

Tiltaksorientert overvåking av Glommas munningsområde og Hvalerestuaret for Kronos Titan AS og Borregaard AS – undersøkelse av miljøgifter, 2021



Hovedkontor

Økernveien 94
0579 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel Tiltaksorientert overvåking av Glommas munningsområde og Hvalerestuaret for Kronos Titan AS og Borregaard AS – undersøkelse av miljøgifter, 2021	Løpenummer 7736-2022	Dato 30.3.2022
Forfatter(e) Sissel B. Ranneklev, Espen Lund og Dag Ø. Hjermann	Fagområde Miljøgifter - marin	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Hvaler	Sider 33 + Vedlegg

Oppdragsgiver(e) Kronos Titan AS og Borregaard AS	Kontaktperson hos oppdragsgiver
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 200229

<p>Sammendrag</p> <p>NIVA har gjennomført tiltaksorientert overvåking i Hvalerestuaret på oppdrag for Kronos Titan og Borregaard. Borregaard har utslipp av metaller og AOX, mens Kronos har utslipp av metaller og fluorid. Konsentrasjoner av metaller, fluorider og dioksiner ble målt i blåskjell og blæretang i Hvalerestuaret. I blåskjellstasjonen på Kirkøy som er nærmest Glommas munning, og Tisler som er lengst unna Glommas munning, var konsentrasjonene av kvikksølv over grenseverdi gitt i vannforskriften, og ikke god kjemisk tilstand ble oppnådd. I blåskjellstasjonen mellom Kirkøy og Tisler, Kvernskjæret, ble god kjemisk tilstand oppnådd med hensyn til kvikksølv. Konsentrasjoner av dioksiner målt i blåskjell på Kirkøy, var godt under grenseverdi gitt i vannforskriften. De andre metallene målt i biota kunne ikke klassifiseres, da det mangler grenseverdier i vannforskriften.</p>

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Tiltaksorientert overvåking Hvalerestuaret Miljøgifter Blåskjell og blæretang 	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> Operational monitoring Hvaler estuary Environmental contaminants Blue mussels and bladderwack
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Sissel Brit Ranneklev
Prosjektleder/Hovedforfatter

Morten Jartun
Kvalitetssikrer

Morten Jartun
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7472-1
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

**Tiltaksorientert overvåking av Glommas
munningsområde og Hvalerestuaret for Kronos
Titan AS og Borregaard AS – undersøkelse av
miljøgifter, 2021**

Forord

Borregaard AS og Kronos Titan AS har utslipp av metaller, AOX og fluorider til Glomma som mulig kan påvirke Glommas munningsområde og Hvalerområdet. Bedriftene har hatt felles overvåkingsprogram i 2015, 2018 og 2021. Overvåkingsprogrammet for 2021 er en videreføring av tidligere overvåkingsprogrammer. Overvåkingsprogrammet er godkjent av Miljødirektoratet.

På NIVA var Norman Green prosjektleder fram til 1. juni 2021, og Sissel B. Rannekleiv tok da over hans rolle i prosjektet. Hos Kronos Titan var Øystein Ruud kontaktperson fram til 31.12.2021, og han ble avløst av Hanne E. Ramberg. Kontaktpersonene hos Borregaard har vært Kjersti Garseg Gyllensten og Lena Ulvan.

- Hos NIVA har Bjørnar Beylich og Marijana Stenrud Brkljacic gjennomført feltarbeidet hvor blåskjell og blæretang ble samlet inn.
- Opparbeiding av blåskjell og tang til kjemiske analyser ble gjort av Marijana Stenrud Brkljacic.
- Fettinnhold i blåskjell ble analysert av NIVAS laboratorium. Resterende analyser ble foretatt hos Eurofins.
- Mottak av prøver på NIVAs laboratorium og kontakt med Eurofins er gjennomført under ledelse av Isabel Doyer og Elisabeth Lie.
- Sissel B. Rannekleiv har jobbet med databearbeiding og skrevet rapporten.
- Espen Lund har jobbet med databearbeiding og laget kart.
- Analyser av tidstrender og stedsgradier er gjort av Dag Ø. Hjermann.
- Henrik Jonsson og Morten Jartun har kvalitetssikret rapporten.
- Takk til Anders Ruus, Merete Grung og Henrik Jonsson for faglige diskusjoner og råd.

Oslo, 29.3.2022

Sissel B. Rannekleiv

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	8
1.1	Prinsipper for klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand i henhold til vannforskriften.....	8
1.2	Bakgrunnsinformasjon om virksomhetene	9
1.2.1	Prosessbeskrivelse hos Kronos Titan	10
1.2.2	Kronos Titans utslippskomponenter til vann	12
1.2.3	Prosessbeskrivelse hos Borregaard	14
1.2.4	Borregaards utslippskomponenter til vann	15
1.3	Bedriftenes tiltaksrettede overvåkingsprogram.....	16
1.3.1	Stasjonsvalg og matriks.....	17
1.4	Andre kilder til metaller i Hvalerestuaret.....	19
2	Metodebeskrivelser	21
2.1	Prøvetakingsmetodikk.....	21
2.1.1	Blåskjell	21
2.1.2	Blæretang.....	21
2.2	Kjemiske analyser av blæretang og blåskjell.....	22
2.3	Statistiske metoder for tidstrendanalyser og stedgradient	22
3	Resultater	23
3.1	Målte konsentrasjoner av metaller og fluorid ved de ulike stasjonene i 2021.....	23
3.1.1	Blåskjell	24
3.1.2	Blæretang.....	24
3.2	Klassifisering av målte konsentrasjoner av kvikksølv og dioksiner i blåskjell i henhold til vannforskriften.....	25
3.3	Tidstrender for blåskjell og blæretang ved de ulike stasjonene	26
3.3.1	Blåskjell	26
3.3.2	Blæretang.....	27
3.4	Stedgradient i blæretang fra Kråkerøy til Tisler	27
3.5	Oppsummering av hovedresultatene.....	28
4	Diskusjon og konklusjoner	29
5	Referanser	32
6	Vedlegg	34

Sammendrag

NIVA har gjennomført tiltaksorientert overvåking for Kronos Titan og Borregaard. Bedriftene har utslipp av metaller, Borregaard AOX (Adsorberbare organiske halogenider), og Kronos fluorid til Glomma som spres videre ut i Hvalerestuaret. Konsentrasjoner av metaller, dioksiner og fluorid ble målt i blåskjell og blæretang i stasjoner som følger Glommas hovedutløp ut mot åpent hav. I området er det betydelige tilførsler av metaller fra Glomma. Bedriftenes utslipp av de fleste metaller, med unntak av kobber og titan og til dels kvikksølv, er betydelig lavere enn 10 % av Glommas totale tilførsler av metaller til Hvalerestuaret.

Resultater viste at grenseverdier gitt i vannforskriften for kvikksølv, ble overskredet i blåskjell fra Kirkøy, nærmest Glommas munning og Tisler, stasjonen lengst unna Glommas munning. På disse stasjonene ble ikke god kjemisk tilstand oppnådd med hensyn til kvikksølv. Konsentrasjon av kvikksølv målt i blåskjell fra Kvernskjæret, stasjonen som ligger mellom Kirkøy og Tisler, var under grenseverdi gitt i vannforskriften, og god kjemisk tilstand ble oppnådd. Konsentrasjoner av dioksiner, som en alternativ parameter for AOX, ble målt i blåskjell fra Kirkøy. Konsentrasjoner av dioksiner var godt under grenseverdi gitt i vannforskriften, og god kjemisk tilstand med hensyn til dioksiner ble oppnådd på Kirkøy. Da det mangler grenseverdier (effektbaserte) i vannforskriften for metaller i biota, med unntak av kvikksølv, kunne ikke de andre konsentrasjonene av metaller og fluorid målt i blåskjell og blæretang klassifiseres. Da grenseverdier mangler, finnes ikke informasjon om effekter stoffene har i vannmiljøet. I tidligere klassifiseringssystemer, som var basert på empiriske konsentrasjoner i biota fra bakgrunnsområder (lite påvirket av menneskelig aktivitet), fikk man en viss pekepinn om hvor målte konsentrasjoner er i forhold til bakgrunnsområder. Vurdering av målte konsentrasjoner i blåskjell i forhold til de eldre klassifiseringssystemene for blåskjell (som angir bakgrunnsverdier) og det nylig utarbeidede PROREF-systemet for blåskjell, som også gir en pekepinn om forventede bakgrunnskonsentrasjoner i blåskjell, ga ulike informasjon.

Overvåkingsstasjonene med blåskjell og blæretang som følger Glommas hovedutløp er sterkt preget av ferskvann, og ut i Glommas hovedutløp til åpent hav vil samtidig sjøvann blandes inn. Metallene som måles i blåskjell og blæretang har da sitt opphav fra Glomma (inkludert bedriftenes stoffer) og ulik innblanding av sjøvann. Eksempler på dette ses fra Tisler, den ytterste stasjonen, og mest påvirket av sjøvann. Her øker konsentrasjonen av arsen, i forhold til stasjoner lengre inn mot Glomma, og årsaken skyldes at sjøvann har høyere bakgrunnskonsentrasjon av arsen enn ferskvann.

Tilførsler av metaller fra Glomma, innblanding med sjøvann ut i estuaret og manglende grenseverdier i vannforskriften medfører at det er vanskelig å identifisere hvilken påvirkning bedriftene har på miljøet i Hvalerestuaret. For titan, hvor det er naturlig lave konsentrasjoner både i sjøvann og ferskvann, vil de målte konsentrasjoner i biota i Hvalerestuaret være høyere enn bakgrunnskonsentrasjoner. Titandioksid (TiO_2) har i lang tid blitt betraktet som en «inert» forbindelse, med lav giftighet for helse og miljø. Det er imidlertid økt helse og miljømessig bekymring knyttet til stoffet, og i hovedsak gjelder dette for nanopartikler av stoffet. Kronos Titan på Øra produserer ikke titandioksid i nanoform.

Summary

Title: Operational monitoring of Glomma's outlet and the Hvaler estuary for Kronos Titan and Borregaard – survey of environmental contaminants, 2021

Year: 2021

Author(s): Sissel B. Ranneklev, Espen Lund, and Dag Ø. Hjermann

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7472-1

NIVA has carried out operational monitoring for Kronos Titan and Borregaard. The companies have discharges of metal, Borregaard AOX (Adsorbable Organic Halides), and Kronos fluoride to Glomma, which are further spread out in the Hvaler estuary. Concentrations of metals, dioxins and fluoride were measured in blue mussels and bladderwack in stations that follow Glomma's main outlet to the open sea. The area is significantly affected by fluxes of metals from Glomma. The companies discharge of most metals, with the exception of copper and titanium and partly mercury, are lower than 10 % of Glomma's total fluxes of metals to the Hvaler estuary.

Results showed that the environmental quality standard given in the EU Water Framework Directive (WFD) for mercury were exceeded in mussels from Kirkøy, closest to the Glomma outlet, and Tisler, the station furthest away from the Glomma outlet. At these stations, no good chemical status was obtained with respect to mercury. Concentration of mercury measured in mussels from Kvernskjæret, the station located between Kirkøy and Tisler, was below the environmental quality standard given for mercury in the WFD, and good chemical status was achieved. Concentrations of dioxins, as an alternative parameter for AOX, were measured in mussels from Kirkøy. Concentrations of dioxins were well below the environmental quality standard given in the WFD, and good chemical status with regard to dioxins was achieved at Kirkøy. As environmental quality standards (effect based) for metals in biota are missing in the WFD, except of mercury, the other concentrations of metals and fluoride measured in mussels and bladderwack could not be classified. As environmental quality standards are lacking, there is no information on the effects of the metals and fluoride in the aquatic environment. In previous classification systems, which were based on empirical concentrations in biota from background areas (minor affected by human activity), a certain indication was given of how measured concentrations are in relation to background areas. Assessment of measured concentrations in mussels in relation to the older classification systems for mussels (indicating background values) and the recently developed PROREF system for mussels, which also provide an indication of expected background concentrations in mussels, provided various information.

The monitoring stations with mussels and bladderwack that follow Glomma's main outlet are strongly impacted by fresh water, and further out, seawater will be mixed with freshwater from Glomma. The metals measured in the blue mussels and bladderwack then originate from the Glomma (including the substances from the industries) and various mixing of seawater. Examples of this are seen from Tisler, the outermost station, and most affected by seawater. Here, the concentration of arsenic increases, compared to stations closer to the Glomma outlet, and the reason is that seawater has a higher concentration of arsenic than fresh water.

Fluxes of metals from Glomma, mixed with seawater into the estuary and lack of environmental quality standards in the WFD makes it is difficult to identify the impacts from the factories on the environment in the Hvaler estuary. For titanium, where there are naturally low concentrations in both seawater and fresh water, the measured concentrations in biota in the Hvaler estuary will be higher than background concentrations.

Titanium dioxide (TiO₂) has long been considered as an "inert" compound, with low toxicity for health and the environment. However, there is increased health and environmental concern related to the compound, and this mainly applies to nanoparticles. Kronos Titan at Øra does not produce titanium dioxide nanoparticles.

1 Introduksjon

1.1 Prinsipper for klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand i henhold til vannforskriften

Ved implementeringen av vannforskriften har vannforvaltningen i Norge fått konkrete og målbare miljømål, ved at «god kjemisk tilstand» og minimum «god økologisk tilstand» skal oppnås i alle vannforekomster. Vannforskriften har som mål å sikre beskyttelse og bærekraftig bruk av vannmiljøet, og om nødvendig iverksette tiltak for at miljømålene nås. Vannforskriften er hjemlet i forurensningsloven, plan- og bygningsloven, vannressursloven og naturmangfoldloven.

Fundamentet i vannforskriften er karakterisering og klassifisering av vannforekomstene. Karakteriseringen inndeler vannforekomster i vanntyper, identifiserer belastninger og miljøvirkninger av belastningene, mens klassifiseringen definerer den faktiske tilstanden i en vannforekomst basert på systematisk overvåking.

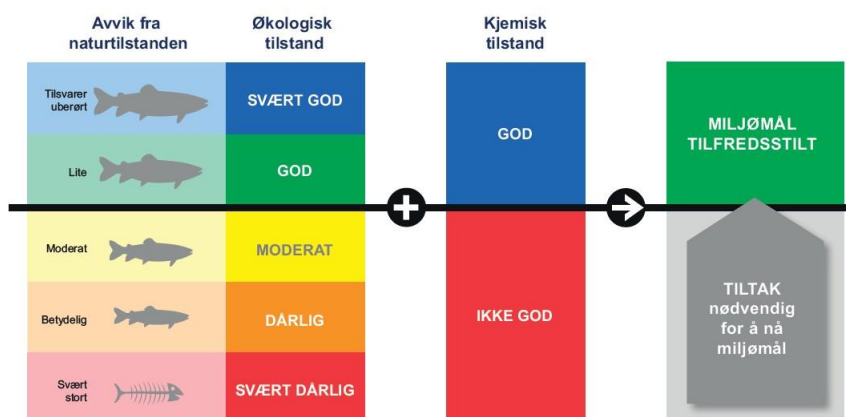
For beregning av økologisk tilstand inngår biologiske kvalitetselementer (f.eks. bunnfauna), fysisk-kjemiske kvalitetselementer (f.eks. næringssalter), hydromorfologiske kvalitetselementer (f.eks. strøm og eksponering) og vannregionspesifikke stoffer (miljøgifter Miljødirektoratet anser som problematiske for det norske vannmiljøet). Økologisk tilstand deles inn i fem tilstandsklasser, og en vannforekomst gis en økologisk tilstandsklasse. For de vannregionspesifikke stoffene er det utviklet grenseverdier som ikke må overstiges for at miljømålet skal oppnås.

Kjemisk tilstand beregnes ut fra miljøgifter som står på liste over prioriterte stoffer gitt av EU, der tilstanden angis som ikke god dersom ett eller flere av de prioriterte stoffene overskrider grenseverdier (også kalt Environmental Quality Standards – EQS) som er gitt for hvert stoff.

For de vannregionspesifikke og prioriterte stoffene er det i dag utviklet grenseverdier for biota, vann og sedimenter. I denne rapporten er konsentrasjoner av utvalgte stoffer i blæretang (*Fucus vesiculosus*) og blåskjell (*Mytilus edulis*) målt.

I **Figur 1** vises en skisse for klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand, samt prinsippet om at tiltak må gjennomføres dersom miljømålene ikke oppnås.

Miljøtilstand- og miljømål-klassifisering



Figur 1. Prinsippskisse for klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand. Se tekst for nærmere forklaring i Klassifiseringsveilederen (Veileder 2:2018).

For å fastslå tilstanden til en vannforekomst er det i vannforskriften lagt føringer for forvaltningen i forhold til hvordan overvåkingen skal gjennomføres, og det opereres med tre ulike overvåkingsstrategier: basisovervåking, tiltaksorientert overvåking og problemkartlegging. Tiltaksorientert overvåking iverksettes i vannforekomster som anses å stå i fare for ikke å nå miljømålene, eventuelt for å vurdere endringer i tilstanden som følge av iverksatte tiltak. Overvåkingen iverksettes av Miljødirektoratet eller annen forurensningsmyndighet og bekostes av forurenser, etter prinsippet om at «påvirker betaler». Tiltaksorientert overvåking utføres f.eks. i vannforekomster påvirket av landbruksaktiviteter, kommunale avløpsanlegg og prosessavløpsvann fra industri.

Utformingen av et tiltaksorientert overvåkingsprogram er karakterisert ved at overvåkingsstasjoner plasseres i forhold til en bedrifts utslippspunkter, hydromorfologiske egenskaper¹ i vannforekomsten og eventuelle endringer i vannforekomsten som følge av tiltak. Hovedhensikten med den tiltaksorienterte overvåkingen er å gi svar på om eller hvordan vannforekomsten påvirkes av belastningen den utsettes for (Ranneklev mfl. 2018).

I denne rapporten presenteres resultater fra et tiltaksorientert overvåkingsprogram for industribedriftene Borregaard og Kronos Titan. Overvåkingsprogrammet ble utformet av NIVA i 2020.

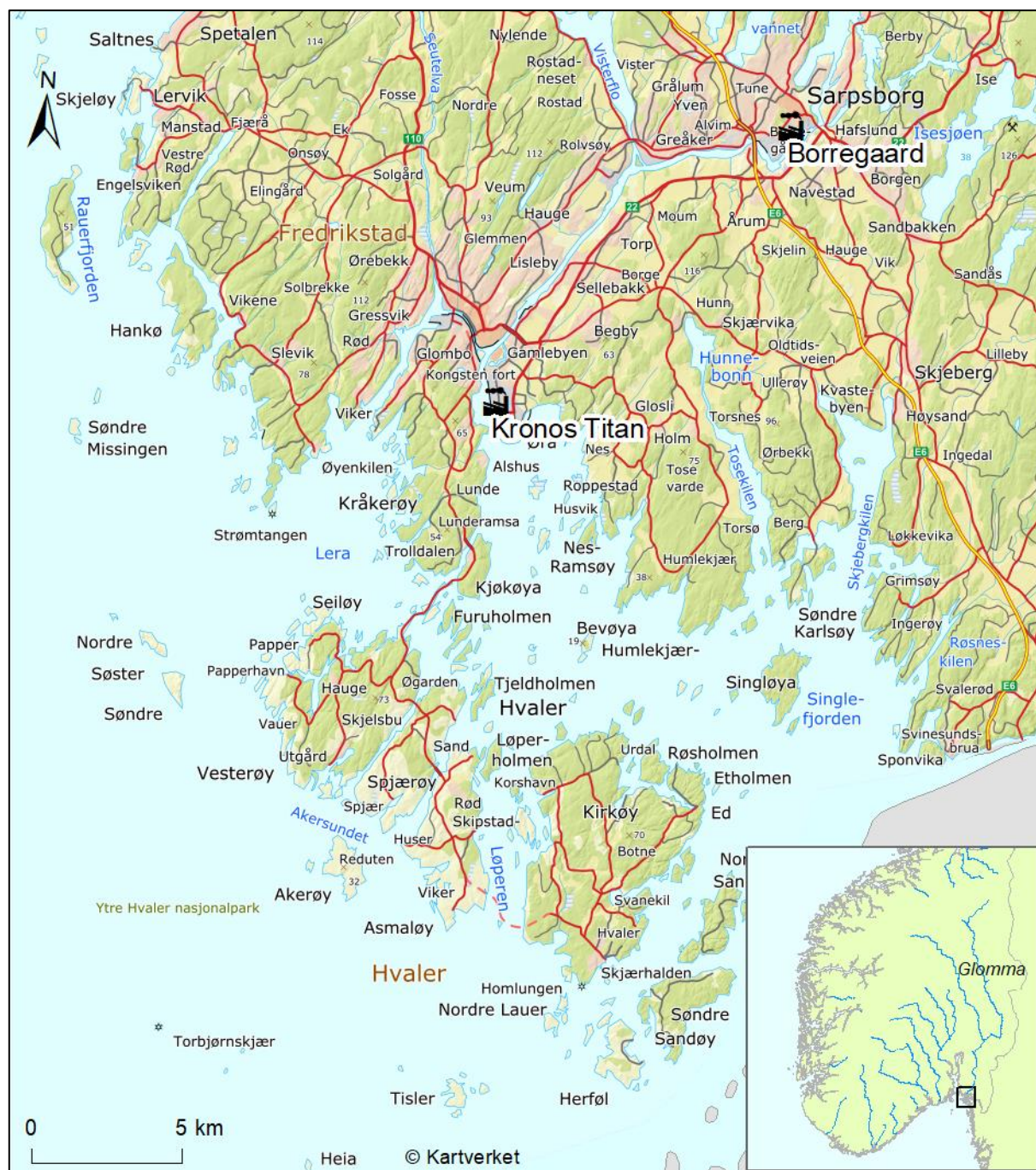
1.2 Bakgrunnsinformasjon om virksomhetene

Kronos Titan tilhører sektoren landbasert industri og bransjen "Produksjon av fargestoffer og pigmenter". Anlegget holder til på Øra i Fredrikstad kommune i Viken (www.norskeutslipp.no).

Borregaard (avd. spesialcellulose) tilhører sektoren landbasert industri og bransjen "Produksjon av papirmasse". Anlegget holder til i Sarpsborg kommune i Viken (www.norskeutslipp.no).

I **Figur 2** vises bedriftenes plasseringer.

¹ Hydromorfologiske egenskaper: Vannmengde og variasjon i vannføring og vannstand, samt bunnforhold og vannforekomstens fysiske beskaffenhet.



Figur 2. Plassering av Kronos Titan og Borregaard.

1.2.1 Prosessbeskrivelse hos Kronos Titan

Titan AS på Øra startet i 1916, og produserte maling og pigmentet titandioksid (TiO_2). I 1966 stoppet produksjonen av maling og fabrikkens ble ombygd til produksjon av titandioksid.

Kronos Titan AS produserer titandioksid etter den såkalte sulfatprosessen med ilmenitt (FeTiO_3) som råstoff. I prosessen reagerer ilmenitt med svovelsyre (H_2SO_4), og en vannløselig sulfatløsning dannes. I ilmenitt finnes oksider av bl.a. kobber (Cu), krom (Cr), vanadium (V), nikkel (Ni), sink (Zn) og bly (Pb). Svovelsyre som benyttes kan inneholde små mengder kvikksølv (Hg) og kadmium (Cd). Etter reaksjonen mellom ilmenitt og svovelsyre tilsettes skrapjern for å redusere Fe^{3+} til Fe^{2+} . Oppslutningen mellom svovelsyre og ilmenitt gir avgasser som videre renses i skrubber med vann fra Glomma. Det sure vaskevannet fra skrubberne inneholder svovelsyre og kvikksølv, og ledes ut i Glomma («Sprayvannsavløp»).

Sulfatløsningen fra oppslutningen av ilmenitt i svovelsyre og tilsetning av jernskrap blir kjølt ned for å krystallisere ut jernsulfat som er et biprodukt. Jernsulfatet separeres fra løsningen med filtrering og sentrifugering. Etter utkrystallisering av jernsulfat kokes den resterende sulfatløsningen. Titansulfat (TiOSO_4) omdannes da til titanhydrat ($\text{TiO}(\text{OH})_2$ som er et fast stoff), mens rest av jernsulfat forblir i løsning. I dette prosesstrinnet dannes svovelsyre. Løsningen filtreres og vaskes («Moorefilter») for å fjerne svovelsyre, jernsulfat og andre metallsulfater. Filtratet fra «Moorefiltrene» splittes i tre:

1. Tynnysyre (ca. 23 % svovelsyre med jern- og metallsulfater) som fraktes til Langøya (NOAH).
2. Resirkulasjon (resirkulert fraksjon, tilbake i anlegget).
3. Førres til Glomma (lavest konsentrasjon med metallsulfater) i bedriftens hovedavløp («sort avløp»).

Det rene titanhydratet mates i glødeovner for krystallisering til titandioksid (kalsinering). Titanhydrat inneholder noe svovelsyre som omdannes til SO_2 og SO_3 i glødeovnen. Disse avgassene blir renseset i kjøletårn, elektrofilter og i « SO_2 -renseanlegg». Avløpet fra « SO_2 -renseanlegget» har eget avløp i Glomma, mens surt vann fra kjøletårn går i hovedavløp («sort avløp»).

Etter krystallisering i glødeovner blir titandioksid malt ned til ulike partikkelstørrelser. Titandioksidet blir også behandlet med forskjellige kjemikalier for å oppnå riktige optiske egenskaper. I den forbindelse dannes løselige sulfater (Na_2SO_4) som vaskes ut i roterende filtre hvor filtratet går til Glomma i hovedavløp («sort avløp»). Som biprodukt produseres hydratisert jernsulfat (FeSO_4) og svovelsyre (H_2SO_4).

Kronos Titan har fire avløp til Glomma hvor hovedavløp («sort avløp») er det viktigste med hensyn til utslippskomponenter:

1. «Hovedavløp» («sort avløp», 6 m dyp i Glomma):
 - fra Moorefilter (H_2SO_4 , FeSO_4 og metaller),
 - vann fra kjøletårn etter kalsinering (TiO_2 og H_2SO_4)
 - filtrat fra vask av behandlet pigment (TiO_2 og Na_2SO_4)
2. «Kjølevann» («hvitt avløp», 2 m dyp i Glomma)
 - Kondenserere til krystallere, kaskadekondenser til vaskefilter og platevarmevekslere. Omtrent 90 % av kjølevannet kommer fra krystalliseringsprosessen, som er et åpent kjølevannsanlegg, hvor det vil være mulig å føre stoffer over til avløp og Glomma.
3. «Sprayvannsavløp» (oppslutning, 2 m dyp i Glomma)
 - vaskevann fra avgasser og oppslutning (H_2SO_4 og Hg).

4. «SO₂-renseanlegg» (6 m dyp i Glomma)
- vaskevann fra SO₂-renseanlegg (H₂SO₄)

1.2.2 Kronos Titans utslippskomponenter til vann

Kronos Titan sine utslippsbegrensninger til vann er vist i **Tabell 1**.

Tabell 1. Kronos Titan sine utslippsbegrensninger til vann (www.norskeutslipp.no, bedriftens utslippstillatelse ble sist endret 14. mai 2019). Bedriftens tillatelse gjelder for produksjon av 37 000 tonn titandioksid per år.

Utslippskomponent	Utslippskilde	Utslippsgrenser				Gjelder fra
		Døgnmiddel	Ukemiddel kg/døgn	Månedsmiddel kg/døgn	Flytende 12-mnd middel kg/døgn ^{a)}	
H ₂ SO ₄	Sum utslipp		11500		8500	28.2.2007
Fe			1300		700	
pH	Avløp til Glomma	c)				1.1.2009
Cd	Sum utslipp				2,5 kg/år	28.2.2007
Hg					4 kg/år	
Cr (total)			2,0		1,5	
Pb	Hovedavløp			b)	30 kg/år	
Cu	Sum utslipp			b)	0,3	
As	Hovedavløp				20 kg/år	
V	Sum utslipp			b)	3	
Ti			900		750	
SO				30 tonn/døgn	25 tonn/døgn	3.10.2014
SS*					800	28.2.2007
KOF**			65 mg/l			14.5.2019
Ni					90 kg per år	14.5.2019

a) Utslippsgrense basert på de siste 12 månedsprøvene.

b) Skal inngå i måleprogram for utslipp til vann.

c) Kontinuerlig overvåking av pH i alle avløp til resipienten (endret 14.3.2012).

*, suspendert stoff, **, kjemisk oksygenforbruk.

Kronos Titans utslipp av sulfat regnes i utgangspunktet som lite problematisk da sulfat finnes naturlig i relativt store mengder i sjøvann. Bedriften har et relativt stort utslipp av surt prosessavløpsvann (**Tabell 2**). Undersøkelser av Berge mfl. (2008) tyder imidlertid på at influensområdet til utslippet fra Kronos Titan er begrenset til selve nærområdet og til en avstand på 50 - 100 meter fra utslippspunktet. Bedriften har utslipp av fluorid fra vasking av filterduker, og det er ikke oppgitt grenseverdi for fluorid i utslippstillatelsen, men fluorid overvåkes i resipientene. Molybden er ikke omfattet av bedriftens utslippstillatelse, og det er ingen krav til overvåking av dette stoffet.

Utslippene av KOF (kjemisk oksygenforbruk) og SS (suspendert stoff) er i vesentlig grad uorganiske stoffer (i hovedsak jernforbindelser, ifølge bedriften) og har ikke vært omfattet av tidligere overvåking, da utslippet anses å være av begrenset størrelse i forhold til resipienten. Overvåkingsprogrammet i denne rapporten er utformet for å identifisere Kronos Titans sine påvirkninger fra utslipp av metaller og fluorid til Hvalerestuaret. I **Tabell 2** vises Kronos Titans utslipp av regulerte utslippskomponenter fra 2012 til 2021.

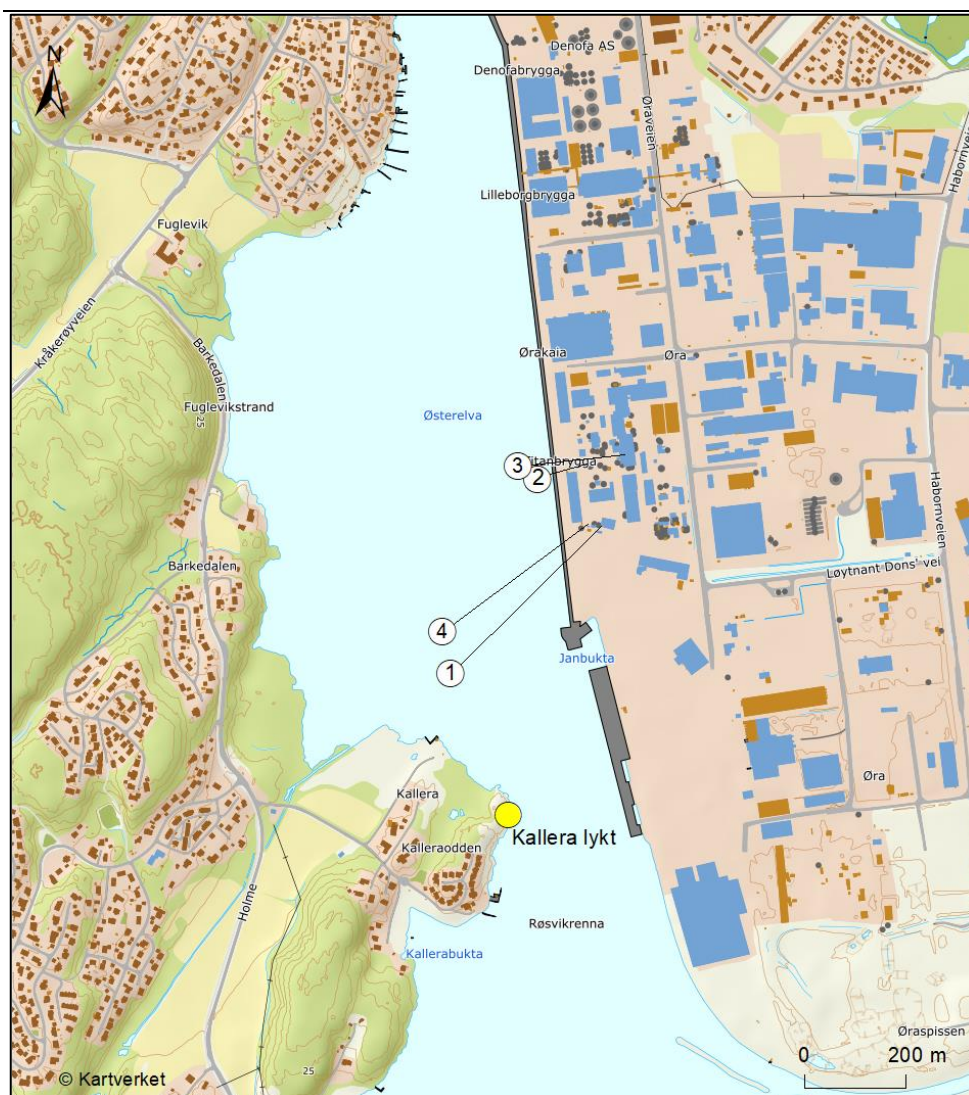
Tabell 2. Rapporterte utslipp fra Kronos Titan til Glomma, 2012-2021 (tonn/år). Data fra www.norskeutslipp.no. Data for vanadium er innhentet fra bedriften.

Stoff	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Kjemisk oksygenforbruk (KOF)*	74,4	102,7	78,9	72	70	74	63	37	117	111
Suspendert stoff (SS)**	225	198	226	276	314	272	265	204	159	247
Arsen (As)	0,0022	0,0038	0,0036	0,0025	0,0026	0,0021	0,0019	0,0017	0,0031	0,0025
Krom (Cr)	0,34	0,482	0,396	0,338	0,369	0,351	0,396	0,272	0,375	0,401
Kobber (Cu)	0,088	0,091	0,099	0,091	0,077	0,071	0,053	0,055	0,104	0,064
Fluorider (F)	8,3	23,4	37,6	2,2	3,2	5,2	9,1	23,7	37,8	15,2
Jern (Fe)	156	191	192	163	168	151	184	152	164	167
Molybden (Mo)	0,0053	0,0053	0,0036	0,0055	0,0091	0,012	0,0158	0,0097	0,0072	0,002
Titan (Ti)	219	194	122	156	187	157	157	125	112	129
Vanadium (V)	0,522	0,694	0,700	0,551	0,478	0,417	0,621	0,456	0,039	0,756
Sink (Zn)	0,112	0,112	0,112	0,093	0,104	0,094	0,111	0,112	0,086	0,084
Kadmium (Cd)	0,0002	0,00014	0,00033	0,00027	0,00045	0,00056	0,00006	0,00011	0,00004	0,00017
Kvikksølv (Hg)	0,0017	0,0021	0,0032	0,003	0,0017	0,003	0,0031	0,0027	0,003	0,0027
Nikkel (Ni)	0,083	0,083	0,101	0,081	0,068	0,069	0,080	0,059	0,069	0,079
Bly (Pb)	0,0254	0,0232	0,0231	0,0261	0,0296	0,0244	0,0268	0,021	0,0274	0,0265
Sulfat (SO ₄)	6935	8424	7765	7858	7665	7127	7579	6726	7764	8529
SO ₄ -S (H ₂ SO ₄)	2479	2802	2837	2956	2077	2423	3025	2394	2964	2719

* , bedriften antar at en vesentlig del av KOF er av uorganisk art (som f. eks Fe²⁺).

** , bedriften antar at 75 % av SS er av uorganisk art og ca. 25 av organisk art (tremel).

Bedriftens utslipp av jern og titan er betydelig større enn de andre metallene. Utslipet av vanadium og krom er på henholdsvis 760 og 400 kg i 2021, mens de resterende er under 100 kg pr. pr. Utslipet av kvikksølv er på ca. 3 kg pr. år. Utslipet av fluorid var på 15,2 tonn i 2021. I **Figur 3** vises bedriftens plassering og fire hovedavløp til Glomma.



Figur 3. Kronos Titans beliggenhet i vannforekomsten Glomma fra Greåker til sjøen, og utslippspunkter (1= Hovedavløp, 2 = Kjølevann, 3= Sprayvannsavløp og 4 = SO₂-rensplanlegg).

Kronos Titans hovedavløp og utslippet fra SO₂-rensplanlegget går ut svært nær hverandre på ca. 6 m dyp i Glomma syd for bedriften. Utslippene fra sprayvannsavløp og kjølevann ledes ut på 2 m dyp i nærheten av hverandre ved kai. Alle utslippene er til vannforekomsten Glomma fra Greåker til sjøen (**Figur 3**). Vannmassene i utslippsdypet er ofte dominert av saltvannskile som trenger inn under det utstrømmende ellevannet fra Glomma som også har innslag av saltvann. I utslippsområdet kan det til tider vært et betydelig og varierende innslag av saltvann, blant annet avhengig av vannføring. Ved høy vannføring 3. juli 2007 varierte saltholdigheten relativt lite 2-4 PSU² fra 0-6 m dyp, mens den ved lav vannføring 18. september 2007 varierte fra 5-26 PSU fra 0-5 m dyp (Green, 2019).

1.2.3 Prosessbeskrivelse hos Borregaard

Borregaards historie som moderne industribedrift stekker seg tilbake til 1892, da første produksjon fra ny cellulosefabrikk fant sted. Bedriften har videre utviklet seg, og er i dag et bioraffineri, hvor en rekke ulike høyforedledede og spesialiserte produkter produseres med tømmer som råstoff. Produktområdene

² PSU: Practical Salinity Scale.

omfatter i hovedsak etanol, vanilin, lignin, spesialcellulose og bioenergi (www.borregaard.com). Da produksjonsprosessen omfatter en rekke ulike prosesser, vil ikke disse omtales ytterligere.

1.2.4 Borregaards utslippskomponenter til vann

Borregaards regulerte utslippsbegrensninger til vann er vist i **Tabell 3** og utslipp til Glomma de siste fire årene i **Tabell 4**.

Tabell 3. Borregaard sine utslippsbegrensninger til vann (data fra Borregaard). Bedriftens utslippstillatelse ble sist endret 1. januar 2020.

Utslipps-komponent	Utslippskilde	Benevning	Utslippsgrenser		Gjelder fra
			Korttids-grense, løpende måned	Langtids-grense (kalenderår)	
KOF	Hele fabrikken	tonn/døgn	77	59	01.01.2020
AOX	Hele fabrikken	tonn/døgn	0,5	0,4	01.07.2019
Cu	Hele fabrikken	kg/døgn	15	11	01.01.2020
Toluen	Vanillin	tonn innkjøp/år		190	14.03.2005
Hg	Hele fabrikken	kg/år		3 kg/år	01.07.2019
BOF	Hele fabrikken	Grense ikke fastsatt			
Metaller (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)	Hele fabrikken	Grense ikke fastsatt			

Tabell 4. Rapporterte utslipp fra Borregaard AS til Glomma, 2018-2021. Data fra www.norskeutslipp.no, supplert med data fra bedriften.

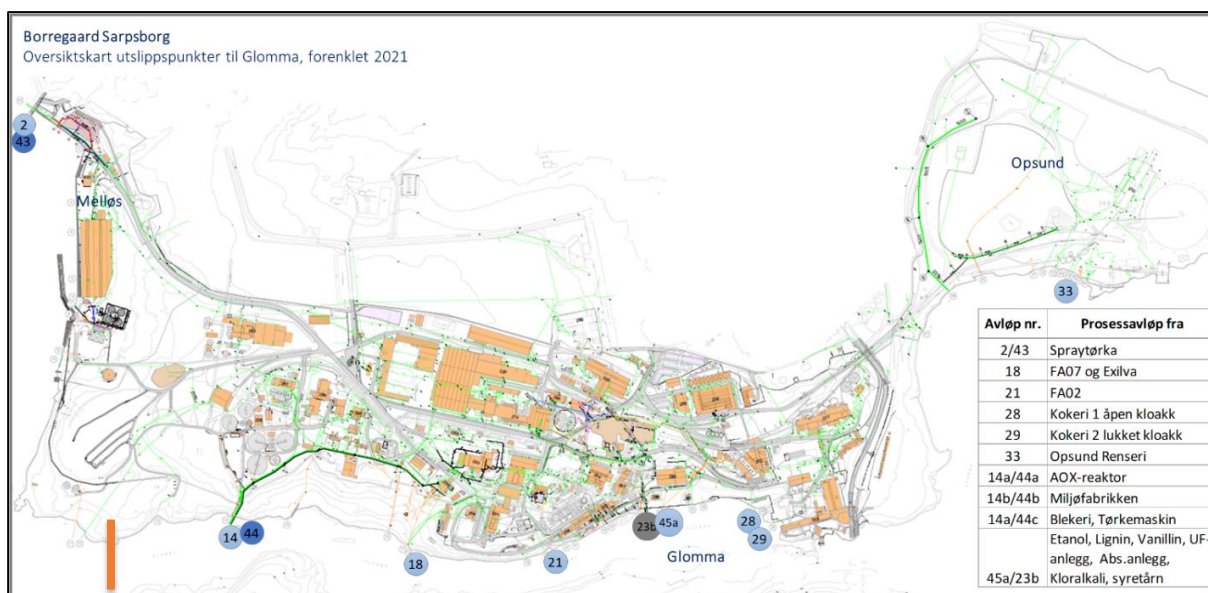
Utslippskomponent	Tonn/år (2018)	Tonn/år (2019)	Tonn/år (2020)	Tonn/år (2021)
Kjemisk oksygenforbruk (KOF)	22 192	20 075	21 008	20 185
Biologisk oksygenforbruk (BOF)	4 872	4 307	4 629	4 629
Suspendert stoff (STS)	1 478	1 497	1 608	1 716
Adsorberbare organiske halogenider (AOX)	100	88	99	95
Kobber (Cu)	3,5	4,2	3,6	2,6
Kvikksølv (Hg)	0,003	0,0009	0,001	0,001
Arsen (As)	0,012	0,009	0,010	0,009
Kadmium (Cd)	0,007	0,006	0,006	0,006
Nikkel (Ni)	0,268	0,396	0,783	0,574
Bly (Pb)	0,176	0,054	0,061	0,054
Sink (Zn)	5,2	1,3	1,3	1,3

Hovedkilde til utslipp av arsen, kadmium, krom, nikkel, bly og sink vurderes å være produksjonsutstyr som ved slitasje og korrosjon gir metallutslipp via vannforbruk og tilhørende prosessavløp fra de ulike anleggene ved Borregaard. Tømmer som er hovedråvare og kalkstein som benyttes ved tillaging av kokesyre i Kokeri, samt mikronæring som benyttes i Miljøfabrikken (biorensanlegget) inneholder også noen metaller som kan bidra til metallutslipp. Utslipp av kvikksølv er knyttet til historisk grunnforurensning. Utslippet av kobber skyldes kobbersulfat som anvendes i produksjonsprosessen. Parameteren AOX er et mål på innhold av adsorberbare organiske halogenforbindelser, det vil si en stoffgruppe med kjent og ukjent kjemisk sammensetning, som påvises i AOX-analysen. AOX-utslippet fra Borregaard sin treforedlingsprosess er et mål på utslipp av klororganiske stoffer til vann som kan dannes ved bleking av tremasse. Kjemikalier som benyttes i blekeprosessen i Blekeriet som kan gi klororganisk utslipp er klordioksid (ClO₂) og natriumhypokloritt (NaOCl). Borregaard har etter eget initiativ hatt overvåking av AOX i vannsøyla i Glomma i flere år, og konsentrasjoner har alltid blitt målt i nivåer under

kvantifiseringsgrensen. Under bleking av tremasse dannes en rekke halogenerte stoffer og dioksiner kan også dannes (Suntio mfl. 1988). Dersom dioksiner dannes, vil de kunne påvises i AOX-stoffgruppa. Da det ikke finnes en egen metode for påvisning av AOX i biota, benyttes noen ganger målinger av dioksiner som et alternativ for AOX, som eksempel noe noen av de mest miljøskadelige stoffene som kan produseres under blekingen av tremasse.

Bedriftens utslipp av kobber og sink er betydelig større enn de andre metallene. Utslipet av nikkel er det tredje størst på om lag 700 kg pr. år, mens de resterende er under 100 kg pr. år. Utslipet av kvikksølv er på ca. 1 kg pr. år. Utslipet av AOX var på 95 tonn i 2021.

I 2021 ble flere av Borregaards utslippspunkter til Glomma slått sammen, og ved endring av utslippsarrangementene ble utslippene ført lengre ut i Glomma og dypere, slik at fortynningen i Glomma ble bedre og skjedd raskere. I dag har Borregaard åtte utslippspunkter fra ulike renseanlegg til Glomma (**Figur 4**). Beregninger av fortynning av Borregaards utslipp, viste at utslippene (med unntak av 2/43, som har lave utslipp) var fullstendig fortynnet i Glomma nedstrøms utslippspunkt 14/44. Videre nedover i Glomma vil utslippet fortynnes marginalt da det er få tilførsler av ferskvann fra sideelver. Fortynning av utslippene i Glomma er i hovedsak styrt av vannføringen i Glomma (Rannekleiv mfl. 2021).



Figur 4. Borregaards utslippspunkter til Glomma. Utslippene er til vannforekomsten Glomma fra Sarpsfossen til samløp Visterflo ved Greåker. Orange linje indikerer hvor Borregaards utslipp er fullstendig innblandet i Glomma (Rannekleiv mfl. 2021).

1.3 Bedriftenes tiltaksrettede overvåkingsprogram

En kort oppsummering av bedriftenes tiltaksrettede overvåkingsprogram er vist i **Tabell 5**. Overvåkingsprogrammet er utformet for å identifisere bedriftenes påvirkninger fra utslipp av metaller, fluorider og AOX til Hvalerestuaret.

Tabell 5. Analyserte parametere, matriks, antall stasjoner, prøvetakningsfrekvens prøvetakingstidspunkt i overvåkingsprogrammet til Kronos Titan og Borregaard. VRSS = Vannregionspesifikt stoff, som inngår i fastsetting av økologisk tilstand. PS = Prioritert stoff, som inngår i fastsetting av kjemisk tilstand.

Parameter		Kvalitets- element	Matriks	Antall stasjoner	Frekvens (per år)	Tidspunkt
Økologisk tilstand	Arsen (As)	VRSS	Blæretang og blåskjell	6 (blæretang) 2 (blåskjell)	1	18-19.10.2021
	Krom (Cr)					
	Kobber (Cu)					
	Fluorid (F)					
	Jern (Fe)					
	Molybden (Mo)					
	Titan (Ti)					
	Vanadium (V)					
	Sink (Zn)					
	Kadmium (Cd)					
Kjemisk tilstand	Kvikksølv (Hg)	PS	Blæretang og blåskjell	6 (blæretang) 2 (blåskjell)	1	18-19.10.2021
	Nikkel (Ni)					
	Bly (Pb)					
	Dioksiner*					

*, kun i en blåskjellprøve fra Kirkøy.

1.3.1 Stasjonsvalg og matriks

Konsentrasjonene av metaller i blåskjell og blæretang fra Hvalerestuaret har vært overvåket siden 1980-tallet (Knutzen, 1984). Kronos Titan og Borregaard hver for seg (Berge mfl. 2008; Berge mfl. 2009), og etter hvert samordnet mellom Kronos Titan og Borregaard (Berge, 2017; Green, 2019).

Miljødirektoratets overvåkingsprogram MILKYS, har en blåskjellstasjon ved Kirkøy i Hvalerestuaret (Green mfl. 2020). Hvalerestuaret er sterkt påvirket av ferskvann fra Glomma, slik at saliniteten vil variere, og gjør det utfordrende å finne blåskjell. Det har vært ulike stasjoner for overvåking av blåskjell, men for blæretang, som er mindre påvirket av salinitet i forhold til utbredelse, har tilnærmet de samme stasjonene blitt overvåket i løpet av årene. Da det er utfordringer med å finne blåskjell på stasjonene, ble det i 2021 forsøkt å finne strandsnegl, og det ble kun funnet på Tisler. Det finnes begrenset med data på miljøgiftinnhold i strandsnegl fra andre overvåkingsprogram og da det kun ble funnet på én stasjon, ble prøven fra Tisler ikke analysert for miljøgifter. I **Tabell 6** gis en oversikt over stasjonene hvor blåskjell og blæretang ble samlet inn, samt informasjon om vannforekomst, salinitet og avstand fra Kallera lykt.

Blæretang ble samlet inn fra fem stasjoner nærmest Glommas munningsområde (Kråkerøy, Rognholmen Belgen, Kjøkkø og Fugleskjær). Dette er et område hvor det ikke er blåskjell eller hvor det er vanskelig å finne skjell. På stasjoner lenger ut (Kirkøy, Kværnskjær og Tisler) var blåskjell førstevalg for analysematriser framfor blæretang. På den ytterste stasjonen Tisler ble begge artene analysert. Stasjonene Kværnskjær og Tisler ligger langt unna bedriftene. Kværnskjær ble tatt med da stasjonen ligger midt i hovedløpet for vanntransporten fra Glomma til åpent hav. Tisler har vært anvendt som referansestasjon, antatt upåvirket av bedriftenes utslipp. Fra salinitetsmålinger (**Tabell 6**) ser vi derimot at vannforekomsten er påvirket av Glommavann, da en salinitet på over 25 PSI forventes i åpen eksponert kyst. Alle stasjonene har vært benyttet i tidligere overvåking for bedriftene. Stasjonene som ble benyttet for overvåking i 2021 er vist i **Figur 5**.

Tabell 6. Beliggenhet til stasjoner for innsamling av biota. I tabellen vises også hvilken vannforekomst den enkelte stasjon tilhører og organisme anvendt i overvåkingen. I flere stasjoner ble det søkt etter biota, men ikke funnet (I.F.). Ved noen stasjoner ble det ikke søkt (I.S.) etter biota. Koordinater til stasjonene er gitt i **Vedlegg 1**.

Stasjon	Avstand fra Kallera lykt (km)	Salinitet (PSU) ¹	Vannforekomst (id)	Vanntype	Blæretang	Blåskjell	Strandsnegl
Kråkerøy	1,4	4,5	Østerelva (0101010405-C)	Sterkt ferskvannspåvirket fjord	X	I.S.	I.F.
Rognholmen	2,8	6	Østerelva (0101010405-C)	Sterkt ferskvannspåvirket fjord	X	I.S.	I.F.
Belgen	5,0	7	Ramsøflaket-Østerelva (0101010401-C)	Beskyttet kyst/fjord	X	I.S.	I.F.
Kjøkkø	5,3	7,5	Ramsøflaket-Østerelva (0101010401-C)	Beskyttet kyst/fjord	X	I.F.	I.F.
Fugleskjær	7,5	9	Ramsøflaket-Østerelva (0101010401-C)	Beskyttet kyst/fjord	X	I.F.	I.F.
Kirkøy	11,0	9,5	Løperen (0101010408-C)	Beskyttet kyst/fjord	I.S.	X	I.S.
Kværnskjær	16,3	11,5	Torbjørnskjær (0101000030-1-C)	Åpen eksponert kyst	I.S.	X	I.S.
Tisler (Møren)	21,7	19	Torbjørnskjær (0101000030-1-C)	Åpen eksponert kyst	X	X	X

¹, data fra Green (2019).



Figur 5. Kart som viser stasjoner for innsamling av blæretang og blåskjell for kjemiske analyser i 2021.

1.4 Andre kilder til metaller i Hvalerestuaret

Glomma

Vannforekomstene hvor stasjonene i **Figur 5** er plassert er i stor grad påvirket av elvevann fra Glomma. Nedbørfeltet til Glomma er på 41 918 km² og Norges største elv. Miljødirektoratets Elveovervåkings-program måler tilførsler fra Glomma til Hvalerestuaret årlig. Overvåkingsstasjonen er plassert oppstrøms Borregaard ved Bäterød vannverk. Siden 1990 fram til 2020 har det vært en signifikant økning i vannføringen i Glomma. For metaller har det i perioden 2004-2020 vært en signifikant økning i konsentrasjonen av kobber i Glomma og tilførsler av kobber (tonn pr. år) til

Hvalerestuaret. En viktig kilde til kobber i Glomma er tidligere gruvedrift på Røros. For arsen, bly, kadmium, sink, nikkel, krom og kvikksølv ble det ikke observert noen signifikant endring (Kaste mfl. 2021). I **Tabell 7** vises vannføring og tilførsler av metaller fra Glomma til Hvalerestuaret i 2019 og 2020. Borregaard og Kronos sine utslipp til Glomma er ikke medregnet her, da tilførslene beregnes oppstrøms bedriftene.

Tabell 7. Vannføring og tilførsler av metaller til Hvalerestuaret fra Glomma i 2019 (Braaten mfl. 2020) og 2020 (Kaste mfl. 2021).

År	Vannføring (1000 m ³ /døgn)	As (tonn)	Pb (tonn)	Cd (tonn)	Cu (tonn)	Zn (tonn)	Ni (tonn)	Cr (tonn)	Hg (kg)
2019	68 724,28	4,0	5,9	0,34	42,7	150,6	19,4	6,2	51,6
2020	76 214,38	5,5	5,8	0,22	40,5	68,5	20,7	10,6	38,5

For Kronos Titan så utgjør bedriftens utslipp av krom (**Tabell 2**) ca. 4 % av Glommas tilførsler i 2019 og 2020 (**Tabell 7**). Borregaards utslipp av kobber (**Tabell 4**) utgjør om lag 10 % av Glommas tilførsler i 2019 og 2020 (**Tabell 7**). Kronos Titans og Borregaards utslipp av kvikksølv utgjør henholdsvis 6 % og 2 % av Glommas tilførsler til Hvalerestuaret. I Miljødirektoratets Elveovervåkingsprogram overvåkes ikke titan eller jern, som er de største utslippskomponentene til Kronos Titan. Det finnes konsentrasjonsmålinger av jern i Glomma fra et annet overvåkingsprogram ved Sarpsfossen (Bækken mfl. 2015). I 2014 og 2015 var gjennomsnittskonsentrasjon av jern i Glomma ved Sarpsfossen 227 µg/l. Ved å benytte vannføring i **Tabell 7** blir tilførslene av jern fra Glomma til Hvalerestuaret om lag 6 000 tonn pr. år. Kronos Titans utslipp av 158 tonn i 2018 og 2020 (**Tabell 2**), gjennomsnitt er beregnet for 2019 og 2020) utgjør da ca. 3 % av Glommas tilførsler av jern. Det ble ikke funnet konsentrasjonsmålinger av titanoksid i Glomma, antagelig er konsentrasjonene lave, og Kronos Titan står for hovedtilførsler til Hvalerestuaret. Det ble heller ikke funnet konsentrasjonsmålinger av vanadium i Glomma, men konsentrasjoner i ellevann er ofte i nivået µg/L (Schuth mfl. 2019), slik at tilførsler fra Glomma til Hvalerestuaret kan være noen tonn per år.

Borg havn

Skipstrafikk vil føre med seg forurensninger til området. I 2020 var det 1 113 anløp til havna (www.ssb.no). Sedimentene rundt Borg havn og innseilingen er forurenset, og kilder er blant annet industri og skipstrafikk. Av metaller var spesielt konsentrasjonene av tributyltinn (ble anvendt som bunnstoff på båter), kvikksølv og kobber forhøyede i sedimentene (Sømme mfl. 2015). Ved flom i Glomma og oppvirvling fra skipstrafikk kan metallene resuspenderes, og føres ut til Hvalerestuaret.

Nordic Paper

Nedstrøms Borregaard ligger bedriften Nordic Paper, som også har utslipp til Glomma. Bedriften tilhører bransjen som produserer papir og papp (www.norskeutslipp.no). Bedriften har utslipp til Glomma. I **Tabell 8** vises bedriftens utslipp til Glomma i 2020.

Unger fabrikker

Nedstrøms Nordic Paper, men oppstrøms Kronos Titan er Unger fabrikker lokalisert. Bedriften tilhører bransjen som produserer såpe, vaskemidler og rense- og polermidler. Bedriften har utslipp til Glomma, men kun organisk materiale, målt som KOF (www.norskeutslipp.no).

Alvim renseanlegg

Alvim er Sarpsborg kommune sitt renseanlegg, og deres utslippspunkt til Glomma er lokalisert mellom Nordic Paper og Borregaard. Anlegget har kjemisk rensing og er dimensjonert for 65 000 personekvivalenter (pe). I **Tabell 8** vises Alvims utslipp til Glomma i 2020.

Øra avløpsanlegg (FREVAR)

Avløpsnett i Fredrikstad kommune føres til Øra avløpsanlegg eies av Fredrikstad kommune og driftes av det kommunale foretaket FREVAR. Anlegget har kjemisk rensing og er dimensjonert for 120 000 pe. I **Tabell 8** vises FREVARs utslipp til Glomma i 2020.

Tabell 8. Nordic Paper sine utslipp til Glomma i 2020. Data fra Norske Utslipp (www.norskeutslipp.no). I **Figur 5** vises lokalisering av Nordic Paper, Alvim og Frevar i Glomma. I.R. = Ikke rapportert.

Bedrift/anlegg	As (kg/år)	Pb (kg/år)	Cd (kg/år)	Cu (kg/år)	Zn (kg/år)	Ni (kg/år)	Cr (kg/år)	Hg (kg/år)
Nordic Paper	0,22	0,54	0,02	7,5	9,1	1,0	1,66	0,08
Alvim	7,6	5,4	0,25	64,2	373,5	32,0	I.R.	0,07
Øra (FREVAR)	11,9	5,3	0,31	42,0	558,0	192,2	I.R.	0,05

I forhold til FREVAR og Alvim har Nordic Paper lavere utslipp av metaller til Glomma, med unntak av kvikksølv hvor Nordic Paper har marginalt høyere utslipp. Sammenlignet med Borregaard og Kronos Titans sine utslipp av metaller, har avløpsrensingsanleggene lavere utslipp av de fleste metaller (**Tabell 2** og **Tabell 4**). Utslippene av kobber fra Alvim og Kronos Titan er omtrent like, mens utslippet av sink fra Kronos Titan er lavere enn utslippet til FREVAR.

2 Metodebeskrivelser

2.1 Prøvetakingsmetodikk

Feltarbeid og behandling av innsamlet data er utført i henhold til overvåkingsprogrammet som ble godkjent av Miljødirektoratet. På enkelte stasjoner ble det ikke funnet blåskjell eller strandsnegl (**Tabell 6**).

2.1.1 Blåskjell

Innsamling av blåskjell ble gjennomført 18-19. oktober 2021. Blåskjell ble samlet inn i fjæra ved snorkling, og skjell med skallengde på 3-5 cm ble forsøkt valgt ut. Ved stasjonene hvor det ble funnet skjell ble mer enn 20 individer samlet inn. Det ble i hovedsak samlet inn minst 20 skjell fra hver stasjon. Blåskjellprøvene ble fryst ned (<-20 °C) etter innsamling. Før opparbeiding i NIVA laboratorium ble blåskjellene tatt ut av fryser til tining. Blåskjellinnmaten ble skrapet ut med en skalpell, og fryst ned i rene glødet prøveglass. For mer detaljert beskrivelse av prøvetaking og opparbeiding av blåskjell se Miljødirektoratets overvåkingsprogram MILKYS (Green mfl. 2020).

2.1.2 Blæretang

Innsamlingen av blæretang ble gjennomført 18-19. oktober 2021. Fra hver av de seks stasjonene (**Tabell 6**) ble det innsamlet ca. 20 individer av blæretang voksende på hardbunn i fjæra. Blæretangen ble innsamlet ved å vasse i fjæra. Blæretangprøvene ble fryst ned (<-20 °C) etter innsamling og holdt nedfryst inntil videre opparbeiding ved NIVAs laboratorium. Blandprøver bestående av den øvre

delen (5-10 cm, «årets og fjorårets skudd») av hvert individ ble analysert. Etter opparbeiding ble blæretangen fryst ned i rene glødede glass fram til kjemisk analyse.

2.2 Kjemiske analyser av blæretang og blåskjell

Alle kjemiske analyser med unntak av fettinnhold i blåskjell ble utført av Eurofins akkrediterte analyselaboratorium. Fettinnhold i blåskjell ble analysert ved NIVAs analyselaboratorium. I **Tabell 9** gis en oversikt over analysemetoder og kvantifiseringsgrenser. Analyserapporter fra laboratoriet er gitt i **Vedlegg 2**.

Tabell 9. Kjemiske analysevariable som ble analysert i blåskjell og blæretang, metoder som ble anvendt og kvantifiseringsgrenser.

Analysevariabel	Metode	Kvantifiseringsgrenser
F	Intern metode 1	1 mg/kg
Hg	ASU L00.00-19/4 (2003-12), Mod.	0,005 mg/kg
As	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,1 mg/kg
Pb	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,05 mg/kg
Fe	EN ISO 17294-2-E29	0,5 mg/kg
Cd	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,01mg/kg
Cu	EN ISO 17294-2-E29	0,1 mg/kg
Cr	EN ISO 17294-2-E29	0,05 mg/kg
Mo	EN ISO 17294-2-E29	0,1 mg/kg
Ni	EN ISO 17294-2-E29	0,1 mg/kg
Zn	EN ISO 17294-2-E29	0,5 mg/kg
Ti	EN ISO 17294-2-E29	0,5 mg/kg
V	EN ISO 17294-2-E29	0,2 mg/kg
Dioksiner	Intern metode 1	Ikke oppgitt
Tørrvekt	NS 4764	0,02 %
Fettinnhold	Intern metode (INTERN_NIVA)	Ikke oppgitt

I 2021 er det første gang at mer enn en blandprøve av blæretang analyseres ved hver stasjon, og to blandprøver ble analysert ved hver stasjon. Tidligere har kun en blandprøve blitt analysert ved hver stasjon. For blåskjell ble det i 2021 analysert fra en til tre blandprøver ved de ulike stasjonene.

2.3 Statistiske metoder for tidstrendanalyser og stedgradient

Det er konsentrasjonsmålinger av blåskjell og blæretang tilbake i tid i Hvalerestuaret (Knutzen, 1984; Berge mfl. 2008; Berge 1991; Berge mfl. 1996; Berge 1997; Berge mfl. 2009; Källqvist og Berge, 2004; Berge og Walday, 2012; Berge 2016; Green 2019).

Tidstrendanalyser

For blåskjell er det data fra Kirkøy over lengre tid, og årlige målinger, da stasjonen inngår i Miljødirektoratets overvåkingsprogram MILKYS ([Miljøgifter langs kysten \(MILKYS\) - Miljødirektoratet \(miljodirektoratet.no\)](#)). Kirkøy er også den nærmeste stasjonen med blåskjell i forhold til Kronos Titan og Borregaards utslipp. For blåskjell er det i denne rapporten gjort en tidstrendanalyse for Kirkøy som følger de prinsipper som er benyttet i MILKYS (Green mfl. 2020). I datamaterialet i denne rapporten er tidstrendanalysen gjennomført på tørrvektbasis, ikke våtvekt som MILKYS benytter, da tørrvekt ble benyttet i de tidligere overvåkingsrapportene for bedriftene. Årsaken skyldes at grenseverdier var basert på tørrvekt, og ikke våtvekt. Som for MILKYS ble mediankonsentrasjon av metaller målt i 2021 ble benyttet. MILKYS måler ikke konsentrasjoner av titan og jern, og da tilgang på data tilbake i lengre tid er begrenset og oppdelt, ble det ikke gjort tidstrendanalyse for disse metallene. Kvantifiseringsgrensen til titan har også endret seg betydelig fra 90-tallet og fram til i dag, fra 5 mg/kg til 0,5 mg/kg (**Tabell 9**). Ved målinger under kvantifiseringsgrensen er halve kvantifiseringsgrensen benyttet og vist i tabeller.

Da det har vært enkelt å finne blæretang i Hvalerestuaret er det data fra mange stasjoner, og også målinger av titan og jern. Da rapporteringsgrensen for titan har endret seg betydelig, ble data fra 2003 og utover benyttet til tidstrendanalyser. For kvikksølv, hvor konsentrasjoner i blæretang er betydelig lavere enn i blåskjell, er konsentrasjonene ofte nær eller under kvantifiseringsgrensen (som også har blitt lavere med årene). Tidstrendanalyser for kvikksølv i blæretang er da ikke gjennomført. Ved målinger under kvantifiseringsgrensen er halve kvantifiseringsgrensen benyttet og vist i tabeller. Da all tidligere data er vurdert på tørrvektbasis, er det også gjort det i denne rapporten.

Stedsgradient

I tidligere rapporter har det vært gjort analyser og vurderinger av konsentrasjonsendringer ved stasjonene fra Kallera lykt satt lik avstand null (utløp av Glomma) og ut til Tisler (ytterste stasjon), se **Tabell 6** (Berge 2016; Green 2019). Stasjonene er plassert i Glommas hovedutløp til sjø, ikke helt lineært, men de gir en god pekepinn på hvordan konsentrasjonene endrer seg utover. Her vil det være en fortykning av Glommas elvevann med sjøvann, noe som også ses i målinger av salinitet ved de ulike stasjonene (**Tabell 6**). Konsentrasjonene som måles i biota vil da være en blanding av Glommas elvevann og sjøvann med en helt annen kjemisk sammensetning.

Det ble ikke gjennomført stedgradientanalyse av blåskjell, da det kun ble funnet blåskjell ved tre stasjoner. Stedgradientanalyse ble gjennomført for blæretang med data fra 2021. For konsentrasjonsmålinger under kvantifiseringsgrensen er ikke stedgradienter beregnet. Da det fra tidligere målinger kun er en blandprøve fra hver stasjon, ble gjennomsnittet fra to målinger ved hver stasjon benyttet i 2021. For å vurdere stedgradienter ble vanlig lineær regresjon (minste kvadraters metode) benyttet. Beregninger av tidstrender og stedgradienter ble gjort i R (www.r-project.org).

3 Resultater

3.1 Målte konsentrasjoner av metaller og fluorid ved de ulike stasjonene i 2021

3.1.1 Blåskjell

I **Tabell 10** vises målte konsentrasjoner av fluorid og metaller i blåskjell samlet inn i 2021. I tidligere rapporter (Berge 2016; Green 2019) ble målte konsentrasjoner klassifisert etter tidligere utarbeidede klassifiseringssystemer (Knutzen og Skei, 1990; Molvær mfl. 1997; Veileder 97:03). De eldre klassifiseringssystemene er ikke effektbaserte slik det er i dag i vannforskriften (Klassifiseringsveilederen, Veileder 2:2018), men de var baserte på empiriske konsentrasjonsmålinger fra områder med ulike miljøbelastninger. Klassegrensene her er usikre, selv bakgrunnskonsentrasjonene (klasse I og II), da rapporteringsgrenser for f.eks. titan og kvikksølv var høyere tidligere enn i dag. Disse klassifiseringssystemene er ikke gjeldende i dag, men kan gi en viss pekepinn om målte konsentrasjoner i nær forventede bakgrunnskonsentrasjoner. I **Vedlegg 3** er målte konsentrasjoner i 2021 klassifisert i henhold til de eldre klassifiseringssystemene, slik at det er lettere å sammenligne med Berge (2016) og Green (2019). Resultatene fra 2021 viste omtrent det samme som deres målinger; konsentrasjoner av jern og titan er høyere enn bakgrunnsverdier ved Kirkøy og Kvernskjæret, og ved Tisler er konsentrasjonene innenfor bakgrunnsverdier. Konsentrasjonen av arsen er høyest ved Tisler.

Tabell 10. Konsentrasjoner (mg/ tørrstoff (TS)) av metaller og fluorid i blåskjell samlet inn 2021. Resultater viser gjennomsnitt av tre blandprøver. For de fleste analysene var standardavviket/gjennomsnittsverdi under 10 %. <, en, to eller tre av blandprøvene ble målt i konsentrasjoner under rapporteringsgrensen.

Analysevariabel	Kirkøy (mg/kg TS*)	Kvernskjæret (mg/kg TS**)	Tisler (mg/kg TS***)
F	<5	13	<4
Hg	0,3	0,1	0,2
As	15	12	20
Pb	2,4	0,8	1,0
Fe	1321	531	408
Cd	2,2	0,9	1,1
Cu	12,9	7,7	8,4
Cr	3,9	1,1	2,5
Mo	< 0,5	<0,4	0,8
Ni	5,2	1,5	3,6
Zn	182	123	128
Ti	46	15	10
V	3,1	<0,8	<0,8

*9,6 %, **13,0 %, *** 11,5 %

3.1.2 Blæretang

I **Tabell 11** vises målte konsentrasjoner av fluorid og metaller i blæretang samlet inn i 2021. I tidligere rapporter (Berge 2016; Green 2019) ble målte konsentrasjoner klassifisert etter tidligere utarbeidede klassifiseringssystemer. Tilsvarende som for blåskjell (kapittel 3.1.1), så er ikke disse klassifiseringssystemene gjeldende lenger, men gir en viss pekepinn om forventede bakgrunnskonsentrasjoner. I **Vedlegg 3** er målte konsentrasjoner i 2021 klassifisert i henhold til de eldre klassifiseringssystemene, slik at det er lettere å sammenligne med Berge (2016) og Green (2019). Resultatene fra 2021 viste omtrent det samme som deres målinger; konsentrasjoner av en rekke metaller er generelt høyere ved Kråkerøy enn ved stasjoner lengre ut, med unntak av

Fugleskjær, hvor konsentrasjonene til en rekke metaller er forhøyede. Ved noen stasjoner er det høyere konsentrasjoner av bly og krom enn bakgrunnskonsentrasjoner (klasse I og II). Konsentrasjonene av jern og titan er godt over bakgrunnskonsentrasjoner i flere stasjoner. Konsentrasjonen av arsen er høyest på Tisler. Ved Kråkerøy og Fugleskjær ble det målt høyere konsentrasjoner av vanadium i 2021 enn både Berge (2016) og Green i (2019).

Tabell 11. Konsentrasjoner av metaller og fluorid i blæretang samlet inn 2021. Resultater viser gjennomsnitt av to blandprøver. For de fleste analysene var standardavviket/gjennomsnittsverdi under 10 %. <, en eller begge blandprøvene ble målt i konsentrasjoner under rapporteringsgrensen. *, antagelig kontaminert, da konsentrasjoner er om lag 10 ganger høyere enn tidligere målinger.

Analyse - variabel	Kråkerøy (mg/kg TS**)	Rognholmen (mg/kg TS)	Belgen (mg/kg TS)	Kjøkkø (mg/kg TS)	Fugleskjær (mg/kg TS)	Tisler (mg/kg TS)
F	2,4	2,2	2,3	2,2	2,9	2,4
Hg	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	<0,01
As	20	25	27	15	18	43
Pb	4,0	0,8	1,0	1,7	5,5	0,4
Fe	4296	767	859	1746	6905*	136
Cd	1,4	1,4	1,1	1,3	1,1	1,1
Cu	12,5	10,0	9,0	10,6	12,4	3,6
Cr	7,3	1,7	2,2	5,5	11,7	1,0
Mo	1,1	<0,2	<0,2	0,4	0,7	<0,2
Ni	21,6	12,6	13,2	11,1	16,9	5,5
Zn	166	157	150	141	114	45
Ti	277	40	46	89	364	6
V	14,1	2,8	3,1	5,3	19,8	0,9

** , TS varierte fra 20-24 % i innsamlet blæretang fra de ulike stasjonene.

3.2 Klassifisering av målte konsentrasjoner av kvikksølv og dioksiner i blåskjell i henhold til vannforskriften

I **Tabell 12** vises konsentrasjoner av metaller, fluorider og dioksiner i blåskjell samlet inn i 2021. I vannforskriften er det i dag utarbeidet grenseverdier for en rekke ulike stoffer i biota, f.eks. dioksiner. Av metallene er det kun grenseverdier for kvikksølv i Klassifiseringsveilederen (Veileder 02:2018). Grenseverdiene for dioksiner og kvikksølv er gitt i **Tabell 12**. I Miljødirektoratets overvåkingsprogram MILKYS er det innsamlet data over mange år fra hele Norges kyst. Av mangel på grenseverdier for blant annet metaller i blåskjell har MILKYS utarbeidet ett sett med måldata, PROREF-verdier (provisional high contaminant reference concentration), som viser konsentrasjoner fra referansestasjoner, stasjoner langs Norges kyst som er lite påvirket av menneskelige aktiviteter. PROREF-verdier er da forventede konsentrasjoner man vil finne i referanseområder. Dersom målte konsentrasjoner er høyere enn PROREF-verdier, er det store muligheter for at området blåskjell er samlet inn fra er påvirket av menneskelige aktiviteter, forurenset. Desto høyere konsentrasjonsmålinger over PROREF-verdier, desto mer er området blåskjellene er samlet inn fra forurenset. PROREF-verdiene er utarbeidet for områder uten påvirkning fra ferskvann, og det medfører at anvendelsen av disse her i Hvalerestuaret er mer usikre. For ytterligere forklaring for utledning av PROREF-verdier, henvises det til Green mfl. (2020). I **Tabell 12** er konsentrasjoner av blåskjell samlet inn 2021 vurdert med hensyn til grenseverdier for kvikksølv og dioksiner gitt i

Klassifiseringsveilederen (Veileder 02:2018). I tillegg er målte konsentrasjoner vurdert i henhold til PROREF-verdier fra Green mfl. (2020).

Tabell 12. Konsentrasjoner (mg/våttvekt (vv)) av metaller, fluorider og dioksiner i blåskjell samlet inn 2021. N, viser antall blandprøver som er analysert ved de ulike stasjonene. For dioksiner er kun en prøve analysert. <, en, to eller tre av blandprøvene ble målt i konsentrasjoner under rapporteringsgrensen. Grenseverdier for kvikksølv og dioksiner er gitt i Klassifiseringsveilederen (Veileder 02:2018). Celle farget rødt = Grenseverdi er oversteget. Celle farget blått = måling er under grenseverdi. Konsentrasjonsmålinger som er høyere enn PROREF-verdier er angitt i lysbeige. PROREF-verdier er tatt fra Green mfl. (2020).

Analysevariabel	Kirkøy (mg/kg vv) N = 3	Kvernskjæret (mg/kg vv) N = 1	Tisler (mg/kg vv) N = 2	Grenseverdi (mg/kg vv)	PROREF-verdier (mg/kg vv)
Kvikksølv	0,030	0,018	0,028	0,020	0,012
Kadmium	0,21	0,12	0,14	I.U.	0,18
Krom	0,38	0,14	0,32	I.U.	0,36
Kobber	1,2	1,0	1,1	I.U.	1,4
Nikkel	0,45	0,20	0,45	I.U.	0,29
Bly	0,23	0,11	0,13	I.U.	0,20
Sink	17	16	16	I.U.	17,7
Arsen	1,5	1,6	2,6	I.U.	2,5
Mo	<0,1	<0,1	0,1	I.U.	0,01
F	<1	1,7	<1	I.U.	Verdi mangler
Dioksiner	3,04 x10 ⁻⁵ *	Ikke målt	Ikke målt	0,0065*	Verdi mangler

*, µg/kg TEQ, enkeltkomponenter som er målt i konsentrasjoner under rapporteringsgrense er satt til verdi null. Dette er i henhold til Directive 2009/90 EC.

Konsentrasjonene av kvikksølv i blåskjell fra Kirkøy og Tisler overstiger grenseverdier gitt i vannforskriften, mens konsentrasjonen av kvikksølv ved Kvernskjæret er lavere enn grenseverdien. Konsentrasjonen av dioksiner målt ved Kirkøy er lavere enn grenseverdi gitt i vannforskriften (**Tabell 12**). PPOREF-verdier ble oversteget ved Kirkøy og Tisler. Det vil si at konsentrasjonene som måles her er høyere enn de man finner i referansestasjoner langs Norges kyst.

3.3 Tidstrender for blåskjell og blæretang ved de ulike stasjonene

3.3.1 Blåskjell

Utvikling av metallkonsentrasjoner i blåskjell fra Kirkøy fra 1995 fram til 2021 er gitt i **Tabell 13**. Figurer og data er gitt i **Vedlegg 4**. Korttidstrend fra 2004-2021 ble forsøkt valgt da man vet at i dette tidsrommet har det vært en signifikant økning i tilførsler av kobber fra Glomma til Hvalerestuaret (Kaste mfl. 2021). Ved tidsserier som starter 2009, mangler det data fra 2004 fram til 2009. Data er basert på tørrvekt, for å kunne sammenligne med tidligere rapporter (Berge, 2016; Green 2019).

Tabell 13. Lang- og korttidstrender i blåskjell fra Kirkøy. Alder på datasettet er gitt i parentes. +, signifikant økning (p < 0,05). 0, ingen signifikant endring.

Analysevariabel (tørrvektbasert)	Blåskjell fra Kirkøy	
	Langtidstrend	Korttidstrend
Bly	+ (1995-2021)	0 (2009-2021)
Sink	+ (1995-2021)	0 (2009-2021))
Kvikksølv	0 (1995-2021)	0 (2004-2021)

Analysevariabel (tørrvektbasert)	Blåskjell fra Kirkøy	
	Langtidstrend	Kortidstrend
Bly	+ (1995-2021)	0 (2009-2021)
Kadmium	0 (1995-2021)	0 (2004-2021)
Krom	Ingen data	0 (2009-2021)
Kobber	0 (1995-2021)	0 (2009-2021)
Nikkel	Ingen data	0 (2009-2021)
Arsen	Ingen data	0 (2009-2021)

Resultater fra **Tabell 13** viser at det har vært en signifikant økning i konsentrasjonene av bly og sink i blåskjell fra Kirkøy fra 1995 fram til 2021. Ingen signifikant endring ble observert i konsentrasjonene av de andre metallene.

3.3.2 Blæretang

Utvikling av metallkonsentrasjoner fra alle blæretangstasjoner i Hvalerestuaret er gitt i **Tabell 14**. Data er basert på tørrvekt, for å kunne sammenligne med tidligere rapporter (Berge 2016; Green 2019).

Tabell 14. Langtidstrender i blæretang fra ulike stasjoner i Hvalerestuaret. Alder på datasettet er gitt i parentes. Kun datasett med signifikante endringer vises. +, signifikant økning ($p < 0,05$), -, signifikant reduksjon ($p < 0,05$). For metaller og stasjoner som ble vurdert, se **Vedlegg 4**.

Stasjon	Metall (antall år)
Kråkerøy	+Pb (2008-2021), +Ti (2009-2021), +Fe (2008-2021)
Rognholmen	+Hg (2008-2021)
Kjøkkø	-Cu (1989-2021), +Fe (1989-2021)
Fugleskjær	+Ti (2003-2021), +Hg (2003-2021)

Det var flest signifikante endringer i blæretang fra Kråkerøy, stasjonen nærmest Glommas utløp. Fra Tisler var det ingen signifikante endringer i konsentrasjonene. Det ble kun observert en signifikant nedgang i en stasjon, Kjøkkø og for kobber.

3.4 Stedgradient i blæretang fra Kråkerøy til Tisler

Stasjoner med blæretang er plassert ut i Hvalerestuaret fra Kråkerøy til Tisler, og plasseringen følger Glommas hovedutløp ut i Hvalerestuaret, omtrent på en rett linje (**Figur 5**). I **Tabell 15** vises resultater fra en lineær regresjon, hvor det beregnes om konsentrasjonene endres lineært fra Kråkerøy til Tisler. Figurer og data er gitt i **Vedlegg 5**. Data er basert på tørrvekt, for å kunne sammenligne med resultater fra tidligere rapporter (Berge 2016; Green 2019).

Tabell 15. Resultater fra lineær-regresjon som viser endringene i konsentrasjonene i blæretang fra Kråkerøy ut til Tisler. Signifikant nivåer er angitt med p-verdier.

Analysevariabel (tørrvektbasert)	Fra Kråkerøy til Tisler
Kvikksølv	Avtar signifikant ($p < 0,05$)
Kobber	Avtar signifikant ($p < 0,05$)
Sink	Avtar signifikant ($p < 0,001$)
Arsen	Øker signifikant ($p < 0,05$)
Kadmium	Tilsynelatende avtagende (ikke signifikant)

Analysevariabel (tørrvektbasert)	Fra Kråkerøy til Tisler
Krom	Tilsynelatende avtagende (ikke signifikant)
Nikkel	Tilsynelatende avtagende (ikke signifikant)
Bly	Tilsynelatende avtagende (ikke signifikant)
Fluorid	Tilsynelatende avtagende (ikke signifikant)
Jern	Tilsynelatende avtagende (ikke signifikant)
Molybden	Tilsynelatende avtagende (ikke signifikant)
Titan	Tilsynelatende avtagende (ikke signifikant)
Vanadium	Tilsynelatende avtagende (ikke signifikant)

Resultater fra **Tabell 15** viser at konsentrasjonene av kvikksølv, kobber og sink avtar signifikant i blæretang fra Kråkerøy til Tisler. For arsen, er det motsatt, der øker konsentrasjonen signifikant utover i Hvalerestuaret. For de andre metallene og fluorid er konsentrasjonene tilsynelatende avtagende, men ikke signifikant.

3.5 Oppsummering av hovedresultatene

Overvåking i brakkvann og indikatorarter

Generelt er overvåking av miljøgifter i brakkvann, slik som her i Hvalerestuaret utfordrende på mange måter, som f.eks. valg av indikatorart og blandinger av vannmasser med ulike konsentrasjoner av oppløste salter (Ranneklev mfl. 2017). I et tiltaksorientert overvåkingsprogram skal overvåkingen i tillegg gi svar på hvordan bedrifter påvirker berørte vannforekomster. Borregaard og Kronos Titan har Glomma som resipient for prosessavløpsvann, og med Glommas store vannføring spres avløpsvannet ut i brakkvannsområdet til åpent hav. Bedriftenes utslippskomponenter som i hovedsak har blitt vurdert her er jern, titan, vanadium, krom, fluorid, kvikksølv, kobber, nikkel, sink og AOX.

Som et resultat av store variasjoner i salinitet fra utslippspunkter og videre ut til sjø kan ikke kun én enkelt art anvendes som indikatorart for bedriftenes utslipp. I Hvalerestuaret har blæretang og blåskjell blitt benyttet i lang tid. Blæretang finnes i dag fra Kråkerøy og ut i Glommas hovedutløp mot Tisler. Blåskjell ble i år funnet ved Kirkøy og ut mot Tisler. Indikatorartene utfyller hverandre ved at blæretang i hovedsak tar opp løste metaller, mens blåskjell tar opp løste metaller og metaller bundet til partikler. I henhold til Klassifiseringsveilederen (Veileder 08:21) er blåskjell foretrukket indikatorart framfor tang.

Vurdering av målte konsentrasjoner av metaller og fluorid i blåskjell og blæretang

I dag mangler det grenseverdier i vannforskriften for de fleste metaller i biota. Klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand basert på målinger av metaller i biota (med unntak av kvikksølv) kan da ikke gjøres. Av metallene finnes det i dag kun grenseverdier for kvikksølv i biota Klassifiseringsveilederen (Veileder 02:2018). Tidligere hadde forvaltningen egne klassifiseringsveiledere for f.eks. blåskjell og tang (Knutzen og Skei, 1990; Molvær mfl. 1997). Grenseverdier i vannforskriften er effektbaserte, og de i eldre klassifiseringsveilederne var grenseverdiene basert på empiriske målinger i områder med ulik grad av forurensning, og ga ingen informasjon om effekter på vannmiljøet. Grenseverdier i klasse I og II i de eldre klassifiseringsveilederne gir derimot noe informasjon om forventede konsentrasjoner i områder lite berørt av menneskelige aktiviteter, såkalte «bakgrunnskonsentrasjoner». Fra målinger av metaller i blæretang i 2021, ser vi da at konsentrasjonene til en rekke metaller overstiger bakgrunnskonsentrasjoner ved Kråkerøy og Fugleskjær. Konsentrasjonene av bly, jern, krom, titan og vanadium er høyere enn bakgrunnskonsentrasjoner. Konsentrasjonene av fluorid var omtrent like i

alle blæretangstasjonene, og i bakgrunnskonsentrasjoner. Konsentrasjonene av vanadium i blæretang ved Kråkerøy og Fugleskjær er høyere enn tidligere målinger (Berge 2016; Green 2019). For blåskjell var konsentrasjonene av titan over bakgrunnskonsentrasjoner ved Kirkøy, og jern ved Kirkøy og Kvernskjæret.

Klassifisering av målte konsentrasjoner av kvikksølv og dioksiner i blåskjell i henhold til vannforskriften og vurderinger i forhold til PROREF-verdier

Miljødirektoratet har nylig utarbeidet et forslag til grenseverdier for miljøgifter i blåskjell, hvor blant annet de fleste metaller (unntatt Cu) inngår (Ruus mfl. 2021). Disse grenseverdiene er ikke gjeldende pr. i dag, og er ikke benyttet til klassifiseringen her. Av stoffer og biota som er undersøkt her, og som det er mulig å klassifisere i henhold til vannforskriften er det kun innholdet av kvikksølv og dioksiner i blåskjell. Målinger av kvikksølv i blåskjell fra Kråkerøy, Kvernskjæret og Tisler, viste at grenseverdi i vannforskriften (20 µg/kg våtvekt) ble oversteget ved Kråkerøy og Tisler, og god kjemisk tilstand ble da ikke oppnådd her med hensyn til kvikksølv. Ved Kvernskjæret var kvikksølvkonsentrasjonen under grenseverdi, og god kjemisk tilstand ble oppnådd. Konsentrasjonen av dioksiner i blåskjell fra Kirkøy var under grenseverdier, og god kjemisk tilstand ble oppnådd. Grenseverdier for kvikksølv er lave og det observeres ofte overskridelser i blåskjell, selv på områder langs kysten med lite menneskelige aktiviteter (Green mfl. 2020).

PROREF-verdier som gir en pekepinn om målte konsentrasjoner i blåskjell er høyere enn bakgrunnskonsentrasjoner, viste forhøyede konsentrasjoner for kvikksølv, kadmium, krom, nikkel og bly ved Kirkøy. Ved Kvernskjæret ble PROREF-verdier oversteget for kvikksølv, og ved Tisler for kvikksølv, nikkel, arsen og molybden.

Tidstrender for blæretang og blåskjell

Det var flest signifikante endringer i blæretang fra Kråkerøy, stasjonen nærmest Glommas utløp, hvor konsentrasjonene av bly, titan og jern har økt siden 2008. Fra Tisler var det ingen signifikante endringer i konsentrasjonene

Konsentrasjoner av metaller i blåskjell fra Kirkøy har vært overvåket i lang tid, og stasjonen er knyttet til Miljødirektoratets overvåkingsprogram MILKYS Green mfl. (2020). Det var en signifikant økning i konsentrasjoner av bly og sink fra 1996 til 2021, og for molybden fra 2009 til 2021.

Stedgradient i blæretang fra Kråkerøy til Tisler

Resultater viste at konsentrasjonene av kvikksølv, kobber, sink og arsen avtok signifikant lineært i konsentrasjoner fra Kråkerøy til Tisler, mens konsentrasjonene av arsen økte signifikant lineært.

4 Diskusjon og konklusjoner

I dette tiltaksorienterte overvåkingsprogrammet for Kronos Titan og Borregaard ble konsentrasjoner av metaller, dioksiner og fluorid målt i blåskjell og blæretang fra Kråkerøy og ut i Glommas hovedutløp til Tisler. Bedriftenes mest relevante utslippskomponenter er jern, titan, vanadium, krom, fluorid, kvikksølv, kobber, nikkel, sink og AOX. Området er sterkt preget av Glommas tilførsler av ferskvann, og Glomma bidrar med betydelige tilførsler av metaller til Hvalerestuaret. Bedriftenes utslipp av de fleste metaller, med unntak av kobber og titan, er betydelig lavere enn 10 % av Glommas totale tilførsler av metaller til Hvalerestuaret. Videre i estuaret vil Glomma blande seg med sjøvann av en helt annen kjemisk sammensetning. Konsentrasjonene av stoffer som måles i blåskjell

og blæretang vil i ulik grad være påvirket av innblandet sjøvann i Glommavannet, noe som ses fra salinitetsmålinger ved de ulike stasjonene. Det forventes også at en del metaller vil felles ut i kontakt med sjøvann. For fluorid ses det tydelig at det felles ut, konsentrasjonene er omtrent helt like i alle blæretangstasjonene og de påvises ikke (med unntak av i Kvernskjæret) i blåskjell.

Da det i dag med unntak av kvikksølv mangler grenseverdier for å vurdere målte konsentrasjoner av metaller i blåskjell og blæretang, er det utfordrende å vurdere de målte konsentrasjonene, er de høye eller lave, eller vil de kunne gi effekter. Ved å anvende tidligere klassifiseringssystemer og PROREF-verdier kan man for blåskjell si noe om hvor målte konsentrasjoner er i forhold til bakgrunnskonsentrasjoner, det vil si områder med lite påvirkning fra menneskelige aktiviteter. Resultater viste at for Kirkøy, blåskjellstasjonen nærmest Glommas utløp ble kvikksølv, kadmium, krom, nikkel og bly målt i konsentrasjoner over PROREF-verdier (Green mfl. 2020). I forhold til tidligere klassifiseringssystemer for blåskjell (Knutzen og Skei, 1990; Molvær mfl. 1997) ble kun jern og titan (PROREF-verdier finnes ikke for disse metallene) målt i konsentrasjoner over bakgrunnsverdier på Kirkøy.

Ved Kråkerøy, blæretangstasjonen nærmest Glommas utløp, var konsentrasjonene i henhold til tidligere klassifiseringsveileder (Knutzen og Skei, 1990; Molvær mfl. 1997) over bakgrunnsverdier for bly, jern, krom, titan og vanadium. Fra en undersøkelse av utvalgte metaller i blæretang fra Sommarøy (Troms), tilsvarende et bakgrunnsområde uten menneskelige påvirkninger (Mæhre mfl., 2014), var konsentrasjonene av kobber, jern, sink, kadmium og kvikksølv lavere enn det som ble målt på Kråkerøy. Arsen ble også målt på Sommarøy, og konsentrasjonen var betydelig lavere på Kråkerøy. Konsentrasjonene som ble målt på Sommarøy var alle i tilstandsklasse I, i henhold til tidligere klassifiseringsveileder (Knutzen og Skei, 1990; Molvær mfl. 1997). PROREF-verdier og tidligere klassifiseringsveiledere gir ulik informasjon om hvilke metaller i blåskjell som er i konsentrasjoner over bakgrunnsverdier. For blæretang var det godt samsvar med målte konsentrasjoner fra Sommarøy og klassifisering i tilstandsklasse I, i tidligere klassifiseringsveiledere (Knutzen og Skei, 1990; Molvær mfl. 1997).

Konsentrasjoner av kvikksølv i blåskjell oversteg grenseverdi (0,020 mg/kg våtvekt) gitt i vannforskriften ved Kirkøy og Tisler, ved Kvernskjæret var konsentrasjonen under grenseverdi. Dioksiner ble kun målt ved Kirkøy, blåskjellstasjonen nærmest Glommas utslipp. Målinger av dioksiner er knyttet til Borregaards utslipp av AOX, da dioksiner kan dannes under blekingen av tremasse, og det er ikke utviklet metode for å påvise AOX i biota. Dioksiner er partikkelbundne og ville mest sannsynlig ikke påvises i blæretang, som i hovedsak tar opp løste forbindelser. Dioksiner og kvikksølv inngår i klassiferingen av kjemisk tilstand, og ikke god kjemisk tilstand ville blitt oppnådd ved Kirkøy og Tisler med hensyn til kvikksølv. Resultater fra MILKYS (Green mfl. 2020) indikerer at kvikksølvs grenseverdien på 0,020 mg/kg våtvekt er lav, og det er overskridelser i områder som karakteriseres som bakgrunnsnivåer. For dioksiner, oppnår Kirkøy god kjemisk tilstand.

Kvikksølv ble også målt i blæretang, og konsentrasjonene var betydelige lavere enn blåskjellkonsentrasjonene. Ved Tisler var konsentrasjonene under kvantifiseringsgrensen. Årsaken til at konsentrasjonene var lavere i blæretang enn blåskjell skyldes antagelig at kvikksølv i stor grad er bundet til partikler, som ikke tas opp i blæretangen. Det var flest signifikante oppadgående tidstrender (jern, titan og bly) i blæretang fra Kråkerøy, stasjonen nærmest Glommas utløp. Green (2019), fant ingen signifikante trender ved Kråkerøy.

Langtidstrend (1995-2021) av bly og sink i blåskjell fra Kirkøy viste en signifikant økning i konsentrasjoner. I Elveovervåkingsprogrammet har kun konsentrasjonen og tilførselene av kobber i Glomma har økt signifikant fra 2004 fram til 2020 (Kaste mfl. 2021), og dette gjenspeiles ikke

kortidstrend for kobber i blåskjell på Kirkøy. Blåskjell regulerer kobber konsentrasjoner i vevet, slik at konsentrasjoner vil kunne avta, og var en av årsakene til at grenseverdier for kobber ikke ble gitt i nytt forslag for grenseverdier i blåskjell (Ruus mfl. 2021). Bedriftenes samlede utslipp av kobber, sink og bly har avtatt betydelig de siste årene, og kan heller ikke forklare de økende trendene. Green (2019) fant ingen signifikant tidstrend for krom, kobber, sink, kadmium, kvikksølv og bly i blåskjell fra Kråkerøy.

Konsentrasjonene av de fleste metallene og fluorid i blæretang avtar tilsynelatende fra Kråkerøy til Tisler, og signifikant for kun kvikksølv, kobber og sink. For arsen økte konsentrasjonen signifikant. Årsaken til at konsentrasjonene avtar, skyldes at de fortynnes med sjøvann som har lavere konsentrasjoner. For arsen er det motsatt, og det skyldes at konsentrasjonen av arsen i sjøvann er betydelig høyere enn i ferskvann. Årsaken til at konsentrasjonene avtar skyldes også at metallene og fluorider vil danne komplekser med sjøvann, slik at de felles ut, felles til bunnen og tas ikke opp i blæretang.

I forhold til standard tiltaksrettet overvåking i sjøvann for industribedrifter, hvor blåskjell anvendes, plasserer blåskjellstasjoner i gradienter ut fra bedriftens hovedutslippspunkter, og etter kjente strømforhold, blir det litt mer komplisert i Hvalerestuaret. To typer indikatororganismer må anvendes og det er betydelige tilførsler av metaller fra Glomma som bedriftene slipper ut, samtidig som Glommavann med bedriftenes utslipp innblandes sjøvann med ulike konsentrasjoner av de samme metallene. I tillegg mangler grenseverdier for metaller i biota, som gjør det vanskelig å vurdere nivået og eventuelle effekter de målte konsentrasjoner vil ha på vannmiljøet. Dette gjør det vanskelig å vurdere bedriftenes påvirkning i estuaret, selv om noen av bedriftenes utslipp er store. Ett unntak er titan, hvor bakgrunnskonsentrasjoner i ferskvann og sjøvann er lave. Målingene av titan i blåskjell og blæretang gir en viss pekepinn hvordan Kronos Titan utslipp fordeler seg i estuaret, og konsentrasjoner er over bakgrunnsverdier. Titandioksid (TiO₂) har i lang tid blitt betraktet som en «inert» forbindelse, med lav giftighet for helse og miljø. Det er imidlertid økt helse og miljømessig bekymring knyttet til stoffet, og i hovedsak gjelder dette for nanopartikler av stoffet ([Titanium dioxide: E171 no longer considered safe when used as a food additive | EFSA \(europa.eu\)](#); Sharma, 2009). Titandioksid i nanoform produseres ikke ved Øra, men ved én av Kronos sine fabrikker i Tyskland. I pigmentkvalitetene som produseres på Øra utgjør andelen av partikler med diameter mindre eller lik 10 µm under 1 %. Disse pigmentkvalitetene er da tilfredsstillende i forhold til CLP endring, og anses da som ikke «mulig kreftfremkallende».

Overvåkingsprogrammet kan føles opp, og 3-årige frekvenser slik det har vært til nå anses som tilfredsstillende. Forhåpentligvis er grenseverdier for metaller i blåskjell på plass innen da. For videre overvåking bør det vurderes at blåskjell og blæretang samles inn sammen på to stasjoner, ikke kun fra én stasjon, slik som på Tisler. Dette vil gi bedre kunnskap om hvilke stoffer som faktisk måles i de to ulike indikatororganismene. Overvåkingsstasjonen ved Tisler, som er benyttet som en referansestasjon er påvirket av Glomma og bør vurderes flyttes, eventuelt at det utvides med en stasjon fra MILKYS-programmet. Stoff som molybden bør vurderes å tas ut av overvåkingsprogrammet, da de ikke er omfattet av utslippstillatelsen, og utslippet er lavt. Konsentrasjoner av dioksiner ble i 2017 målt i blåskjell ved flere av bedriftenes overvåkingsstasjoner (Berge 2016). Resultater viste at god kjemisk tilstand ble oppnådd med hensyn til dioksiner på alle stasjonene. Målinger i 2021 viste konsentrasjon godt under grenseverdi gitt i vannforskriften på Kirkøy, blåskjellstasjonen nærmest Glommas utløp. Det bør vurderes om dioksiner tas ut fra overvåkingsprogrammet.

5 Referanser

- Berge, J.A., Magnusson, J. og Tjomsland, T. 2008. Undersøkelser i Glomma utenfor Kronos Titan AS – 2007. NIVA-rapport 5519-2008, 42 s.
- Berge, J.A. 1991. Miljøgifter i organismer i Hvaler/Kosterområdet, NIVA-report no. 2669, 192p
- Berge, J.A. Berglind, L., Brevik, E, Godal, A. 1996. Overvåking av Hvaler-Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-1994. Miljøgifter i organismer 1994. NIVA-rapport nr. 3443-96 (ISBN 82-577-2979-5), 146 s.
- Berge, J.A., 1997. Undersøkelser av miljøgifter i blæretang, blåskjell og torsk fra Hvalerområdet i forbindelse med storflommen i Glomma i 1995. NIVA-rapport nr. 3659, 45 s.
- Berge, J.A., Walday, M., Nilsson, H.C., Gitmark, J., 2009. Overvåking av Glommas munningsområde i forbindelse med mulig økede utslipp fra Borregaard ved Sarpsborg. NIVA-rapport nr. 5892, 45 s.
- Berge, J.A. og Walday, M., 2012. Undersøkelser av forekomst av metaller i blæretang fra Glommas munningsområde i 2011. NIVA-rapport nr. 6325, 53 s.
- Berge, J.A., 2016. Tiltaksrettet overvåking av Glommas munningsområde og Hvalerområde for Kronos Titan AS og Borregaard AS, NIVA-rapport nr. 7015-2016, 53s. + vedlegg.
- Braaten, H.F., Gundersen, C.B. Kaste, Ø., Sample, J., Hjermann, D.Ø., Norling, M.D., Guerrero, J.L., Allan, I., og Nizzetto, L. 2020. The Norwegian river monitoring programme 2019 – water quality status and trends, NIVA-rapport-7564, 87 s.
- Bækken, T., Kile, M.R. og Skjelbred, B. 2015. Overvåking av Glomma, Vorma og Øyeren 2014, NIVA-rapport 6783, 46 s.
- Directive 2009/90 EC, Technical specifications for chemical analysis and monitoring of water status, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, 3 s.
- Green, N. W. 2019. Tiltaksorientert overvåking av Glommas munningsområde og Hvalerområdet for Kronos Titan AS og Borregaard AS - undersøkelse av miljøgifter, 2018. NIVA-rapport 7357-2019, 67 s.
- Green, N.W., Schøyen, M., Hjermann, D., Øxnevad, S., Ruus, A., Grung, M., Beylich, B., Lund, E., Tveiten, L., Jenssen, M.T.S., Ribeiro, A.L., Doyer, I. og Bæk, K. 2020. Contaminants in coastal waters of Norway -2019. Miljøgifter i kystområdene 2019. NIVA-rapport 7565, 195 s.
- Kaste, Ø., Gundersen, C.B., Poste, A., Sample, J. og Hjermann, D.Ø. 2021. The Norwegian river monitoring programme 2020 – water quality status and trends. Elveovervåkningsprogrammet 2020 – vannkvalitetsstatus og -trender, NIVA-rapport 7675-2021, 72 s.
- Källqvist, T., Berge, J.A. (2004). Økotoksikologisk undersøkelse av avløpsvann fra Kronos Titan AS samt analyse av metaller i tang fra Glommas munningsområde og Hvaler. NIVA rapport nr. 4840, 25 s.

Knutzen, J., Skei, J., 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sediment og organismer, samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. Niva-rapport nr. 2540, 139 s.

Knutzen, J. 1984. Basisundersøkelser i Hvalerområdet og Singlefjorden. Miljøgifter i organismer 1980-1981. SFT-rapport 122-84, 38 s.

Molvær, J. Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., Sørensen, J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Veiledning 97:03. Miljødirektoratets rapportserie TA 1467/1997.

Mæhre, H.K., Malde, M.K., Eilertsen, K.E. og Elvevoll, E. 2014. Characterization of protein, lipid and mineral contents in common Norwegian seaweeds and evaluation of their potential as food and feed. *Sci Food Agric* 2014; 94: 3281–3290.

Ranneklev, S.B., Green, N. Allan, I., Grung, M., Garmo, Ø., Ruus, A., Gitmark, J.K. og Schøyen, M. 2017. Overvåkingsmetoder for vannregionspesifikke og prioriterte stoffer i kystvann påvirket av ferskvann, Miljødirektoratets rapportserie M-922, 58 s.

Ranneklev S.B., Haande S., Walday M., Grung M. 2018. Eksempelsamling for tiltaksorientert overvåking. Miljødirektoratets rapportserie M-997, 84 s.

Ranneklev, S.B., Staalstrøm, A. Lindholm, M. og Garmo, Ø. 2021. Miljøpåvirkning fra Borregaards prosessavløpsvann til Glomma, NIVA-rapport 7570-2021, 33 s.

Ruus, A., Beyer, J. & Green, N.W. 2021. Proposed Environmental Quality Standards (EQS) for blue mussel (*Mytilus edulis*). Forslag til miljøkvalitetsstandarder (EQS) for blåskjell (*Mytilus edulis*). Miljødirektoratet rapport M-1939-2021. NIVA-rapport 7578-2021.

Schuth, S., Brüske, A., Hohl, S.V., Jiang, S.Y., Meinhardt, A.K., Gregory, D.D., Viehmann, S. og Weyer, S. 2019. Vanadium and its isotope composition of river water and seawater: Analytical improvement and implications for vanadium isotope fractionation, *Chemical Geology* 538.

Sharma, V.K. 2009. Aggregation and toxicity of titanium dioxide nanoparticles in aquatic environment—A Review, *J. Envi. Health*, 44:1485-1495.

Suntio, L.R., Shiu, W.Y., og Mackay, D. 1988. A review of the nature and properties of chemicals present in pulp mill effluents, *Chemosphere*, 17: 1249-1290.

Sømme, H.O., Jahren, T. og Enoksen, J.H. 2015. BORG 1 SEDIMENTKARTLEGGING AV FORURENSNINGSMEKTIGHET, Rambøll-rapport 1110438,

Veileder 97:03 Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (TA-1467/1997).

Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratgruppen for gjennomføring av vannforskriften. Revidert.

6 Vedlegg

Vedlegg 1. Koordinater til stasjonene, samt annen informasjon fra felt.

Stasjon	Lati- tude	Longi- tude	Dato (2021)	Innsamlings- metode	Blåskjell	Tang	Strand- snegl	Kommentar
Kirkøy	59,09508	11,13682	19.10	Snorkling	3 replikater			Ok med skjell
Kråker-øy	59,16859	10,95173	19.10	Plukking i fjæra	0	2 rep	fant ikke	Ingen strandsnegl funnet, vi lette mye (blåskjell så vi heller ikke, men kanskje tanglopper.
Rogn- holmen	59,15744	10,96756	19.10	Plukking i fjæra	0	2 rep	fant ikke	Ingen strandsnegl funnet, vi lette mye (blåskjell så vi heller ikke, men kanskje tanglopper.
Belgen	59,13666	10,96388	19.10	Plukking i fjæra	0	2 rep	fant ikke	Ingen strandsnegl funnet, vi lette mye (blåskjell så vi heller ikke, men kanskje tanglopper.
Kjøkkø	59,13010	10,95130	18.10	Plukking i fjæra	fant ikke	2-3 rep	fant ikke	Strandsnegl og blåskjell ble ikke observert.
Fugle-skjær	59,11538	10,98529	18.10	Plukking i fjæra	fant ikke	2-3 rep	fant ikke	Strandsnegl og blåskjell ble ikke observert.
Kirkøy	59,07953	10,98701	18.10	Snorkling	3 rep	0 rep	0 rep	Mye bedre her enn i fjor.
Kværn- skjær	59,03294	10,97461	18.10	Plukking i fjæra	1 rep	0 rep	0 rep	Feil i planlagt koordinat, rettet opp her.
Tisler	58,98540	10,97080	18.10	Plukking i fjæra	1 rep	2 rep	2 rep	Ok innsamling.

Vedlegg 2. Analyserapporter fra laboratoriet. Blåskjell



Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tel: 02348 / (+47) 22 18 51 00
E-post: niva@niva.no

ANALYSERAPPORT

RapportID: 16202

Kunde: Sissel Brit Ranneklev
Prosjektnummer: O 200229;4 - Glommil2020; Analyser blåskjell

03.01.2021 ISD: Som beskrevet i bestillingen, så skal fettbestemmelse utføres på NIVA p å timer.	Analyseoppdrag:	1191-10949
	Versjon:	1
	Dato:	18.02.2022

Provenr.: NR-2021-13359 **Provermerking:** Kirkøy, individ 1, 18.10.21
Provetype: BIOTA
Provetakningsdato:
Prove mottatt dato: 07.01.2022
Analyseperiode: 02.02.2022 - 17.02.2022

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	LOQ	Underlev.
m) Fluorid	Internal Method 1	<1	mg/kg		Eurofins
e) Kvikksølv	ASU L00.00-19/4 (2003-12), mod. [DE Food]	0,026	mg/kg	0,005	Eurofins
e) Arsen	DIN EN ISO 15763 (2010)	1,4	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Bly	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,19	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Jern	EN ISO 17294-2-E29	110	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Kadmium	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,21	mg/kg	0,01	Eurofins
e) Kobber	EN ISO 17294-2-E29	1,1	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Kobolt	EN ISO 17294-2-E29	0,2	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Krom	EN ISO 17294-2-E29	0,26	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Molybden	EN ISO 17294-2-E29	<0,1	mg/kg		Eurofins
e) Nikkel	EN ISO 17294-2-E29	0,5	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Sink	EN ISO 17294-2-E29	19	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Titan	EN ISO 17294-2-E29	4,0	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Vanadium	EN ISO 17294-2-E29	0,3	mg/kg	0,2	Eurofins

Tegnforklaring:

*: Ikke omfattet av akkrediteringen, >: Større enn, <: Mindre enn, MU: Måleusikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense, t.v.: tørrvekt, v.v.: vårvekt

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode, MU, LOQ eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet.

All informasjon angående prøvetaking, inkludert prøvermerking, er oppgitt av oppdragsgiver.

Analysereporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder prøven slik den ble mottatt.

Side 1 av 7

a) Torrstoff % NS 4764 9,1 % 0,02 Eurofins

Utførende laboratorium / Underleverandør:

a) Eurofins Environment Testing Norway AS (Moss), NS/EN ISO/IEC 17025:2017 NA TEST 003
 e) Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg), EN ISO/IEC 17025:2005 DAKKS D-PL-14602-01-00
 m) Eurofins Food Testing UK Ltd (Wolverhampton), BS EN ISO/IEC 17025:2005 UKAS 0342

Provenr.: NR-2021-13360 Provemerking: Kirkøy, individ 2, 18.10.21
 Provetype: BIOTA
 Provetakningsdato:
 Prove mottatt dato: 07.01.2022
 Analyseperiode: 02.02.2022 - 17.02.2022

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	LOQ	Underlev.
m) Fluorid	Internal Method 1	<1	mg/kg		Eurofins
e) Kvikksølv	ASU L00.00-19/4 (2003-12), mod. [DE Food]	0,029	mg/kg	0,005	Eurofins
e) Arsen	DIN EN ISO 15763 (2010)	1,5	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Bly	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,24	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Jern	EN ISO 17294-2-E29	120	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Kadmium	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,2	mg/kg	0,01	Eurofins
e) Kobber	EN ISO 17294-2-E29	1,2	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Kobolt	EN ISO 17294-2-E29	0,2	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Krom	EN ISO 17294-2-E29	0,28	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Molybden	EN ISO 17294-2-E29	<0,1	mg/kg		Eurofins
e) Nikkel	EN ISO 17294-2-E29	0,4	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Sink	EN ISO 17294-2-E29	16	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Titan	EN ISO 17294-2-E29	4,2	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Vanadium	EN ISO 17294-2-E29	0,3	mg/kg	0,2	Eurofins
a) Torrstoff %	NS 4764	9,8	%	0,02	Eurofins

Utførende laboratorium / Underleverandør:

a) Eurofins Environment Testing Norway AS (Moss), NS/EN ISO/IEC 17025:2017 NA TEST 003
 e) Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg), EN ISO/IEC 17025:2005 DAKKS D-PL-14602-01-00
 m) Eurofins Food Testing UK Ltd (Wolverhampton), BS EN ISO/IEC 17025:2005 UKAS 0342

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen, >: Større enn, <: Mindre enn, MU: Måleusikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense, t.v.: tørrvekt, v.v.: vårvekt

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode, MU, LOQ eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet.

All informasjon angående prøvetaking, inkludert provemerking, er oppgitt av oppdragsgiver.

Analysereporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultater gjelder prøven slik den ble mottatt.

Provenr.: NR-2021-13361 **Provermerking:** Kirkoy, individ 3, 18.10.21
Provetype: BIOTA
Prøvetakningsdato:
Prøve mottatt dato: 07.01.2022
Analyseperiode: 02.02.2022 - 18.02.2022

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	LOQ	Underlev.
b) 1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD	Internal Method 1	0,367	pg/g		Eurofins
b) 1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF	Internal Method 1	0,429	pg/g		Eurofins
b) 1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF	Internal Method 1	0,149	pg/g		Eurofins
b) 1,2,3,4,7,8-HeksaCDD	Internal Method 1	<0,120	pg/g		Eurofins
b) 1,2,3,4,7,8-HeksaCDF	Internal Method 1	<0,187	pg/g		Eurofins
b) 1,2,3,6,7,8-HeksaCDD	Internal Method 1	<0,165	pg/g		Eurofins
b) 1,2,3,6,7,8-HeksaCDF	Internal Method 1	<0,171	pg/g		Eurofins
b) 1,2,3,7,8,9-HeksaCDD	Internal Method 1	<0,155	pg/g		Eurofins
b) 1,2,3,7,8,9-HeksaCDF	Internal Method 1	<0,127	pg/g		Eurofins
b) 1,2,3,7,8-PentaCDD	Internal Method 1	<0,0791	pg/g		Eurofins
b) 1,2,3,7,8-PentaCDF	Internal Method 1	<0,114	pg/g		Eurofins
b) 2,3,4,6,7,8-HeksaCDF	Internal Method 1	<0,155	pg/g		Eurofins
b) 2,3,4,7,8-PentaCDF	Internal Method 1	<0,177	pg/g		Eurofins
b) 2,3,7,8-TetraCDD	Internal Method 1	<0,0601	pg/g		Eurofins
b) 2,3,7,8-TetraCDF	Internal Method 1	0,210	pg/g		Eurofins
b) OktaCDD	Internal Method 1	<1,84	pg/g		Eurofins
b) OktaCDF	Internal Method 1	<0,380	pg/g		Eurofins
b) WHO(2005)-PCDD/F TEQ eksl. LOQ	Internal Method 1	0,0304	pg/g		Eurofins
b) WHO(2005)-PCDD/F TEQ inkl. 1/2 LOQ	Internal Method 1	0,183	pg/g		Eurofins
b) WHO(2005)-PCDD/F TEQ inkl. LOQ	Internal Method 1	0,335	pg/g		Eurofins
* Fettinnhold	Intern metode (INTERN_NIVA)	0,53	%		
m) Fluorid	Internal Method 1	<1	mg/kg		Eurofins
e) Kvikkisølv	ASU L00.00-19/4 (2003-12), mod. [DE Food]	0,035	mg/kg	0,005	Eurofins

Teguførløring

* : Ikke omfattet av akkrediteringen, >: Større enn, <: Mindre enn, MU: Måleusikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense, t.v.: tørrvekt, v.v.: våtvekt

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode, MU, LOQ eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet.

All informasjon angående prøvetaking, inkludert prøvermerking, er oppgitt av oppdragsgiver.

Analysereporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder prøven slik den ble mottatt.

Side 3 av 7

e) Arsen	DIN EN ISO 15763 (2010)	1,5	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Bly	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,27	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Jern	EN ISO 17294-2-E29	150	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Kadmium	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,22	mg/kg	0,01	Eurofins
e) Kobber	EN ISO 17294-2-E29	1,4	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Kobolt	EN ISO 17294-2-E29	0,2	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Krom	EN ISO 17294-2-E29	0,6	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Molybden	EN ISO 17294-2-E29	0,1	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Nikkel	EN ISO 17294-2-E29	0,6	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Sink	EN ISO 17294-2-E29	17	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Titan	EN ISO 17294-2-E29	4,9	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Vanadium	EN ISO 17294-2-E29	0,3	mg/kg	0,2	Eurofins
a) Torrstoff %	NS 4764	9,8	%	0,02	Eurofins

Utførende laboratorium / Underleverandør:

- a) Eurofins Environment Testing Norway AS (Moss), NS/EN ISO/IEC 17025:2017 NA TEST 003
b) Eurofins GfA Lab Service GmbH (Hamburg), DIN EN ISO/IEC 17025:2018 Dakks D-PL-14629-01-00
e) Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg), EN ISO/IEC 17025:2005 DAKKS D-PL-14602-01-00
m) Eurofins Food Testing UK Ltd (Wolverhampton), BS EN ISO/IEC 17025:2005 UKAS 0342

Provenr.: NR-2021-13362 **Provemerking:** Krevmskjæret, individ 1, 18.10.21
Provetype: BIOTA
Provetakningsdato:
Prove mottatt dato: 07.01.2022
Analyseperiode: 02.02.2022 - 18.02.2022

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	LOQ	Underlev.
m) Fluorid	Internal Method 1	1,66	mg/kg	1	Eurofins
e) Kvikksølv	ASU L00.00-19/4 (2003-12), mod. [DE Food]	0,018	mg/kg	0,005	Eurofins
e) Arsen	DIN EN ISO 15763 (2010)	1,6	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Bly	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,11	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Jern	EN ISO 17294-2-E29	69	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Kadmium	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,12	mg/kg	0,01	Eurofins

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen, >: Større enn, <: Mindre enn, MU: Måleusikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense, t.v.: torrvekt, v.v.: vårvekt

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode, MU, LOQ eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet.

All informasjon angående prøvetaking, inkludert provemerking, er oppgitt av oppdragsgiver.

Analysereportene må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultater gjelder prøven slik den ble mottatt.

e) Kobber	EN ISO 17294-2-E29	1,0	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Kobolt	EN ISO 17294-2-E29	<0,1	mg/kg		Eurofins
e) Krom	EN ISO 17294-2-E29	0,14	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Molybden	EN ISO 17294-2-E29	<0,1	mg/kg		Eurofins
e) Nikkel	EN ISO 17294-2-E29	0,2	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Sink	EN ISO 17294-2-E29	16	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Titan	EN ISO 17294-2-E29	1,9	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Vanadium	EN ISO 17294-2-E29	<0,2	mg/kg		Eurofins
a) Torrstoff %	NS 4764	13	%	0,02	Eurofins

Utførende laboratorium / Underleverandør:

a) Eurofins Environment Testing Norway AS (Moss), NS/EN ISO/IEC 17025:2017 NA TEST 003

e) Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg), EN ISO/IEC 17025:2005 DAKKS D-PL-14602-01-00

m) Eurofins Food Testing UK Ltd (Wolverhampton), BS EN ISO/IEC 17025:2005 UKAS 0342

Provenr.: NR-2021-13363

Provemerking: Tisler, individ 1, 18.10.21

Provetype: BIOTA

Provetakningsdato:

Prøve mottatt dato: 07.01.2022

Analyseperiode: 02.02.2022 - 18.02.2022

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	LOQ	Underlev.
m) Fluorid	Internal Method 1	<1	mg/kg		Eurofins
e) Kvikksølv	ASU L00.00-19/4 (2003-12), mod. [DE Food]	0,028	mg/kg	0,005	Eurofins
e) Arsen	DIN EN ISO 15763 (2010)	2,6	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Bly	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,14	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Jern	EN ISO 17294-2-E29	53	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Kadmium	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,14	mg/kg	0,01	Eurofins
e) Kobber	EN ISO 17294-2-E29	1,1	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Kobolt	EN ISO 17294-2-E29	<0,1	mg/kg		Eurofins
e) Krom	EN ISO 17294-2-E29	0,47	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Molybden	EN ISO 17294-2-E29	0,1	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Nikkel	EN ISO 17294-2-E29	0,5	mg/kg	0,1	Eurofins

Tegnforklaring

* : Ikke omfattet av akkrediteringen, >: Større enn, <: Mindre enn, MU: Målesikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense, t.v.: tørrvekt, v.v.: våtvekt

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode, MU, LOQ eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet.

All informasjon angående prøvetaking, inkludert provemerking, er oppgitt av oppdragsgiver.

Analyserapporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder prøven slik den ble mottatt.

Utførende laboratorium / Underleverandør:

- a) Eurofins Environment Testing Norway AS (Moss), NS/EN ISO/IEC 17025:2017 NA TEST 003
- e) Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg), EN ISO/IEC 17025:2005 DAKKS D-PL-14602-01-00
- m) Eurofins Food Testing UK Ltd (Wolverhampton), BS EN ISO/IEC 17025:2005 UKAS 0342

NIVA

Norsk institutt for vannforskning

Kine Bæk

Senioringeniør

Rapporten er elektronisk signert

Tegniforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen, >: Større enn, <: Mindre enn, MU: Måleusikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense, t.v.: tørrvekt, v.v.: våtvekt

Met: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode, MU, LOQ eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet.

All informasjon angående prøvetaking, inkludert prøvemerkning, er oppgitt av oppdragsgiver.

Analysereporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder prøven slik den ble mottatt.

Side 7 av 7

Blæretang



Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tel: 02348 / (+47) 22 18 51 00
E-post: niva@niva.no

ANALYSERAPPORT

RapportID: 16221

Kunde: Sissel Brit Rannekleiv
Prosjektnummer: O 200229;3 - Glomumul2020; Analyser blæretang

Analyseoppdrag: 1190-10948
Versjon: 1
Dato: 26.02.2022

26.02.2022_KBA; Analyse av kvikksølv er utført på GC-AAS istedenfor GC-MS.

Provenr.: NR-2021-13347
Provetype: BIOTA
Provetakningsdato: 18.10.2021
Prove mottatt dato: 07.01.2022
Analyseperiode: 02.02.2022 - 25.02.2022

Provemerking: Kråkerøy 1, individ 1, 18.10.21

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	LOQ	Underlev.
m) Fluorid	Internal Method 1	2,69	mg/kg TS	1	Eurofins
e) Kvikksølv	ASU L00.00-19/4 (2003-12), mod. [DE Food]	0,010	mg/kg	0,005	Eurofins
e) Arsen	DIN EN ISO 15763 (2010)	4,1	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Bly	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,91	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Jern	EN ISO 17294-2-E29	940	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Kadmium	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,33	mg/kg	0,01	Eurofins
e) Kobber	EN ISO 17294-2-E29	2,9	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Kobolt	EN ISO 17294-2-E29	1,5	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Krom	EN ISO 17294-2-E29	1,6	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Molybden	EN ISO 17294-2-E29	0,3	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Nikkel	EN ISO 17294-2-E29	4,8	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Sink	EN ISO 17294-2-E29	37	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Titan	EN ISO 17294-2-E29	66	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Vanadium	EN ISO 17294-2-E29	3,2	mg/kg	0,2	Eurofins

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen, >: Større enn, <: Mindre enn, MU: Måleusikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense, t.v.: tårvekt, v.v.: våtvekt

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode, MU, LOQ eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet.

All informasjon angående prøvetaking, inkludert provemerking, er oppgitt av oppdragsgiver.

Analysereporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder prøven slik den ble mottatt.

Side 1 av 11

a) Torrstoff % NS 4764 22 % 0,02 Eurofins

Utførende laboratorium / Underleverandør:

- a) Eurofins Environment Testing Norway AS (Moss), NS/EN ISO/IEC 17025:2017 NA TEST 003
 e) Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg), EN ISO/IEC 17025:2005 DAKKS D-PL-14602-01-00
 m) Eurofins Food Testing UK Ltd (Wolverhampton), BS EN ISO/IEC 17025:2005 UKAS 0342

Provenr.: NR-2021-13348 Provermerking: Kråkerøy 1, individ 2, 18.10.21
 Provetype: BIOTA
 Prøvetakningsdato: 18.10.2021
 Prøve mottatt dato: 07.01.2022
 Analyseperiode: 02.02.2022 - 25.02.2022

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	LOQ	Underlev.
m) Fluorid	Internal Method 1	2,17	mg/kg TS	1	Eurofins
e) Kvikksølv	ASU L00.00-19/4 (2003-12), mod. [DE Food]	0,01	mg/kg	0,005	Eurofins
e) Arsen	DIN EN ISO 15763 (2010)	4,5	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Bly	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,87	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Jern	EN ISO 17294-2-E29	950	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Kadmium	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,3	mg/kg	0,01	Eurofins
e) Kobber	EN ISO 17294-2-E29	2,6	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Kobolt	EN ISO 17294-2-E29	1,4	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Krom	EN ISO 17294-2-E29	1,6	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Molybden	EN ISO 17294-2-E29	0,2	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Nikkel	EN ISO 17294-2-E29	4,7	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Sink	EN ISO 17294-2-E29	36	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Titan	EN ISO 17294-2-E29	56	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Vanadium	EN ISO 17294-2-E29	3,0	mg/kg	0,2	Eurofins
a) Torrstoff %	NS 4764	22	%	0,02	Eurofins

Utførende laboratorium / Underleverandør:

- a) Eurofins Environment Testing Norway AS (Moss), NS/EN ISO/IEC 17025:2017 NA TEST 003
 e) Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg), EN ISO/IEC 17025:2005 DAKKS D-PL-14602-01-00
 m) Eurofins Food Testing UK Ltd (Wolverhampton), BS EN ISO/IEC 17025:2005 UKAS 0342

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen, >: Større enn, <: Mindre enn, MU: Måleusikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense, t.v.: tørrvekt, v.v.: våtvekt

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode, MU, LOQ eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet.

All informasjon angående prøvetaking, inkludert prøvermerking, er oppgitt av oppdrags-giver.

Analysereporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder prøven slik den ble mottatt.

Provenr.: NR-2021-13349 **Provemerking:** Rognholmen 1, individ 1, 19.10.21
Provetype: BIOTA
Provetakningsdato: 19.10.2021
Prove mottatt dato: 07.01.2022
Analyseperiode: 02.02.2022 - 25.02.2022

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	LOQ	Underlev.
m) Fluorid	Internal Method 1	2,09	mg/kg TS	1	Eurofins
e) Kvikksølv	ASU L00.00-19/4 (2003-12), mod. [DE Food]	0,008	mg/kg	0,005	Eurofins
e) Arsen	DIN EN ISO 15763 (2010)	5,8	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Bly	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,19	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Jern	EN ISO 17294-2-E29	190	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Kadmium	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,32	mg/kg	0,01	Eurofins
e) Kobber	EN ISO 17294-2-E29	2,4	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Kobolt	EN ISO 17294-2-E29	1,2	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Krom	EN ISO 17294-2-E29	0,43	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Molybden	EN ISO 17294-2-E29	<0,1	mg/kg		Eurofins
e) Nikkel	EN ISO 17294-2-E29	2,9	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Sink	EN ISO 17294-2-E29	36	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Titan	EN ISO 17294-2-E29	10	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Vanadium	EN ISO 17294-2-E29	0,7	mg/kg	0,2	Eurofins
a) Torrstoff %	NS 4764	23	%	0,02	Eurofins

Utførende laboratorium / Underleverandør:

a) Eurofins Environment Testing Norway AS (Moss), NS/EN ISO/IEC 17025:2017 NA TEST 003
 e) Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg), EN ISO/IEC 17025:2005 DAKKS D-PL-14602-01-00
 m) Eurofins Food Testing UK Ltd (Wolverhampton), BS EN ISO/IEC 17025:2005 UKAS 0342

Provenr.: NR-2021-13350 **Provemerking:** Rognholmen 1, individ 2, 19.10.21
Provetype: BIOTA
Provetakningsdato: 19.10.2021
Prove mottatt dato: 07.01.2022
Analyseperiode: 02.02.2022 - 25.02.2022

Kommentar:

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen, >: Større enn, <: Mindre enn, MU: Måleusikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense, t.v.: tørrvekt, v.v.: vårrvekt

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode, MU, LOQ eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet.

All informasjon angående prøvetaking, inkludert provemerking, er oppgitt av oppdragsgeber.

Analysereporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder prøven slik den ble mottatt.

e) Vanadium	EN ISO 17294-2-E29	1,2	mg/kg	0,2	Eurofins
a) Torrstoff %	NS 4764	23	%	0,02	Eurofins

Utførende laboratorium / Underleverandør:

- a) Eurofins Environment Testing Norway AS (Moss), NS/EN ISO/IEC 17025:2017 NA TEST 003
 e) Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg), EN ISO/IEC 17025:2005 DAKKS D-PL-14602-01-00
 m) Eurofins Food Testing UK Ltd (Wolverhampton), BS EN ISO/IEC 17025:2005 UKAS 0342

Provenr.: NR-2021-13354 **Provermerking:** Kjøko 1, individ 2, 18.10.21
Provetype: BICTA
Prøvetakningsdato: 18.10.2021
Prøve mottatt dato: 07.01.2022
Analyseperiode: 02.02.2022 - 25.02.2022

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	LOQ	Underlev.
m) Fluorid	Internal Method 1	2,45	mg/kg TS	1	Eurofins
e) Kvikksølv	ASU L00.00-19/4 (2003-12), mod. [DE Food]	0,009	mg/kg	0,005	Eurofins
e) Arsen	DIN EN ISO 15763 (2010)	3,7	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Ely	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,41	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Jern	EN ISO 17294-2-E29	410	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Kadmium	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,29	mg/kg	0,01	Eurofins
e) Kobber	EN ISO 17294-2-E29	2,6	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Kobolt	EN ISO 17294-2-E29	0,8	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Krom	EN ISO 17294-2-E29	1,5	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Molybden	EN ISO 17294-2-E29	0,1	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Nikkel	EN ISO 17294-2-E29	2,8	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Sink	EN ISO 17294-2-E29	32	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Titan	EN ISO 17294-2-E29	23	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Vanadium	EN ISO 17294-2-E29	1,3	mg/kg	0,2	Eurofins
a) Torrstoff %	NS 4764	24	%	0,02	Eurofins

Utførende laboratorium / Underleverandør:

- a) Eurofins Environment Testing Norway AS (Moss), NS/EN ISO/IEC 17025:2017 NA TEST 003
 e) Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg), EN ISO/IEC 17025:2005 DAKKS D-PL-14602-01-00
 m) Eurofins Food Testing UK Ltd (Wolverhampton), BS EN ISO/IEC 17025:2005 UKAS 0342

Tegniforklaring:

*: Ikke omfattet av akkrediteringen, >: Større enn, <: Mindre enn, MU: Måleusikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense, t.v.: tørrvekt, v.v.: våtvekt

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode, MU, LOQ eller utførende laboratorium kan fås ved henvendelse til laboratoriet.

All informasjon angående prøvetaking, inkludert prøvermerking, er oppgitt av oppdragsgiver.

Analysereportoren må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder prøven slik den ble mottatt.

Provenr.: NR-2021-13355 **Prøvemerkning:** Fugleskjer 2, individ 1, 18.10.21
Prøvetype: BIOTA
Prøvetakningsdato: 18.10.2021
Prøve mottatt dato: 07.01.2022
Analyseperiode: 02.02.2022 - 25.02.2022

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	LOQ	Underlev.
m) Fluorid	Internal Method 1	2,32	mg/kg TS	1	Eurofins
e) Kvikksolv	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,007	mg/kg	0,005	Eurofins
e) Arsen	DIN EN ISO 15763 (2010)	3,8	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Bly	DIN EN ISO 15763 (2010)	1,0	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Jern	EN ISO 17294-2-E29	1000	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Kadmium	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,23	mg/kg	0,01	Eurofins
e) Kobber	EN ISO 17294-2-E29	2,5	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Kobolt	EN ISO 17294-2-E29	1,0	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Krom	EN ISO 17294-2-E29	2,1	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Molybden	EN ISO 17294-2-E29	0,1	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Nikkel	EN ISO 17294-2-E29	3,4	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Sink	EN ISO 17294-2-E29	25	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Titan	EN ISO 17294-2-E29	65	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Vanadium	EN ISO 17294-2-E29	3,5	mg/kg	0,2	Eurofins
a) Torrstoff %	NS 4764	21	%	0,02	Eurofins

Utførende laboratorium / Underleverandør:

- a) Eurofins Environment Testing Norway AS (Moss), NS/EN ISO/IEC 17025:2017 NA TEST 003
 e) Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg), EN ISO/IEC 17025:2005 DAKKS D-PL-14602-01-00
 m) Eurofins Food Testing UK Ltd (Wolverhampton), BS EN ISO/IEC 17025:2005 UKAS 0342

Provenr.: NR-2021-13356 **Prøvemerkning:** Fugleskjer 2, individ 2, 18.10.21
Prøvetype: BIOTA
Prøvetakningsdato: 18.10.2021
Prøve mottatt dato: 07.01.2022
Analyseperiode: 02.02.2022 - 25.02.2022

Kommentar:

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen, >: Større enn, <: Mindre enn, MU: Måleusikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense, t.v.: tørrvekt, v.v.: vårvekt

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode, MU, LOQ eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet.

All informasjon angående prøvetaking, inkludert prøvemerkning, er oppgitt av oppdragsgiver.

Analysereporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder prøven slik den ble mottatt.

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	LOQ	Underlev.
m) Fluorid	Internal Method 1	3,51	mg/kg TS	1	Eurofins
e) Kvikksølv	ASU L00.00-19/4 (2003-12), mod. [DE Food]	0,012	mg/kg	0,005	Eurofins
e) Arsen	DIN EN ISO 15763 (2010)	3,6	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Bly	DIN EN ISO 15763 (2010)	1,3	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Jern	EN ISO 17294-2-E29	1900	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Kadmium	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,23	mg/kg	0,01	Eurofins
e) Kobber	EN ISO 17294-2-E29	2,7	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Kobolt	EN ISO 17294-2-E29	1,1	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Krom	EN ISO 17294-2-E29	2,8	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Molybden	EN ISO 17294-2-E29	0,2	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Nikkel	EN ISO 17294-2-E29	3,7	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Sink	EN ISO 17294-2-E29	23	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Titan	EN ISO 17294-2-E29	88	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Vanadium	EN ISO 17294-2-E29	4,8	mg/kg	0,2	Eurofins
a) Torrstoff %	NS 4764	21	%	0,02	Eurofins

Utførende laboratorium / Underleverandør:

- a) Eurofins Environment Testing Norway AS (Moss), NS/EN ISO/IEC 17025:2017 NA TEST 003
- e) Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg), EN ISO/IEC 17025:2005 DAKKS D-PL-14602-01-00
- m) Eurofins Food Testing UK Ltd (Wolverhampton), BS EN ISO/IEC 17025:2005 UKAS 0342

Provenr.: NR-2021-13357 **Provemerking:** Tisler, individ 1, 18.10.21
 Provetype: BIOTA
 Provetakningsdato: 18.10.2021
 Prøve mottatt dato: 07.01.2022
 Analyseperiode: 02.02.2022 - 25.02.2022

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	LOQ	Underlev.
m) Fluorid	Internal Method 1	2,24	mg/kg TS	1	Eurofins
e) Kvikksølv	ASU L00.00-19/4 (2003-12), mod. [DE Food]	<0,005	mg/kg		Eurofins
e) Arsen	DIN EN ISO 15763 (2010)	9,1	mg/kg	0,1	Eurofins

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen, >: Større enn, <: Mindre enn, MU: Måleusikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense, t.v.: tørrvekt, v.v.: våtvekt

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode, MU, LOQ eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet.

All informasjon angående prøvetaking, inkludert provemerking, er oppgitt av oppdragsgiver.

Analysereporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder prøven slik den ble mottatt.

e) Bly	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,07	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Jern	EN ISO 17294-2-E29	26	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Kadmium	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,24	mg/kg	0,01	Eurofins
e) Kobber	EN ISO 17294-2-E29	0,8	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Kobolt	EN ISO 17294-2-E29	0,2	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Krom	EN ISO 17294-2-E29	0,19	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Molybden	EN ISO 17294-2-E29	<0,1	mg/kg		Eurofins
e) Nikkel	EN ISO 17294-2-E29	1,2	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Sink	EN ISO 17294-2-E29	8,9	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Titan	EN ISO 17294-2-E29	1,1	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Vanadium	EN ISO 17294-2-E29	0,2	mg/kg	0,2	Eurofins
a) Torrstoff %	NS 4764	22	%	0,02	Eurofins

Utførende laboratorium / Underleverandør:

- a) Eurofins Environment Testing Norway AS (Moss), NS/EN ISO/IEC 17025:2017 NA TEST 003
e) Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg), EN ISO/IEC 17025:2005 DAKKS D-PL-14602-01-00
m) Eurofins Food Testing UK Ltd (Wolverhampton), BS EN ISO/IEC 17025:2005 UKAS 0342

Provenr.: NR-2021-13358 **Prøvermerking:** Tisler, individ 2, 18.10.21
Provetype: BIOTA
Provetakningsdato: 18.10.2021
Prove mottatt dato: 07.01.2022
Analyseperiode: 02.02.2022 - 25.02.2022

Kommentar:

Analysevariabel	Standard (NIVA metodekode)	Resultat	Enhet	LOQ	Underlev.
m) Fluorid	Internal Method 1	2,53	mg/kg TS	1	Eurofins
e) Kvikksølv	ASU L00.00-19/4 (2003-12), mod. [DE Food]	<0,005	mg/kg		Eurofins
e) Arsen	DIN EN ISO 15763 (2010)	10	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Bly	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,11	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Jern	EN ISO 17294-2-E29	34	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Kadmium	DIN EN ISO 15763 (2010)	0,23	mg/kg	0,01	Eurofins
e) Kobber	EN ISO 17294-2-E29	0,8	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Kobolt	EN ISO 17294-2-E29	0,2	mg/kg	0,1	Eurofins

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen, >: Større enn, <: Mindre enn, MU: Måleusikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense, t.v.: torrvekt, v.v.: våtvekt

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode, MU, LOQ eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet.

All informasjon angående prøvetaking, inkludert prøvermerking, er oppgitt av oppdragsgiver.

Analysesrapporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder prøven slik den ble mottatt.

e) Krom	EN ISO 17294-2-E29	0,24	mg/kg	0,05	Eurofins
e) Molybden	EN ISO 17294-2-E29	<0,1	mg/kg		Eurofins
e) Nikkel	EN ISO 17294-2-E29	1,2	mg/kg	0,1	Eurofins
e) Sink	EN ISO 17294-2-E29	11	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Titan	EN ISO 17294-2-E29	1,3	mg/kg	0,5	Eurofins
e) Vanadium	EN ISO 17294-2-E29	0,2	mg/kg	0,2	Eurofins
a) Torrstoff %	NS 4764	22	%	0,02	Eurofins

Utførende laboratorium / Underleverandør:

- a) Eurofins Environment Testing Norway AS (Moss), NS/EN ISO/IEC 17025:2017 NA TEST 003
 e) Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg), EN ISO/IEC 17025:2005 DAKKS D-PL-14602-01-00
 m) Eurofins Food Testing UK Ltd (Wolverhampton), BS EN ISO/IEC 17025:2005 UKAS 0342

NIVA

Norsk institutt for vannforskning

Kine Bæk

Senioringeniør

Rapporten er elektronisk signert

Tegnforklaring:

* : Ikke omfattet av akkrediteringen, >: Større enn, <: Mindre enn, MU: Måleusikkerhet (dekningsfaktor k=2), LOQ: Kvantifiseringsgrense, t.v.: tørrvekt, v.v.: våtvekt

Mod: Intern metode basert på angitt standard. Ytterligere informasjon om benyttet metode, MU, LOQ eller utførende laboratorie kan fås ved henvendelse til laboratoriet.

All informasjon angående prøvetaking, inkludert prøvemerkning, er oppgitt av oppdragsgiver.

Analysereporten må kun gjengis i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder prøven slik den ble mottatt.

Vedlegg 3. Klassifiseringssystem (mg/kg TS) i henhold til Knutzen og Skei, 1990; Molvær mfl. 1997 og Veileder 97:03.

	Blåretang, nedre grense til Klasse:					Blåskjell, nedre grense til Klasse:				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Vannregionspesifikke stoffer										
Arsen (As) ²	<50	50	150	350	700	<10	10	30	100	200
Kobolt (Co) ³	<2	2	10	40	i.g.	<3	3	10	50	i.g.
Krom (Cr) ²	<1	1	5	15	50	<3	3	10	30	60
Kobber (Cu) ²	<5	5	15	50	150	<10	10	30	100	200
Fluorid (F) ²	<15	15	50	100	300	<15	15	50	150	300
Jern (Fe) ³	<300?	300?	750	2000	i.g.	<250	250	500	1500	i.g.
Molybden (Mo)	i.g.	i.g.	i.g.	i.g.	i.g.	i.g.	i.g.	i.g.	i.g.	i.g.
Titan (Ti) ³	<5	5?	30	100	i.g.	<5?	5?	25	100	i.g.
Vanadium (V) ³	<2	2?	10	40	i.g.	<2	2	10	30	i.g.
Sink (Zn) ²	<150	150	400	1000	2500	<200	200	400	1000	2500
Prioriterte stoffer										
Kadmium (Cd) ²	<1,5	1,5	3	20	40	<2	2	5	20	40
Kvikksølv (Hg) ²	<0,05	0,05	0,15	0,5	1	<0,2	0,2	0,5	1,5	4
Nikkel (Ni) ²	<5	5	25	50	100	<5	5	20	50	100
Bly (Pb) ²	<1	1	3	10	30	<3	3	15	40	100

¹Co Fe, Mo, Ti, og V inngår ikke i Miljødirektoratets klassifisering av miljøkvalitet (Molvær *et al.*, 1997). Vi har derfor benyttet Knutzen og Skei (1990) sitt forslag til klassifisering for disse metallene. Denne klassifiseringen opererer med 4 tilstandsklasser. I omtalen av disse resultatene har vi brukt samme begrepsapparat som brukes for Klasse I-IV i SF-Ts klassifisering (Veileder 97:03).

Grenseverdier (øvre grense til Klasse II) fra Molvær *et al.* 1997.

³Grenseverdier (øvre grense til Klasse II) fra Knutzen og Skei 1990 basert på en fire-klasse system.

Blåskjell

Analysevariabel	Kirkøy (mg/kg TS)	Kvernskjæret (mg/kg TS)	Tisler (mg/kg TS)
F	<5,2	12,8	<4
Hg	0,3	0,1	0,2
As	15,3	12,3	20,4
Pb	2,4	0,8	1,0
Fe	1321	531	408
Cd	2,2	0,9	1,1
Cu	12,9	7,7	8,4
Co	2,1	<0,4	<0,4
Cr	3,9	1,1	2,5
Mo	< 0,5	<0,4	0,8
Ni	5,2	1,5	3,6
Zn	181,8	123,1	128,2
Ti	45,6	14,6	9,6
V	3,1	<0,8	<0,8

Blæretang

Analyse-variabel	Kråkerøy (mg/kg TS)	Rognholmen (mg/kg TS)	Belgen (mg/kg TS)	Kjøkkø (mg/kg TS)	Fugleskjær (mg/kg TS)	Tisler (mg/kg TS)
F	2,4	2,2	2,3	2,2	2,9	2,4
Hg	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	<0,01
As	19,5	25,3	26,7	15,3	17,6	43,4
Pb	4,0	0,8	1,0	1,7	5,5	0,4
Fe	4296	767	859	1746	6905*	136
Cd	1,4	1,4	1,1	1,3	1,1	1,1
Cu	12,5	10,0	9,0	10,6	12,4	3,6
Cr	7,3	1,7	2,2	5,5	11,7	1,0
Mo	1,1	<0,2	<0,2	0,4	0,7	<0,2
Ni	21,6	12,6	13,2	11,1	16,9	5,5
Zn	166	157	150	141	114	45
Ti	277	40	46	89	364	6
V	14,1	2,8	3,1	5,3	19,8	0,9

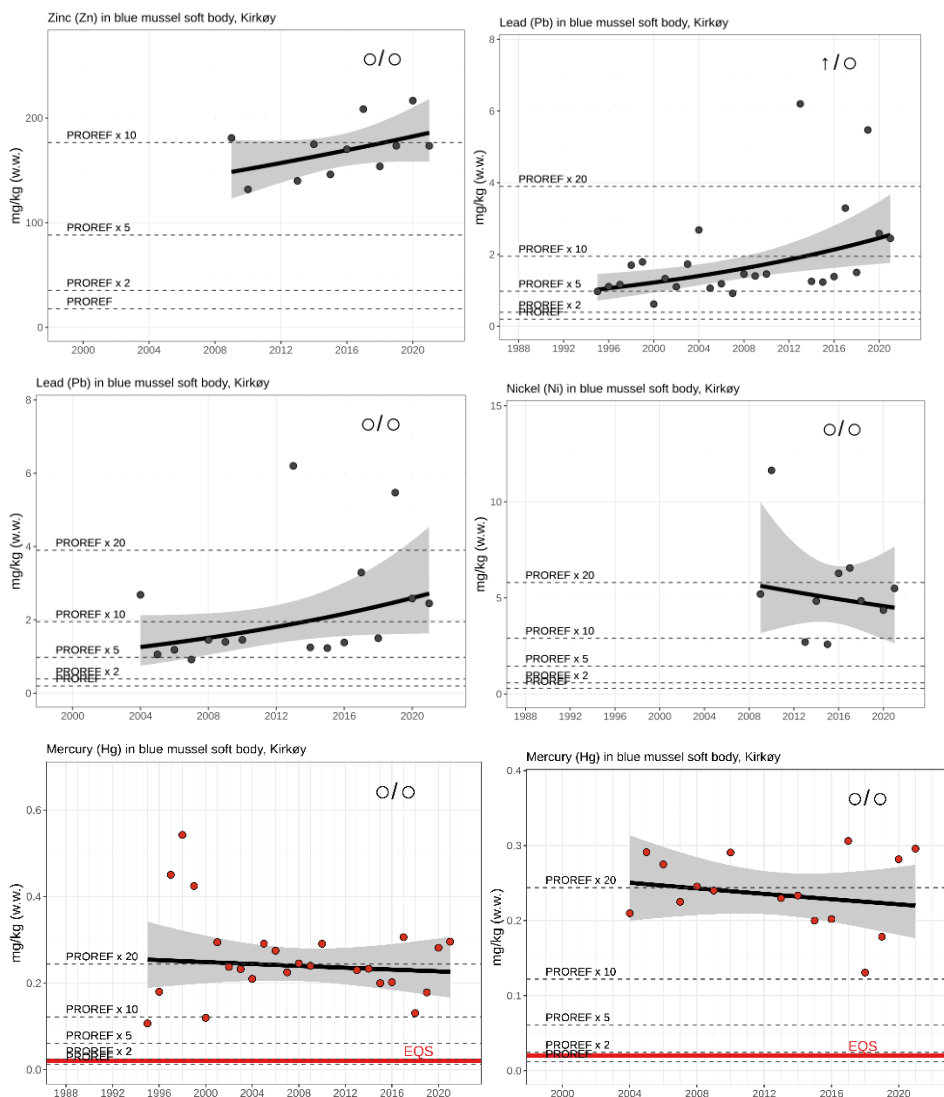
*reanalyse

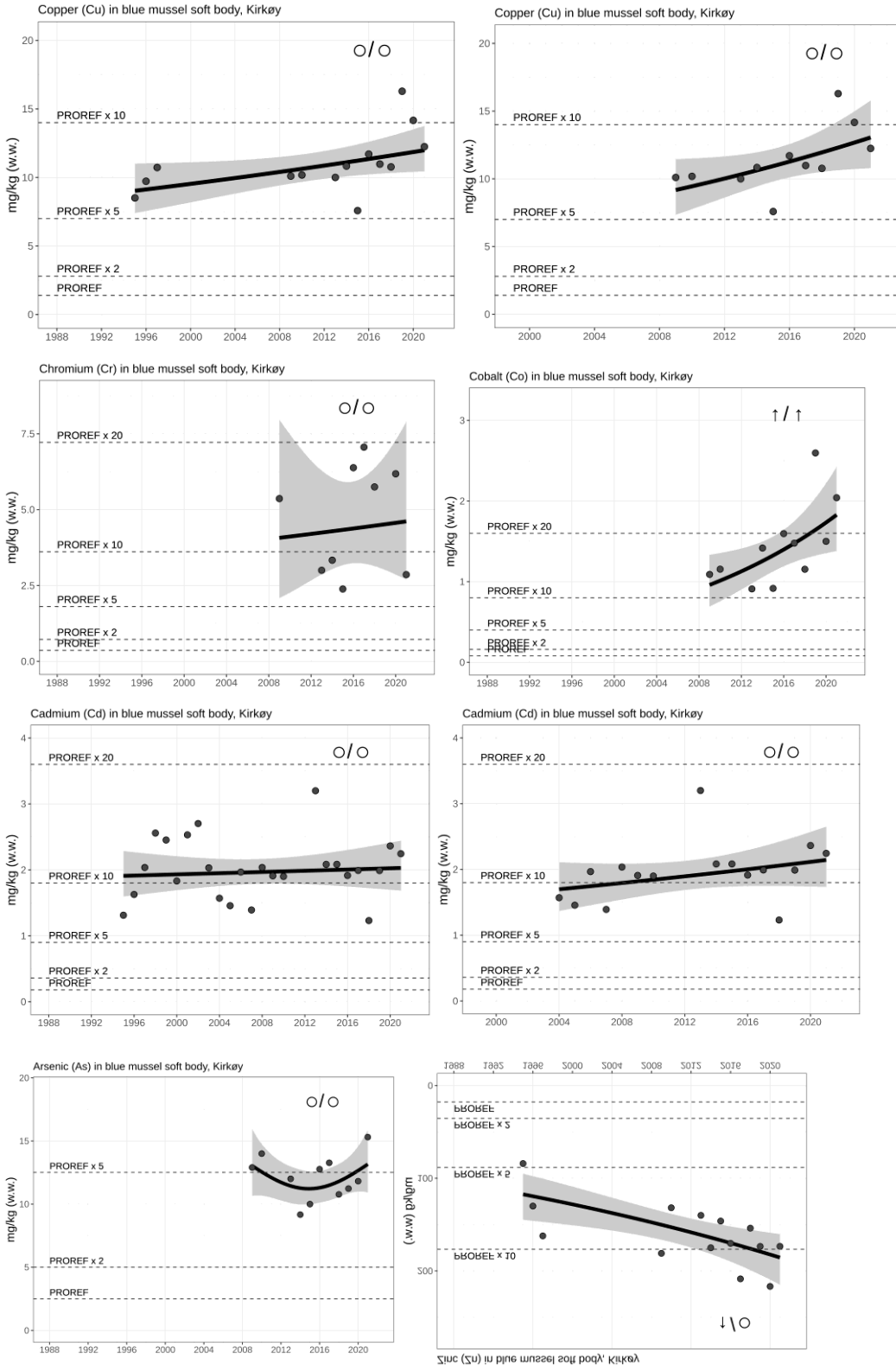
Vedlegg 4. Tidstrend blåskjell og blæretang.

O= ingen signifikant økning

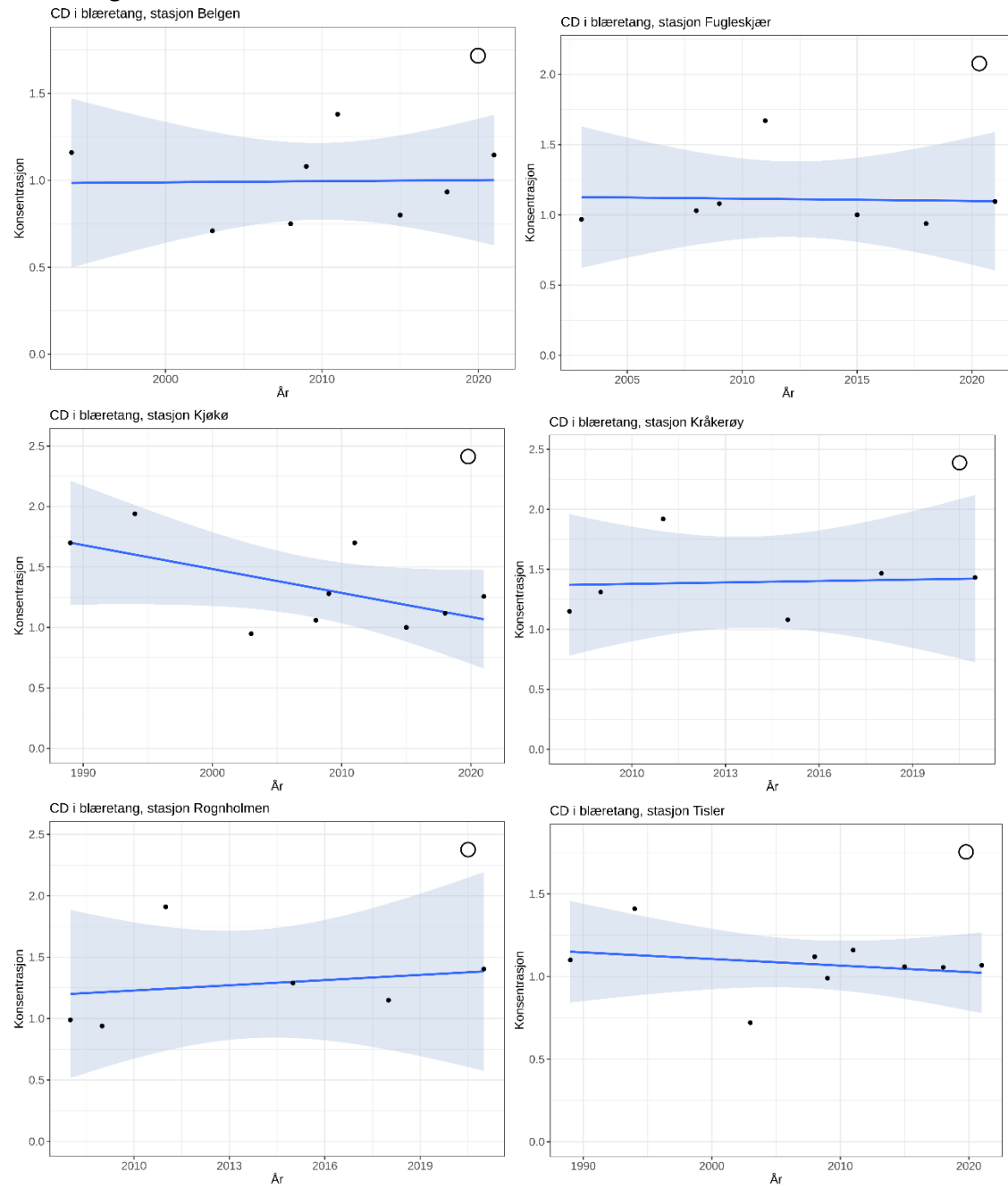
Oppadgående pil = signifikant økning ($p < 0,05$)

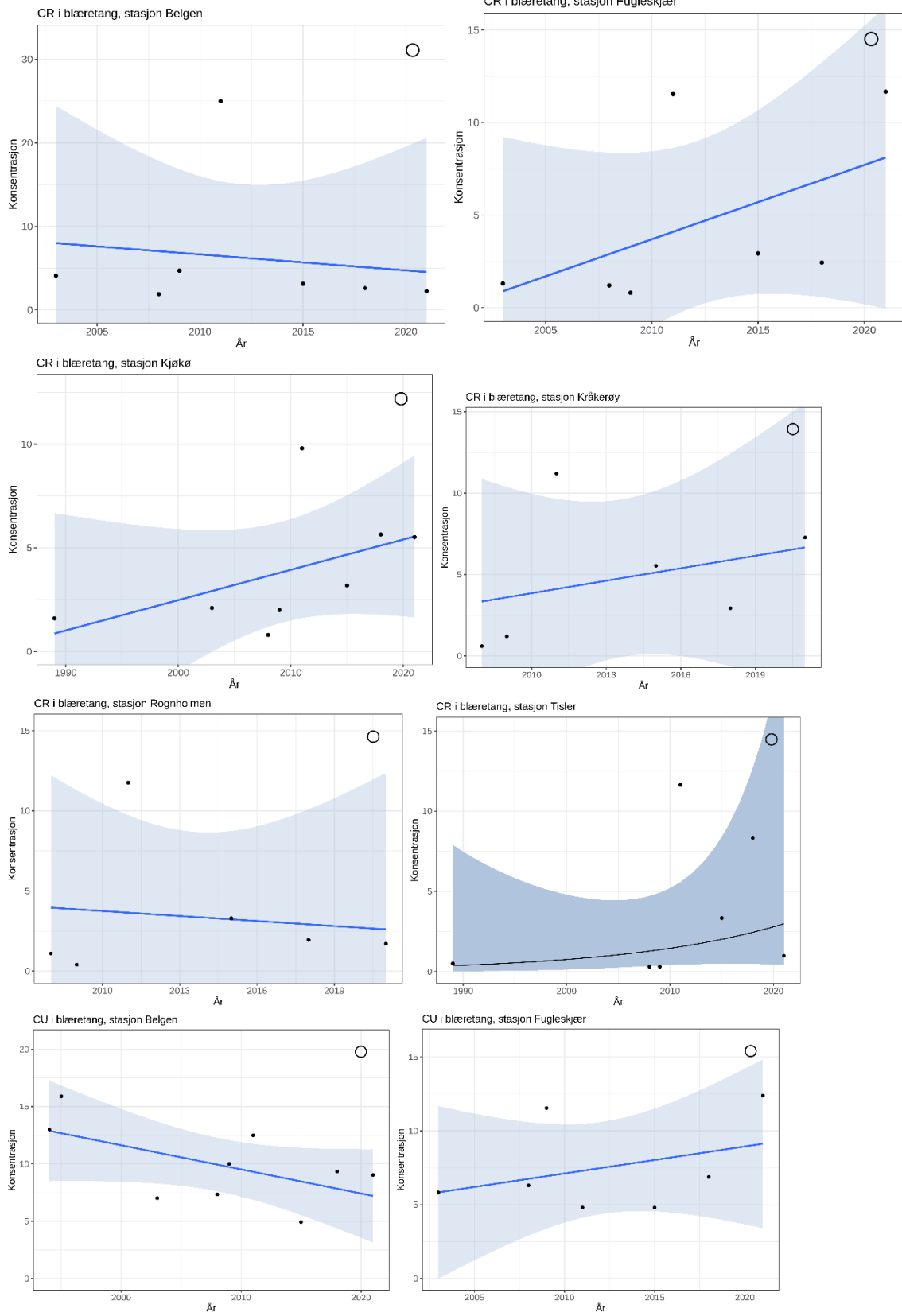
Blåskjell

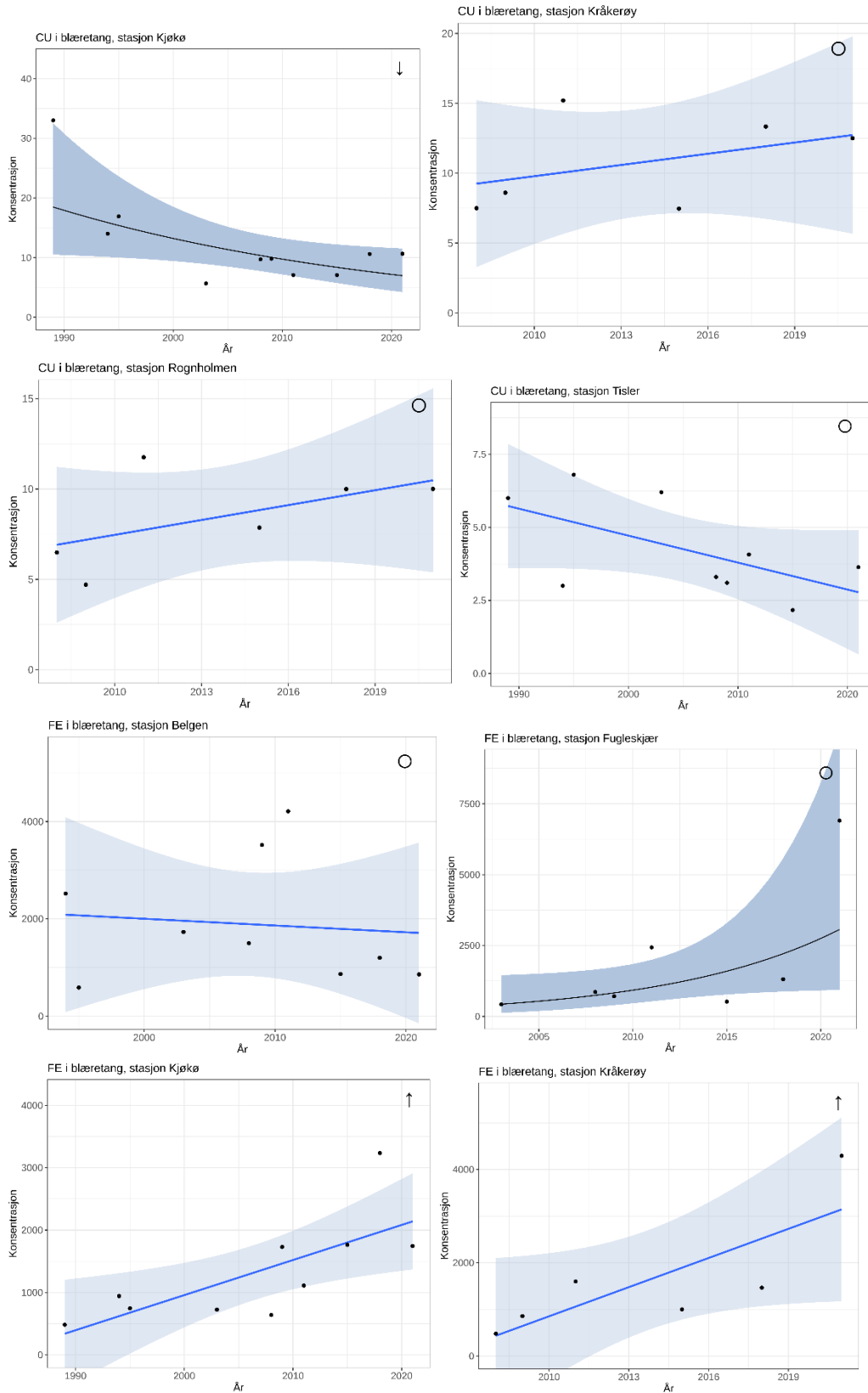


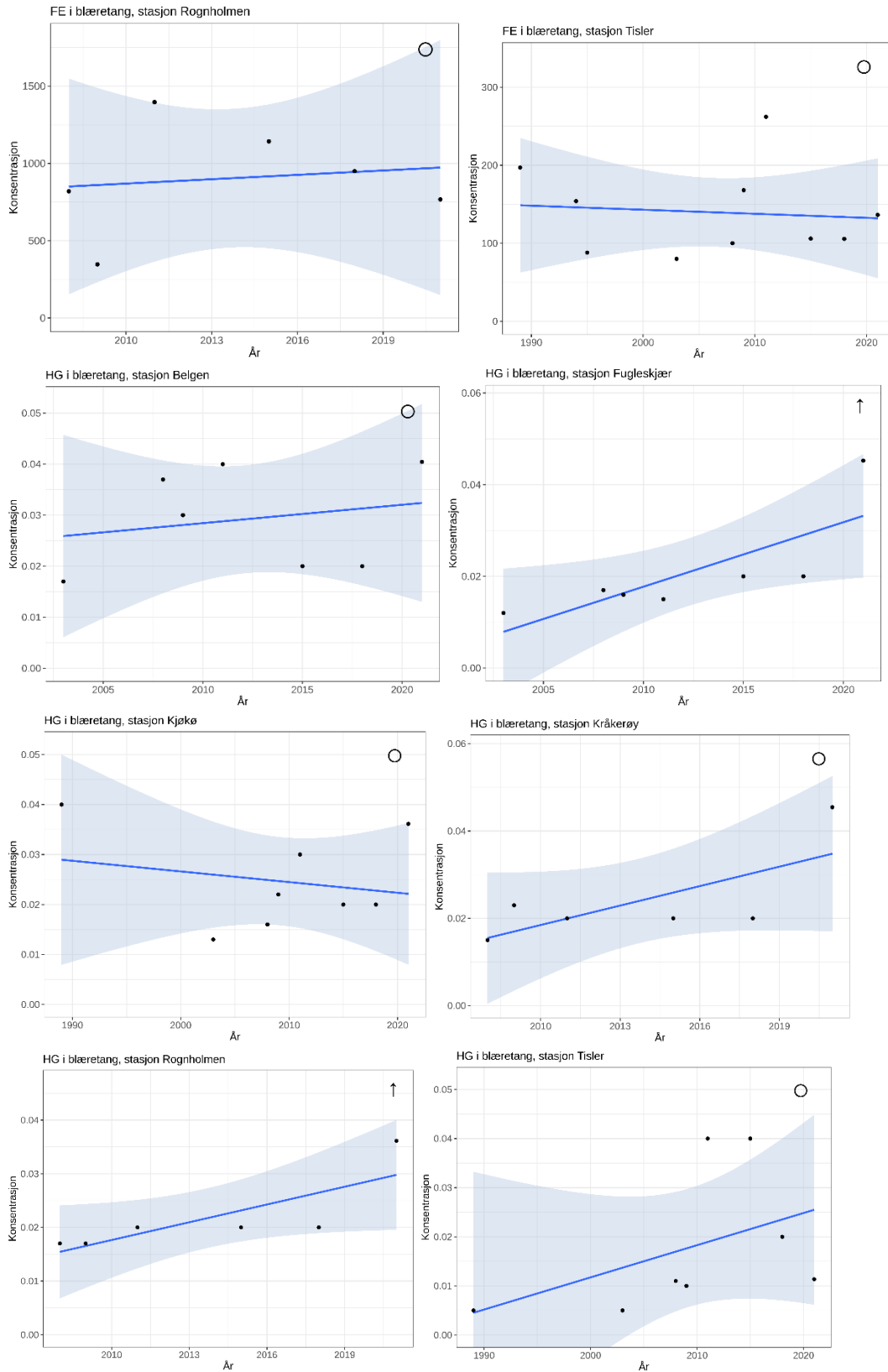


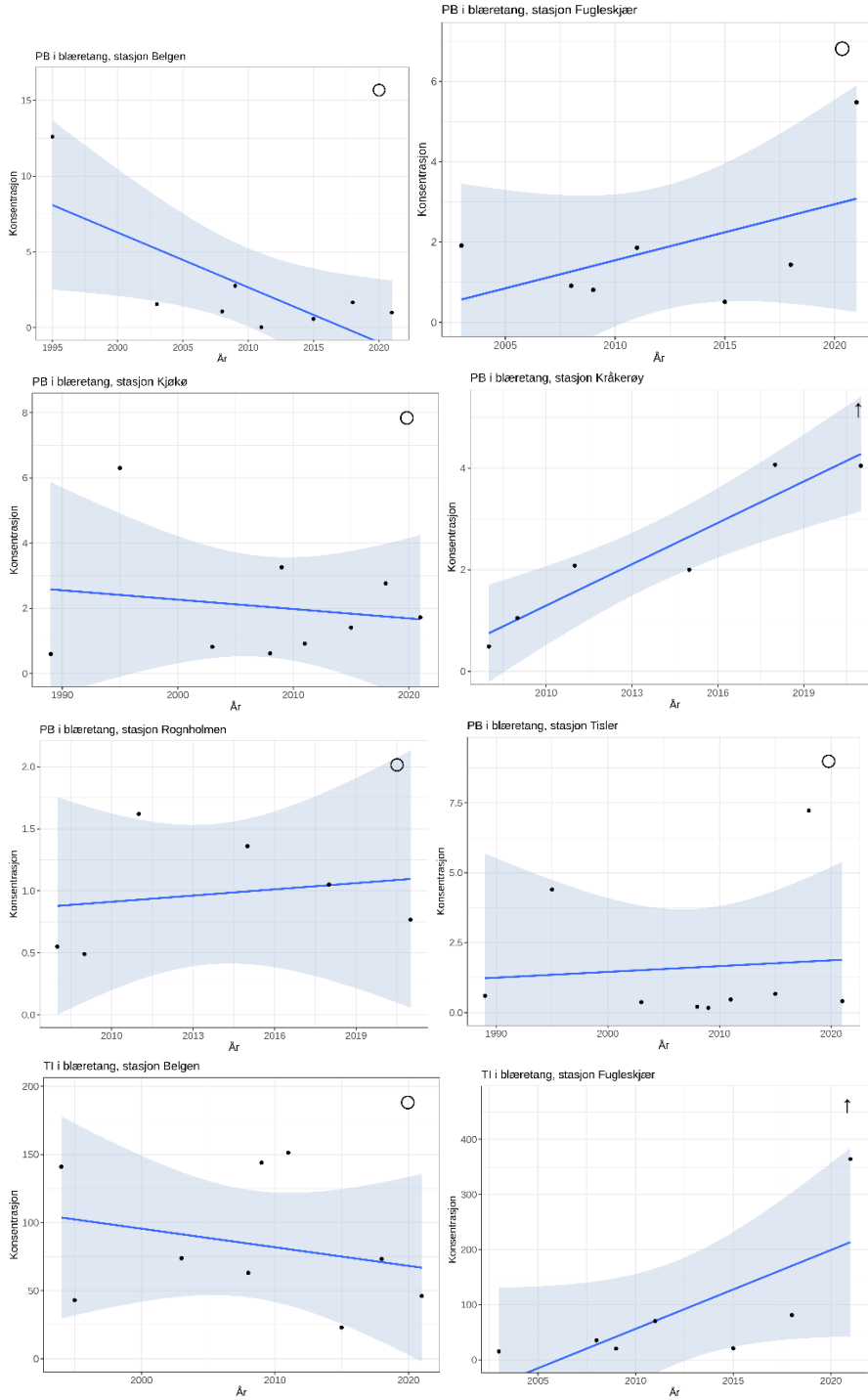
Blæretang

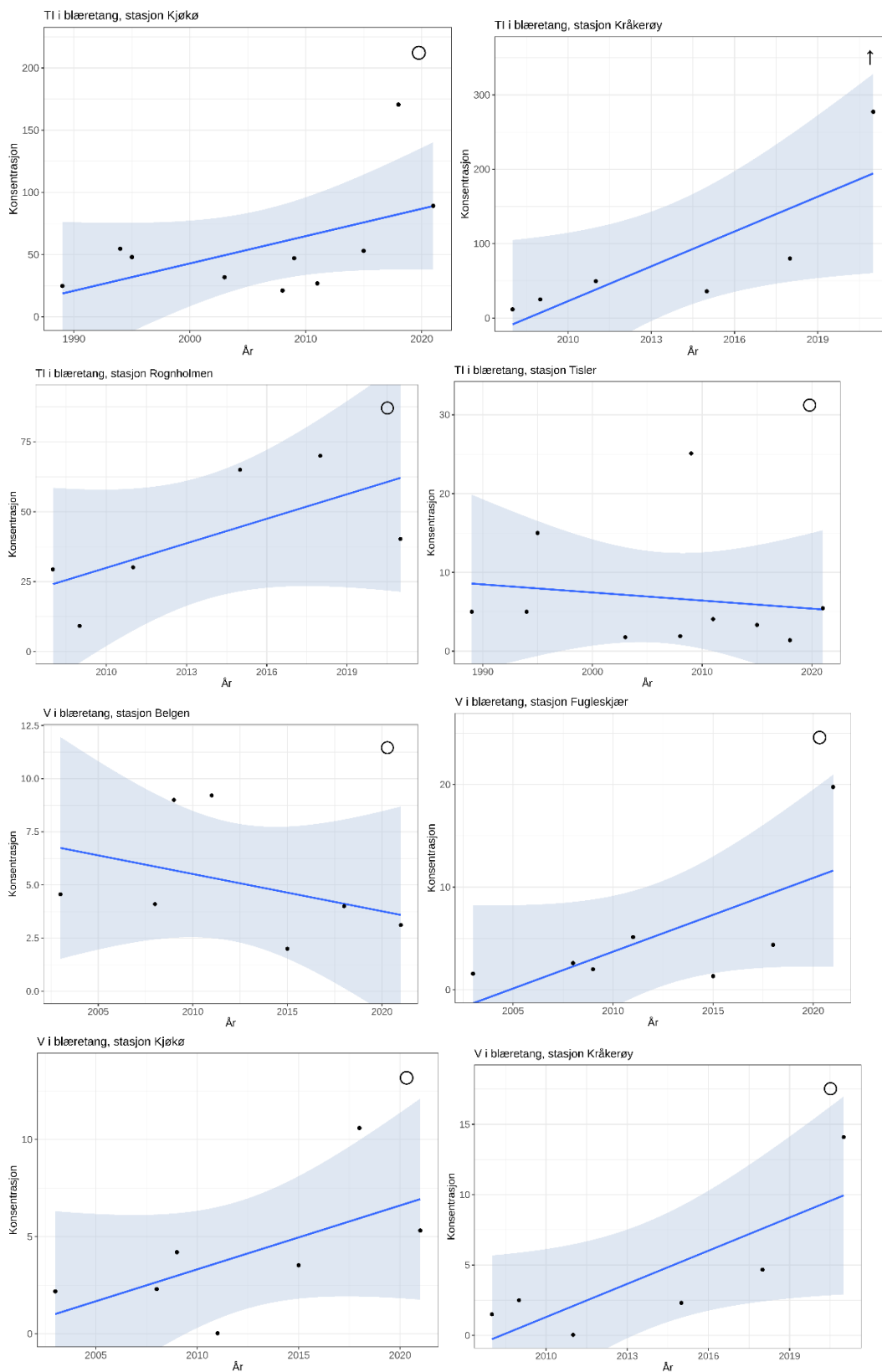




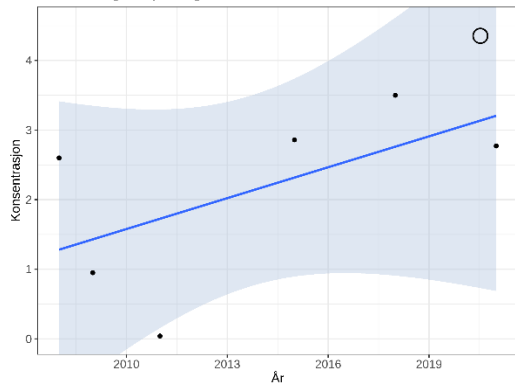




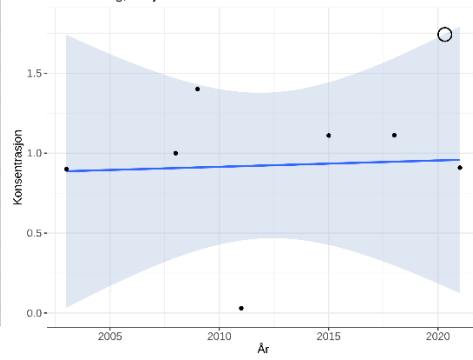




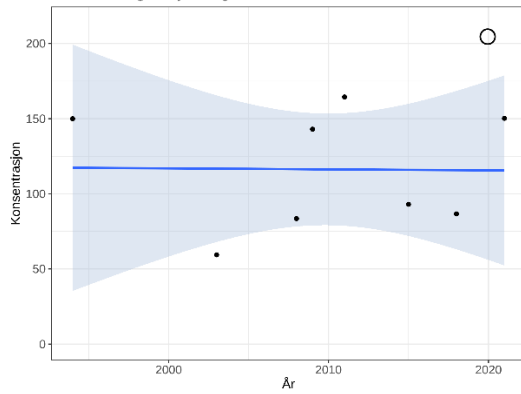
V i blæretang, stasjon Rognholmen



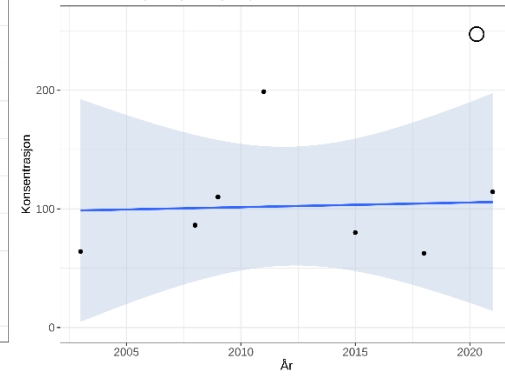
V i blæretang, stasjon Tisler



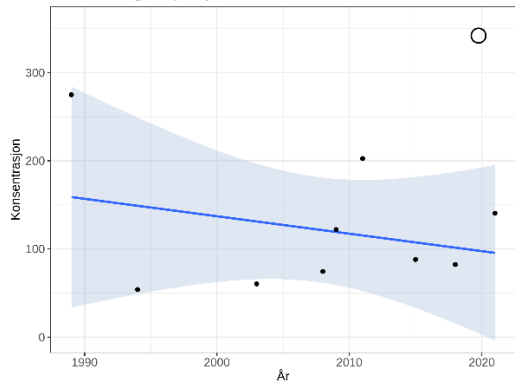
ZN i blæretang, stasjon Belgen



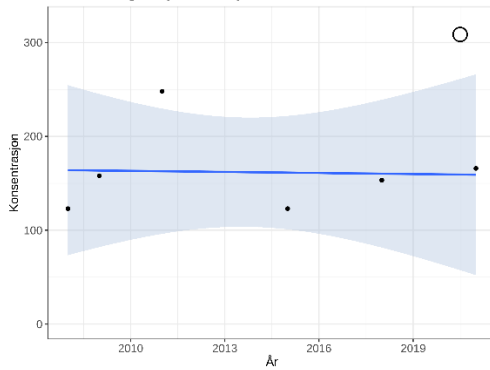
ZN i blæretang, stasjon Fugleskjær



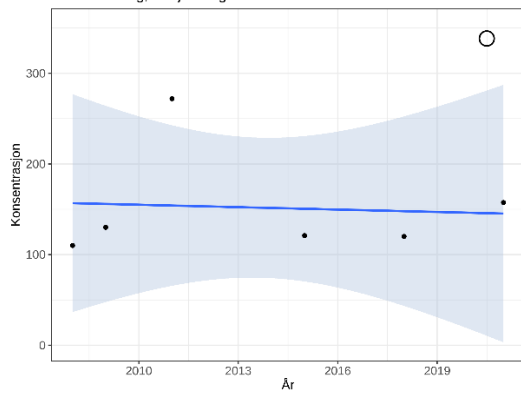
ZN i blæretang, stasjon Kjøke



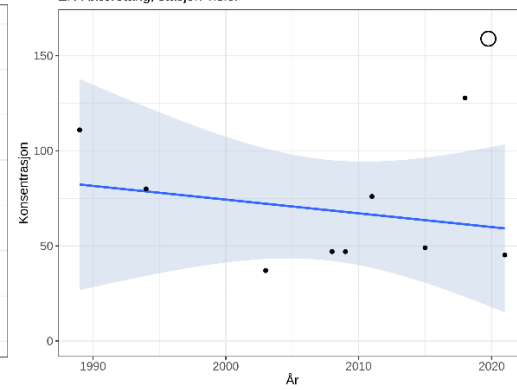
ZN i blæretang, stasjon Kråkerøy



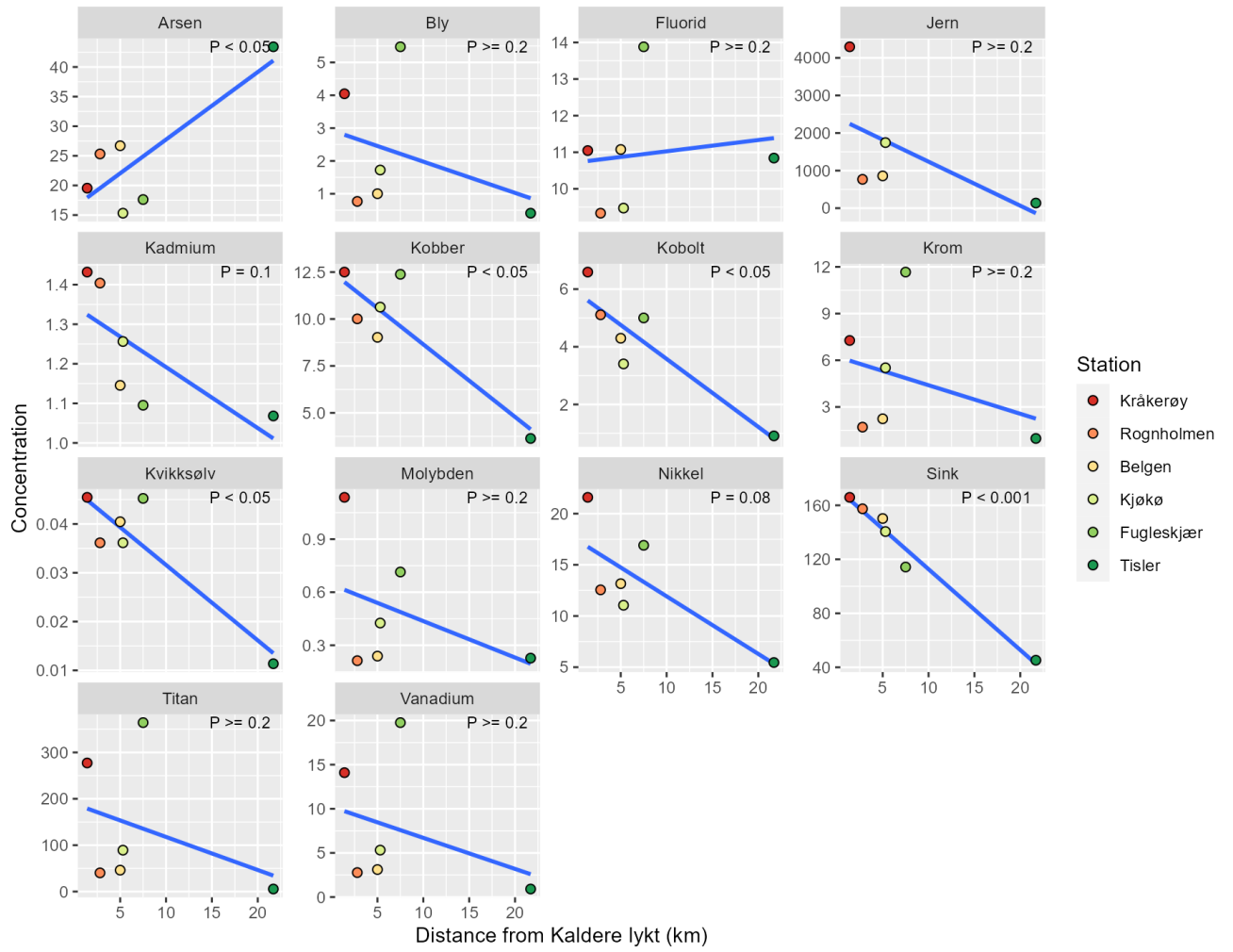
ZN i blæretang, stasjon Rognholmen



ZN i blæretang, stasjon Tisler



Vedlegg 5. Stedgradient i blæretang fra Kråkerøy til Tisler



NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressurs spørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.



Norsk institutt for vannforskning

Økernveien 94 • 0579 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no