

Oppfølgende undersøkelse av sivevann i forbindelse med masseuttak ved Møretrømoen i Aust-Agder i 2011 og 2012



RAPPORT

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

NIVA Midt-Norge

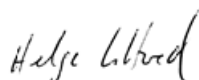
Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Oppfølgende undersøkelse av sigevann i forbindelse med masseuttak ved Møretrømoen i Aust-Agder i 2011 og 2012	Løpenr. (for bestilling)	Dato
	6474-2013	12.01.2013
Forfatter(e) Helge Liltved Torleiv Moseid (Universitetet i Agder)	Prosjektnr. Undernr.	Sider Pris
	O-23412	21
	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Grimstad kommune ved Tommy Egge og Svein Flo	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>I sandtaket ved Møretrømoen i Reddal, Grimstad kommune, tas det ut masser nært opptil en nedlagt fyllplass. Fylkesmannen i Aust-Agder har pålagt operatøren av sandtaket å iverksette avbøtende tiltak for å hindre spredning av forurensninger fra fyllplassen i forbindelse med masseuttakene. I en undersøkelse som ble gjennomført i 2004 ble status med hensyn på forurensninger fra det nedlagte deponiet kartlagt. I den oppfølgende undersøkelsen som er gjennomført i 2011 og 2012 ble det tatt nye vannprøver på samme stasjoner som i 2004. Det er gjort en vurdering av forurensningssituasjonen basert på de nye analyseresultatene.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Avfallsfylling 2. Forurensning 3. Sigevann 4. Grunnvann 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Landfill 2. Pollution 3. Leachate 4. Ground water
--	--



Helge Liltved
Prosjektleder



James Berg
Forskningsdirektør

**Oppfølgende undersøkelse av sivevann i forbindelse
med masseuttak ved Møretrømoen i Aust-Agder i
2011 og 2012**

Forord

NIVA har inngått en avtale med Grimstad kommune om å gjennomføre oppfølgende undersøkelser ved sandtaket ved Møretrømoen i Reddal. Undersøkelsene gjennomføres som beskrevet i NIVA rapport 4826-2004. For gjennomføringen har NIVA fått bistand fra hydrogeolog Torleiv Moseid ved Universitetet i Agder. Tommy Egge og Svein Flo har vært kontaktpersoner i Grimstad kommune. Helge Liltved (NIVA) har vært prosjektleder.

Grimstad, 12.01.2013

Helge Liltved

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Møretrømoens geologi	7
1.3 Tidligere undersøkelse av avrenningsforhold fra Møretrømoen fyllplass	7
1.4 Avbøtende tiltak og overvåking	8
1.5 Målsetting med den nye undersøkelsen i 2011 og 2012	8
2. Materialer og metoder	9
2.1 Gjennomføring av undersøkelsen	9
2.2 Borebrønner og prøvetakingsstasjoner	9
2.3 Gjennomførte tiltak	11
2.4 Prøvetaking	12
3. Resultater og diskusjon	13
3.1 Nedbørsforhold forut for prøvetakingen	13
3.2 Kvalitet på bekkevann i området	13
3.3 Kvalitet på vann fra borebrønner og sigevann	14
3.4 Kvalitet på brønnvann til husholdninger	17
3.5 Effekter av gjennomførte tiltak	18
3.6 Dagens forurensningssituasjon	20
3.7 Mulige konsekvenser av økt masseuttak og gjennomføring av tiltak	20
3.8 Forslag til videreføring av overvåkingsprogrammet	21
4. Referanser	21

Sammendrag

I sandtaket ved Møretromoen i Reddal, Grimstad kommune, tas det ut masser nært opptil en nedlagt fyllplass. Fylkesmannen i Aust-Agder har pålagt operatøren av sandtaket å iverksette avbøtende tiltak for å hindre spredning av forurensninger fra fyllplassen i forbindelse med masseuttakene. I en undersøkelse som ble gjennomført i 2004 ble status med hensyn på forurensninger fra det nedlagte deponiet kartlagt.

I den oppfølgende undersøkelsen som ble gjennomført i 2011 og 2012 og som er rapportert her, ble det tatt nye vannprøver fra de samme punktene som i 2004 (fra borebrønner, drikkevannsbrønner, sigevann og bekker i området). Prøvene ble analysert m.h.p. generell vannkjemi, metaller og organiske miljøgifter. Det er gjort en vurdering av forurensningssituasjonen basert på de nye analyseresultatene.

I likhet med tidligere tyder resultatene på at det er en svak sydlig rettet grunnvannsstrøm fra deponiet, og at det er liten fare for at forurenset vann fra fyllplassen finner vegen mot nord. I undersøkelsen fra 2004 ble det ved boring påtruffet fjell rett syd for deponiet, bare 5 m under terreng. Dette betyr at grunnvannsstrømmen mot syd får en delstrøm på hver side (øst og vest) av denne fjellryggen (se figur 1). Ugjennomtrengelige lag og høy grunnvannstand rett syd og øst for deponiet vil sannsynligvis tvinge det meste av grunnvannstrømmen fra fyllplassen i sydvestlig retning hvor grunnvannet ligger betydelig lavere. Grunnvannstrømmen vil komme ut mot den vestlige delen av eksisterende massetak. I østre del finnes ikke grunnvannspeilinger. Med bakgrunn i antatt dyptliggende grunnvann i pkt B (se figur 1), antas en sørgående strømretning.

Når det gjelder organiske forurensninger ble det ikke funnet PCB, PAH, olje eller BTEX i noen av grunnvannsbrønnene i 2011 og 2012, bortsett fra spor av sum PAH₁₂ i Brønn 3 (16 ng/l) i 2011. I 2004 ble det funnet PAH i alle 3 brønnene, så det kan se ut til at en svak opprinnelig PAH utlekking har stoppet opp. Metallanalysene viser ulik påvirkning av metaller i de ulike prøvepunktene (Tabell 4). Brønn 1 synes å være lite påvirket, mens Brønn 2 har noe forhøyede verdier for jern, mangan og kopper. Lite metallpåvirkning i Brønn 1 tyder på at transporten nordover fra deponiet er ubetydelig.

Vannet i Brønn 3 og Sigevann øvre sandtak (sigevann som kommer ut i graveskråningen rett syd for deponiet og samles opp i en dreneringsledning) er tydelig metallpåvirket og det måles høye konsentrasjoner av jern, mangan, nikkel og sink. Metallkonsentrasjonene og konsentrasjonene av ammonium viser at Brønn 3 og Sigevann øvre sandtak er mest påvirket av forurensninger, noe som støtter opp om at grunnvannstrømmen og forurensningstransporten i hovedsak går i sydlig retning. For jern, nikkel og sink var konsentrasjonene i Brønn 3 og Sigevann øvre sandtak og Brønn nedre massetak i 2011 betydelig høyere enn i 2004, men redusert eller stagnert igjen i 2012. Dette kan ha sammenheng med ulike nedbørsforhold og avrenningssituasjoner de to årene, men kan også være et uttrykk for økt mobilitet av metaller knyttet til masseuttaket.

Som i 2004 ble det tatt prøver i 2 bekker i området. Når det gjelder generell vannkjemi i bekk vest (Møretro) (se figur 1) viser analyseresultatene forhøyede verdier m.h.p. fosfor, jern og mangan. I henhold til "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann" (SFT, 1997) klassifiseres bekkevannet fra "mindre god" til "meget dårlig". I bekk øst (Seland) var pH verdien lav, og det var høye verdier for total nitrogen, organisk karbon og jern. For disse parametrene klassifiseres bekkevannet fra "mindre god" til "meget dårlig". Når det gjelder tungmetaller er det tydelig spor etter forurensninger i begge bekkene. Vannkvalitetene klassifiseres som "moderat" til "markert forurenset". Det synes ikke å være noen store endringer i 2011 og 2012 i forhold til prøvetakingen i 2004 med hensyn på metaller.

Det ansees som lite sannsynlig at forurensninger fra det nedlagte deponiet påvirker vannkvaliteten i bekkene i vesentlig grad. Spesielt den ene bekken ligger utsatt til for tilførsler av forurensninger fra jordbruk og veier i området.

Resultatene fra brønnene for husholdninger viser at vannet fra Brønn Møretø ikke egner seg som drikkevann uten behandling, da hovedsakelig på grunn av for høyt jerninnhold og overskridelse i forhold til grenseverdien som er satt i den norske Drikkevannsforskriften. Etter 2004 har huseieren boret ny dyp brønn. Resultatene fra 2011 og 2012 viser en betydelig bedring i vannkvaliteten, selv om kloridinnholdet er litt over grenseverdien i «Drikkevannsforskriften». Dette anses imidlertid ikke som noe problem. Vannkvaliteten i Brønn O. Rislå var bedre i 2011 og 2012 enn i 2004, bortsett fra med hensyn på totalt nitrogen som har vist en sterk økning. Huseieren benytter ikke brønnen som drikkevannskilde lengere, men har fått lagt inn kommunalt vann. En økning i nitrogenkonsentrasjon fra 2004 til 2011 og 2012 ble også registrert i Brønn Seland. Det er imidlertid ikke satt grenseverdi for nitrogen i Drikkevannsforskriften. I Brønn Seland var jernkonsentrasjonen i 2012 såpass høy at den oversteg grenseverdien i «Drikkevannsforskriften». Brønn Møretø og Brønn O. Rislå vil kunne tilføres forurensninger via overvann i perioder med nedbør og snøsmelting.

For å følge forurensningssituasjonen anbefales det å gjennomføre prøvetaking 1 gang pr. år så lenge masseuttak pågår og forurensningssituasjonen i området vurderes som relativt stabil.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Det er tatt ut masser i sandtaket ved Møretrømoen i Reddal, Grimstad kommune, nær opp til et nedlagt avfallsdeponi. Fylkesmannen i Aust-Agder har pålagt operatøren av sandtaket å iverksette avbøtende tiltak for å hindre spredning av forurensninger fra fyllplassen i forbindelse med masseuttakene. I en undersøkelse som ble gjennomført i 2004 ble status med hensyn på forurensninger fra det nedlagte deponiet kartlagt. Etter 2004 er det tatt ut betydelige masser i sandtaket, og arealet på fremsiden av fyllingen er betydelig senket i forhold til tidligere.

For å følge utviklingen i forurensningssituasjonen etter utvidelsen av sandtaket, samt effekten av avbøtende tiltak, ble det bestemt å gjennomføre en oppfølgende undersøkelse i 2011 og 2012. Den 20.10.2011 og 13.06.2012 ble det tatt nye vannprøver fra de samme punktene som i 2004 (fra borebrønner, drikkevannsbrønner, sigevann og bekker i området). Prøvene ble analysert m.h.p. generell vannkjemi, metaller og organiske miljøgifter. Resultatene fra prøvetakingen i 2011 og 2012, samt en foreløpig vurdering av forurensningssituasjonens utvikling, er rapportert her.

1.2 Møretrømoens geologi

De store sand- og grusforekomstene i Reddal hører geologisk til det vi kaller ”Hovedtrinnet” eller ”Ra-trinnet” i siste del av isavsmeltingen for ca 10 000 år siden. Innlandsisen fylte da Syndle-bassenget og Rore. Iskanten lå like syd for nåværende Syndle, og store smeltevannselver fra isbreen rant ut gjennom flere sydgående dalløp mot Landvik og Reddal. Havnivået sto den gang vel 50 m høyere enn i dag. Sand og grus som smeltevannet førte med seg, ble avsatt i sjøen, og etter hvert bygd ut som store deltaavsetninger i fjordene. Finstoffet ble i hovedsak ført lenger ut på dypt vann og avsatt på fjordbunnen. Deltaflaten på Møretrømoen er ganske jevn, med høyde ca 53 moh. i indre del.

Produksjon av smeltevann varierte sterkt med årstidene, og i rolige perioder kunne det bli avsatt mer finkornige masser over sand og grus. Slike finkornige lag finnes flere steder i øvre del av avsetningen, og kan lokalt styre avrenning av infiltrert overflatevann. Vi får det vi kaller ”hengende grunnvann”. Under det tette laget kan det være flere meter umettet sone før en kommer ned i det underliggende grunnvann.

1.3 Tidligere undersøkelse av avrenningsforhold fra Møretrømoen fyllplass

NIVA har tidligere undersøkt sigevannavrenningen fra Møretrømoen fyllplass i henhold til en forenklet prosedyre for klassifisering av forurensede områder (Mohn og Vogelsang, 2001) og i forbindelse med utvidelse av sandtaket (Liltved, Moseid og Kaste 2004).

Møretrømoen fyllplass ligger på et flatt breelvdelta og drenerer hovedsakelig i to retninger (se figur 1). Overflatearealet er ca 90 x 50 meter. Fyllingen er dekket til med sand, stein og jord på overflaten. Noe avfall er utildekket langs søndre og vestre avgrensning. Fyllingen er i dag delvis bevokst med gress og busker. Innholdet i fyllingen domineres av blandet kommunalt avfall, men det hevdes at industriavfall også skal ha blitt deponert. Fyllingen er lokalisert på en grus/sandavsetning, og det er bare gjort noen enkle tiltak for å hindre spredning av sigevann.

1.4 Avbøtende tiltak og overvåking

I forbindelse med utvidelse av sandtaket er det diskutert, planlagt og gjennomført flere avbøtende tiltak for å begrense forurensning fra avfallsfyllingen, inkludert å begrense vannmengdene som blir tilført fyllplassen, bruk av membran for å hindre gjennomslag av forurenset vann i graveskråningen, samt punktering av selve fyllingen slik at sigevannet ledes mot dypere liggende lag. De som har deltatt i diskusjonene har vært; Yngvar Berge (Stærk & Co a.s.), Torleiv Moseid (Universitetet i Agder) og NIVA (Øyvind Kaste og Helge Liltved). Uansett tiltak ble det vurdert som viktig å kartlegge grunnvannstanden og grunnvannskvaliteten i området, samt oppfølging av sigevann og grunnvann i perioden etter utvidelse av massetaket.

I 2004 ble det etablert 3 borebrønner for bestemmelse av grunnvannstand og strømningsretning, samt for prøvetaking før og etter etablering av nytt masseuttak. Prøvetaking ble vurdert som nødvendig for å avklare dagens forurensningssituasjon, og for å studere eventuelle endringer i forbindelse med masseuttaket. Prøvetakingen var også viktig som grunnlag for å anbefale tiltak. Det ble tatt prøver i de tre borebrønnene, samtidig som det ble tatt prøver i diverse grøfter/bekker/dammer i området rundt deponiet, samt i brønner tilknyttet bolighus.

Se kapittel 2.3 for nærmere beskrivelse av tiltak som har blitt gjennomført etter 2004, og effekten av disse (kapittel 3.4).

1.5 Målsetting med den nye undersøkelsen i 2011 og 2012

Målsettingen med undersøkelsen har vært å vurdere utviklingen i forurensningssituasjonen i forhold til situasjonen i 2004 før utvidelse av sandtaket.

- Kartlegge status med hensyn på forurensninger fra det nedlagte deponiet ved å undersøke kvaliteten på vann fra borebrønner, drikkevannsbrønner, sigevann og bekker i området.
- Vurdere eventuelle endringer i spredningsveier fra deponiet
- Vurdere behovet for videre overvåking

2. Materialer og metoder

2.1 Gjennomføring av undersøkelsen

- a) Uttak av prøver fra borebrønner, drikkevannsbrønner, sigevann og bekker.
- b) Gjøre vurderinger knyttet til eventuelle endringer i spredningsveier fra deponiet
- c) Vurdere behovet for fremtidig overvåkning.
- d) Databearbeiding og rapportering. Alle resultater og vurderinger er samlet i denne rapport. Alle analyseresultater er samlet i vedlegg A.

2.2 Borebrønner og prøvetakingsstasjoner

Prøvetakingen i 2011 ble gjennomført 20. oktober, mens prøvene i 2012 ble tatt 13. juni. Det ble tatt ut prøver på samme punkter som i 2004 og vist i figur 1:

Brønn 1 ligger ca. 1 m fra kant av bekk. Det antas at grunnvannsnivået korresponderer med vannspeilet i bekken.

Brønn 2 ligger på fyllplassen og går gjennom fyllmassene og ned i underliggende uberørte masser.

Brønn 3 ligger i vestre kant av et eksisterende grunt massetak.

Bekk vest (Møretø) – prøvetaking ble gjort direkte i bekk som passerer mellom bebyggelse og eksisterende massetak.

Bekk øst (Seland) – prøvetaking ble gjort direkte i bekk ved Seland på oversiden av veien.

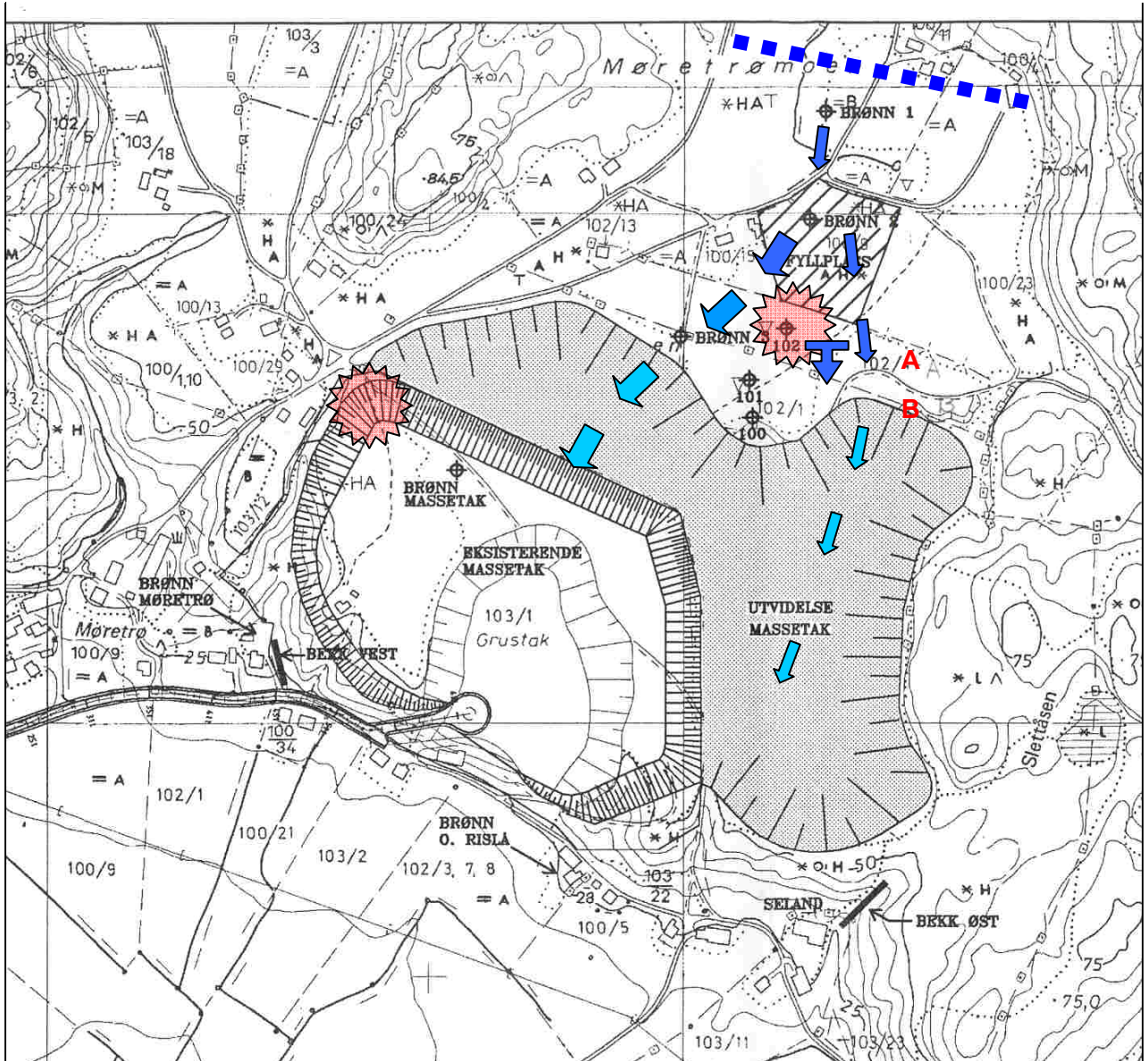
Sigevann øvre sandtak – prøvetaking ble gjort av dreneringsvannet som renner til kum 22629 og videre til dam for oksidasjon av jern (se Figur 2).




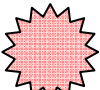

Brønn nedre massetak - ligger innerst i nordvestre hjørne av hovedmassetak. Brønnen er ca. 2 meter dyp med betongringer. Vannstanden står ca. 0,5 m under bakkenivå.

Brønn Møretø – vann ble tatt direkte fra brønnen.

Brønn O. Rislå – vann ble tatt fra tappekran utendørs.

Brønn Seland – vann ble tatt fra tappekran innomhus.



- 
Antatt hovedstrømretning for grunnvann fra fyllplass
 Mørk farge betyr overflatenært grunnvannsspeil
 Lys farge betyr dyptliggende grunnvannsspeil
- 
Antatt sekundærstrøm
- 
Antatt grunnvannsskille
- 
Løsmassedeckede områder med kort avstand til fjell
 Virker styrende på grunnvannsstrømmen
- 
Kildefront – Utstrømning av grunnvann på overflata ("Sandtak øvre")
- A , B** **Punkter det er referert til i teksten**

Figur 1. Oversikt over prøvetakingstasjoner og grunnvannets strømningstretninger

2.3 Gjennomførte tiltak

Det er blitt gravd og sprengt en avskjærende drensgrøft for sigevannet fra fyllingen i øvre sandtak. Denne ligger mellom kum 22628 og 22629 (Figur 2). Det er lagt en dreneringsledning i bunnen av grøften som skal samle opp sigevannet fra fyllingen som går ut i sandtaket. Fra kum 22628 ble vannet til å begynne med ledet ut i et oppbygd infiltrasjonsareal som vist i Figur 2. Det viste seg imidlertid at dette tettet seg fort på grunn av jernutfelling. Derfor kunne ikke denne løsningen brukes. I stedet ble inntaket i kum 22628 blendet, slik at vannet stiger noe opp i ledningen og renner ut av kum 22629, og derfra videre til dammen for utfelling av metaller, spesielt jern, som er vist i Figur 4.



Figur 2. Kart som viser avskjærende grøft mellom kum 22628 og 22629, tidligere infiltrasjonsområde, og nåværende dam for jernutfelling, som også er vist i Figur 4.

2.4 Prøvetaking

Prøvetakingen ble gjennomført den 20.10.2011 og 13.06.2012. Deltakere var Torleiv Moseid (Universitetet i Agder) og Helge Liltved (NIVA). Det ble utført prøvetaking av borebrønner og andre vannforekomster på og omkring Møretrømoen. Det ble tatt prøver i de tre borebrønnene, i bekker (2 stk.), av sigevann øvre sandtak, i forkant eksisterende massetak (brønn nedre massetak), og i 2 stk. tappekraner og 1 brønn tilknyttet bolighus. Grunnvannsnivå i brønnene ble peilet før det andre arbeider startet. Borebrønnene ble rensesumpet i forkant av prøvetakingen. Rensesumpingen går ut på å fjerne finpartikler i massene omkring brønnfilteret, slik at senere pumping skal gi rent vann.

Prøvetakingsprogrammet er vist i tabell 1. Det ble lagt opp til en utvidet analyse av grunnvannskvaliteten i de 3 borebrønnene som omfattet generell vannkjemi (pH, konduktivitet, alkalitet, klorid, totalfosfor, totalnitrogen, ammonium, og totalt organisk karbon), metaller og tungmetaller (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn), hydrokarboner (BTEX og oljekomponenter), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH, 16 stk.) og polyklorerte bifenyler (PCB, 7 stk.) (se tabell 1). For de øvrige prøvetakingpunktene ble det gjennomført et forenklet analyseprogram hvor generell kjemi, metaller og tungmetaller ble analysert.

Prøvene ble analysert ved ALS laboratorium i Oslo etter akkrediterte metoder. Metaller ble analysert v.h.a. ICP-MS teknikk. ICP-MS teknikk er en bredspektret analyseteknikk der en identifiserer og kvantifiserer en rekke metaller, og hvor deteksjonsgrensen er lav. Hydrokarboner inkludert monoaromatiske strukturer ble analysert v.h.a. gasskromatografi med kapillærkolonne og flammeionisasjonsdetektor (GC/FID). Dette er en bredspektret og følsom analysemetode for en lang rekke hydrokarboner og petroleumsblandinger. PAH (polyaromatiske hydrokarboner) ble analysert v.h.a. GC/MS-teknikk, mens flyktige organiske komponenter (VOC) ble analysert med headspace-GC/MS.

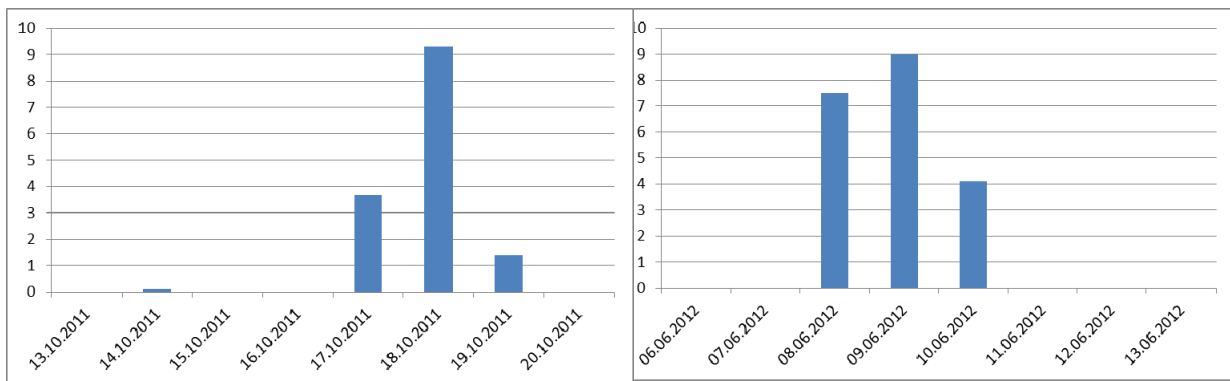
Tabell 1. Prøvetakingsprogram

	Grunnvanns-brønner 3 stk.	Bekk/grøft 2 stk.	Sigevann ø/sandtak 1 stk.	Brønn massetak 1 stk.	Brønner husholdning 3 stk.
Generell vannkjemi (pH, kond, alk., Cl ⁻ , tot-P, tot-N, NH ₄ , TOC)	X	X	X	X	X
Metaller og tungmetaller (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn)	X	X	X	X	X
BTEX (benzen, toluen, ethylbenzen, xylen)	X				
Oljekomponenter (C5-C8, >C8-C10, C10- C12, >C12-C16, >C16-C35)	X				
Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH, 16 stk.)	X				
Polyklorerte bifenyler (PCB, 7 stk.)	X				

3. Resultater og diskusjon

3.1 Nedbørsforhold forut for prøvetakingen

For å si noe om nedbørsituasjonen og avrenningsforholdene i tiden før og under prøvetakingen ble nedbørsdata fra Bioforsk ved Landvik innhentet. Nedbørsmengde (mm pr døgn) i uken forut for prøvetakingene 20.10.2011 og 13.06.2012 er vist i figur 3. Nedbørsdataene viser at det ikke falt nedbør på noen av prøvetakingsdatoene. Når det gjelder den 20.10.2011, falt det nedbør de 3 forutgående døgnene, mest den 18.10.2011. Når det gjelder den 13.06.2012, falt det ikke nedbør de 2 forutgående dagene, mens det var noe nedbør både 8., 9. og 10. juni.



Figur 4. mm nedbør pr døgn i uken forut for prøvetakingene 20.10.2011 og 13.06.2012.

3.2 Kvalitet på bekkevann i området

I tabell 3 er analyseresultatene fra 2004, 2011 og 2012 for generell kjemi og tungmetaller fra 2 bekker i området. Verdiene er angitt med fargekoder i forhold til tilstandsklassene hentet fra Statens forurensningstilsyns "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann" (SFT, 1997). Grønn bakgrunn angir «God» vannkvalitet, gul bakgrunn tilsier «Mindre god» vannkvalitet, mens rød bakgrunn angir «Dårlig» eller «Meget dårlig» vannkvalitet. Hensikten med et slikt klassifiseringssystem er å kunne gi et mest mulig enhetlig og objektivt verktøy for vurdering av miljøtilstand og utvikling i norske vannforekomster.

Når det gjelder generell vannkjemi i bekk vest (Møretro) viser analyseresultatene forhøyede verdier m.h.p. fosfor, jern og mangan. For disse parametrene klassifiseres bekkevannet fra «mindre god» til "meget dårlig". Verdiene for total nitrogen og ammonium var lavere ved prøvetakingen i 2011 og 2012 sammenliknet med verdiene som ble rapportert i 2004. I bekk øst (Seland) var pH verdien lav, og det var høye verdier for total nitrogen, organisk karbon og jern. For disse parametrene klassifiseres bekkevannet fra «mindre god» til "meget dårlig".

Når det gjelder tungmetaller er det tydelig spor etter forurensninger i begge bekkene. Vannkvalitetene klassifiseres som "moderat" til "markert forurenset". Det synes ikke å være noen store endringer fra prøvetakingen i 2004.

Det ansees som lite sannsynlig at forurensninger fra det nedlagte deponiet påvirker vannkvaliteten i bekkene i vesentlig grad. Bekk vest ligger utsatt til for tilførsler av forurensninger fra jordbuk og veier i området.

Tabell 2. Analyseresultatene for generell kjemi og tungmetaller i bekker i området fra undersøkelsene i 2004, 2011 og 2012. Verdiene er angitt med fargekoder i forhold til tilstandsklassene i ”Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann” (SFT, 1997). Grønn bakgrunn angir «God» vannkvalitet, gul bakgrunn tilsier «Mindre god» vannkvalitet, mens rød bakgrunn angir «Dårlig» eller «Meget dårlig» vannkvalitet. For parametere med ufarget bakgrunn er det ikke angitt tilstandsklasse i klassifiseringen.

Generell vannkjemi	Bekk vest			Bekk øst		
	2004	2011	2012	2004	2011	2012
pH	5,95	6,13	6,66	4,68	4,38	4,67
Ledn.evne, mS/m	-	10,3	10,3	4,47	5,8	8,21
Alkalitet, mmol/l	0,101	<0,150	0,221	<0,150	-	<0,15
Tot. fosfor, µg/l	9	21	14	<10	4	44
Tot. nitrogen, µg/l	990	<100	400	490	710	540
Ammonium, µg/l	190	<26	66	<26	7	118
Org. karbon, mg/l	10,3	2,67	5,82	18,6	12,8	8,5
Klorid, mg/l	8,96	28,1	21,7	6,45	7,34	16
Metaller						
Arsen, µg/l	0,48	<0,5	<0,5	< 0,5	0,46	<0,5
Bor, µg/l	6,5	<20	<20	<20	3,1	<20
Kadmium, µg/l	0,13	0,0919	<0,05	0,0976	0,15	0,165
Krom, µg/l	0,53	<0,9	<0,9	<0,9	0,71	<0,9
Kopper, µg/l	1,13	1,7	1,84	1,07	0,093	1,26
Jern, µg/l	1860	510	341	754	230	572
Mangan, µg/l	112	618	203	16,2	16,6	22,4
Nikkel, µg/l	1,2	1,19	0,916	1,39	1,3	2,29
Bly, µg/l	0,4334	<0,5	<0,5	2,1	1,29	1,68
Sink, µg/l	30,6	30,8	32,1	10,9	17,4	27,4

3.3 Kvalitet på vann fra borebrønner og sigevann

Analysene med tanke på generell vannkjemi fra borebrønner (Brønn 1, 2 og 3) (tabell 4) og sigevann fra øvre og nedre sandtak (tabell 5) viser tilnærmet normale verdier for de fleste parametere, bortsett fra nitrogen og fosfor. Høye verdier for total nitrogen er registret i alle målepunktene, bortsett fra Brønn 3 som ligger i tilnærmet normalt konsentrasjonsområde for total nitrogen, men har relativt høyt innhold av ammonium. Forhøyede verdier for total fosfor er målt i Brønn 3 og i Brønn nedre massetak. I forhold til verdiene målt i 2004 er det ingen store endringer.

Metallanalysene viser ulik påvirkning av metaller i de ulike prøvepunktene (Tabell 4). Brønn 1 synes å være lite påvirket, mens Brønn 2 har noe forhøyede verdier for jern, mangan og kopper. Vannet i Brønn 3, Sigevann øvre sandtak og Brønn nedre massetak er alle tydelig metallpåvirket. For jern, nikkel og sink var konsentrasjonene i Brønn 3 og Sigevann øvre sandtak og Brønn nedre massetak i 2011 betydelig høyere enn i 2004, men redusert eller stagnert igjen i 2012. Dette kan ha sammenheng med ulike nedbørsforhold og avrenningsituasjoner i de ulike årene, men kan også være et uttrykk for økt mobilitet av metaller knyttet til masseuttaket.

Lite metallpåvirkning i Brønn 1 kan tyde på at transporten nordover fra deponiet er liten eller har stanset opp.

Når det gjelder organiske forurensninger ble det ikke funnet PCB, PAH, olje eller BTEX i noen av grunnvannsbrønnene i 2011 og 2012, bortsett fra spor av sum PAH₁₂ i Brønn 3 (16 ng/l) i 2011. I 2004 ble det funnet PAH i alle 3 brønnene, så det kan se ut til at en svak opprinnelig PAH utlekking har stoppet opp.

Tabell 3. Kvalitet på vann fra borebrønner i 2004, 2011 og 2012. Verdiene er angitt med fargekoder i forhold til tilstandsklassene i ”Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann” (SFT, 1997). Grønn bakgrunn angir «God» vannkvalitet, gul bakgrunn tilsier «Mindre god» vannkvalitet, mens rød bakgrunn angir «Dårlig» eller «Meget dårlig» vannkvalitet. For parametere med ufarget bakgrunn er det ikke angitt tilstandsklasse i klassifiseringen.

	Brønn 1			Brønn 2			Brønn 3		
Generell vannkjemi	2004	2011	2012	2004	2011	2012	2004	2011	2012
pH	6,02	6,07	6,64	6,33	6,62	6,97	6,71	6,55	6,58
Ledn.evne, mS/m	8,16	7,77	8,21	11,9	7,53	8,1	20,6	19	16,2
Alkalitet, mmol/l	0,141	0,161	<0,150	0,55	0,245	<0,150	1,58	0,714	<0,150
Tot. fosfor, µg/l	10	< 10	<10	11	<10	<10	22	43	16
Tot. nitrogen, µg/l	1850	1440	1330	1440	900	670	530	400	450
Ammonium, µg/l	23	<26	<26	20	<26	<26	440	454	609
Org. karbon, mg/l	0,55	0,58	<0,50	1,7	1,34	1,75	5,6	1,51	1,54
Klorid, mg/l	9,22	7,37	8,12	8,89	6,58	8,31		7,96	7,99
Metaller									
Arsen, µg/l	0,2	<0,8	<0,5	0,2	0,848	<0,5	0,39	<0,5	0,964
Bor, µg/l	19	<20	<20	22	<20	<20	46	34,2	31,3
Kadmium, µg/l	0,02	<0,05	<0,05	0,02	< 0,05	<0,05	<0,005	<0,05	0,0608
Krom, µg/l	0,78	<0,9	<0,9	0,69	<0,9	<0,9	4,17	1,34	<0,9
Kopper, µg/l	2,4	<1	<1	2,04	1,02	1,23	1,62	<1	<1
Jern, µg/l	452	75,7	40,4	814	631	837	18100	22400	13700
Mangan, µg/l	64,9	19,5	17	660	66	62,6	720	692	445
Nikkel, µg/l	2,24	<0,6	<0,6	0,84	<0,6	<0,6	2,57	27	17,8
Bly, µg/l	0,458	<0,5	<0,5	0,408	<0,5	<0,5	0,391	0,792	<0,5
Sink, µg/l	8,5	<4	<0,5	6,04	<4	5,72	40,4	909	903
Organiske forbindelser									
Sum PCB ₇ , ng/l	0	n.d.*	n.d.	0	n.d.	n.d.	0	n.d.	n.d.
Sum PAH ₁₆ , ng/l	38,8	n.d.	n.d.	114,9	n.d.	n.d.	175,5	16	n.d.
Sum KPAH, ng/l	0	n.d.	n.d.	0	n.d.	n.d.	0	n.d.	n.d.
Olje C ₅ -C ₃₅ , mg/l		n.d.	n.d.	<100	n.d.	n.d.	<100	n.d.	n.d.
Sum BTEX, mg/l	0	n.d.	n.d.	0	n.d.	n.d.	0	n.d.	n.d.

*n.d. = not detected

Tabell 5. Vannkvalitet i øvre sandtak og fra brønn nedre massetak i 2004, 2011 og 2012. Verdiene er angitt med fargekoder i forhold til tilstandsklassene i "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann" (SFT, 1997). Grønn bakgrunn angir «God» vannkvalitet, gul bakgrunn tilsier «Mindre god» vannkvalitet, mens rød bakgrunn angir «Dårlig» eller «Meget dårlig» vannkvalitet. For parametere med ufarget bakgrunn er det ikke angitt tilstandsklasse i klassifiseringen.

Generell vannkjemi	Sigevann øvre sandtak			Brønn nedre massetak		
	2004	2011	2012	2004	2011	2012
pH	6,66	6,19	6,89		6,81	7,22
Ledn.evne, mS/m	11,5	17,5	14,9	6,87	10,7	11,6
Alkalitet, mmol/l	0,549	0,312	<0,150	0,16	0,442	<0,150
Tot. fosfor, µg/l	11	<10	13	18	67	<10
Tot. nitrogen, µg/l	330	1050	710	1760	1690	2280
Ammonium, µg/l	175	482	448	7	<26	<26
Org. karbon, mg/l	3,4	1,29	1,96	1,1	1,36	1,49
Klorid, mg/l	9,54	8,54	10,2	7,15	8,86	13,3
Metaller						
Arsen, µg/l	0,2	<0,50	<0,5	0,21	<0,5	<0,5
Bor, µg/l	27	42,5	33,8	10	<20	<20
Kadmium, µg/l	0,0679	1,22	0,517	0,023	<0,05	<0,05
Krom, µg/l	0,3	<0,9	<0,9	0,65	1,95	<0,9
Kopper, µg/l	1,09	5,57	3,49	0,85	4,47	<1
Jern, µg/l	9730	26000	25500	321	2400	13,5
Mangan, µg/l	443	590	435	33,5	92,9	38
Nikkel, µg/l	5,11	34,3	21,6	0,66	5,22	2,05
Bly, µg/l	0,11	<0,5	<0,5	0,435	2,05	<0,5
Sink, µg/l	255	1070	628	3,4	159	59,4

3.4 Kvalitet på brønnvann til husholdninger

I tabell 6 er vannkvaliteten på brønnvann i området vist. Vannet er analysert m.h.p. et utvalg kjemiske parametere. Det er ikke analysert m.h.p. mikrobiologiske parametere. Prøvene er tatt direkte fra utomhus kran ved Brønn Møretro, fra kaldtvannskran innendørs ved Brønn Seland og direkte fra brønn ved Brønn O. Rislå. Vann fra kran er tatt etter flere minutters tapping.

Vannet fra den opprinnelige Brønn Møretro brukes ikke lengre i husholdningen da huseier har boret ny dyp brønn etter 2004. Resultatene fra 2011 og 2012 viser da også en betydelig bedring i vannkvaliteten, selv om kloridinnholdet er litt over grenseverdien i «Drikkevannsforskriften». Dette anses imidlertid ikke som noe problem.

Vannkvaliteten i Brønn O. Rislå var bedre i 2011 og 2012 enn i 2004, bortsett fra med hensyn på totalt nitrogen som har vist en sterk økning. Huseieren benytter ikke brønnen som drikkevanskilde lengre,

men har fått lagt inn kommunalt vann. Brønn Møretø og Brønn O. Rislå vil kunne tilføres forurensninger via overvann i perioder med nedbør og snøsmelting.

En økning i nitrogenkonsentrasjon fra 2004 til 2011 og 2012 ble også registrert i Brønn Seland. Det er imidlertid ikke satt grenseverdi for nitrogen i Drikkevannsforskriften. I Brønn Seland var jernkonsentrasjonen i 2012 såpass høy at den oversteg grenseverdien i «Drikkevannsforskriften» som er på 200 µg/l. Det bør tas ny prøve for å følge utviklingen i jernkonsentrasjon.

Tabell 6. Kvaliteten på brønnvann i området i 2004, 2011 og 2012. Rød bakgrunn angir verdier som overskrider grenseverdien i «Drikkevannsforskriften». Øvrige verdier er lavere enn grenseverdien i Drikkevannsforskriften.

Generell vannkvalitet	Brønn Møretø fra kran			Brønn O. Rislå			Brønn Seland fra kran		
	2004	2011	2012	2004	2011	2012	2004	2011	2012
pH	6,57	8,22	8,29	6,15	6,16	6,91	6,46	6,08	6,43
Ledn.evne, mS/m	23	130	136	11,3	14,6	16	8,22	10	7,41
Alkalitet, mmol/l	1,81	3,49	3,58	0,654	0,416	0,53	0,296	<0,150	<0,150
Tot. fosfor, µg/l	13	61	0,047	5	<10	<10	<1	<10	<10
Tot. nitrogen, µg/l	1580	<100	<100	340	5150	4600	880	4460	2110
Ammonium, µg/l	850	<26	<26	8	<26	<26	<5	<26	<26
Org. karbon, mg/l	10,5	0,59	0,74	3,2	2,04	2,91	0,59	<0,50	0,54
Klorid, mg/l	10	304	291	9,51	14,3	12,7	9,59	12,2	9,5
Metaller									
Arsen, µg/l	0,53	3,27	2,31	0,2	<0,5	<0,5	0,2	<0,05	<0,5
Bor, µg/l	19	422	420	5,9	<20	<20	4,4	<20	<20
Kadmium, µg/l	0,065	<0,05	<0,05	0,074	<0,05	<0,05	0,005	<0,05	<0,05
Krom, µg/l	5,68	<0,9	<0,9	3,02	<0,9	<0,9	0,35	<0,9	1,47
Kopper, µg/l	41,2	18,3	1,51	36,5	13,9	19,1	5,06	3,21	6,5
Jern, µg/l	3690	648	169	914	15	<10	10	56,1	1130
Mangan, µg/l	374	28,6	25,6	106	24,1	14,4	7,64	28,5	18,1
Nikkel, µg/l	2,34	<0,6	<0,6	0,39	<0,6	0,65	0,2	1,05	1,2
Bly, µg/l	1,18	<0,5	<0,5	2,79	<0,5	0,692	0,297	<0,5	<0,5
Sink, µg/l	17,6	6,25	12,8	336	20,5	41	18	53,1	32,8

3.5 Effekter av gjennomførte tiltak

Det er blitt gjort et forsøk på å undersøke effekten av tiltaket med den avskjærende drensledningen mellom kum 22628 og 22629 (Figur 2) for vannet fra fyllingen i øvre sandtak. Drensvannet fra kum 22629 renner til dammen for utfelling av metaller, spesielt jern, som er vist i Figur 4. Ved innløpet til dammen faller vannet ned på en flat stein, noe som gir lufting og oksidasjon.

Vannet i dammen var svært rødfarget og turbid ved prøvetakingen i 2012, noe som tyder på at jernet oksideres fra to-verdig til tre-verdig. Det var tenkt at oppholdstiden i dammen ville gi muligheter for

sedimentering av utfelte metallhydroksider. Ved infiltrering i nedenforliggende sandmasser vil mye av det utfelte jernet kunne holdes tilbake.

For å dokumentere eventuelle forurensningsbegrensende effekter av dammen ble det i 2012 tatt prøve fra innløp og utløp til dammen. I tillegg ble utløpsvannet analysert etter filtrering gjennom et membranfilter for å se hvor mye metaller som er på partikulær form, og derved kan holdes tilbake ved filtrering gjennom nedenforliggende sandmasser.



Figur 4. Dam for oksidasjon og utfelling av metaller, spesielt jern.

Resultatene viste at svært lite metall ble holdt tilbake i dammen (Tabell 7). Imidlertid oksideres mye av jernet i dammen. Forskjellen på filtrert og ufiltrert utløpsprøve med hensyn på jern ($24300 \mu\text{g/l} - 15100 \mu\text{g/l} = 9200 \mu\text{g/l}$) var $9200 \mu\text{g/l}$ (Tabell 7), noe som tilsier at ved prøvetidspunktet var ca. 38% av jernet på partikulær form, og kan derved holdes tilbake ved filtrering gjennom sandmasser. Dette vises også i Figur 4 ved at det avsettes mye jernhydroksid på sanden nedenfor dammen.

Tabell 7. Analyseresultater fra innløp og utløp til dammen, samt etter filtrering gjennom et membranfilter. Verdiene er angitt med fargekoder i forhold til tilstandsklassene i ”Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann” (SFT, 1997). Grønn bakgrunn angir «God» vannkvalitet, gul bakgrunn tilsier «Mindre god» vannkvalitet, mens rød bakgrunn angir «Dårlig» eller «Meget dårlig» vannkvalitet. For parametere med ufarget bakgrunn er det ikke angitt tilstandsklasse i klassifiseringen.

	Sigevann øvre sandtak		
Metaller	2012 innløp	2012 utløp	2012 filtrert utløp
Arsen, µg/l	<0,5	<0,5	<0,5
Bor, µg/l	33,8	35,3	48,8
Kadmium, µg/l	0,517	0,499	0,536
Krom, µg/l	<0,9	3,84	<0,9
Kopper, µg/l	3,49	4,5	-
Jern, µg/l	25500	24300	15100
Mangan, µg/l	435	445	402
Nikkel, µg/l	21,6	21,1	26,1
Bly, µg/l	<0,5	<0,5	<0,5
Sink, µg/l	628	624	880

3.6 Dagens forurensningssituasjon

Som tidligere nevnt vil mye av forurensningene fra deponiet trolig bli transportert via den vestlige strømmen (Brønn 3) og komme ut i grunnvannet i bunnen av graveskråningen etterhvert som massetaket utvides (Brønn nedre sandtak), men at det også vil være en metalltransport som følger det grunne laget i øst, og komme ut høyt oppe i graveskråningen (Sigevann øvre sandtak) (Figur 1). Resultatene fra prøvetakingene bekrefter også dette. Metallkonsentrasjonene og konsentrasjonene av ammonium viser at Brønn 3, Sigevann øvre sandtak og Brønn nedre sandtak er mest påvirket av forurensninger, da spesielt enkelte metaller som gjør at vannkvaliteten karakteriseres som «Dårlig» eller «Meget dårlig».

For jern, nikkel og sink var konsentrasjonene i Brønn 3, Sigevann øvre sandtak og Brønn nedre massetak i 2011 betydelig høyere enn i 2004, men redusert eller stagnert igjen i 2012. Dette kan ha sammenheng med ulike nedbørsforhold og avrenningsituasjoner i de ulike årene, men kan også være et uttrykk for økt mobilitet av metaller knyttet til masseuttaket. Mye av vannet fra øvre sandtak fanges opp av drengroften som er etablert og føres til sedimenteringsdammen. Det ble vist at dette tiltaket har en viss forurensningsbegrensende effekt. Ved videre utvidelse av massetaket kan infiltreringsområdet for drengvannet berøres, og nye områder for filtrering må eventuelt etableres.

3.7 Mulige konsekvenser av økt masseuttak og gjennomføring av tiltak

Mesteparten av massene mot deponiet er nå tatt ut, men ytterligere utvidelser vil finne sted. Videre masseuttak vil kunne medføre økt utlekking av metaller. Økt forvitring av jernholdige mineraler som finnes naturlig i området som f.eks. svovelkis, med økt jerntransport kan være en mulighet. Betydelig

økt mobilisering av forurensing fra deponiet er lite trolig. Det er trolig bare i den østlige minst påvirkede delen av området at masseuttaket vil redusere selvrensingen.

3.8 Forslag til videreføring av overvåkingsprogrammet

Etter en gjennomgang av vannanalysene fra 2011 og 2012, samt vurdering av effekten av gjennomførte tiltak, anbefales det å videreføre overvåkingen i noe redusert omfang. Det anbefales å gjennomføre prøvetaking 1 gang pr. år så lenge masseuttak pågår og forurensningssituasjon i området vurderes som relativt stabil.

Både antall analyseparametere og prøvetakingspunkter kan reduseres noe. Det foreslås å kutte ut hydrokarboner (BTEX og oljekomponenter), polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH, 16 stk.) og polyklorerte bifenyler (PCB, 7 stk.), da disse ligger lavere enn deteksjonsgrensen i de aller fleste prøvene. I tillegg kan prøvetakingspunktet Brønn O. Rislå kuttes ut da denne har etablert kommunal vannforsyning. I tillegg foreslås fortsatt å ta prøver for å vurdere effekten av sedimenteringsdammen som er etablert. Prøvetakingsprogrammet blir da som vist i tabell 8.

Tabell 8. Forslag til prøvetakingsprogram

	Grunnvannsbrønner 3 stk.	Bekk/grøft 2 stk.	Sigevann ø/sandtak 1 stk.	Brønn massetak 1 stk.	Brønner husholdning 2 stk.	Effekt av tiltak 2 stk.
Generell vannkjemi (pH, kond, alk., Cl ⁻ , tot-P, tot-N, NH ₄ , TOC)	X	X	X	X	X	
Metaller og tungmetaller (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn)	X	X	X	X	X	X

4. Referanser

Hindar A. 1995. Brev fra NIVA til kommunelegen i Grimstad datert 8. desember 1995, J.nr. 803/95

Mohn H. og Vogelsang C. 2001. Innledende undersøkelse av avrenning fra Møretrømoen fyllplass, Grimstad kommune. NIVA rapport nr. 4456, 14 s.

SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT publikasjon TA 1468/1997.

Vige V. 2001. Telefax fra kommunelegen i Grimstad til NIVA datert 13. august 2001.

Liltved, Moseid og Kaste 2004. NIVA rapport 4826-2004.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

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