

Diffus avrenning fra Boliden AS til Sørfjorden og vannovervåkning i Eitrheimsvågen



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 Diffus avrenning fra Boliden AS til Sørfjorden og vannovervåkning i Eitrheimsvågen	Løpenummer 7652-2021	Dato 29.09.2021
Forfatter(e) Ashenafi Seifu Gragne og Sissel Brit Ranneklev	Fagområde Miljøgifter - marin	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Sørfjorden, Hardanger	Sider 23 + Vedlegg

Oppdragsgiver(e) Boliden AS	Kontaktperson hos oppdragsgiver Marianne Bryn Tokheim
Oppdragsgivers utgivelse:	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 210027

<p>Sammendrag</p> <p>NIVA har beregnet den årlige massetransporten av metaller via diffuse utslipp fra Bolidens arealer til Sørfjorden. Den årlige massetransporten er estimert til å være 608 g/år for As; 269 kg/år for Zn; 2 457 g/år for Cu; 921 g/år for Cd; 8 428 for g/år Pb; 216 g/år for Ni; 183 g/år for Cr og 56 g/år for Hg. Våre beregninger viser at de største tilførslene kommer fra Bolidens østre nedbørfelt (Boliden-Ø) som domineres av arealtypen skog.</p> <p>Boliden har etablert to overvåkingsstasjoner i Eitrheimsvågen for å vurdere om losseaktiviteter fra kaia påvirker konsentrasjoner av metaller. Resultater viser at konsentrasjonene av metaller i overvåkingsstasjonene varierer gjennom året. Det er flere kilder metaller i Eitrheimsvågen, men losseaktiviteter ser ut til å være det største bidraget. Et nytt vannovervåkingsprogram i Eitrheimsvågen har blitt utformet for å forsøke å identifisere om losseaktivitetene er viktig kilde til metaller.</p>

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Diffus avrenning Kvantifisere diffuse kilder Metaller Vannovervåkning 	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> Diffuse runoff Quantify diffuse sources Metals Water monitoring
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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

Sissel Brit Ranneklev
Prosjektleder

Sondre Meland
Kvalitetssikrer

Morten Jartun
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7388-5
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

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

**Diffus avrenning fra Boliden AS til Sørfjorden
og vannovervåkning i Eitrheimsvågen**

Forord

Sissel Brit Ranneklev har vært prosjektleder for oppdraget. Ashenafi Seifu Gragne har hatt hovedansvaret for alle beregninger som er gjort av diffuse utslipp fra Boliden til Sørfjorden. Arbeidet som omfatter vannovervåkning i Eitrheimsvågen er utført av Sissel Brit Ranneklev.

Takk til Hardanger Miljøsenster for hjelp med vannprøvetakningen. Takk også til Marianne Bryn Tokheim og Agnar Målsnes ved Boliden for godt samarbeid.

Oslo, 28.9 2021

Sissel Brit Ranneklev

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	7
2	Metode	7
2.1	Terrenganalyse.....	7
2.2	Hydrologiske beregninger.....	8
2.2.1	Arealnedbør.....	8
2.2.2	Avrenning	9
2.3	Diffuse utslipp av metaller.....	10
2.3.1	Arealbruk	11
2.3.2	Prøvetakning og kjemisk analyse.....	11
2.3.3	Massetransport av metaller	13
2.4	Vannovervåking av metaller i Eitrheimsvågen	13
3	Resultater	14
3.1	Nedbørfeltene.....	14
3.2	Avrenningsmodellen og avrenningsfaktorer	15
3.3	Metallkonsentrasjoner.....	16
3.4	Massetransport av metaller.....	16
3.5	Konsentrasjoner av metaller i overflatevann i Eitrheimsvågen.....	17
4	Diskusjon	18
4.1	Diffus avrenning.....	18
4.2	Kilder til metaller i vannsøyla i Eitrheimsvågen.....	18
5	Konklusjon	21
5.1	Bedre modell for estimering av avrenning og evaluering av utslippsreducerende tiltak	21
5.2	Videre vannovervåking i Eitrheimsvågen	21
6	Referanser.....	23
7	Vedlegg.....	24

Sammendrag

Miljødirektoratet har pålagt Boliden AS å rapportere årlig utslipp som kan gi diffus avrenning fra land til Sørfjorden. På oppdrag fra Boliden AS har NIVA beregnet massetransport av tungmetallene: kvikksølv (Hg), krom (Cr), nikkel (Ni), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), sink (Zn) og arsen (As).

Kart over avløpsnett og terrengeanalyse ble benyttet for å kartlegge hvilke deler av bedriftens areal som ikke blir dekket av eksisterende ledningsnett. Områdene som drenerer til Sørfjorden, utgjør 5,67 ha og består av tre areal typer: skog, bebygd og samferdsel. Arealet ble inndelt i to avrenningsfelt: Boliden-Ø (4,08 ha) og Boliden-S (1,59 ha). Og det ble beregnet årsavrenning for disse feltene.

For hvert av tungmetallene ble det estimert utslipp til Sørfjorden basert på årlig avrenning, mulig utvasking fra ulike materialer/overflater på bedriftsområdet. Det ble benyttet data fra fire prøvetakingspunkter og det ble tatt 27 vannprøver.

Hardanger Miljøseniter AS som er et akkreditert laboratorium, utførte prøvetakingene og de kjemiske analysene.

Massetransport av tungmetaller i overflatevannet til Sørfjorden ble beregnet til å være: arsen; 608 g/år, sink; 269 kg/år, kobber; 2 457 g/år, kadmium; 921 g/år, bly; 8 428 g/år, nikkel; 216 g/år, krom; 183 g/år, og kvikksølv; 56 g/år. Det ble registrert høyest massetransport av metaller fra feltet Boliden-Ø.

Boliden har gjennomført vannovervåking av metaller (As, Zn, Cd, Cu, Pb og Hg) i Eitrheimsvågen i overvåkingsstasjonene E1 og E2 i 2019 og 2020. Overvåkingen er anvendt som et verktøy til å kunne oppdage utslipp som følge av eventuelle uhell, samt eventuell stor aktivitet ved kai. Resultater viser at konsentrasjoner av metaller varierer gjennom årene og i de ulike overvåkingsstasjonene. De høyeste konsentrasjonene av metallene er over grenseverdier (AA-EQS) gitt i vannforskriften. Det kan være mange kilder til forhøyede konsentrasjoner av metaller i Eitrheimsvågen, men beregninger gjennomført av NILU i 2021 tyder på at aktiviteter fra lossingen er de største. Videre vannovervåking i E1 og E2 foreslås i 2022. Vannprøver tas i 3 dyp i vannsøyla og totale konsentrasjoner av metaller bestemmes i filtrerte (0,45 µm) og ufiltrerte vannprøver. Vannprøver tas to ganger i måneden, og informasjon om vær og losseaktiviteter de siste 24 timene innhentes ved vannprøvetakingen.

Summary

Title: Diffuse runoff from Boliden AS to Sjørfjorden, and water monitoring in Eitrheimsvågen

Year: 2021

Author(s): Ashenafi Seifu Gragne og Sissel Brit Ranneklev

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7388-5

The Norwegian Environment Agency has required Boliden AS to report annual diffuse discharges from its compound to the Sjørfjord. On contract from Boliden AS, NIVA has calculated mass transports of the heavy metals: mercury (Hg), chromium (Cr), nickel (Ni), lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), zinc (Zn) and arsenic (As).

Areas not connected to the company's wastewater collection system were identified based on the sewer network map and terrain analysis. Part of the compound that drains to the Sjørfjord has a total area of 5.67 ha and consists of three types of land uses (i.e. forest, built-up areas and transport). This area was divided into two catchments: Boliden-Ø (4.08 ha) and Boliden-S (1.59 ha). Annual surface runoff was calculated for these catchments.

For each heavy metal, the annual emission to the Sjørfjord was estimated for every landuse unit based on the annual runoff and average concentration. Data from four sampling points were used and 27 samples were taken.

Hardanger Miljøsenster AS, which is an accredited laboratory, carried out the sampling and chemical analysis of the samples.

The following annual discharge of metals by the surface run-off was calculated: arsenic 608 g/year, zinc 269 kg/year, copper 2 457 g/year, cadmium 921 g/year, lead 8 428 g/year, nickel 216 g/year, chromium 183 g/year, and mercury 56 g/year. The highest mass transport of metals occurs from the Boliden-Ø catchment.

Boliden has carried out water monitoring of metals (As, Zn, Cd, Cu, Pb and Hg) in Eitrheimsvågen in the monitoring stations E1 and E2 in 2019 and 2020. The monitoring was established in order to detect accidental spills and major activities in the quay. Results show that concentrations of metals vary over the years and in the different monitoring stations. The highest concentrations of metals measured are above the environmental quality standards (AA-EQS) provided in the EU Water Framework Directive. There are several sources of metals in Eitrheimsvågen but modelling and estimation carried out by NILU indicates that activities from the unloading are the largest. Further water monitoring in E1 and E2 is proposed in 2022 if these sites are suitable based on NILU's estimations. It is suggested that water samples should be taken at 3 depths in the water column and concentrations of total metals should be measured in filtered and unfiltered water samples. Sampling should be conducted two times a month.

1 Introduksjon

Boliden Odda produserer i hovedsak sink, sinklegeringer samt svovelsyre. Smelteverket har vært etablert på Eitrheimsneset i Odda siden 1924. I 2020 ble 192 000 tonn sink produsert og 120 000 tonn svovelsyre (www.Boliden.com).

Denne rapporten er utarbeidet av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) på grunnlag av forespørsel fra Boliden AS. Bakgrunnen for forespørselen skyldes Miljødirektoratets krav til bedriften om en årlig rapportering av utslippsmengde for stoffer knyttet til diffus avrenning til sjø. Forespørselen gjaldt kvantifisering og vurdering av utslipp fra bedriftsområdet hvor det ikke er oppsamlingssystem og rensing av overflatevann, samt vurdering av utslippsreducerende tiltak. Følgende vurderinger skal gjøres:

- Kvantifisering og vurdering av utslipp fra bedriftsområder hvor det ikke er oppsamlingssystem og rensing av overflatevann
- Beregne årlig diffuse utslipp av aktuelle tungmetaller (Pb, Ni, Cd, Hg, Zn, Cr, Cu og As)

Miljødirektoratet har pålagt Boliden å ta ut minimum ti vannprøver i Eitrheimsvågen i forbindelse med lossing og lasting på kai. Hensikten er å vurdere om disse kaiaktivitetene, hvor råvarer losses, påvirker konsentrasjonene av metaller i Eitrheimsvågen. Videre skal et overvåkingsprogram utarbeides for Eitrheimsvågen.

2 Metode

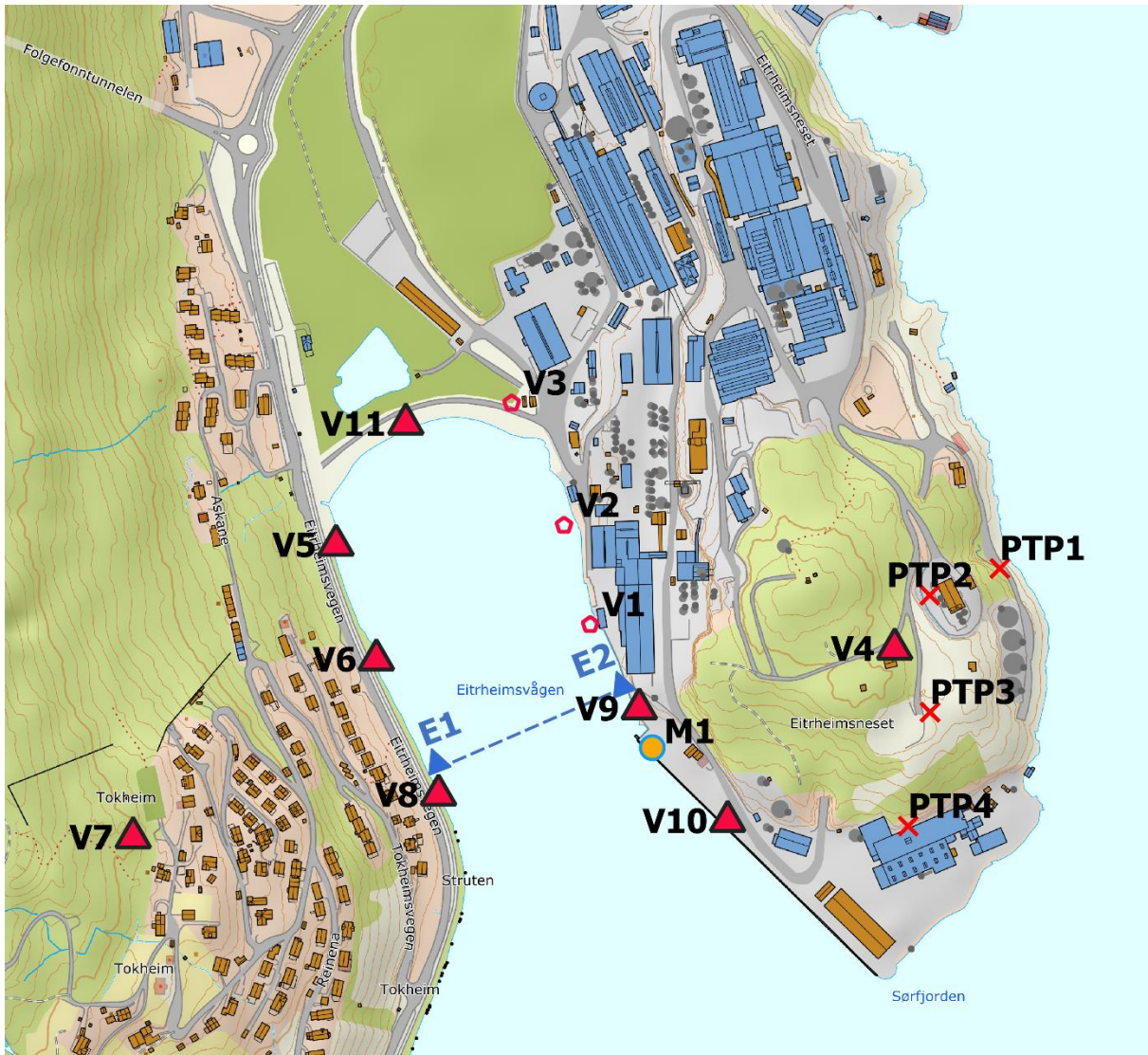
2.1 Terrenganalyse

Bedriftsområdet til Boliden AS ligger i REGINE-enhet 048.410¹, og drenerer naturlig til Sørfjorden mot vest, sør og øst (Figur 1). Imidlertid er nedbørfeltets naturlige avrenningslinjer endret på grunn av bedriftens arealbruk. Kart over avløpsnett viser at området som drenerer mot vest er sannsynlig knyttet til bedriftens avløpssystem. Siden dette omfatter ubebygde områder, ble terrenganalyse gjennomført for å kartlegge hvilke områder som faktisk drenerer mot Sørfjorden.

Digitale terrengdata med en oppløsning på 1 m grid (DTM 1) ble nedlastet fra www.hoydedata.no for å sette opp en terrengmodell for det aktuelle vassdragsområdet. Terrenganalysen ble gjennomført med bruk av det geografiske informasjonssystemet ArcGIS («Spatial Analyst» verktøy). Dette inkluderer følgende hovedtrinn:

- Beregne dreneringslinjer for hele vassdragsområdet. De genererte avrenningslinjene foreslår kun retninger og oppstrøms avrenningsarealer ettersom ingen elver drenerer til dette området.
- Generere nedbørfelt basert på avrenningslinjene og fiktive utløpspunkter.
- Modifisere nedbørfeltens polygon manuelt ifølge funnene fra feltbesøket.
- Definere nedbørfelt som drenerer til Sørfjorden direkte.
- Gjennomføre lignende fremgangsmåte for å beregne nedbørfeltens drenering til målestasjonene.

¹ «NVE Atlas». Vassdrag – Nedbørfelt – Regine-enhet. Norges vassdrags- og energidirektorat. Besøkt 6. september 2021.



Figur 1. Oversikt over målestasjonene hos Boliden og i nærområdet. V1-V3: Boliden AS sine målestasjoner; V4-V11: NILU-stasjoner for målinger av avsetninger; M1: Meteorologisk måling; PTP1-PTP4: Overvannprøvetakningspunktene. Overvåkingsstasjonene E1 og E2 for vannanalyser i Eitrheimsvågen er tegnet inn.

2.2 Hydrologiske beregninger

2.2.1 Arealnedbør

Stasjonen til Boliden AS hadde ikke komplett dataserie for nedbør. For å kunne beregne arealnedbør ble det derfor generert data fra to meteorologiske stasjoner i nærheten. Stasjonene Odda-Jordal (STNR 49220) og Tyssedal V (STNR 49360), ligger henholdsvis 3,7 km og 5,1 km fra Boliden. Daglige og 1 minutt oppløsning dataserier (Meteorologisk institutts database for klimadata²) ble brukt. I Tabell 1 er det gitt ytterligere informasjon om datakildene.

Daglig og 1-minutts nedbørintervall for målestasjonen til Boliden ble beregnet ved denne ligningen:

² se klima.met.no, "Ny tjeneste med vær- og klimadata, fra historiske data til sanntidsobservasjoner," Tilgjengelig fra: seklima. met.no/ (Sist lest: 23.08.21).

$$\hat{P}_D^B = \alpha \left(a \times \left(\sum_{m=1}^{1440} P_{m,\tau_1}^T \right)^b + d \times \left(\sum_{m=1}^{1440} P_{m,\tau_2}^O \right)^e + c \right) + \varphi$$

hvor \hat{P}_D^B er daglig nedbør (mm)—Boliden stasjon, P_m^T er 1-minutt nedbør (mm)—Tyssedal V stasjon, P_m^O er 1-minutt nedbør (mm)—Odda-Jordal, τ_1 & τ_2 er forsinkelse/ledetid for nytt 24 timer vindu—kalibrert (minutt), og koeffisienter α , a , b , c , d , e , φ —kalibrert.

Tabell 1. Målestasjoner benyttet til beregning av arealnedbør.

Stasjon	Dataserie	Periode	Manglende verdier
Boliden	Daglig	01.01.21 – 09.07.21	23.7 %
Odda-Jordal	Daglig	21.09.18 – 23.08.21	-
Tyssedal V	Daglig	20.09.18 – 23.08.21	-
Odda-Jordal	1 min	01.12.20 – 23.08.21	-
Tyssedal V	1 min	01.12.20 – 23.08.21	-

2.2.2 Avrenning

2.2.2.1 Modellering avrenning

Siden det ikke er vannføringsstasjoner i det aktuelle området, kan avrenningen ikke modelleres direkte. Istedenfor benyttes en områdeteknikk for å generere tidsserier for avrenning. Data fra pumpestasjonen PSO5 (tømmer avrenning og grunnvann fra delområdet Boliden-PSO5) som drenerer mot øst) er brukt for kalibrering av enhetshydrogrammet. Selv om avrenningen som genereres fra Boliden-PSO5 overføres til Bolidens avløpsoppsamlingsystem, kan det antas en hydrologisk likhet mellom dette og de nærliggende nedbørfeltene. Derfor kan resultatene overføres fra enhetshydrogrammet til de andre nedbørfeltene.

Enhetshydrogrammetoden er meget anvendelig for små felt (Bøyum, mfl. 1997). Metoden representerer feltegenskapene som påvirker overflatevannets bevegelse i nedbørfeltet i et enhetshydrogram, og antar at avløpsordinatene i hydrogrammet er proporsjonale med effektiv nedbør. Mer beskrivelse av enhetshydrogram er beskrevet av Raghunath (2006).

Daglig og 1-minutts nedbørintervall for målestasjonen til Boliden ble beregnet ved denne ligningen:

$$\hat{P}_D^B = \alpha \left(a \times \left(\sum_{m=1}^{1440} P_{m,\tau_1}^T \right)^b + d \times \left(\sum_{m=1}^{1440} P_{m,\tau_2}^O \right)^e + c \right) + \varphi$$

hvor \hat{P}_D^B er daglig nedbør (mm)—Boliden stasjon, P_m^T er 1-minutt nedbør (mm)—Tyssedal V stasjon, P_m^O er 1-minutt nedbør (mm)—Odda-Jordal, τ_1 & τ_2 er forsinkelse/ledetid for nytt 24 timer vindu—kalibrert (minutt), og koeffisienter α , a , b , c , d , e , φ —kalibrert.

For å beregne rask respons (Q_t^r) av nedbørfeltet har vi etablert en sammenheng mellom nedbør og avrenning ved å kalibrere en enhetshydrograf («unit hydrograph»). Ved kalibreringen ble en statistisk frekvensfordelingsfunksjon (Weibull) brukt for å estimere representativiteten til enhetshydrografen. Ordinaten til enhetshydrogrammet er hentet fra tetthetsfunksjonen for Weibull-fordelingen som er gitt ved:

$$f(x) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{x}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x}{\eta}\right)^\beta} \quad x \geq 0$$

hvor β er formfaktoren, η er skaleringsfaktor og for $x < 0$ definerer vi $f(x) = 0$.

For å beregne interflow (Q_t^i) av nedbørfeltet, var «tømmekurve» («depletion curve») utledet ved et lignende konsept brukt for å utlede enhetshydrografen. Ordinaten til tømmekurven er hentet fra for log-normale tetthetsfunksjonen som er gitt ved:

$$f'(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{\log(x-\mu)}{2\sigma^2}\right)^2}$$

hvor σ er standardavviket og μ er gjennomsnitt.

Simulerte 1 minuttsserier for PSO5 (\hat{Q}_t^{PSO5}) ble estimerte ved dekonvolusjon av enhetshydrogrammet og tømmingskurven samt basestrømningskomponenten (Q_t^b) som er gitt ved:

$$\hat{Q}_t^{PSO5} = Q_t^r + Q_t^i + Q_t^b$$

For å kalibrere avrenning i modellen ble den daglige, gjennomsnittlige utslippsserien benyttet (datoer 28.12.2020 til 27.06.2021) fra Boliden (Q_d^{PSO5}) og den simulerte utslippsserien (\hat{Q}_d^{PSO5}). «Shuffled Complex Evolution» optimeringsalgoritmen (Duan, mfl. 1992) ble videre brukt i kalibreringen ved Nash-Sutcliffe koeffisient (Nash og Sutcliffe, 1970) som miltfunksjonen.

Kalibreringsparameterne inkluderte Weibullfordelingen tetthetsfunksjonen, log-normale tetthetsfunksjonen, basestrømningskomponenten, effektiv nedbørskoeffisient og prosent av nedbør som infiltreres.

2.2.2.2 Årsavrenningen

Årsavrenningen fra hvert nedbørfelt ble beregnet ved bruk av estimert daglig nedbørmengde i 2019 og 2020 ved Bolidens målestasjon. Ligningen er gitt ved:

$$Q_n^{\text{år}} = \hat{a} \times \bar{P}_{\text{år}} \times A_n \times 10^{-3}$$

hvor $Q_n^{\text{år}}$ er årlig avrenning fra hver arealtype, \hat{a} er avrenningsfaktoren, A_n er totalt areal per arealtype, $\bar{P}_{\text{år}}$ er produktet av middelår årlig nedbør (2019/2020) og effektiv nedbørskoeffisient (mm). Avrenningsfaktoren (\hat{a}) ble estimert ved bruk av avrenningshydrografer dividert på nedbørforholdenes fordelingskurve.

2.3 Diffuse utslipp av metaller

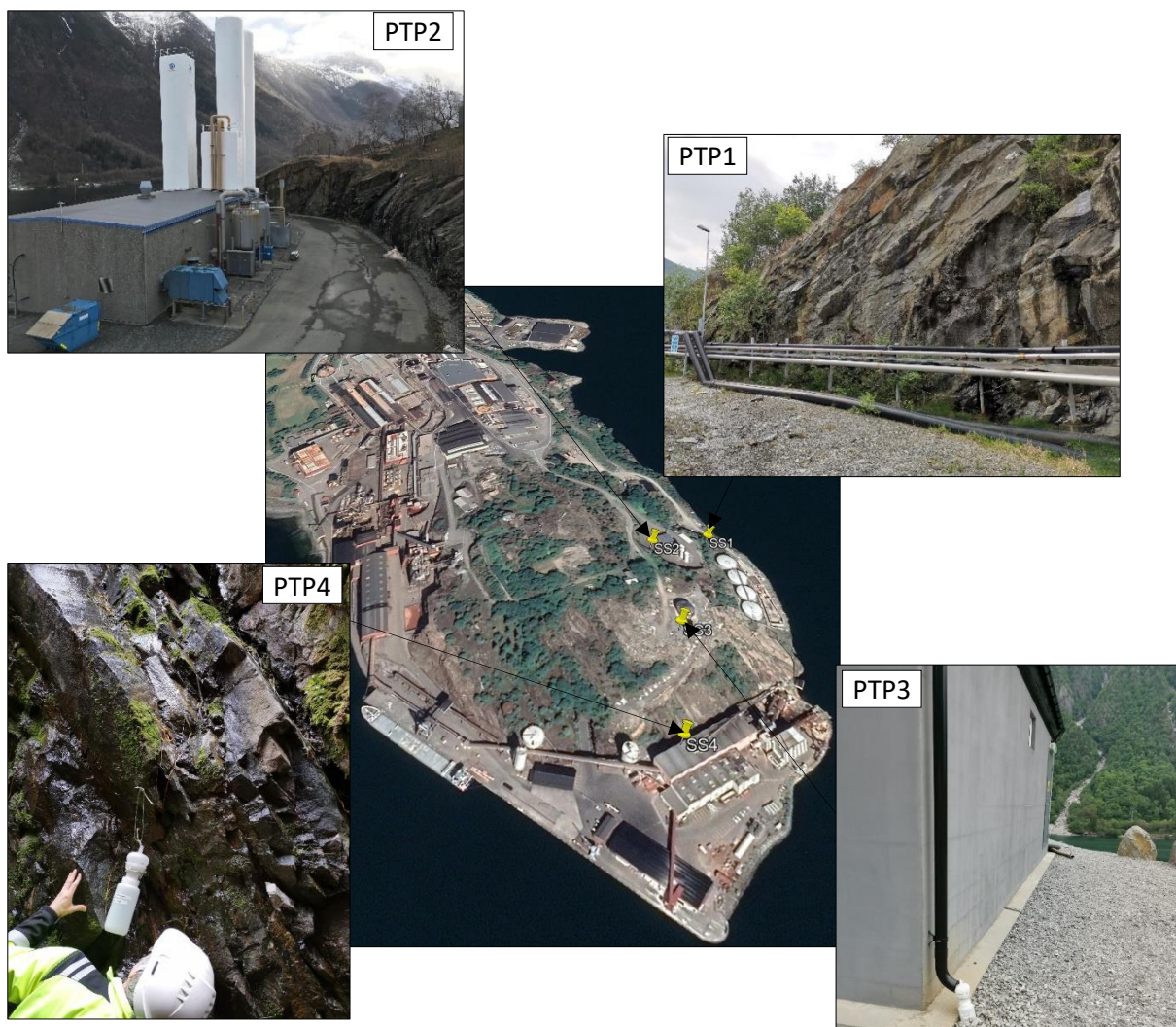
For å kvantifisere tilførsler av metaller fra bedriftens område og til Sørfjorden, er det viktig å forstå overflatevannets bevegelse i nedbørfeltet. Først avgrenset vi området som ikke er dekket av bedriftens system for oppsamling og rensing av overvann (se kapittel 2.1). Så ble årsavrenningen til nedbørfeltene beregnet (se kapittel 2.2).

2.3.1 Arealbruk

Det er viktig å inkludere prøvetakingspunkter fra de ulike arealtypene i det aktuelle området, da de sannsynligvis bidrar i ulik grad til utslipp av stoffer til Sørfjorden. Arealressurskartet AR5 (NIBIO, 2016) ble benyttet til denne identifisering og til å bestemme prøvetakingspunkter. Følgende tre areal typer dominerer i dette område: skog, bebyggd og samferdsel. For arealtypen skog må det bemerkes at dette området i utgangspunktet er preget av bart fjell. Under feltbesøket ble det også bemerket at området er preget av bratt terreng med tynt jordlag.

2.3.2 Prøvetakning og kjemisk analyse

Figur 2 viser de fire prøvetakingspunktene, som representerer de tre ulike arealtypene i området. De ulike arealtypene i delområdene oppstrøms prøvetakingspunktene samt noe feltinformasjon vises i Tabell 2.



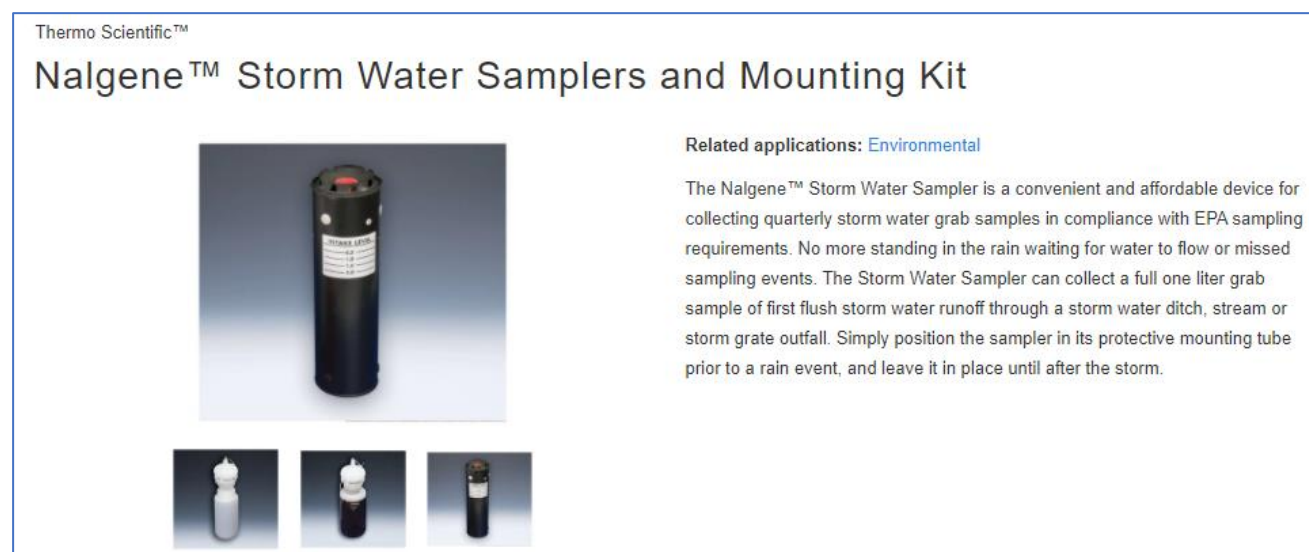
Figur 2. Plassering av de fire overvannstasjonene.

Til prøvetakingen ble det valgt å bruke passive vannprøvetakere med selvlukningsmekanisme da de er godt egnet til å fange opp den første fasen i en avrenningsepisode (også kalt «first flush») (Figur 3). I en nedbørepisode vil beholderen fylles opp med 1 liter prøvevann før den lukkes automatisk. De

fire vannprøvetakerne ble plassert i en overvannskum (PTP1 og PTP4), sandfang (PTP2) og nedløpsrør (PTP3).

Tabell 2. Arealtypene i delområdene oppstrøms prøvetakingspunktene samt noe feltinformasjon

Prøvetakingspunktene	Areal (m ²)	Elevasjon (m)	Arealtype (%)		
			Bebyggd	Samferdsel	Skog
PTP1	282,9	6,4 – 27,1			100
PTP2	309,7	26,0 – 27,6		100	
PTP3	37,9	Lut-tank	100		
PTP4	440,2	2,7 – 30,9	7,5		92,5



Figur 3. Bilde viser en passiv vannprøvetager. Plastflaske benyttes for metallanalyser og glassflaske for organiske miljøgifter (ikke benyttet i denne studien). Beholderen kan plasseres i et beskyttende svart rør. Dette er en fleksibel og rimelig løsning for prøvetaking av vann ved nedbørepisoder uten bruk av elektrisitet.

Personell fra [Hardanger Miljøseniter \(HM\)](#) i Odda installerte og hentet inn de passive prøvetakerne. Det ble tatt ni prøver på stasjon PTP1, og seks prøver på de øvrige stasjonene (PTP2-4). Tabell 3 viser tidsrommet prøvetakerne var utplassert på prøvepunktene. Prøvene ble analysert på ufiltrert og filtrert materiale mht. kvikksølv, krom, nikkel, bly, kadmium, kobber, sink og arsen. De kjemiske analysene ble utført på laboratoriet til Hardanger Miljøseniter. Kvikksølv ble analysert med atomfluorescensspektrometrisk metode (NS-EN ISO 17852) og de øvrige tungmetallene ble analysert med induktivt koblet plasma-massespektrometri (ICP-MS) (NS-EN ISO 17294-2). Analyserapportene for de akkrediterte analysene er vedlagt i vedlegg A.

Fem av totalt 27 prøver ble målt i konsentrasjonene som var lavere enn LOQ (fire prøver fra PTP1 og en fra PTP3). For disse prøvene ble halvparten av LOQ-verdiene benyttet (dvs. 0,002 µg/L for Hg, 0,01 µg/L for Cr og 0,125 µg/L for Ni) til beregninger.

Tabell 3. Tidsperiodene de passive vannprøvetakerne var utplassert.

Oppdragsnummer	Dato passiv vannprøvetager (dd.mm.YYYY)	
	Plassert	Hentet
2021-0841	25.03.2021	29.03.2021
2021-1114a	21.04.2021	26.04.2021
2021-1340	14.05.2021	10.05.2021
2021-1750	08.06.2021	16.06.2021
2021-1785	17.06.2021	18.06.2021
2021-1785-2	19.06.2021	19.06.2021
2021-2006	29.06.2021	02.07.2021
2021-2046	12.07.2021	19.07.2021
2021-2124	05.07.2021	17.07.2021

2.3.3 Massetransport av metaller

For hvert av nedbørfeltene ble det beregnet totalt årlige utslipp av metaller basert på metodikk etter Lindholm (2004) og Lindholm (2015):

$$L_s = \sum_{n=1}^N Q_n^{\text{år}} \times \bar{C}_s \times 10^{-6}$$

hvor L_s er total forurensningsutslipp for metallene —Pb, Ni, Cd, Hg, Zn, Cr, Cu, As (g/år), $Q_n^{\text{år}}$ er årlig avrenning fra hver arealtype (m³/år), og \bar{C}_s er gjennomsnittskonsentrasjon for hvert metall (µg/l) estimert per prøvetakingspunkt.

Den årlige avrenningen fra nedbørfeltene i ligningen ovenfor ble beregnet ved prosedyren skissert i kapittel 2.2.

2.4 Vannovervåking av metaller i Eitrheimsvågen

Av eget initiativ har Boliden gjennomført overvåking av metaller i Eitrheimsvågen i to overvåkingsstasjoner E1 og E2 i mer enn 10 år (Figur 1). Plassering av stasjonene er lagt til disse områdene, da man tror at disse blant annet fanger opp støv fra lossingen. Her blir konsentrasjoner av metaller (Zn, Cd, Cu, As, Pb og Hg) i vannsøyla målt. Vannprøvetakningen og de kjemiske analysene har blitt gjennomført av Hardanger Miljøseniter (<https://hm-as.no/>). Konsentrasjonene av kvikksølv bestemmes etter metode NS-EN ISO 17852, mens de resterende metallene bestemmes etter en intern ICP-MS metode for sjøvann. Før analyse ble vannprøvene konserverert med 7M HNO₃, slik at pH blir rundt 1-2 («lett konservering med syre, standard prosedyre»). Dette medfører at metaller som er lett bundet til partikler vil løse seg ut. Dersom vannprøven ble filtrert (0,45 µm) før analyse ville generelt målte konsentrasjoner være lavere enn såkalt «lett konservering» dersom det var metallbundne partikler i sjøvannet som var større enn 0,45 µm. Ved totaloppslutning av vannprøven (f.eks. i kongevann og mikrobølgeovn) ville alle metaller løses opp.

Alle vannprøvene ble tatt i overflaten, på ca. 0-10 cm vanddyb. Under vannprøvetakningen ble det i noen tilfeller registret værforhold og om skip lå til kai eller til anker.

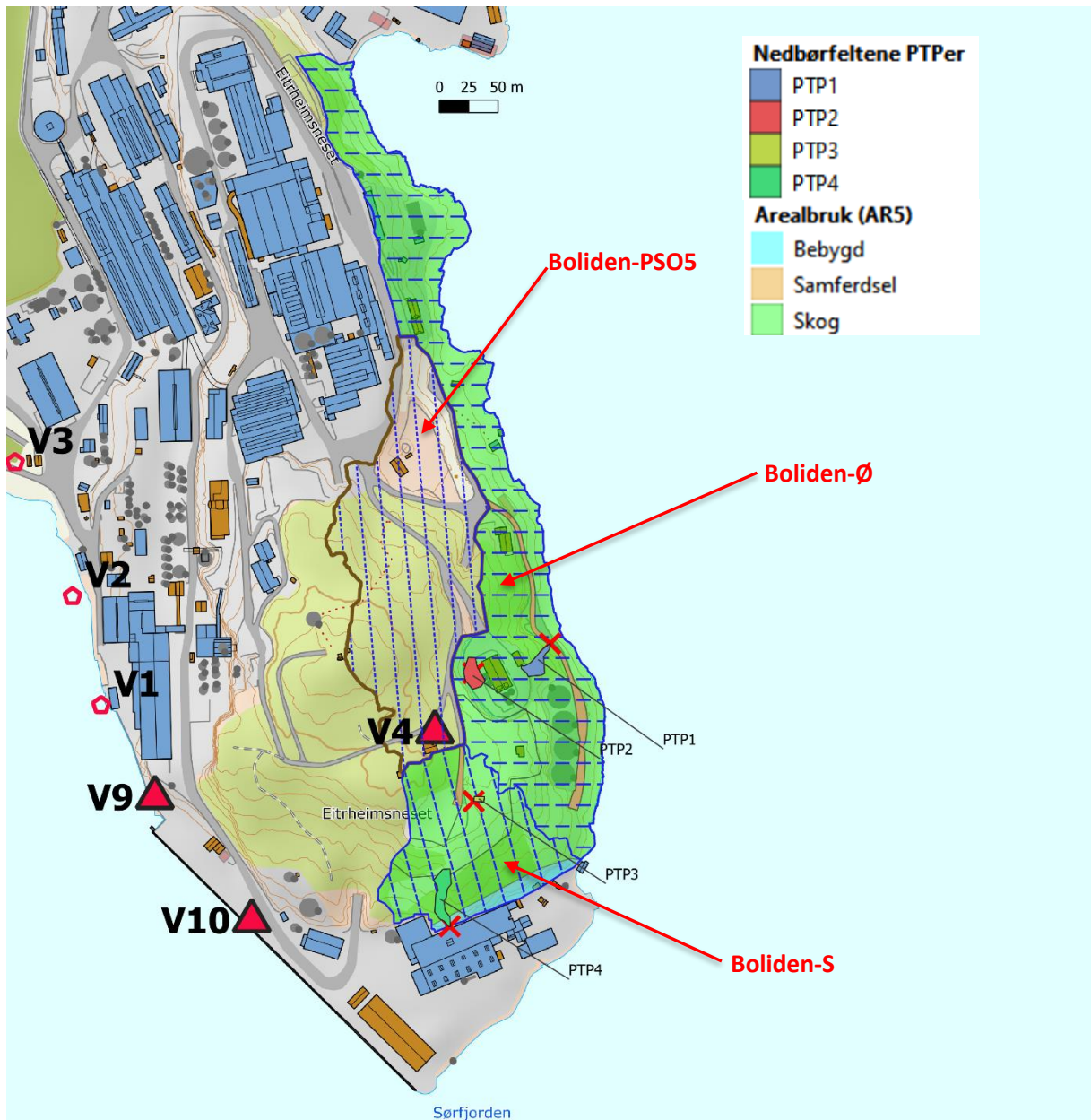
3 Resultater

3.1 Nedbørfeltene

Ved hjelp av terrengeanalyse samt kart over avløpsnett, er det beregnet at 5,67 ha av Boliden AS sin tomt drenerer til Sørfjorden. Dette arealet har vi delt inn i to nedbørfelt (se Figur 4). Nedbørfeltet Boliden-Ø (4,09 ha) drenerer mot øst direkte til fjorden mens nedbørfeltet Boliden-S (1,58 ha) drenerer mot sør. Boliden-S har ingen synlig fysisk forbindelse med Sørfjorden, og i henhold til informasjon fra Boliden AS går avløpet i rør. Boliden-PS05 som ble brukt til å kalibrere enhetshydrogrammet med har arealet av 2,99 ha og drenerer mot N-Ø (dvs. nedbørfeltet er knyttet til Bolidens ledningsnett). Tabell 4 oppsummerer arealbruk og høydeinformasjon for nedbørfeltene.

Tabell 4. Arealtypene i de tre nedbørfeltene.

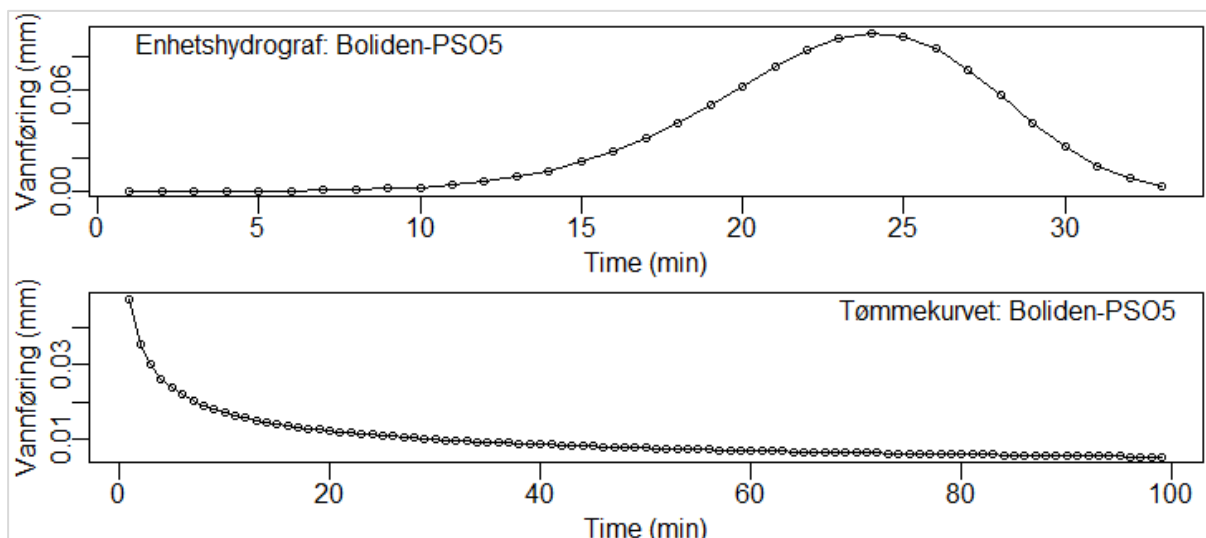
Nedbørfelt	Areal (ha)	Elevasjon (m)	Arealtype (%)		
			Bebyggd	Samferdsel	Skog
Boliden-E	4,09	0,0 – 43,3	0,0	3,5	96,5
Boliden-S	1,58	0,5 – 53,9	12,1	1,5	86,4
Boliden-PS05	2,99	8,9 – 65,5	0,02	13,7	86,3



Figur 4. Illustrasjon av nedbørfeltene og arealbruk.

3.2 Avrenningsmodellen og avrenningsfaktorer

Kalibrering av avrenningsmodellen gav Nash-Sutcliffe koeffisient 0,67 for nedbørfeltet Boliden-PSO5. Visuell evaluering av hydrografen viste tilfredsstillende resultat av en så enkel modell. Figur 5 viser enhetshydrografen og beregnet tømmekurve.



Figur 5. Enhetshydrograf og tømmekurven kalibrert.

Avrenningsfaktor for de tre arealtypene er bestemt basert på median og kvartiler av avrenningshydrografer/nedbørforholdet sin fordelingskurve. Faktorene er 0,95 for arealbruk bebygd, 0,80 for samferdsel og 0,70 for skog.

3.3 Metallkonsentrasjoner

Tabell 5 viser gjennomsnittlige konsentrasjoner i $\mu\text{g/L}$ av de undersøkte metallene ved de fire prøvepunktene. De beregnede, gjennomsnittlige konsentrasjonene i avrenningen fra Boliden AS og til Sørfjorden, er også med i tabellen.

Tabell 5. Gjennomsnittlige konsentrasjoner av metaller for de fire prøvetakingspunktene og hele avrenningsarealet.

Metall	Gjennomsnittlige konsentrasjoner ($\mu\text{g/L}$)				
	Prøvetakingspunkter				Bolidens område
	PTP1	PTP2	PTP3	PTP4	
As	0,7	28,2	32,8	8,3	17,5
Zn	574,8	9609,3	16488,2	4260,7	7733,2
Cu	9,0	130,3	107,2	36,4	70,7
Cd	3,7	25,8	55,2	21,6	26,5
Pb	13,7	471,5	397,0	88,6	242,7
Ni	4,5	11,6	4,3	4,5	6,2
Cr	0,2	15,6	3,0	2,3	5,3
Hg	0,0	2,8	2,7	1,0	1,6

3.4 Massetransport av metaller

På bakgrunn av det oppsatte måleprogrammet og gjennomsnittskonsentrasjonene av de undersøkte stoffene, er det beregnet årlig massetransport av metaller fra de ulike arealtypene på Bolidens område, se Tabell 6. Arealtypen skog har det største bidraget til massetransporten fordi det er den arealtypen med størst areal som drenerer til Sørfjorden.

Tabell 6. Beregnet utslipp av metaller fra de ulike arealtypene på Bolidens område. Legg merke til at for sink så er enheten kg/år, mens for de andre er enheten g/år

Arealtype	% av areal	As (g/år)	Zn (kg/år)	Cu (g/år)	Cd (g/år)	Pb (g/år)	Ni (g/år)	Cr (g/år)	Hg (g/år)
Bebyggd	3,4	2,1	1,0	8,6	3,2	29,7	0,8	0,6	0,2
Samferdsel	2,9	1,0	0,5	4,2	1,6	14,5	0,4	0,3	0,1
Skog	93,7	604,5	267,1	2443,9	916,6	8383,9	214,9	182,5	55,9
Totalt	100	608	269	2 457	921	8 428	216	183	56

3.5 Konsentrasjoner av metaller i overflatevann i Eitrheimsvågen

I Tabell 7 og Tabell 8 vises målte konsentrasjoner av metaller i Eitrheimsvågen i 2019 og 2020 i overvåkingsstasjonene E1 og E2. Under vannprøvetakningen ble det i noen tilfeller registrert om det var båter til kai som losset råvarer, men etterkontroll har vist seg at dette ikke ble gjort systematisk. I felter hvor det ikke er gjort registreringer kan det ha vært båter ved kai, eventuelt kan båter ha vært til kai rett før vannprøvetakningen ble gjennomført. Vannprøvetakningen er spredt utover året, med vannprøver fra sommer, høst, vår og vinter.

Tabell 7. Målte konsentrasjoner av metaller i Eitrheimsvågen i 2019 i overvåkingsstasjonene E1 og E2. Gjennomsnittskonsentrasjoner, mediankonsentrasjoner, høyeste konsentrasjon (Max), laveste konsentrasjon (Min), Forholdet Max:Min og antall vannprøver (N) som ligger til grunn for beregningene er vist. Konsentrasjonene av metallene var alle over rapporteringsgrenser. AA-EQS er grenseverdi for kystvann gitt i Klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppen for vanndirektivet 2018).

Metall	Zn (µg/L)		Cd (µg/L)		Cu (µg/L)		As (µg/L)		Pb (µg/L)		Hg (µg/L)	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2
Overvåkingsstasjon 2019												
Gjennomsnitt	104,0	55,1	0,7	0,3	1,0	0,9	0,7	0,6	5,4	3,3	0,03	0,02
Median	25,0	31,5	0,2	0,2	0,8	0,8	0,6	0,4	1,05	1,3	0,01	0,01
Min	1,5	1,5	0,1	0,1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,01	0,02	0,01	0,01
Max	1620	290	9,9	0,8	3,5	2,4	1,9	1,9	89	28	0,3	0,04
Forhold Max:Min	1 080	193	99	8	9	6	5	5	8 900	1 400	30	4
N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
AA-EQS	3,4		0,2		2,6		0,6		1,3		0,0047	

Tabell 8. Målte konsentrasjoner av metaller i Eitrheimsvågen i 2020 i overvåkingsstasjonene E1 og E2. Gjennomsnittskonsentrasjoner, mediankonsentrasjoner, høyeste konsentrasjon (Max), laveste konsentrasjon (Min), Forholdet Max:Min og antall vannprøver (N) som ligger til grunn for beregningene er vist. Konsentrasjonene av metallene var alle over rapporteringsgrenser, med unntak av ett tilfelle for Hg i 2020 (merket <), her ble halve rapporteringsgrensen benyttet til beregning av gjennomsnittskonsentrasjon. AA-EQS er grenseverdi for kystvann gitt i Klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppen for vanndirektivet 2018).

Metall	Zn (µg/L)		Cd (µg/L)		Cu (µg/L)		As (µg/L)		Pb (µg/L)		Hg (µg/L)	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2
Overvåkingsstasjon 2020												
Gjennomsnitt	15,9	58,4	0,2	0,3	0,6	1,3	0,6	0,6	0,9	4,4	0,02	0,03
Median	13,5	30,3	0,1	0,2	0,5	0,7	0,4	0,4	0,9	1,9	0,01	0,01

Metall	Zn (µg/L)		Cd (µg/L)		Cu (µg/L)		As (µg/L)		Pb (µg/L)		Hg (µg/L)	
	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2
Overvåkingsstasjon 2020												
Min	1,5	1,2	0,1	0,1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,004	<0,004
Max	40,0	380,0	0,4	1,8	1,4	9,6	1,7	1,4	2,3	18,6	0,1	0,1
Forhold Max:Min	27	317	4	18	4	24	4	4	8	47	25	25
N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
AA-EQS	3,4		0,2		2,6		0,6		1,3		0,0047	

4 Diskusjon

4.1 Diffus avrenning

Boliden AS sin tomt som drenerer til Sørfjorden, er på 5,67 ha. Vi har delt området inn i to nedbørfelt; Boliden-Ø (4,09 ha) og Boliden-S (1,58 ha). De totale, årlige diffuse utslippene til Sørfjorden fra disse to feltene er beregnet å være: 608 g/år for As, 269 kg/år for Zn, 2 457 g/år for Cu, 921 g/år for Cd, 8 428 for g/år Pb, 216 g/år for Ni, 183 g/år for Cr, 56 g/år for Hg. Et mer detaljert prøvetakingsprogram over lengre tid er nødvendig for å kunne gi mer presise beregninger.

Sammenligning av metallutslippsbelastningene med estimater for andre næringer (f.eks. Ranneklev, mfl. 2011) viser at utslippet fra Boliden er lavere for alle metaller unntatt Zn, Cd, Pb og Hg.

Nedbørfeltet Boliden-Ø bidrar med 72 % av de totale diffuse metallutslippene. Skogsområdet i dette nedbørfeltet produseres den største andel av utslipp på grunn av arealstørrelsen. Avrenningen fra en stor del av dette området dreneres trolig til fjorden som grunnvann/ basestrømning på grunn av at grusveien i området kutter dreneringslinjene (se Figur 4). Vanddammer kan oppstå i området ved store mengder avrenning. Ytterligere detaljert undersøkelse vil være nødvendig for å beskrive effekten og størrelse av denne typer vanddammer kvantitativt.

Kontinuerlig vannføring i tørre dager forekommer i både Boliden-Ø og Boliden-S nedbørfelt. Dette kan være assosiert med forurensninger i jorda fremfor avsetning fra atmosfæren. Måleprogrammet som er utført i denne undersøkelsen, er ikke tilstrekkelig til å gi svar på dette.

4.2 Kilder til metaller i vannsøyla i Eitrheimsvågen

Som vist i Tabell 7 og Tabell 8 så varierer (Min og Max) konsentrasjonene av metallene betydelig gjennom årene i hver overvåkingsstasjon. I 2019 var for eksempel høyeste og laveste målte sink-konsentrasjon ved E1 henholdsvis 1620 µg/L og 1,5 µg/L. Den høyeste konsentrasjonen som ble målt av bly ved E2 i 2020 var 18,6 µg/L, mens den laveste var 0,4 µg/L. Variasjonene i metallkonsentrasjoner i 2019 og 2020 gjelder alle metallene, men konsentrasjonene i sink og bly varierer mest (Max:Min). Gjennomsnittskonsentrasjonene av metallene i 2019 var generelt høyere i E1 enn i E2. I 2020 var gjennomsnittskonsentrasjonene generelt noe høyere i E2 enn i E1. Maksimumkonsentrasjonene som er målt i Eitrheimsvågen er alle høyere enn grenseverdier (AA-EQS) gitt i vannforskriften.

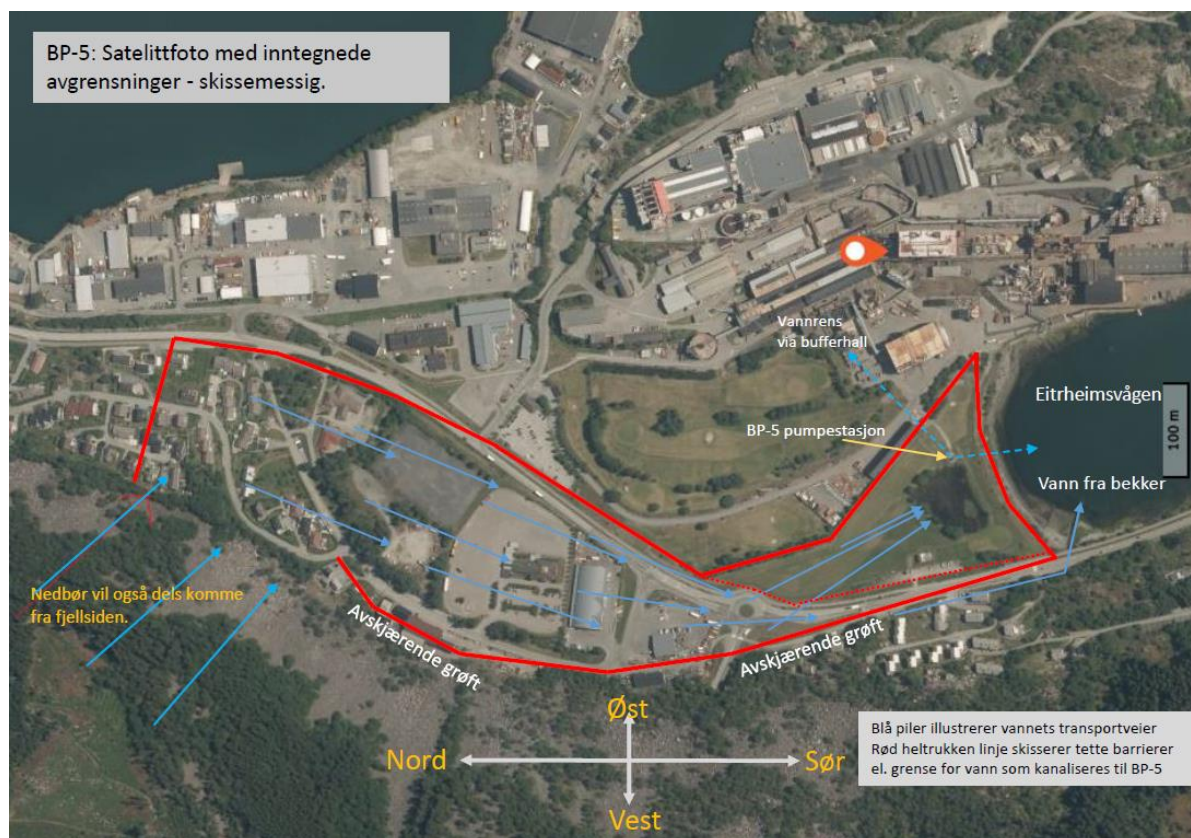
Eitrheimsvågen er et kompleks område, og det er flere kilder som kan være årsak til de forhøyede metallkonsentrasjonene i Eitrheimsvågen.

NILU har i 2021 estimert diffuse utslipp til luft fra råvarer som losses og avsettes til fjorden (Grythe, mfl. 2021). Analyse av nedfallsstøv og modellberegninger for estimering av avsetning til fjorden har blitt gjennomført. Beregninger har blitt gjort for januar til og med juni. Resultater viser at for sink så vil tilførsler til sjø variere fra 42 kg til 145 kg pr. måned. Om lag 70 % deponeres til Eitrheimsvågen. For bly så varierte tilførsler fra 2,5 kg til 8,5 kg pr. måned. NILU estimerte at det er avsetninger fra losseaktiviteten til kaiområdet på land. I perioder med lite nedbør og vind vil dette materialet kunne bli oppvirvlet, transportert med luftstrømmer og deponert utenfor kaiområdet, til fjorden og på land. Under vinterhalvåret er kaien varmet opp, slik at snø smelter, og kaidekket og råvarer tørker opp, og støv vil kunne virvles opp og deponeres andre steder. Ved nedbør har Boliden observert at overvannet transporterer materialet vekk fra kaiområdet som er tett. Vann med faststoff samles i bufferhall og pumpes derfra til vannrensing. Det antas også at overvannet i kaiområdet ikke vil nå Eitrheimsvågen, da kaiområdet er spuntet til ca. 9 meter under sjøbunnen. I rapporten fra 2021 (Grythe, mfl. 2021) har NILU sett på størrelsesfordelingen og andre forhold som påvirker hvor lenge partikler fra losseaktivitetene kan holde seg i luftmassene. De konkluderer med at noen partikler vil deponeres i løpet av sekunder, mens andre vil kunne holde seg i luftmassene i uker. Generelt så avsettes flesteparten av partiklene i løpet av noen minutter.

Eitrheimsvågen er grunn (ca. 5 m på det dypeste innerst), slik at vannets oppholdstid kan anses å være kort. Det er ikke data på dette, men med flo og fjære, vind og tilførsler av vann fra nedbørfeltet så er det sannsynlig at utskiftning av vannmassene skjer raskt. I Figur 6 vises et satellittfoto av deler av nedbørfeltet som ved avskjærende grøfter leder overvann via dikeområdet til pumpestasjon BP-5 og til bufferhall og deretter videre til vannrensing. Urenset utslipp fra BP-5 forekommer når vannrensekapasiteten på bedriften går til mer kontaminerte væsker enn det som vanligvis slippes ut fra BP-5. Denne endringen gjøres manuelt. Utslipet fra BP-5 er fra et rør som går i strandlinjen (helt nord i Eitrheimsvågen), utløpet er ca. 1 meter dypt (langs bunn) og ca. 2-3 meter fra land. I tillegg vil det på vestsiden være tilførsler fra bekker og grøft ut til Eitrheimsvågen. Utslipp fra BP-5 i 2019 og 2020 for bly og sink er vist i Tabell 9.

Tabell 9. Utslipp av Zn og Pb i 2019 og 2020 fra BP-5 til Eitrheimsvågen (data fra Boliden).

Årstall	Pb (kg)	Zn (kg)
2019	0,9	38
2020	1,3	142



Figur 6. Kart over nedbørfelt, avskjærende grøfter (rødt) og vannets transportveier (piler i blått) (kart fra Boliden).

Lengre ut i Eitrheimsvågen er det utslipp fra Hg-renns på ca. 15 m dyp. Dette er et batchutslipp som munner ut på bunnen sør for lossekranen i munningen av Eitrheimsvågen. Utslipet er fra røsteanlegget og gassvasking. I løpet av døgnet kommer det ca. 200 m³/t sjøvann fra gassvasking (scrubbere) og 11-12 m³/t fra Hg-renns. I Tabell 10 vises utslipp av bly og sink fra Hg-renns i 2019 og 2020.

Tabell 10. Utslipp fra Hg-renns til Eitrheimsvågen i 2019 og 2020 (data fra Boliden).

Årstall	Pb (kg)	Zn (kg)
2019	2,6	11,8
2020	3,0	8,0

Den forurensede sjøbunnen i Eitrheimsvågen ble tildekket i 1992. I 2001 viste det seg at overflaten av tildekkingen var blitt rekontaminert med kilder fra land (Laugesen mfl., 2016). I 2013 ble kilder til metaller i vannmassene og sedimentene i Sørfjorden kvantifisert (Ruus mfl., 2013). Det ble målt høy arealspesifikk utlekking av kadmium, kopper, bly og sink fra sedimentene i Eitrheimsvågen. Da arealet i Eitrheimsvågen er lite, var kildene herfra marginale. Videre målinger i sedimentene er ikke gjennomført siden 2013.

5 Konklusjon

5.1 Bedre modell for estimering av avrenning og evaluering av utslippsreducerende tiltak

Vi har i denne rapporten beregnet den årlige massetransporten av metaller via diffuse utslipp fra Bolidens arealer til Sørfjorden. Den årlige massetransporten er estimert til å være 608 g/år for As; 269 kg/år for Zn; 2 457 g/år for Cu; 921 g/år for Cd; 8 428 for g/år Pb; 216 g/år for Ni; 183 g /år for Cr og 56 g/år for Hg. Våre beregninger viser at de største tilførslene kommer fra Bolidens østre nedbørfelt (Boliden-Ø) som domineres av arealtypen skog.

Metodikken som er blitt benyttet til å beregne diffuse utslipp er relativt enkel, og det er derfor en del usikkerheter knyttet til de beregnede årlige utslippene. Kildene til usikkerhet kommer i hovedsak fra at det er gjennomført relativt få målinger av vannprøver fra de ulike arealtypene over tid som kan representere variasjonen i avrenningsepisoder i ulike sesonger i et år. I praksis betyr det at vi har relativt få prøver som danner grunnlaget for de årlige utslippsberegningene. I tillegg vil det være usikkerheter knyttet til bruk av historiske nedbørsdata til å estimere årlig avrenning. For eksempel, så kan det tenkes at i våtere år med mer nedbør så vil utvaskingen og transport av metaller til Sørfjorden være større enn det vi anslår her. Det motsatte vil være tilfelle i tørre år med lite nedbør.

I metoden vi brukte, er nøyaktigheten av de årlige tilførslene av stoffer til Sørfjorden avhengig av nøyaktigheten av den årlige overflateavrenningen og representasjoner av konsentrasjonsverdiene (som beskrevet over). For å redusere usikkerhetene kan det være hensiktsmessig å bruke modeller som inkluderer hydrologi- hydraulikk- og vannkvalitet. Dette vil gi en mer detaljert og sikrere beregning av årlig tilførsel av stoffer. For eksempel så kan den anerkjente SWMM (Storm Water Management Model), som er utviklet av det «amerikanske miljødirektoratet» US EPA³, kunne brukes for å beregne årlig tilførsel av stoffer. Dette gjøres ved at man summerer den daglige akkumuleringen (oppbygging) av forurensning i perioden mellom nedbørshendelser (tørrværsperioder) og utvasking under selve nedbørsepisodene over tid fra de ulike delområdene. Bruk av SWMM (eller lignende modeller) gir følgende fordeler:

- en mulighet til å knytte sammen NILUs og NIVAs undersøkelser for å få et bedre innblikk i kilder, transportveier for avrenningen, og områder hvor vann og metaller samler seg.
- en mulighet til å simulere ulike tiltak (f.eks. sedimenteringsdammer, infiltrering, regnbed etc.) og vurdere det beste utslippsreducerende tiltaket, og
- en mulighet til å simulere fremtidig endringer i nedbør pga. klima.

5.2 Videre vannovervåking i Eitrheimsvågen

Boliden har gjennomført vannovervåking i Eitrheimsvågen i to overvåkingsstasjoner E1 og E2, hvor det antas at depositionsjoner fra lossingen av råvarer kan avsettes. Grythe mfl. (2021) har i løpet av 2021 analysert nedfallsstøv og gjort modellberegninger for estimering av avsetning fra losseaktivitetene. Av tilførsler fra metaller til Eitrheimsvågen er kilder fra lossingen størst. Ved videre vannovervåking tas det ut vannprøver i overflaten (0-10 cm), 1 m under overflaten og ca. 10 cm over sedimentene fra E1 og E2. Vannprøvene deles i to, hvor en del filtreres (0,45 µm) og den andre del forblir ufiltrert.

³ US EPA, Storm Water Management Model (SWMM). <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>.

Totalkonsentrasjoner av metaller (tilsvarende metode som tidligere er benyttet) bestemmes i begge vannprøvene ved de ulike dypene. Ved vannprøvetakning innhentes informasjon om losseaktivitet (båtanløp) og råvarer de siste 24 timene fram til vannprøvetakning. I tillegg samles det inn informasjon om nedbør og værforhold fra nærmeste egnede værstasjon (www.yr.no) de siste 24 timene. Overvåkingen bør gjennomføres to ganger i måneden. Prøvetakningen bør tilpasses aktiviteter i kaia, slik at vannprøver tas under forhold hvor det forventes å være større avsetninger til overvåkingsstasjonene, og i perioder hvor det har vært minimalt/ingen losseaktiviteter på kaia. Dersom Boliden ønsker å opprettholde overvåkingen av i E1 og E2, og med samme analysemetode som de har benyttet over mange år kan de velge det om de ønsker dette.

6 Referanser

- Bøyum, Å., Eidsmo, T., Lindholm, O., Noreide, T., Semb, T., Skretteberg, R. og Markhus, E. 1997. Anvendt urbanhydrologi. NVE Publikasjon 10-1997.
- Direktoratsgruppen for vanddirektivet 2018. Veileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann. 227 s.
- Duan, Q.Y., Sorooshian, S., Gupta, V. 1992. Effective and efficient global optimization for conceptual rainfall-runoff models. Water Resour. Res., 28 (4), s. 1015-1031, [10.1029/91wr02985](https://doi.org/10.1029/91wr02985)
- Grythe, H., Uggerud, H., Andresen, E., Bäcklund, A. og Weydahl, T. 2021. Diffuse utslipp ved lossing ved Boliden - Metodeutvikling og resultater, NILU-rapport, ISBN: 978-82-425-3054-7, ISSN: 2464-3327.
- Laugesen, J., Eek, E., og Møskeland, T. 2016. Oppsummering av erfaring med tildekking av forurenset sjøbunn, M-502 (Miljødirektoratet), s. 64.
- Lindholm, O. 2004. Miljøgifter i overvann fra tette flater. NIVA-rapport 4775-2004.
- Lindholm, O. 2015. Beregning av utslipp av miljøgifter til vannforekomster. Miljø-blad Nr. 114.
- Nash, J., Sutcliffe, J. 1970. River flow forecasting through conceptual models: part I A discussion of principles. Journal of Hydrology 10(3), s. 282 – 290.
- NIBIO. 2016. Arealressurskart-AR5
<https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2415670?show=full>
- Raghunath, H.M. 2006. Hydrology: Principles, Analysis and Design. New Age International.
- Ranneklev, S.B., Muthanna, T. M., Øxnevad, S., Lund, E., Molvær, J. 2011. Utslipp av overflatevann fra Eramet Norway i Porsgrunn. NIVA-rapport 6128, 24 s.
- Ruus, A., Schaanning, M., Iversen, E, Øxnevad, S. og Røyset, O. 2013. Kvantifisering av tungmetalltilførsler i indre del av Sørfjorden, Hardanger. NIVA-rapport 6453, 79 s.

7 Vedlegg



HARDANGER MILJØSENTER AS

Member of the Alex Stewart Group

ODDA - NORWAY

N-5750 Odda - Tel.: (+47) 53 65 03 80

E-mail: post@hm-as.no - www.hm-as.no

Org. no.: NO 956 368 189 MVA



Boliden Odda AS

ANALYSERAPPORT

Odda, 2021-04-28
Side 1/2

5750 Odda

Beskrivelse:	2021-0841
Oppdragsdato:	2021-03-29
Rapportkommentar:	Overvåkingsprosjekt. Overflatevann 29.03.2021.
Analyseperiode:	29.03-27.04.2021

Vennlig hilsen
Hardanger Miljøseniter AS

Åshild Oma
Laboratorieleder

Denne rapporten er digitalt signert

Vi gjør oppmerksom på at akkrediteringen gjelder analyse av prøven(e) slik de(n) er mottatt på laboratoriet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene. Evt. kopiering av denne rapport skal gjengi HELE rapporten, kopiering av utdrag, hvor det nyttes vår logo eller signatur, skal skriftlig godkjennes av undertegnede. Del-resultater kan imidlertid benyttes i andre sammenhenger med henvisninger til denne rapport. Analyser merket med * er ikke akkreditert. Analyser merket med # er analysert av underleverandør. Opplysninger om bestemmelsesgrenser og måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Opplysninger om antall foryndringer og parallelle målinger utført for BOF ihht. metode NS-EN ISO 5815-1 fås ved henvendelse til laboratoriet.

Prøveid	Kvikksølv
	$\mu\text{g/l}$
Svovelsyretanker	<0.004
Svovelsyretanker filtrert	<0.004
O2-fabrikk	7.7
O2-fabrikk filtrert	0.0061
Lut-tank	0.13
Lut-tank filtrert	<0.004
Bak Noralf	0.26
Bak Noralf filtrert	<0.004
	NS-EN ISO 17852

ICP-MS bestemmelse (NS-EN ISO 17294-2)

Prøveid	Krom	Nikkel	Bly	Kadmium	Kobber	Sink	Arsen
	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Svovelsyretanker	0.64	3.4	100	5.3	4.0	980	0.58
Svovelsyretanker filtrert	0.28	<0.25	0.22	4.2	3.4	660	0.44
O2-fabrikk	38	23	890	60	290	22000	58
O2-fabrikk filtrert	0.39	5.9	240	36	38	12000	6.2
Lut-tank	0.63	<0.25	29	0.91	5.3	410	1.8
Lut-tank filtrert	0.048	<0.25	3.7	0.22	0.34	97	0.22
Bak Noralf	3.5	1.1	45	16	21	3700	4.7
Bak Noralf filtrert	0.11	<0.25	2.2	12	3.7	2000	0.59



HARDANGER MILJØSENTER AS

Member of the Alex Stewart Group

ODDA - NORWAY

N-5750 Odda - Tel.: (+47) 53 65 03 80

E-mail: post@hm-as.no - www.hm-as.no

Org. no.: NO 956 368 189 MVA



Boliden Odda AS

ANALYSERAPPORT

Odda, 2021-06-03
Side 1/2

5750 Odda

Beskrivelse: 2021-1340
Oppdragsdato: 2021-05-14
Rapportkommentar: Overvåkingsprosjekt. Overflatevann 14.05.2021.
Analyseperiode: 14.05-03.06.2021

Vennlig hilsen
Hardanger Miljøseniter AS

Åshild Oma
Laboratorieleder

Denne rapporten er digitalt signert

Vi gjør oppmerksom på at akkrediteringen gjelder analyse av prøven(e) slik de(n) er mottatt på laboratoriet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene. Evt. kopiering av denne rapport skal gjengi HELE rapporten, kopiering av utdrag, hvor det nyttes vår logo eller signatur, skal skriftlig godkjennes av undertegnede. Del-resultater kan imidlertid benyttes i andre sammenhenger med henvisninger til denne rapport. Analyser merket med * er ikke akkreditert. Analyser merket med # er analysert av underleverandør. Opplysninger om bestemmelsesgrenser og måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Opplysninger om antall fortynninger og parallelle målinger utført for BOF ihht. metode NS-EN ISO 5815-1 fås ved henvendelse til laboratoriet.

Prøveid	Kvikksølv
	$\mu\text{g/l}$
Pr. 1 Svovelsyretanker	0.018
Pr. 1 Svovelsyretanker filtrert	<0.004
Pr. 2 O2-fabrikk	2.8
Pr. 2 O2-fabrikk filtrert	0.0062
Pr. 3 Lut-tank	7.7
Pr. 3 Lut-tank filtrert	<0.004
Pr. 4 Bak Noralf	0.34
Pr. 4 Bak Noralf filtrert	<0.004
	NS-EN ISO 17852

ICP-MS bestemmelse (NS-EN ISO 17294-2)

Prøveid	Krom	Nikkel	Bly	Kadmium	Kobber	Sink	Arsen
	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Pr. 1 Svovelsyretanker	0.31	4.8	6.4	4.0	11	550	0.77
Pr. 1 Svovelsyretanker filtrert	0.11	3.9	1.2	2.8	7.0	410	0.50
Pr. 2 O2-fabrikk	18	13	480	18	99	6400	25
Pr. 2 O2-fabrikk filtrert	0.18	2.6	57	9.8	18	3100	3.1
Pr. 3 Lut-tank	6.0	6.0	820	82	230	24000	86
Pr. 3 Lut-tank filtrert	0.21	2.4	31	47	43	12000	8.4
Pr. 4 Bak Noralf	1.4	4.3	26	16	18	2600	3.6
Pr. 4 Bak Noralf filtrert	0.090	2.8	4.3	13	4.5	2000	0.66



HARDANGER MILJØSENTER AS

Member of the Alex Stewart Group

ODDA - NORWAY

N-5750 Odda - Tel.: (+47) 53 65 03 80

E-mail: post@hm-as.no - www.hm-as.no

Org. no.: NO 956 368 189 MVA



Boliden Odda AS

ANALYSERAPPORT

Odda, 2021-06-30
Side 1/2

5750 Odda

Beskrivelse:	2021-1750
Oppdragsdato:	2021-06-16
Rapportkommentar:	Prøvetatt i perioden 10 - 16.06.2021
Analyseperiode:	16 - 30.06.2021

Vennlig hilsen
Hardanger Miljøseniter AS

Joar Øygaard
Daglig leder
Denne rapporten er digitalt signert

Vi gjør oppmerksom på at akkrediteringen gjelder analyse av prøven(e) slik de(n) er mottatt på laboratoriet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene. Evt. kopiering av denne rapport skal gjengi HELE rapporten, kopiering av utdrag, hvor det nyttes vår logo eller signatur, skal skriftlig godkjennes av undertegnede. Del-resultater kan imidlertid benyttes i andre sammenhenger med henvisninger til denne rapport. Analyser merket med * er ikke akkreditert. Analyser merket med # er analysert av underleverandør. Opplysninger om bestemmelsesgrenser og måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Opplysninger om antall fortynninger og parallelle målinger utført for BOF ihht. metode NS-EN ISO 5815-1 fås ved henvendelse til laboratoriet.

Prøveid	Kvikksølv
	$\mu\text{g/l}$
Pr. 1 Svovelsyretanker	0.027
Pr. 1 Svovelsyretanker filtrert	<0.004
Pr. 2 O2-fabrikk	0.94
Pr. 2 O2-fabrikk filtrert	0.012
Pr. 3 Lut-tank	1.4
Pr. 3 Lut-tank filtrert	<0.004
Pr. 4 Bak Noralf	3.2
Pr. 4 Bak Noralf filtrert	0.0044
	NS-EN ISO 17852

ICP-MS bestemmelse (NS-EN ISO 17294-2)

Prøveid	Krom	Nikkel	Bly	Kadmium	Kobber	Sink	Arsen
	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Pr. 1 Svovelsyretanker	<0.02	8.0	5.6	5.7	13	760	1.2
Pr. 1 Svovelsyretanker filtrert	0.21	4.8	0.96	4.0	4.9	410	0.54
Pr. 2 O2-fabrikk	8.1	12	320	25	100	10000	14
Pr. 2 O2-fabrikk filtrert	0.59	4.4	32	17	20	5400	3.4
Pr. 3 Lut-tank	1.5	4.5	370	80	90	24000	26
Pr. 3 Lut-tank filtrert	0.18	2.7	62	53	4.7	14000	4.1
Pr. 4 Bak Noralf	5.2	7.5	270	34	100	8300	26
Pr. 4 Bak Noralf filtrert	0.16	3.0	9.1	18	5.4	2300	0.85



HARDANGER MILJØSENTER AS

Member of the Alex Stewart Group

ODDA - NORWAY

N-5750 Odda - Tel.: (+47) 53 65 03 80

E-mail: post@hm-as.no - www.hm-as.no

Org. no.: NO 956 368 189 MVA



Boliden Odda AS

ANALYSERAPPORT

Odda, 2021-06-30
Side 1/1

5750 Odda

Beskrivelse: 2021-1785-2
Oppdragsdato: 2021-06-19
Rapportkommentar: Prøvetatt 19.06.2021. Det var lett regn på prøvetakingstidspunktet.
Analyseperiode: 19 - 30.06.2021

Analyse	Enhet	Resultat	Standard
Prøveid		Bekk ved syretanker	
Kvikksølv	µg/l	0.012	NS-EN ISO 17852
Krom	µg/l	0.13	NS-EN ISO 17294-2
Nikkel	µg/l	0.63	NS-EN ISO 17294-2
Bly	µg/l	2.3	NS-EN ISO 17294-2
Kadmium	µg/l	0.47	NS-EN ISO 17294-2
Kobber	µg/l	7.0	NS-EN ISO 17294-2
Sink	µg/l	150	NS-EN ISO 17294-2
Arsen	µg/l	0.69	NS-EN ISO 17294-2

Vennlig hilsen
Hardanger Miljøseniter AS

Joar Øygaard
Daglig leder
Denne rapporten er digitalt signert

Vi gjør oppmerksom på at akkrediteringen gjelder analyse av prøven(e) slik de(n) er mottatt på laboratoriet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene. Evt. kopiering av denne rapport skal gjengi HELE rapporten, kopiering av utdrag, hvor det nyttes vår logo eller signatur, skal skriftlig godkjennes av undertegnede. Del-resultater kan imidlertid benyttes i andre sammenhenger med henvisninger til denne rapport. Analyser merket med * er ikke akkreditert. Analyser merket med # er analysert av underleverandør. Opplysninger om bestemmelsesgrenser og måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Opplysninger om antall fortynninger og parallelle målinger utført for BOF ihht. metode NS-EN ISO 5815-1 fås ved henvendelse til laboratoriet.



HARDANGER MILJØSENTER AS

Member of the Alex Stewart Group

ODDA - NORWAY

N-5750 Odda - Tel.: (+47) 53 65 03 80

E-mail: post@hm-as.no - www.hm-as.no

Org. no.: NO 956 368 189 MVA



Boliden Odda AS

ANALYSERAPPORT

Odda, 2021-05-06
Side 1/2

5750 Odda

Beskrivelse: 2021-1114a
Oppdragsdato: 2021-04-26
Rapportkommentar: Overvåkingsprosjekt. Overflatevann 26.04.2021.
Analyseperiode: 26.04-06.05.2021

Vennlig hilsen
Hardanger Miljøseniter AS

Åshild Oma
Laboratorieleder

Denne rapporten er digitalt signert

Vi gjør oppmerksom på at akkrediteringen gjelder analyse av prøven(e) slik de(n) er mottatt på laboratoriet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene. Evt. kopiering av denne rapport skal gjengi HELE rapporten, kopiering av utdrag, hvor det nyttes vår logo eller signatur, skal skriftlig godkjennes av undertegnede. Del-resultater kan imidlertid benyttes i andre sammenhenger med henvisninger til denne rapport. Analyser merket med * er ikke akkreditert. Analyser merket med # er analysert av underleverandør. Opplysninger om bestemmelsesgrenser og måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Opplysninger om antall fortynninger og parallelle målinger utført for BOF ihht. metode NS-EN ISO 5815-1 fås ved henvendelse til laboratoriet.

Prøveid	Kvikksølv
	$\mu\text{g/l}$
Pr. 1 Svovelsyretanker	0.0059
Pr. 1 Svovelsyretanker filtrert	0.0041
Pr. 2 O2-fabrikk	0.057
Pr. 2 O2-fabrikk filtrert	0.013
Pr. 3 Lut-tank	0.068
Pr. 3 Lut-tank filtrert	0.0073
Pr. 4 Bak Noralf	0.0084
Pr. 4 Bak Noralf filtrert	0.0096
	NS-EN ISO 17852

ICP-MS bestemmelse (NS-EN ISO 17294-2)

Prøveid	Krom	Nikkel	Bly	Kadmium	Kobber	Sink	Arsen
	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Pr. 1 Svovelsyretanker	0.11	3.6	0.39	3.5	6.2	450	0.40
Pr. 1 Svovelsyretanker filtrert	0.19	3.5	0.36	4.0	6.0	450	0.40
Pr. 2 O2-fabrikk	0.71	2.6	170	13	22	3900	4.4
Pr. 2 O2-fabrikk filtrert	0.31	2.2	54	12	17	3800	2.8
Pr. 3 Lut-tank	1.2	5.8	130	98	43	28000	5.8
Pr. 3 Lut-tank filtrert	0.54	5.8	34	96	31	28000	4.3
Pr. 4 Bak Noralf	0.35	2.2	9.1	11	4.1	1800	0.63
Pr. 4 Bak Noralf filtrert	0.16	2.1	7.6	11	3.8	1900	0.56



HARDANGER MILJØSENTER AS

Member of the Alex Stewart Group

ODDA - NORWAY

N-5750 Odda - Tel.: (+47) 53 65 03 80

E-mail: post@hm-as.no - www.hm-as.no

Org. no.: NO 956 368 189 MVA



Boliden Odda AS

ANALYSERAPPORT

Odda, 2021-06-30
Side 1/2

5750 Odda

Beskrivelse:	2021-1785
Oppdragsdato:	2021-06-18
Rapportkommentar:	Prøveperiode 16 - 18.06.2021
Analyseperiode:	18 - 30.06.2021

Vennlig hilsen
Hardanger Miljøseniter AS

Joar Øygaard
Daglig leder
Denne rapporten er digitalt signert

Vi gjør oppmerksom på at akkrediteringen gjelder analyse av prøven(e) slik de(n) er mottatt på laboratoriet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene. Evt. kopiering av denne rapport skal gjengi HELE rapporten, kopiering av utdrag, hvor det nyttes vår logo eller signatur, skal skriftlig godkjennes av undertegnede. Del-resultater kan imidlertid benyttes i andre sammenhenger med henvisninger til denne rapport. Analyser merket med * er ikke akkreditert. Analyser merket med # er analysert av underleverandør. Opplysninger om bestemmelsesgrenser og måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Opplysninger om antall fortynninger og parallelle målinger utført for BOF ihht. metode NS-EN ISO 5815-1 fås ved henvendelse til laboratoriet.

Prøveid	Kvikksølv
	$\mu\text{g/l}$
Pr. 1 Svovelsyretanker	0.012
Pr. 1 Svovelsyretanker filtrert	<0.004
Pr. 2 O2-fabrikk	3.5
Pr. 2 O2-fabrikk filtrert	0.0069
Pr. 3 Lut-tank	5.0
Pr. 3 Lut-tank filtrert	<0.004
Pr. 4 Bak Noralf	0.081
Pr. 4 Bak Noralf filtrert	<0.004
	NS-EN ISO 17852

ICP-MS bestemmelse (NS-EN ISO 17294-2)

Prøveid	Krom	Nikkel	Bly	Kadmium	Kobber	Sink	Arsen
	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Pr. 1 Svovelsyretanker	<0.02	8.2	1.5	6.5	9.0	1100	0.63
Pr. 1 Svovelsyretanker filtrert	0.18	6.3	1.2	5.4	5.5	790	0.51
Pr. 2 O2-fabrikk	14	8.3	530	20	150	7700	40
Pr. 2 O2-fabrikk filtrert	0.080	1.0	38	5.5	14	2200	4.7
Pr. 3 Lut-tank	4.9	3.8	550	44	160	14000	46
Pr. 3 Lut-tank filtrert	0.18	1.5	56	24	21	4500	1.5
Pr. 4 Bak Noralf	0.97	4.4	32	23	19	3700	3.0
Pr. 4 Bak Noralf filtrert	0.13	0.63	2.3	0.47	7.0	150	0.69



HARDANGER MILJØSENTER AS

Member of the Alex Stewart Group

ODDA - NORWAY

N-5750 Odda - Tel.: (+47) 53 65 03 80

E-mail: post@hm-as.no - www.hm-as.no

Org. no.: NO 956 368 189 MVA



Boliden Odda AS

ANALYSERAPPORT

Odda, 2021-07-19
Side 1/1

5750 Odda

Beskrivelse: 2021-2006
Oppdragsdato: 2021-07-02
Rapportkommentar:
Analyseperiode: 02-19.07.2021

Analyse	Enhet	Resultat	Standard
Prøveid		Bekk ved syretanker	
Kvikksølv	µg/l	0.017	NS-EN ISO 17852
Krom	µg/l	0.41	NS-EN ISO 17294-2
Nikkel	µg/l	1.6	NS-EN ISO 17294-2
Bly	µg/l	3.3	NS-EN ISO 17294-2
Kadmium	µg/l	0.49	NS-EN ISO 17294-2
Kobber	µg/l	16	NS-EN ISO 17294-2
Sink	µg/l	140	NS-EN ISO 17294-2
Arsen	µg/l	0.75	NS-EN ISO 17294-2

Vennlig hilsen
Hardanger Miljøseniter AS

Kjersti Arnesen
Laboratorieingeniør
Denne rapporten er digitalt signert

Vi gjør oppmerksom på at akkrediteringen gjelder analyse av prøven(e) slik de(n) er mottatt på laboratoriet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene. Evt. kopiering av denne rapport skal gjengi HELE rapporten, kopiering av utdrag, hvor det nyttes vår logo eller signatur, skal skriftlig godkjennes av undertegnede. Del-resultater kan imidlertid benyttes i andre sammenhenger med henvisninger til denne rapport. Analyser merket med * er ikke akkreditert. Analyser merket med # er analysert av underleverandør. Opplysninger om bestemmelsesgrenser og måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Opplysninger om antall fortynninger og parallelle målinger utført for BOF ihht. metode NS-EN ISO 5815-1 fås ved henvendelse til laboratoriet.



HARDANGER MILJØSENTER AS

Member of the Alex Stewart Group

ODDA - NORWAY

N-5750 Odda - Tel.: (+47) 53 65 03 80

E-mail: post@hm-as.no - www.hm-as.no

Org. no.: NO 956 368 189 MVA



Boliden Odda AS

ANALYSERAPPORT

Odda, 2021-07-19
Side 1/1

5750 Odda

Beskrivelse: 2021-2046
Oppdragsdato: 2021-07-19
Rapportkommentar: Regnfall periode
Analyseperiode: 09-19.07.2021

Analyse	Enhet	Resultat	Standard
Prøveid		Bekk ved syretanker	
Kvikksølv	µg/l	0.017	NS-EN ISO 17852
Krom	µg/l	0.11	NS-EN ISO 17294-2
Nikkel	µg/l	2.3	NS-EN ISO 17294-2
Bly	µg/l	2.4	NS-EN ISO 17294-2
Kadmium	µg/l	1.6	NS-EN ISO 17294-2
Kobber	µg/l	6.5	NS-EN ISO 17294-2
Sink	µg/l	260	NS-EN ISO 17294-2
Arsen	µg/l	0.55	NS-EN ISO 17294-2

Vennlig hilsen
Hardanger Miljøseniter AS

Kjersti Arnesen
Laboratorieingeniør
Denne rapporten er digitalt signert

Vi gjør oppmerksom på at akkrediteringen gjelder analyse av prøven(e) slik de(n) er mottatt på laboratoriet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene. Evt. kopiering av denne rapport skal gjengi HELE rapporten, kopiering av utdrag, hvor det nyttes vår logo eller signatur, skal skriftlig godkjennes av undertegnede. Del-resultater kan imidlertid benyttes i andre sammenhenger med henvisninger til denne rapport. Analyser merket med * er ikke akkreditert. Analyser merket med # er analysert av underleverandør. Opplysninger om bestemmelsesgrenser og måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Opplysninger om antall fortynninger og parallelle målinger utført for BOF ihht. metode NS-EN ISO 5815-1 fås ved henvendelse til laboratoriet.



HARDANGER MILJØSENTER AS

Member of the Alex Stewart Group

ODDA - NORWAY

N-5750 Odda - Tel.: (+47) 53 65 03 80

E-mail: post@hm-as.no - www.hm-as.no

Org. no.: NO 956 368 189 MVA



Boliden Odda AS

ANALYSERAPPORT

Odda, 2021-07-20
Side 1/2

5750 Odda

Beskrivelse:	2021-2124
Oppdragsdato:	2021-07-17
Rapportkommentar:	Prøvetaking 09.07.2021
Analyseperiode:	17-20.07.2021

Vennlig hilsen
Hardanger Miljøsenner AS

Kjersti Arnesen
Laboratorieingeniør

Denne rapporten er digitalt signert

Vi gjør oppmerksom på at akkrediteringen gjelder analyse av prøven(e) slik de(n) er mottatt på laboratoriet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene. Evt. kopiering av denne rapport skal gjengi HELE rapporten, kopiering av utdrag, hvor det nyttes vår logo eller signatur, skal skriftlig godkjennes av undertegnede. Del-resultater kan imidlertid benyttes i andre sammenhenger med henvisninger til denne rapport. Analyser merket med * er ikke akkreditert. Analyser merket med # er analysert av underleverandør. Opplysninger om bestemmelsesgrenser og måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Opplysninger om antall fortynninger og parallelle målinger utført for BOF ihht. metode NS-EN ISO 5815-1 fås ved henvendelse til laboratoriet.

Prøveid	Kvikksølv
	$\mu\text{g/l}$
Pr. 1 Svovelsyretanker	<0.004
Pr. 1 Svovelsyretanker filtrert	<0.004
Pr. 2 O2-fabrikk	2.0
Pr. 2 O2-fabrikk filtrert	0.012
Pr. 3 Lut-tank	1.7
Pr. 3 Lut-tank filtrert	<0.004
Pr. 4 Bak Noralf	1.9
Pr. 4 Bak Noralf filtrert	<0.004
	NS-EN ISO 17852

ICP-MS bestemmelse (NS-EN ISO 17294-2)

Prøveid	Krom	Nikkel	Bly	Kadmium	Kobber	Sink	Arsen
	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Pr. 1 Svovelsyretanker	0.15	8.4	1.1	5.3	8.5	790	0.53
Pr. 1 Svovelsyretanker filtrert	0.15	5.8	0.70	4.4	6.4	670	0.45
Pr. 2 O2-fabrikk	15	11	440	19	120	7400	28
Pr. 2 O2-fabrikk filtrert	0.30	2.2	74	9.7	22	3500	5.0
Pr. 3 Lut-tank	3.6	5.4	490	26	110	8600	31
Pr. 3 Lut-tank filtrert	0.068	0.44	150	4.3	2.3	2700	3.3
Pr. 4 Bak Noralf	2.5	7.2	150	30	57	5400	12
Pr. 4 Bak Noralf filtrert	0.22	3.2	5.9	19	5.7	2500	0.73

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

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