne Wesmann
Laboratortekniker

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Vedlegg B. Analyseresultater - Vannprøver

Vannanalyser utført av ALS Laboratory Group Norway AS:

Side nr.1/1

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tel: 22 18 51 00
Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT

Navn Xstrata Arsen
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
JAH	Rekv.nr. 2012-3157 v01 O.nr. O 10362	18.03.2013

Prøvene ble levert ved NIVA s laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Kolstadbukta 0,5m	2012.12.07	2012.12.11	2012.12.20-2012.12.20
2	Kolstadbukta 5m	2012.12.07	2012.12.11	2012.12.20-2012.12.20
3	Kolstadbukta 10m	2012.12.07	2012.12.11	2012.12.20-2012.12.20
4	Kolstadbukta 15m	2012.12.07	2012.12.11	2012.12.20-2012.12.20
5	Myroddenbukta 0,5m	2012.12.07	2012.12.11	2012.12.20-2012.12.20
6	St.K18 0,5m	2012.12.07	2012.12.11	2012.12.20-2012.12.20

Analysevariabel	Enhet	Metode	Prøvenr					
			1	2	3	4	5	6
Arsen	µg/l	EksternALS*	<7	<8	<9	<9	<7	<7

* : Metoden er ikke akkreditert.

Kommentarer

1 Sendes ALS.

Norsk institutt for vannforskning

Anne Wesmann
Laborationietekniker

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tel: 22 18 51 00
Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Navn **Xstrata Arsen**
Adresse

Deres referanse:

Vår referanse:

Dato

Rekv.nr. 2012-0704 v01

18.03.2013

O.nr. O 10362

Prøvene ble levert ved NIVA s laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	K 18 0,5m	2012.04.02	2012.04.03	2012.05.10-2012.05.10
2	Myroddenbukta 0,5m	2012.04.02	2012.04.03	2012.05.10-2012.05.10
3	Kolstadbukta 0,5m	2012.04.02	2012.04.03	2012.05.10-2012.05.10
4	Kolstadbukta 10m	2012.04.02	2012.04.03	2012.05.10-2012.05.10

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4
			Arsen	mg/l	E 9-5	<0,03

Norsk institutt for vannforskning

Anne Wesmann
Laboratorietekniker

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Rapport**N1304374**

Side 1 (2)

1VH2H3J0101



Prosjekt
 Bednr
 Registrert **2013-05-07**
 Utstedt **2013-05-14**

NIVA
Barbro Silde
Prøvemottak
Gaustadalleen 21
0349 Oslo
Norway

Analyse av vann

Deres prøvenavn 13-929-1 Saltvann					
Labnummer N00247307					
Analyse	Resultater	Enhet	Metode	Utført	Sign
As (Arsen)*	1.50	µg/l	1	S	KAR O

Deres prøvenavn 13-929-2 Saltvann					
Labnummer N00247308					
Analyse	Resultater	Enhet	Metode	Utført	Sign
As (Arsen)*	2.30	µg/l	1	S	KAR O

Deres prøvenavn 13-929-3 Saltvann					
Labnummer N00247309					
Analyse	Resultater	Enhet	Metode	Utført	Sign
As (Arsen)*	1.83	µg/l	1	S	KAR O

Deres prøvenavn 13-929-4 Saltvann					
Labnummer N00247310					
Analyse	Resultater	Enhet	Metode	Utført	Sign
As (Arsen)*	2.23	µg/l	1	S	KAR O

ALS Laboratory Group Norway AS
 PB 643 Skøyen
 N-0214 Oslo
 Norway

Web: www.alsglobal.no
 E-post: info.no@alsglobal.com
 Tel: + 47 22 13 18 00
 Fax: + 47 22 52 51 77

Dokumentet er godkjent
 og digitalt signert av

Karoline Rod
 Client Service
karoline.rod@alsglobal.com

2013.05.14 12:30:45

Rapport

N1304374

Side 2 (2)

1VH2H3J010I



* etter parameternavn indikerer uak kredittet analyse.

Metodespesifikasjon	
1	<p>Analyse av arsen (V-5)</p> <p>Metode: EPA metoder (modifisert) 200.7 (ICP-AES) og 200.8 (ICP-SFMS).</p> <p>Forbehandling: Surgjøring med 1 ml salpetersyre per 100 ml prøve. Gjelder ikke prøver som er surgjort før ankomst til laboratoriet.</p>

Godkjenner	
KAR O	Karoline Rod

Underleverandør ¹	
S	<p>ICP-SFMS</p> <p>Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige</p> <p>Akkreditering: SWED AC, registreringsnr. 2030</p>

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet.

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

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

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

Vedlegg C. Analyseresultater - Sedimenter

Side nr.1/6

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tel: 22 18 51 00
Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Navn **Xstrata supplere**
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
JAH	Rekv.nr. 2012-2106 v01 O.nr. O 10361	18.03.2013

Prøvene ble levert ved NIVA's laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	St x1 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.25
2	St x2 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.25
3	St x4 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
4	St x5 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
5	St x6 I 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.25
6	St x6 II 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
7	St x6 III 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	1	2	3	4	5	6	7
	Karbon, org. total	% tv	0,8	0,7			0,9		
	13137-A	EN							
	Karbon, org. total	µg C/mg TS G 6			11,8	18,0		9,2	9,1
	Selv	mg/kg TS	1,6	2,9	1,1	1,6	0,59	1,5	0,84
	EN ISO 11885	NS							
	Arsen	mg/kg TS	690	29000	550	1400	550	1500	770
	EN ISO 11885	NS							
	Kadmium	mg/kg TS	0,040	0,072	0,024	0,046	0,028	0,037	0,026
	EN ISO 17294-2	NS							
	Kobolt	mg/kg TS	29	62	19	40	15	26	18
	EN ISO 11885	NS							
	Kobber	mg/kg TS	380	2000	470	400	190	350	230
	EN ISO 11885	NS							
	Kornfordeling <63µm % (v/v) dv		42,0	35,0			25,4		
	Sedimentering								
	Kornfordeling <63µm % t.v.				40	69		50	35
	Intern*								
	Nikkel	mg/kg TS	260	1700	330	380	150	280	170
	EN ISO 11885	NS							
	Bly	mg/kg TS	78	2400	77	140	64	130	72
	EN ISO 11885	NS							
	Sink	mg/kg TS	95	62	49	97	41	67	52
	EN ISO 11885	NS							

*: Metoden er ikke akkreditert.

Derne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Kommentarer

- 1 Alle er også merket med O-10361.
TOC og Korn<63µm er utført av Eurofins for prøve 1,2,5,11,12
Vær oppmerksom på forskjellig benevning på TOC og kom
avhengig av hvilket laboratorium som har utført analysen
Det er kjørt reanalyse på prøve 2 hos EF.
Reanalyse bekrefter opprinnelig resultat.

Derne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2106 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	St x7 I 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
9	St x7 II 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
10	St x7 III 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
11	St x8 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.25
12	St x9 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.25
13	St x11 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
14	St x12 I 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24

Prøvenr Analysevariabel Metode	Enhet	8	9	10	11	12	13	14
Karbon, org. total	% tv				6,7	0,5		
13137-A								
Karbon, org. total	µg C/mg TS G 6	11,1	17,8	13,4			11,0	10,4
Selv	mg/kg TS	0,68	1,1	0,81	2,2	0,44	0,78	0,60
EN ISO 11885								
Arsen	mg/kg TS	290	380	330	170	260	610	120
EN ISO 11885								
Radium	mg/kg TS	0,030	0,030	0,031	0,18	0,027	0,025	0,030
EN ISO 17294-2								
Kobolt	mg/kg TS	14	18	16	27	12	17	11
EN ISO 11885								
Kobber	mg/kg TS	170	240	210	400	100	180	130
EN ISO 11885								
Kornfordeling <63µm	% (v/v) dv				29,6	36,7		
Sedimentering								
Kornfordeling <63µm	% t.v.	49	57	56			74	54
Intern*								
Nikkel	mg/kg TS	120	170	150	270	81	120	97
EN ISO 11885								
Bly	mg/kg TS	38	53	46	85	36	55	28
EN ISO 11885								
Sink	mg/kg TS	61	74	64	150	51	66	49
EN ISO 11885								

* : Metoden er ikke akkreditert.

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2106 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
15	St x12 II 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
16	St x12 III 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
17	St x13 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
18	St x14 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
19	St x15 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
20	St x18 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
21	St x19 I 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	15	16	17	18	19	20	21
	Metode								
	Karbon, org. total	µg C/mg TS C 6	7,3	10,4	10,8	6,6	10,0	14,3	13,8
	Sølv	mg/kg TS NS	0,62	0,74	0,55	0,22	0,41	0,54	1,2
	EN ISO 11885								
	Årsen	mg/kg TS NS	250	210	190	64	190	490	620
	EN ISO 11885								
	Kadmium	mg/kg TS NS	0,024	0,031	0,027	0,018	0,026	0,036	0,063
	EN ISO 17294-2								
	Kobolt	mg/kg TS NS	12	13	13	8,9	13	18	36
	EN ISO 11885								
	Kobber	mg/kg TS NS	150	160	120	60	100	140	530
	EN ISO 11885								
	Kornfordeling <63µm % t.v.		49	58	66	56	78	73	75
	Intern*								
	Nikkel	mg/kg TS NS	100	110	80	47	85	130	470
	EN ISO 11885								
	Bly	mg/kg TS NS	34	36	30	18	37	50	98
	EN ISO 11885								
	Sink	mg/kg TS NS	55	59	59	43	62	77	120
	EN ISO 11885								

*: Metoden er ikke akkreditert.

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2106 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
22	St x19 II 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
23	St x19 III 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
24	St x20 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
25	St x21 I 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
26	St x21 II 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
27	St x21 III 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
28	St x22 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	22	23	24	25	26	27	28
	Metode								
	Karbon, org. total	µg C/mg TS G	13,4	13,6	3,0	20,0	19,1	14,4	31,4
	6								
	Sølv	mg/kg TS NS	2,6	1,8	<0,078	1,7	1,6	1,4	2,1
	EN ISO 11885								
	Arsen	mg/kg TS NS	540	570	4,9	390	270	110	180
	EN ISO 11885								
	Kadmium	mg/kg TS NS	0,093	0,054	0,065	0,062	0,069	0,031	0,061
	EN ISO 17294-2								
	Kobolt	mg/kg TS NS	40	30	11	28	33	19	25
	EN ISO 11885								
	Robber	mg/kg TS NS	590	380	46	420	470	250	360
	EN ISO 11885								
	Kornfordeling <63µm % t.v.		75	76	42	74	63	56	48
	Intern*								
	Nikkel	mg/kg TS NS	590	360	32	420	550	270	450
	EN ISO 11885								
	Bly	mg/kg TS NS	100	84	9,3	94	110	61	120
	EN ISO 11885								
	Sink	mg/kg TS NS	130	98	74	130	130	92	120
	EN ISO 11885								

*: Metoden er ikke akkreditert.

Derne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2012-2106 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
29	St x23 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24
30	St x24 0-2 cm	2012.06.05	2012.08.28	2012.09.04-2012.10.24

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	29	30
Karbon, org. total	µg C/mg TS	G 6	20,9	4,0
Sølv	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	1,3	0,49
Arsen	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	1400	83
Kadmium	mg/kg TS	NS EN ISO 17294-2	0,044	0,016
Kobolt	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	22	11
Kobber	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	430	130
Kornfordeling <63µm	% t.v.	Intern*	80	8
Nikkel	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	400	120
Bly	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	240	16
Sink	mg/kg TS	NS EN ISO 11885	98	33

* : Metoden er ikke akkreditert.

Norsk institutt for vannforskning

Anne Wesmann
Laborantetekniker

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Vedlegg D. Analysemetoder og analyseusikkerhet

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
B 3	Totalt tørrstoffinnhold og gløderest	mg/l, mg/kg	TTS, TGR, TTS-V, TGR-V
Tittel:			
Bestemmelse av totalt tørrstoffinnhold og dets gløderest i vann, slam, sedimenter og biologisk materiale.			
Anvendelsesområde:			
Denne metoden benyttes ved bestemmelse av totalt innhold av tørrstoff og dets gløderest i alle typer vann, slam og sedimenter, samt biologisk materiale. I vann er nedre bestemmelsesgrense 0,02 g/l, i faste prøver er grensen avhengig av innveid prøvemengde.			
Prinsipp:			
Tørrstoffinnholdet bestemmes ved at en kjent mengde prøve tørkes til tørrhet ved 105 °C, og den gjenværende rest veies. Deretter glødes dette ved 550 °C, og den gjenværende rest veies. 550 °C er en hensiktsmessig temperatur for destruering av organisk materiale uten at vesentlige mengder uorganisk stoff går tapt. Gløderesten av tørrstoff for slam, sedimenter og biologisk materiale oppgis på tørrvektbasis. Alternativt benyttes frysetørring.			
Instrument(er):			
Thermaks 4115 varmeskap, Naber Multitherm N11/R glødeovn, Sartorius R 200 D vekt. Aluminiumskåler minimum 20 ml. Frysetørrer Lyovac GT2.			
Måleusikkerhet:			
En blåskjell husstandard ga etter 42 målinger en middelvei på 16,5 mg/g og standardavvik på 0,86 mg/g. Tre sedimentprøver benyttet til kontroll av repeterbarheten ga følgende standardavvik for TGR: 5,0, 3,6, og 3,5.			
Referanser:			
NS 4764. Tørrstoff og gløderest i vann, slam og sedimenter. 1980, 1. utgave.			

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
E 8-3	Metaller, ICP-MS	µg/l	Me/MS
Tittel: Grunnstoffbestemmelse med ICP-MS.			
Anvendelsesområde: Metoden angir bestemmelse av en rekke elementer i ferskvann, salpetersyreoppløst biota og sedimenter: Li, (Be, B, Na, Mg), Al, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, (Ga, Ge), As, Se, (Rb), Sr, (Y, Zr), Nb, Mo, Ag, Cd, (In), Sn, Sb, (Cs), Ba, (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ta, W), Re, Tl, Pb, Bi, Th og U, de i parentes er ikke akkreditert. Konsentrasjonsområdet for metoden for de ulike elementene uten fortykning av prøven kan fås oppgitt ved laboratoriet.			
Prinsipp: Prøver konserverert med salpetersyre introduseres med en peristaltisk pumpe og overføres til en aerosol i forstøveren. Denne blir ført til argonplasmaet som atomiserer og ioniserer prøven. Etter plasmaet passerer prøven to seriekoblede koner i et område med redusert trykk hvor plasmagassen fjernes. Ionestrømmen fokuseres med en elektrisk ionelinse før den introduseres til det kvadrupole massespektrometret for separasjon basert på masse/ladningsforholdet. Ionene måles med en pulstellingsdetektor basert på en diskret dynode multiplikator.			
Instrument(er): Perkin-Elmer Sciex ELAN 6000 ICP-MS, utstyrt med P-E autosampler AS-90, AS-90b prøvebrett og P-E Rinsing Port Kit.			
Måleusikkerhet: Se NIVA-dokument Y-3.			
Referanser: NS-EN ISO 17294-1. Vannundersøkelse – Bruk av induktivt koblet plasmamassespektrometri (ICP-MS)- Del 1: Generelle retningslinjer. 1 utgave, 2007. NS-EN ISO 17294-2. Vannundersøkelse – Bruk av induktivt koblet plasmamassespektrometri (ICP-MS)- Del 2: Bestemmelse av 62 grunnstoffer. 1 utgave, 2005.			

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet	Labdatakode:
E 4-3	Kvikksølv	ng/l, µg/g	Hg/L, Hg-Sm, Hg-B, Hg/H
<p>Titel:</p> <p>Bestemmelse av kvikksølv i vann, slam og sedimenter og biologisk materiale med Perkin-Elmer FIMS-400.</p>			
<p>Asveidelsesområde:</p> <p>Metoden omfatter bestemmelse av kvikksølv i renvann, samt avløpsvann, biologisk materiale slam og sedimenter oppløst i salpetersyre. Slam og sediment frysetørres fortrinnsvis. Ved tørking av prøver i vanneskap må ikke temperaturen overstige 80°C. Nedre grense er for renvann 1,0 ng/l, oppløst renvann 10 ng/l, avløpsvann 0,1 µg/l, faste prøver 0,005 µg/g.</p>			
<p>Prinsipp:</p> <p>Kvikksølv må foreligge på ionisk form i prøveløsningen for at kalddampeteknikk skal kunne benyttes. Når reduksjonsmiddelet (SnCl₂) blandes med prøven blir det ioniske kvikksølvet omformet til metallisk kvikksølv (Hg). En inert bæregass (argon) transporterer kvikksølvet til spektrofotometeret. En fordel med denne teknikken er den gode separasjonen av analytten fra matrisen, slik at ikke-spesifikk bakgrunnsabsorpsjon og matriseinterferenser er minimale. Kvikksølvet i renvann oppkonsentreres i et amalgameringsystem.</p>			
<p>Instrument(er):</p> <p>Perkin-Elmer FIMS-400 med P-E AS-90 autosampler og P-E Amalgam System AA Accessory.</p>			
<p>Måleusikkerhet:</p> <p>100 målinger av syntetisk løsning tilsatt 20 ng/l Hg ga middelverdi 19,3 og standardavvik 1,3 ng/l. For oppløst løsning med 43 ng/l Hg ga middelverdi 108 ng/l og standardavvik 12,5 ng/l. For faste materialer: 19 målinger av DORM-3 (fiskemuskel) 0,409 ± 0,027 µg/g, ga 0,43 og 0,02 µg/g, 20 målinger av lever 2, 3,37 ± 0,18 µg/g, ga 3,64 og 0,16 µg/g.</p>			
<p>Referanser:</p> <p>B. Welz, M. Melcher, H.W. Sinemus, D. Maier: Pico-trace determination of mercury using the amalgamation technique. Norsk Standard, NS 4768. Vannundersøkelse. Bestemmelse av kvikksølv ved kalddamp atomabsorpsjonsspektrometri Oksidasjon med salpetersyre. 1. Utg. 1989.</p>			

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no