Bioforsk Rapport
Vol. 10 Nr. 58 2015

Raudsand gruver

Miljøovervåking av avrenning fra Raudsand gruver 2014

Eirik Leikanger og Roger Roseth
Bioforsk Divisjon Miljø

www.bioforsk.no

Hovedkontor
Frederik A. Dahls vei 20
N-1430 Ås
Tel.: (+47) 40 60 41 00
post@bioforsk.no

Bioforsk Miljø Ås
Avdeling for Miljøteknologi og grøntanlegg
Frederik A. Dahls vei 20
N-1430 Ås
Tel.: (+47) 40 60 41 00
post@bioforsk.no

Tittel: Raudsand Gruver - Miljøovervåking av avrenning fra Raudsand gruver 2014	
Forfattere: Eirik Leikanger og Roger Roseth	

Dato:	*Tilgjengelighet:*	*Prosjekt nr.:*	*Saksnr.:*
24.04.2015	Lukket	8640	
Rapport nr.:	*ISBN-nr.::*	*Antall sider:*	*Antall vedlegg:*
10 (58) 2015		16	0

Oppdragsgiver:	*Kontaktperson:*
Bergmesteren i Raudsand	Harald Storvik

Stikkord:	*Fagområde:*
Raudsand gruver, sigevann, deponi	Hydrologi, vannkjemi

Sammendrag:

Gruveområdet Bergmesteren på Raudsand i Nesset kommune har vært benyttet til deponering av produksjonsavfall fra lokale bedrifter som har drevet sekundær og tertiær aluminiumsproduksjon. Avfallet er fordelt på 2 deponier og består av saltslagg, møllestøv og filterstøv. Deponiene ble i 2005 godkjent for farlig avfall. Denne tillatelsen er nå utløpt og deponiene skal lukkes.

Bioforsk har fra den 19. september 2013 hatt i oppdrag fra Bergmesteren å utføre overvåking av vannkvalitet i sigevann og sigevannsmengde fra deponiene. Rapporten presenterer data fra kontinuerlige målinger av vannkvalitet (pH, ledningsevne, turbiditet) og sigevannsmengde i utløpet fra deponiet (gruvegangene) innsamlet i løpet av 2014.

Vannprøvene viste høye konsentrasjoner av aluminium (Al) (484 - 602 µg/l), ammonium-N (NH_4-N) (38 - 50 mg/l) og flourid (F) (15 mg/l). Målinger av ledningsevne viste høyt saltinnhold (400 – 470 mS/m) og pH har vært stabil i overkant av pH 10. Høy pH kombinert med høye konsentrasjoner av NH_4 og Al kan gi toksiske effekter for fisk. Fortynning i resipienten er imidlertid stor, og slike effekter vil kunne oppstå lokalt rundt utslippspunktet. For miljøproblematiske metaller ble det påvist forhøyde konsentrasjoner av Pb (tilstandsklasse III) og Hg (tilstandsklasse IV) i prøven tatt 23. januar, mens det ble påvist forhøyd konsentrasjon av Zn (tilstandsklasse IV) i prøve tatt 23. september. For de øvrige metallene (As, Cd, Cu, Cr og Ni) viste analysene verdier tilsvarende klasse I og II. Det ble påvist lave og uproblematiske konsentrasjoner av hydrokarboner i to vannprøver.

Målingene av sigevannsmengde viste årlig tilførsel av sigevann til Sunndalsfjorden på 84 330 m^3. Estimerte totalutslipp til Sunndalsfjorden i 2014 var ca. 3,7 tonn NH_4-N, ca. 45 kg Al, ca. 1,3 tonn F, ca. 0,16 kg Pb, ca. 0,02 kg Hg og ca. 0,7 kg Zn. Estimatene for totalutslipp av analyserte komponenter var vesentlig lavere enn tidligere år grunnet lavere sigevannsmengde og for enkelte komponenter lavere gjennomsnittskonsentrasjoner.

Land:	Norge
Fylke:	Møre og Romsdal
Kommune:	Nesset kommune
Sted/Lokalitet:	Raudsand Gruver, Raudsand

Godkjent	Prosjektleder
Trond Mæhlum	Eirik Leikanger

Forord

Bioforsk Miljø har fra den 19. september 2013 hatt i oppdrag fra Bergmesteren i Raudsand å utføre overvåking av vannkvalitet i sigevann og sigevannsmengde fra deponiene i Raudsand Gruver.

Denne rapporten oppsummerer overvåkningen for 2014. Dette inkluderer kontinuerlige målinger med multiparametersonde og uttak av vannprøver for kjemiske analyser.

Rapportering og vurdering av overvåkningsdata er utført av Eirik Leikanger og Roger Roseth. Feltarbeid, vannprøvetaking og vedlikehold av måleutstyr er utført av Eirik Leikanger.

Innhold

Forord 1
Innhold 2
1. Innledning 3
2. Områdebeskrivelse 4
2.1 Deponi 4
2.1.1 Deponi 1 4
2.1.2 Deponi 2 5
2.2 Sigevann 5
2.3 Resipient 7
3. Metode 8
3.1 Kontinuerlige målinger 8
3.2 Vannføringsmåling 8
3.3 Vannprøver 8
4. Resultat og diskusjon 9
4.1 Sigevann 9
4.2 Vannkvalitet 9
5. Sammenfattende vurderinger 14
6. Referanser 15

1. Innledning

Gruveområdet Bergmesteren på Raudsand i Nesset kommune har vært benyttet til deponering av produksjonsavfall fra lokale bedrifter som har drevet sekundær og tertiær aluminiumsproduksjon (Aluscan, Alumox, Aluvest og Reox). Produksjonsavfallet er fordelt på 2 deponier (deponi 1 og deponi 2) og består av saltslagg, møllestøv og filterstøv. I henholdt til søknad om deponering fra Aluvest i 2002 er saltslagg og møllestøv klassifisert som farlig avfall på grunn av tungmetallinnhold og potensialet for utlekking av giftige og brannfarlige gasser. Filterstøv ble klassifisert som produksjonsavfall. Deponiene ble i 2005 godkjent for farlig avfall. Tillatelsen er nå utløpt og deponiene skal lukkes (Fagerhaug, 2012).

Fram til 1983 ble det drevet utvinning av vanadium- og titanholdig jernmalm i gruvene på Raudsand. Fra 1986 har ulike bedrifter drevet med gjenvinning og produksjon av aluminium. Disse bedriftene benyttet gruveområdet i Raudsand som deponier frem til 2004 (Fagerhaug, 2012). I dag er det fortsatt aluminiumsindustri i Raudsand. Aleris Aluminium Raudsand er et behandlingsanlegg for saltslagg fra produksjon av sekundæraluminium.

I forbindelse med avslutning og etterdrift av deponiet er Bergmesteren pålagt kontinuerlig overvåkning av sigevannsmengde, i tillegg til halvårlig vannprøvetakning for analyse av pH, konduktivitet, aluminium (syreløst), ammonium, totalfosfor, fluorid og tungmetaller.

2. Områdebeskrivelse

2.1 Deponi

Deponiene ligger innenfor det gamle gruveområdet til Raudsand gruver ved Raudsand i Nesset kommune, Møre og Romsdal. Arealet der deponiene ligger er eid av Bergmesteren Raudsand AS, med unntak av en del av deponi 2 som ligger på eiendommen som eies av Næringsdepartementet (Fagerhaug, 2012).

2.1.1 Deponi 1

Nedbørsfeltet rundt deponi 1 er om lag 12 000 m^2 stort, av dette utgjør deponiet et område på ca. 10 000 m^2. Overflaten av deponiet ligger på kote +234. Deponiet ligger over en sjakt/sammenrast gruvesystem (Z-Malmen), som leder vertikalt nedover og har tilknytning til hovedgruven (K+D-Malmen) på kote -150. Rasområde i Z-Malmen ble fylt med morenemasser og noe finstoff, mens gjenværende forsenkning på toppen av denne fyllingen ble benyttet som deponi. Sigevann fra Deponi 1 ledes vertikal ned gjennom gruvesystemet (Fagerhaug, 2012; Leikanger, 2014).

Avfallet som ble deponert i deponi 1 består av saltslagg og filterstøv fra gjenvinning av metallisk aluminium. Saltslagget utgjør hoveddelen av avfallet. Dette ble deponert av Aluscan AS, Alumox AS, Aluvest AS og Reox AS, bedrifter som har drevet med sekundær og tertiær aluminiumproduksjon. Alt saltslagg og filterstøv som har vært transportert til Bergmesteren (fra Aluscan fram til 2002, og i ettertid Alumox, Aluvest og Reox) ble lagt i deponi 1 (Fagerhaug, 2012).

Saltslagget består hovedsakelig av aluminiumoksid og 5 % metallisk aluminium, i tillegg til ca. 20 % salt (hovedsakelig natriumklorid). Saltslagg fra produksjonen til Aluscan, som ble deponert før 2002, var angitt å bestå av 60-70 % salt.

I forbindelse med avlastningstiltaket ble det i løpet av 2014 tilført masser til topplaget på deponiet (bilde 1). I to omganger ble det tilført masser, hhv 1 842 og 2 159 tonn, med tilstandsklasse 3 masser (Storvik pers med, 2014).

Bilde 1: Oversiktsbilde av deponi 1 tatt 23. september. På tidspunktet bilde ble tatt er det tilført masser fra på overflaten som en del av avslutningstiltaket.

2.1.2 Deponi 2

Deponi 2 ligger i et tidligere dagbrudd som dekker et areal på omlag 50 000 m^2. Dagbruddet strekker seg fra kote +240 og ca. 1km nedover til kote +150. Sigevannet samles opp i et lavtliggende område nedstrøms deponiet, hvor det ledes videre i rør til hovedgruven (K + D-malmen).

Kun en mindre del av det totale arealet, ca. 3.800 m^2, fordelt på to områder, er benyttet for lagring/deponering av møllestøv fra Aluscan. Dette er lagret i storsekker og utgjør til sammen ca. 30.000 tonn (bilde 2). Møllestøvet er deponert i tiden før 2004. Møllestøvet som ble deponert i deponi 2 er mer homogent enn møllestøvet og består hovedsakelig av aluminiumoksid (Fagerhaug, 2012).

Bilde 2: oversiktsbilde av deponi 2, hvor storsekker med møllestøv er deponert. Bilde til høyre viser hvordan sigevannet renner tett gjennom deponert møllestøv før det ledes til gruvegangene.

2.2 Sigevann

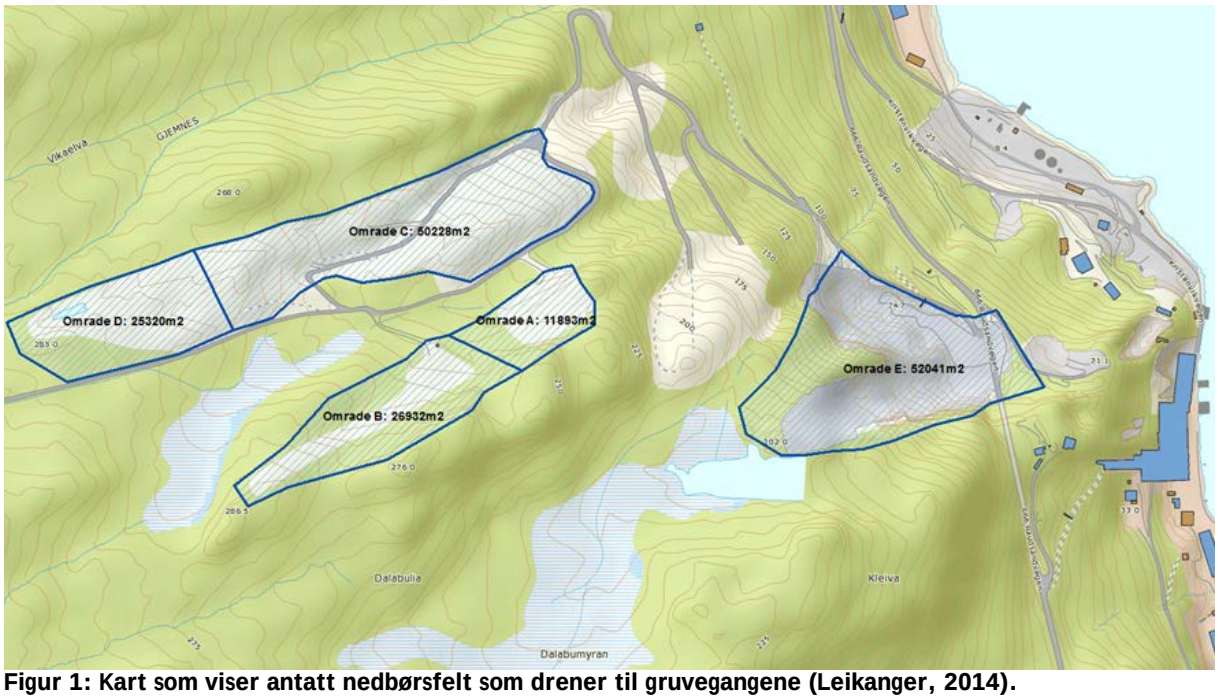
Vannet tilføres deponiene via naturlig nedbør i nedslagsfeltet. Sigevannet fra deponi 1 og 2 samles opp i hovedgruven (K + D-malmen). Sigevannet blir ledet ned til kote - 150 (meter under havet) gjennom gruvegangene, før det vil ledes oppover og slippes til sjøresipient (Sunndalsfjorden). Ved utløpet overvåkes sigevannsmengde og vannkvalitet ved kontinuerlige målinger og uttak av vannprøver. Intensjonen med å lede vannet gjennom det underliggende gruvesystemet var å gi sigevannet lengre strømningsvei og oppholdstid før utslipp til resipient.

Drenering via gruvesystemet kan bidra til fysiske og kjemiske renseprosesser (binding og utfelling) som kan bidra til å redusere innholdet av tungmetaller og andre forurensningskomponenter i sigevannet (Fagerhaug, 2012). Gruvesystemet har også tidligere blitt benyttet som en del av rensingen av prosessvann fra bedriftene som drev med sekundær aluminiumsproduksjon på Raudsand. Dette kan fortsatt påvirke vannkvaliteten i avrenningsvannet fra gruvegangene

Utløpet fra deponiet (gruvegangene) har tidligere ligget ubeskyttet for inntrengning av fremmedvann. Dette har blant annet medført at prosessvann fra behandlingsanlegg for saltslagg (Aleris Aluminium Raudsand) har rent inn i gruvegangene ved utløpet. Det ble derfor besluttet å etablere en demning som en fysisk barriere mellom prosessvannet og sigevannet fra deponiet (gruvegangene). Den demmingen stod ferdig i begynnelsen av september 2013.

I tillegg til avrenning fra Deponi 1 (område A) og Deponi 2 (område C) mottar gruvesystemet avrenning fra ytterligere 3 nedbørsfelt (figur 1). Det totale nedbørsfeltet som drener til gruvesystemet er ca. 166 000 m^2, fordelt på 5 delnedbørsfelt med ulik topografi, størrelse og avrenningssituasjon (tabell 1) (Leikanger, 2014):

- **Område A** utgjør et areal på omlag 12 000 m^2 og inkluderer deponi 1. Nedbør fra som treffer dette området vil drenere vertikalt gjennom deponerte massert og ledes til de underliggende gruvegangene.
- **Område B** utgjør et areal på ca. 27 000 m^2 i og rundt et dagbrudd. Nedbør dreneres vertikalt ned gjennom dagbruddet til underliggende gruvesystem.
- **Område C** omfatter et større dagbrudd som utgjør deponi 2. Området har et areal på om lag 50 000 m^2. Avrenning fra området samles i bunnen av dagbruddet og ledes gjennom rør til underliggende gruveganger.
- **Område D** omfatter et myrområde oppstrøms Område C/deponi 2. Avrenning fra området ledes forbi deponi 2, men samles opp i samme rørsystem som leder til gruvegangene. Område D har et areal på ca. 25 000 m^2.
- **Område E** har et areal på ca. 52 000 m^2 og ligger nedstrøms deponiene. Området dreneres til gruvesystemet.



Figur 1: Kart som viser antatt nedbørsfelt som drener til gruvegangene (Leikanger, 2014).

Tabell 1: nedbørsfeltenes antatte areal og antatt avrenningskoeffisient (Leikanger, 2014).

Nedbørsfelt	A	B	C	D	E	Totalt
Areal (m^2)	12 000	27 000	50 000	25 000	52 000	166 000
Avrennings-koeffisient (φ)	0,5–0,8	0,5–0,8	0,5–0,8	0,3–0,5	0,5–0,8	0,47–0,75

2.3 Resipient

Fjorden ved Raudsand har blitt undersøkt ved flere anledninger opp mot industrivirksomheten i området. Fra 1986 ble området inkludert i Statlig program for forurensningsovervåking, hvor det ble foretatt kontroller med utslipp fra industrivirksomheten. Det ble også foretatt undersøkelser av sedimenter og biologi i 1986, og Næs og Rygg (1988), samt Rygg og Næs (1989) som konkluderte med at gruvedriften hadde påvirket et område på om lag 4 km^2 utenfor Raudsand. Området ble noen år senere undersøkt med hensyn på sammensetning av bunnfauna og miljøgifter i sedimenter. Det har blitt påvist forhøyede konsentrasjoner av Cu, Pb, Zn, Cd, Fe, Al, V (vanadium) og PCB (Rygg et al. 2003). Konsentrasjonen av Cu i 1986 og 1988 var markert forurenset. I 2003 ble det nær utslippet fra Aluscan/Aluvest påvist kobberkonsentrasjoner tilsvarende meget sterk forurenset grunn. Konsentrasjonen avtok gradvis til om lag 4 km fra Raudsand og området som er meget sterkt forurenset utgjorde om lag 1 km^2 Raudsand (Rygg et al. 2003). En undersøkelse av Sunndalsfjorden utenfor Raudsand i 2013 indikerer at det har blitt en bedring av vannforekomsten siden 2003, til tross for at det er relativt art- og individsfattig (FMMR, 2013).

På grunn av Hydro Aluminium sin virksomhet på Sunndalsøra, er det kostholdsråd i Sunndalsfjorden som følge av forhøyede PAH-nivåer (Fagerhaug, 2012). Kostholdsrådet gjelder for fjorden fra Sunndalsøra og ut til Haltvik og Øygardsneset, dvs. forbi Raudsand. Kostholdsrådet omfatter konsum av skjell og lever fra fisk. Undersøkelser av PAH-konsentrasjonene i sedimentene utenfor Raudsand har tidligere vist at området har lavere PAH konsentrasjoner i sedimentene enn ved andre stasjoner i området, og også lavere enn stasjoner som ligger lenger ut i fjorden (Næs & Rygg, 1988). Tidligere har bedrifter som drev med sekundær aluminiumsproduksjon på Raudsand også benyttet gruvesystemet for rensing av sitt prosessvann. Disse bedriftene hadde egne program for overvåkning og prøvetaking. Forurensingstilførslene fra disse prosessene kan ha utgjort et større bidrag til eventuelle forurensninger i utslippsvannet, enn det som har blitt tilført fra deponiene (Fagerhaug, 2012).

Sunndalsfjorden mottar avrenning fra et relativt stort område (ca. 3,5 km^3). Stor tilførsel av ferskvannstilførselen medfører at fjorden har et overflatelag med brakkvann på 1 – 5 m mektighet. I følge Molvær (1990) er oppholdstiden i de øvre 0 – 15m av Sunndalsfjorden beregnet til å være et døgn. I disse lagene styres vannutskiftingen hovedsakelig tilførsel av ferskvann. Strømningsmønstrene i fjorden gir noe varierende oppholdstid. På vestsiden av fjorden skjer vannutskiftingen ved en utadgående vannstrøm. På østsiden av fjorden er strømningene er svakere og mindre retningsbestemt. På dyp større enn 15 m utjevnes trolig forskjellene mellom øst og vestsiden av fjorden ved at tidevannsstrømmer, vindpåvirkning og tetthetsvariasjoner. I intermediære vannmasser (15 – 120m) er oppholdstiden beregnet til omlag 6 - 7 døgn.

3. Metode

3.1 Kontinuerlige målinger

Det er utplassert logger med multiparametersensorer (MPS) for kontinuerlig overvåkning av vannkvalitet. Loggeren er av typen SEBA UnilogCom med GPRS-forbindelse og MPS er av typen SEBA MPS-D8. MPS er utstyrt med sensorer for turbiditet (0 – 1000 NTU), vannhøyde (trykkcelle), vanntemperatur, pH og ledningsevne.

Loggeren ble forhåndsprogrammert for automatiske målinger hvert 30. minutt og overføring av måledata til server 2 ganger i døgnet. Data legges fortløpende ut på SEBA Hydrocenter (passordbeskyttet nettside) etter hvert som måledata overføres.

3.2 Vannføringsmåling

Utløpet fra oppsamlingsbassenget er etablert med et v-overløp. Vannføringen Q bestemmes med måling av vannhøyde (h) fra MPS plassert i bassenget og en beregnet vannføringskurve hvor V-overløpet har en vinkel på 90°. Vannføringskurven er beregnet med formel 1:

$$Q\ (m^3/s) = 1{,}3095\ h^{2{,}482} \qquad (1)$$

3.3 Vannprøver

I 2014 ble det tatt ut vannprøver ved 2 anledninger, 23. januar og 23. september, ved målepunktet før utslipp til Sunndalsfjorden. Prøvene ble tatt ved lav vannføring (baseflow), dette for at rent nedbørsvann ikke skulle fortynne prøven.

Vannkjemiske parametere ble analysert ved eksternt akkreditert laboratorium ALS (Australian Laboratory Service) Scandinavia . Analysene har inkludert pH, ledningsevne, Jern (Fe), aluminium (Al), Natrium (Na), Arsen (As), Kadmium (Cd), Krom (Cr), Kobber (Cu), Kvikksølv (Hg), Sink (Zn), Mangan (Mn), Nikkel (Ni), Bly (Pb), Bor (B), Antimon (Sb), Selen (Se), Florid (F), hydrokarboner (fordelt på fraksjoner), Ammonium-N (NH4-N) og totalfosfor (Tot-P). Ved prøverunde 14. november ble det gjort en utvidet analyse som inkluderte elementene Magnesium (Mg), Kalsium (Ca), Kalium (K), Klorid (Cl), Sulfat (SO_4), Alkalinitet (titrering til pH 4,5 og pH 8,3), samt sum Nitrat-N + Nitritt-N.

Vurdering av miljøproblematiske metaller er gjort iht. vannkvalitetsklasser for kystvann i TA-3001/2012 (KLIF, 2012; jf tabell 1).

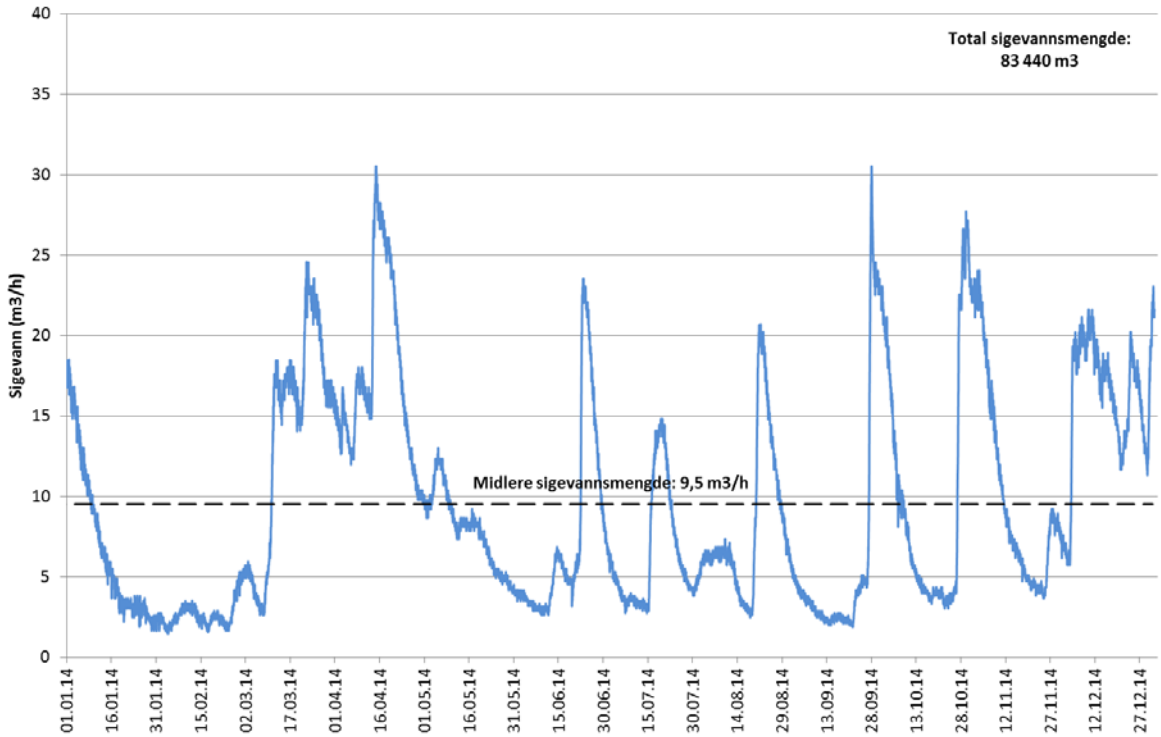
Tabell 2: Vannkvalitetsklasser for kystvann i TA-3001/2012 (KLIF, 2012)

TA-3000/2012 "Tilstandsklasser i kystvann"	Cd (µg/l)	Ni (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)	Hg (µg/l)	Cu (µg/l)	As (µg/l)	Cr (µg/l)
Klasse I (Bakgrunnsdata)	0,03	0,5	0,05	1,5	0,001	0,3	0,15	0,2
Klasse II (AA-EQS)	0,21	8,6	1,2	3,4	0,05	2,6	4,85	3,4
Klasse III (MAC-EQS)	1,48	34	14	6	0,07	2,6	8,5	36
Klasse IV (Akutt tox uten AF)	14,8	67	57	60	0,7	5,2	85	358
Klasse V (Omfattende tox effekt)	>14,8	>67	>57	> 60	>0,7	>5,2	>85	>360

4. Resultat og diskusjon

4.1 Sigevann

I 2014 var total sigevannsmengde på 83 440 m^3 (figur 2). Dette tilsvarer en midlere sigevannsmengde på 9,5 m^3/h. Målingene i 2014 viste, som antatt, at estimatene for sigevannsmengde i 2013 var kraftig overestimert. Årsaken til overestimering var at estimatet ble gjort på bakgrunn av 3 høstmåneder med svært mye nedbør der den midlere sigevannsmengden var på hele 24,7 m^3/h (Leikanger et al. 2014).



Figur 2: Sigevannsmengde ut fra deponiet på Raudsand i 2014.

En vurdering av nedbørsfeltet på bakgrunn av tidligere opplysninger og feltbefaring ble det anslått at avrenningskoeffisienten for det totale nedbørsfeltet (166 000 m^2) var mellom 0,47 og 0,75 (Leikanger, 2014). Med en total nedbørsmengde på 920 mm, som ble registrert ved den metrologiske stasjonen ved Tingvoll i 2014, tilsvarer dette en avrenning fra nedbørsfeltet på 72 000 – 115 000 m^3. Målt sigevannsmengde i utløpet til Sunndalsfjorden faller innenfor dette intervallet (figur 2).

Tidligere undersøkelser har vist at summen av prosessvann fra Aleris og avrenning fra gruvesystemet har utgjort ca. 1,3 millioner m^3 i året (Iversen, 2001; Iversen & Schaanning 2002). Sigevannsmengden fra 2014 indikerer dermed at avrenning fra Bergmesteres område trolig utgjør i størrelsesorden 1/15 av det totale utslippet fra Aleris og deponiene.

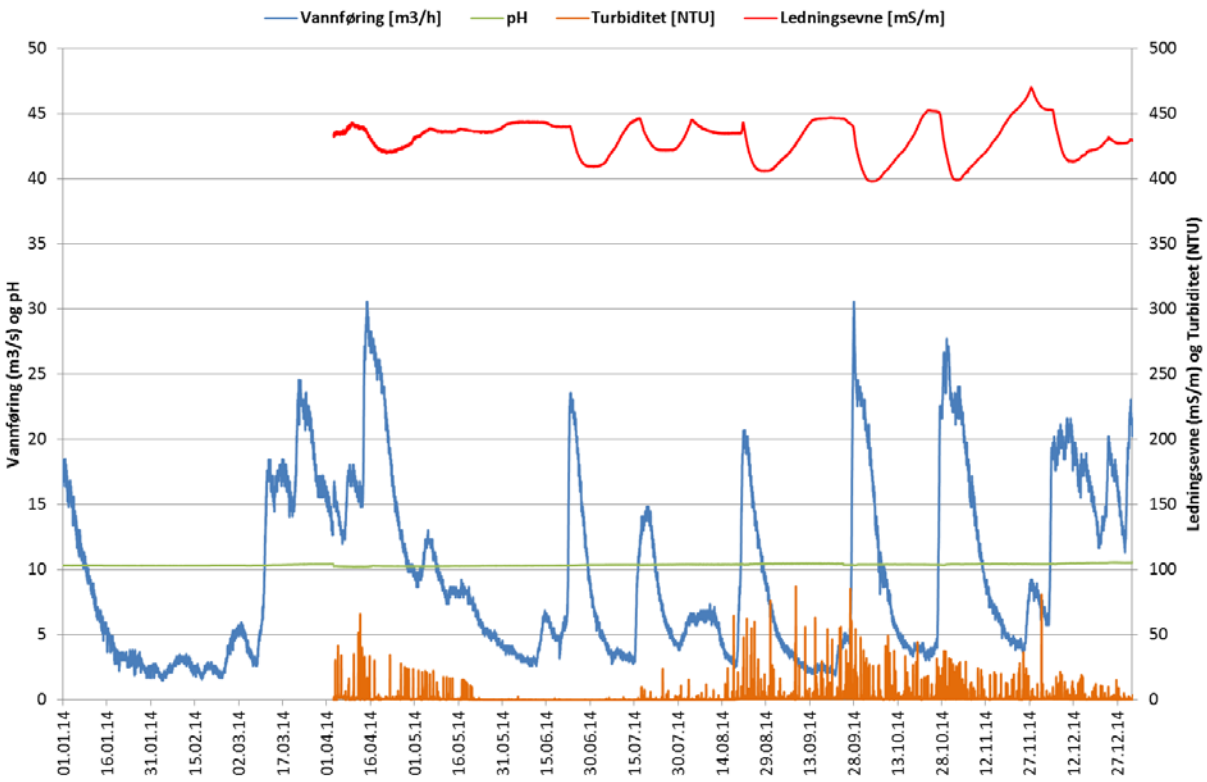
4.2 Vannkvalitet

Ved målepunktet før utløpet til Sunndalsfjorden viste kontinuerlige målinger flere episoder med periodisk økt turbiditet. Hendelser med økt turbiditet var kortvarige, med varighet på

1-2 t, og inntraff 1-2 ganger om dagen (figur 3). Periodisk økt turbiditet sammenfaller ikke med nedbørsrelaterte avrenningsepisoder, det er derfor lite sannsynlig at turbiditet skyldes sigevannet fra deponiene. Trolig skyldes partiklene i systemet periodisk tilførsel av prosessvann fra Aleris til gruvegangene. I perioden ca. 20. mai – ca. 20. juli ble det ikke målt økt turbiditet, dette sammenfalt med en periode uten drift på Aleris. Tilsvarende partikkelvariasjon ble målt i 2013, men ble satt i sammenheng med tilførsel fra andre kilder (Leikanger et al. 2014).

Kontinuerlige målinger av turbiditet og sigevannsmengde gjør det mulig å gi et anslag for partikkeltransporten i systemet, ved summasjon av turbiditet multiplisert med vannmengde. Det er ofte god sammenheng mellom partikkelmengde/ suspendert stoff (SS) og turbiditet dersom kilden til partiklene er den samme. Sammenhengen trenger ikke å være lineær med økt partikkelinnhold, men normalt tilsvarer turbiditet på 1 NTU i størrelsesorden 0,5 – 1,5 mg SS/l (Roseth et al. 2014). Summasjonsberegning av målte verdier tilsier et utslipp til Sunndalsfjorden på 58 – 175 kg SS fra april til nyttår i 2014.

Kontinuerlige målinger av pH i sigevannet viste stabile verdier i størrelsesorden pH 10 - 10,5 (figur 3). I vannprøvene tatt den 23. januar og 23. september var pH hhv. 9,5 og 9,8 (tabell 2).



Figur 3: Kontinuerlige målinger av vannføring, ledningsevne, pH og turbiditet gjort ved MPS i utløpet fra deponiet. For ledningsevne og turbiditet mangler det data frem til begynnelsen av april.

Målinger av ledningsevne viste høyt saltinnhold i sigevannet. I størrelsesorden var ledningsevnen 400 – 470 mS/m, med de laveste verdier som et resultat av fortynning under nedbørsrelaterte avrenningsepisoder (figur 3). I vannprøvene tatt den 23. januar og 23. september var ledningsevnen hhv. 486 og 447 mS/m. Det totale saltinnholdet i sigevannet var høyt sammenlignet med ferskvann, men det var betydelig lavere enn saltinnholdet i sjøvann. Høyt innhold av Na og NH4-N gir betydelige bidrag til ledningsevnen (tabell 3).

Totalanalyser fra 2013 viste at Na og NH-4 sammen med Ca og K hovedårsaken til den høye ledningsevnen (Leikanger et al. 2014).

Vannprøver tatt i 2014 viste gjennomsnittskonsentrasjon av NH4-N på 44 mg/l (tabell 2). Dette var litt høyere enn gjennomsnittskonsentrasjonen for 2013 prøvene (40 mg/l) (tabell 3). Sammen med høy pH vil det dannes ammoniakk (NH_3) som kan gi lokale toksiske effekter rundt utslippspunktet i Sunndalsfjorden. NH_3 er en flyktig forbindelse som kan gi luktproblematikk ved avrenning. Tilstedeværelse av NH_3 kan også gi økt mobilitet for enkelte tungmetaller fordi det dannes vannløselige aminokomplekser. Det totale utslippet av NH4-N til Sunndalsfjorden i 2014 ble estimert til ca. 3,7 tonn.

Kun en av vannprøvene i 2014 ble analysert med hensyn på fluorid (F). Denne analysen viste tilsvarende konsentrasjoner som analysert i 2013 (Leikanger et al. 2014). Transport av F til Sunndalsfjorden i 2014 ble estimert til ca. 1,3 tonn (tabell 3).

Gjennomsnittlig konsentrasjonen av Al i vannprøvene var 543 µg/l og dermed noe lavere enn gjennomsnittet for 2013 som var 711 µg/l (tabell 3 og 5). Aluminium er toksisk i høye konsentrasjoner og kan gi lokale effekter rundt utslippspunktet. For 2014 ble det estimert et utslipp av til resipient på ca. 45 kg Al.

I begge vannprøver viste analyser konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse II for As (med unntak av en prøve med høy rapporteringsgrense), Cr, Cu og Ni. Analyser av Cd viste konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse I. Estimerte totalutslipp av disse forbindelsene var således svært lave (tabell 3). I 2013 viste enkelte vannprøver høye verdier for Cu (3,4 – 22,8 µg/l) og Ni (0,5 – 14,4 µg/l) grunnet innblanding av prosessvann fra Aleris (Leikanger et al. 2014). Rapportere gjennomsnittskonsentrasjoner for disse komponentene er derfor lavere i 2014 enn i 2013 (tabell 5).

I prøven tatt 23. januar viste analyser forhøyde konsentrasjoner av Pb (rett i overkant av nedre grense for klasse III) og Hg (i nedre sjikt av klasse IV). Prøven tatt 23. september viste imidlertid lavere og tilfredsstillende konsentrasjoner for både Pb og Hg (klasse II). For Hg var konsentrasjonen i prøven tatt 23. september under rapporteringsgrensen, dermed ble prøven den 23. januar lagt til grunn for utslippsestimatet i 2014 som tilsvarer et utslipp på ca. 0,02 kg Hg. For Pb ble utslippet beregnet til ca. 0,16 kg. I prøvene for 2013 ble det ikke påvist Hg og konsentrasjonen av Pb tilsvarte klasse II (tabell 5).

Vannprøven fra 23. september ble analysert for Zn. Denne viste konsentrasjoner rett over nedre grense i tilstandsklasse III. For ferskvannsresipienter ville konsentrasjonen ha tilsvart klasse II. Total utslipp av Zn til Sunndalsfjorden er estimert til 0,7 kg. Det ble ikke analysert for Zn i 2013.

Rapporterte konsentrasjoner for B, Sb, Se, Fe og Mn var lave, mens det for P var relativt høy konsentrasjon i prøvene (tabell 3). Sammenlignet med 2013 var konsentrasjonen av alle disse komponentene forholdvis like, med unntak av Fe hvor analyser viste stor reduksjon i 2014 (tabell 5).

Det ble påvist lave konsentrasjoner av hydrokarboner, i fraksjonen C12-C16, i prøvene tatt den 23. januar (tabell 4).

Begge vannprøvene ble tatt ut ved lav vannføring, hhv. 3,3 og 2,1 m^3/h. Prøvene representerer dermed vannkvaliteten ved baseflow hvor avrenningen er konsentrert. Kontinuerlige målinger av ledningsevne har indikert at gruvevannet fortynnes ved høy vannføring/nedbør (figur 3). Dette kan bety at utslipp av komponenter kan være noe overestimert.

Tabell 3: Analyseresultater for vannprøver tatt 23. januar og 23. september 2014.

Komponent	Enhet	23.01.14	23.09.14	Gj.snitt 2014	Antall prøver	Antall prøver < LOQ/LOR	Estimert utslipp 2014 (kg)
pH		9,5	9,8				
Ledningsevne	mS/m	486	447	466,5	2	-	
Ammonium-N (NH4-N)	mg/l	38	50	44,0	2	-	3671,4
Nitrat og nitritt-N	mg/l	5,685	2,96	4,32	2	-	360,7
P-total	mg/l	0,071	0,214	0,14	2	-	11,9
Fe (Jern)	mg/l	0,04	0,0251	0,033	2	-	2,7
Al (Aluminium)	µg/l	602	484	543,0	2	-	45,3
Na (Natrium)	mg/l	580	586	583,0	2	-	48645,5
As (Arsen)	µg/l	0,63	< 7	0,63	2	1	0,053
Cd (Kadmium)	µg/l	0,019	< 0,05	0,019	2	1	0,002
Cr (Krom)	µg/l	0,25	< 0,9	0,250	2	1	0,021
Cu (Kopper)	µg/l	1,3	1,5	1,4	2	-	0,117
Hg (Kvikksølv)	µg/l	0,2	<0,02	0,2	2	1	0,017
Mn (Mangan)	µg/l	9	9,81	9,405	2	-	0,785
Ni (Nikkel)	µg/l	0,62	1,99	1,305	2	-	0,11
Zn (Sink)	µg/l		8,39	8,39	1	-	0,70
Pb (Bly)	µg/l	1,9	< 0,5	1,9	2	1	0,159
B (Bor)	µg/l	410	469	439,5	2	-	36,7
Sb (Antimon)	µg/l	4,3	5,41	4,855	2	-	0,41
Se (Selen)	µg/l	13	7,26	10,13	2	-	0,85
Fluorid (F-)	mg/l		15	15	1	-	1251,6

Tabell 4: Analyseresultater for av hydrokarboner i vannprøver tatt 23. januar og 23. september 2014.

Komponent	Enhet	23.01.14	23.09.14
Fraksjon C5-C6	µg/l	<5.0	<5.0
Fraksjon C6-C8	µg/l	<5.0	<5.0
Fraksjon C8-C10	µg/l	<5.0	<5.0
Fraksjon C5-C10	µg/l	<10	<10
Fraksjon C10-C12	µg/l	<5.0	<5.0
Fraksjon C12-C16	µg/l	5,3	<5.0
Fraksjon C16-C35	µg/l	<30	<30
Fraksjon C12-C35 (sum)	µg/l	<35	<35
Fraksjon C35-C40	µg/l	<10	<10
Fraksjon C5-C35 (sum)	µg/l	<50	<50
Fraksjon C5-C40 (sum)	µg/l	<60	<60
Fraksjon C10-C40	µg/l	<50	<50

Tabell 5: Gjennomsnittskonsentrasjoner og estimerte utslipp til Sunndalsfjorden for analyserte komponenter i vannprøver tatt 2013 og 2014.

Komponent	Enhet	2013*				2014			
		Gj.snitt kons.	Antall prøver	Antall prøver < LOD, LOR	Estimert utslipp (kg)	Gj.snitt kons.	Antall prøver	Antall prøver < LOD, LOR	Estimert utslipp (kg)
Ammonium-N (NH4-N)	mg/l	40,3	3	-	8712,0	44,0	2	-	3671,4
Nitrat og nitritt-N	mg/l	0,779	1	-	168,26	4,32	2	-	360,7
P-total	mg/l	0,093	3	-	20,09	0,14	2	-	11,9
As (Arsen)	µg/l	0,63	3	2	0,136	0,63	2	1	0,053
Cd (Kadmium)	µg/l	0,023	3	-	0,005	0,019	2	1	0,002
Cr (Krom)	µg/l	0,302	3	-	0,065	0,250	2	1	0,021
Cu (Kopper)	µg/l	10,08	3	-	2,2	1,4	2	-	0,117
Hg (Kvikksølv)	µg/l	n.d.	3	3	n.d.	0,2	2	1	0,017
Ni (Nikkel)	µg/l	5,3	3	-	1,1	1,305	2	-	0,11
Zn (Sink)	µg/l			-	-	8,39	1	-	0,70
Pb (Bly)	µg/l	0,32	3	1	0,070	1,9	2	1	0,159
B (Bor)	µg/l	486,7	3	-	105,1	439,5	2	-	36,7
Sb (Antimon)	µg/l	3,0	3	-	0,64	4,855	2	-	0,41
Se (Selen)	µg/l	9,9	3	-	2,15	10,13	2	-	0,85
Fe (Jern)	mg/l	0,138	3	-	29,83	0,033	2	-	2,7
Mn (Mangan)	µg/l	14,9	3	-	3,2	9,405	2	-	0,785
Al (Aluminium)	µg/l	711,0	3	-	153,6	543,0	2	-	45,3
Na (Natrium)	mg/l	706,3	3	-	152568	583,0	2	-	48645,5
Mg (Magnesium)	mg/l	3,0	1	-	648	-	-	-	-
Ca (Kalsium)	mg/l	98	1	-	21168	-	-	-	-
K (Kalium)	mg/l	170	1	-	36720	-	-	-	-
Fluorid (F-)	mg/l	14,8	3	-	3196,8	15	1	-	1251,6
Klorid (Cl-)	mg/l	1400	1	-	302400	-	-	-	-
Sulfat (SO4)	mg/l	100	1	-	21600	-	-	-	-

5. Sammenfattende vurderinger

Overvåkingen av sigevann til Sunndalsfjorden fra Raudsand Gruver viste en midlere sigevannsmengde på 9,5 m^3/h og en total mengde på 83 440 m^3. Dette var vesentlig lavere enn i 2013 da vannmengden på bakgrunn av målinger i 3 høst/vintermåneder ble estimert til ca. 216 000 m^3 (Leikanger et al. 2014). Det var godt samsvar mellom målt sigevannsmengde og nedbør registrert på Tingvoll i 2014. Anslagsvis utgjør sigevann fra Bergmesteres om lag 1/15 del av det totale utslippet fra Aleris og deponiene.

Konsentrasjonen av de fleste analyserte komponenter var lavere i 2014 enn prøvene tatt i 2013. Dette kan dels skyldes at sigevannet fortsatt var påvirket av prosessvann fra Aleris, som frem til 19. september 2013 kunne renne fritt ned i gruvegangene. Målinger av turbiditet i 2014 indikerer at det fortsatt kan forekomme noe tilførsel av prosessvann fra Aleris. I sum gir ikke disse tilførslene noe vesentlig partikkelbidrag til resipient. Økt innholdet av partikler representerer imidlertid endring av vannkvaliteten, dermed kan det også tenkes at andre vannkvalitetsparametere også var endret under disse episodene. Dette kan påvirke vannkvaliteten ved prøvetidspunktet.

Kjemiske analyser viste forhøyde konsentrasjoner av Hg (klasse IV) og Pb (klasse III) i prøven tatt 23. januar. I prøven tatt 23. september ble det påvist konsentrasjoner av Zn tilvarende klasse IV. For de øvre miljøproblematiske metallene (As, Cd, Cr, Cu og Ni) og prøvene ble det analysert lave og tilfredsstillende konsentrasjoner i vannprøvene (klasse I og II). For Cu var konsentrasjonen redusert vesentlig sammenlignet med gjennomsnittskonsentrasjon i 2013.

Grunnet lavere målt sigevannsmengde for 2014 var estimerte totalutslipp av analyserte komponenter vesentlig lavere enn for 2013. I de flere tilfeller ble det også brukt lavere gjennomsnittskonsentrasjoner ved estimeringen av totalutslippet. For Hg og Pb ble det bruk høyere gjennomsnittskonsentrasjoner i estimeringen.

Automatiske målinger med MPS viste høy ledningsevne (ca. 400 – 470 mS/m) og at det skjer en fortynning ved høy vannføring. Målinger av pH har vist stabile verdier rundt pH 10. Høy pH kombinert med høye konsentrasjoner av NH_4 og Al kan gi toksiske effekter for fisk. Fortynning i resipienten er imidlertid stor, og slike effekter vil kunne oppstå kun lokalt rundt utslippspunktet.

Vannprøvene ble tatt ved lav vannføring, siden høy vannføring gir en fortynning av gruvevannet kan utslipp av analyserte komponenter være noe overestimert.

Det ble påvist lave og uproblematiske konsentrasjoner av hydrokarboner i prøven tatt 23. januar.

6. Referanser

Eddy, F.B. (2005). Ammonia in estuaries and effects on fish. Journal of Fish Biology, Vol.:67 (6), s.1495-1513.

Environment Canada (2000). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Ammonia. Excerpt from Publication No. 1299. 8s.

Fagerhaug, A. (2012). Deponier i Bergmesteren gruver. Plan for avslutning og etterdrift – Deponi 1. Multiconsult rapport 415281/002. 34s.

FM Møre og Romsdal (2013). Tiltaksplan forureina sediment i Sunndals-/ Tingsvollfjorden i Møre og Romsdal - Fase II (2005)

Iversen, E.R. (2001). Aluscan AS, Overvåking av utslipp til sjø. Resultater 2000-2001. NIVA-notat. O-201661.

Iversen, E., Kolderup, H., Konieczny, R.M., Golmen, L., Lømsland, E.R. og Oehme, M. (1993). Aluscan AS, Miljøvurdering av behandling av saltslagg fra sekundær-aluminiumsindustrien. NIVA-rapport 2883. O-91143. 78s.

Iversen, E.R., Schaanning. M. (2002). Aluscan AS, Vurdering av midlertidig utslipp til sjø. NIVA-notat. O-201661.

KLIF (2012). Bakgrunnsdokument for utarbeidelse av miljøkvalitetsstandarder og klassifisering av miljøgifter i vann, sediment og biota. Klima- og forurensingsdirektoratet. TA3001/2012.

Leikanger, E., Roseth, R., Haaland, S. og Gjemlestad, L. (2014). Raudsand Gruver - Miljøovervåkning av avrenning fra Raudsand gruver 2014. Bioforsk rapport 9 (89) 2014. 11s.

Leikanger, E. (2014). Estimert og målt sigevannsmengde fra nedbørsfelt som dreneres til gruvesystemet ved Raudsand Gruver. Bioforsk notat 01.10.2014. 7s.

Molvær, J. (1990). Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden. Delrapport 6. Vannutskiftning og vannkvalitet. NIVA rapport nr. 2406, Overvåkingsrapport nr. 382/89.

Næs, K. og Rygg, B. (1988) Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden. Delrapport 1. Sedimenter og bløtbunnsfauna 1986. NIVA-rapport 2093, overvåkingsrapport 306/88.

Poleo, A.B.S. og Hytterød, S. (2003). The effect of aluminium in Atlantic salmon (Salmo salar) with special emphasis on alkaline water. Journal of Inorganic Biochemistry. Volume 91 (1) s. 89-96.

Roseth, R., Johansen, Ø., Leikanger, E., Nytrø, T.E., Tveiti, G., Rise, Ø. og Skarbøvik, E. (2014) On-line målinger av vannkvalitet i vegutbyggingsprosjekter. Bioforsk rapport 9 (5) 2014/Statens vegvesen rapporter nr. 291. 55S.

Rygg, B., Pederson, A. og Urisandrud, F. (2003). Kartlegging av miljøtilstand i fjordområdet ved Rausand, Sunndalsfjorden i 2003. Undersøkelser utført for Aluvest AS

Rygg, & Næs, (1989) Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden. Delrapport 4. Gruveforurensning av fjordbunnen ved Raudsand. NIVA-rapport nr. 2266, Overvåkingsrapport nr. 349/89.

Urisandrud, F. (2003). Tiltaksplan forurensede sedimenter, Sunndalsfjorden fase 1. NIVA-notat. O-23230.