

Våtmarksrensing av gruvevann. Erfaringer fra Titania og Kongens gruve på Røros

Av David C. Ettner

David C. Ettner er geolog og daglig leder i GEM Consulting AS

Innlegg på seminar 7. mars 2002.

Våtmarksteknologi er benyttet for rensing av både organiske og uorganiske forurensinger i vann. De mest vanlig applikasjonsområdene er rensing av gruvevann, sigevann fra avfallsdeponier, industrielt avløpsvann, overflateavrenning fra parkeringsplasser og veier, landbruksavrenning og spillvann.

Våtmarksteknologien kan deles inn i to hovedgrupper, aerobe og anaerobe våtmarkssystemer. For rensing av metaller er begge typer viktig, avhengig av hvilke metaller som ønskes fjernet. Metaller fjernes på forskjellige måter i våtmarkssystemer for gruvevann og avfallsdeponier. Hovedsakelig er tungemetaller utfelt som sulfider i en anaerob våtmark, mens jern og aluminium felles som hydroksider i en aerob våtmark. Absorpsjon av tungemetaller til organisk materiale eller til jernhydroksider er også en viktig fjerningsmekanisme.

Utfelling av tungemetaller i en anaerob våtmark skjer når bakterier reduserer sulfat (SO_4) til sulfid (H_2S).

Tungemetaller kan da binde seg til sulfid og utfelle som metallsulfider. Dette er ikke en uvanlig prosess i naturen siden de fleste metalliske malmforekomster er dannet under reduserende forhold med utfelling av sulfider i vann eller magma. For å redusere sulfat i en våtmark er bakteriene *Desulfovibrio* og *Desulfotomaculum* benyttet. Bakteriene er lett tilgjengelig fra husdyrgjødsel, og et anaerobt miljø kan dannes i et basseng eller en tank fylt med en blanding av organiske materialer. Hvis vannet er surt, noe som er tilfelle i de fleste gruveavrenningssituasjoner, må pH justeres. Vanligvis er kalkstein benyttet til pH justering i et separat forbehandlingsbasseng, eller kalkstein blandes med organisk materiale direkte i de anaerobe bassengene.

Våtmarksrensing er et akseptert tiltak for gruveavrenning i USA, Canada og Storbritannia, og flere fullskala rensesystemer er bygget (se for eksempel Moshiri, 1993 og Younger, 1997). I Norge er tre våtmarkssystemer for gruvevann utprøvd mellom 1998 og i dag. I 1998 ble en pilot-skala anaerob/aerob våtmark bygget

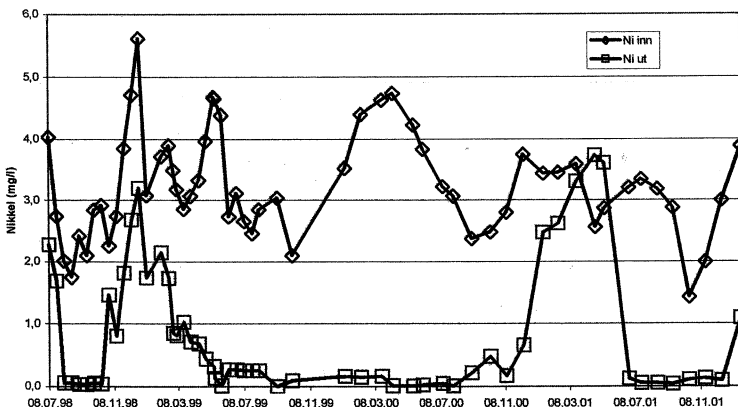
ved Titania's nedlagte avgangsdeponi ved Sandbekk. I 1999 ble to pilot-skala våtmarkssystemer bygget på Røros. En våtmark ble bygget ved Kongens gruve på oppdrag fra Bergvesenet, og et annet system ble bygget ved Prestbekken, som drenere gruvevannet fra Storwartz, på oppdrag fra SFT. Etter ett års drift, som ga meget god resultater, ble systemet ved Prestbekken fjernet. Ved Titania og ved Kongens gruve er våtmarkssystemene fortsatt i drift, og erfaringene fra disse systemene presenteres i det følgende. Malmene ved Titania og Kongens gruve er svært forskjellige, og dette gir ulike problemstillinger når det gjelder rensing av vannet. Data fra disse pilotskala forsøkene er også tidligere publisert (Ettner, 1999 & 2001).

Titania's avgangsdeponi ved Sandbekk

I Soknedal kommune var Storgangen gruve aktiv mellom 1916 og 1965. Gruven produsert ilmenitt (FeTiO_3) fra en malm i Egersund anorthositten. Gjennom denne perioden ble omtrent

8 millioner tonn avgang produsert. Av dette ble den grove fraksjonen deponert i landdeponiet ved Sandbekk. Avrenning fra deponiet går til Sokno elven via Sandbekk. I 1998 besto avrenning av vann med nøytral pH (pH 6,0 til 7,6) med relativt høyt innhold av nikkel (0,95 til 5,21 mg/l).

I 1998 ble våtmarken konstruert med seks celler ved Hauglandsmyr. Hovedmålet for systemet var å fjerne nikkel fra vannet. De første cellene er anaerobe celler på omtrent 10 m x 1,5 m og 1 meter dype. De anaerob cellene ble bygget for horisontal strømming gjennom porøst organiske materiale. Den fjerde cellen var en åpen aerob lagune (10 m x 1 m x 1 m), fulgt av en lufttrapp og 4 x 4 m steinfilter. Siden vannet var nøytralt var det ikke nødvendig med pH justering. Vannstrømmen gjennom systemet var mellom 25 og 40 l/min. Maksimum oppholdstid i de anaerobe bassengene var 8,5 timer. Overvåkingen av systemet er utført ved å prøveta vann ved utløpet av hvert basseng hver 2. til 4. uke. Per januar 2002 er det utført 58 prøvetaksrunder.

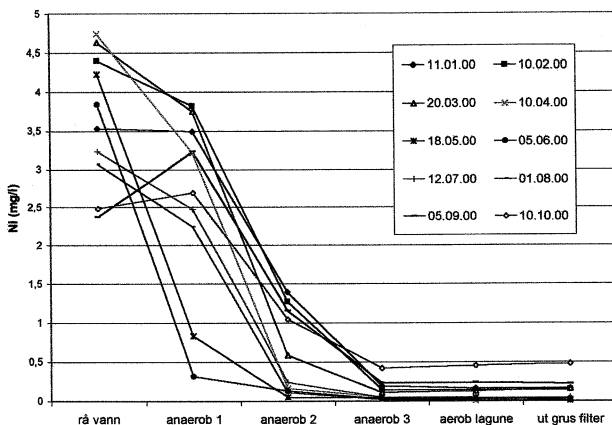


Figur 1: Nikkelmålinger ved Sandbekk landdeponi (1998 – 2002)

Bassengene har utviklet et stabilt anaerobt miljø i de første tre cellene. Dette bekreftes av Eh- målinger ned til - 40 mV. I tillegg er det en svak lukt av H₂S ved bassengene.

Dataene viser meget god fjerning av nikkel i lange perioder (Figur 1). I oppstarten og i en periode i 2001 var det dårlig effekt. Dette ble funnet å være et resultat av oversvømmelse av systemet ved store nedbørmengder. Høyere vannføring resulterte i kortslutning av vannstrømmen, slik at vannet gikk over de anaerobe delene av systemet.

I periodene hvor vannstrømmen gikk som forutsatt ble det oppnådd en effektiv fjerning av nikkel. Generelt ble nikkelinnholdet redusert med over 90% med et gjennomsnitt på 0,12 mg/l nikkel i utløpet. Total fjerning i systemet, inkludert dårlige perioder, er rundt 75%. Figur 2 viser nikkelkonsentrasjoner i de enkelte bassengene. Nikkelinnholdet reduseres i alle de anaerobe bassengen, men mest fjerning skjer i basseng nummer to. Svartfarget slam samlet fra dreneringsrørene er analysert ved Titania med XRF. Prøvene inneholdt omlag 13% Ni i tørrstoff.



Figur 2:
Nikkelmålinger
fra bassengene,
Sandbekk 2000.

Kongens gruve, Røros

Kongens gruve var i drift fra 1736 og til rundt 1940. Kobber, og senere svovelkis ble utvunnet fra en massiv sulfidforekomst. Avrenning til Orva og videre til Glomma er kalkulert basert på målinger i 1998, og viser en årlig utlekking av 1,8 tonn kobber og 2,3 tonn sink, samt betydelige mengder andre metaller (Arnesen et al., 1999). I motsetning til avrenningen ved Sandbekk, er avrenning fra

Kongens gruve sur, med en pH på rundt 3.

I 1999 ble det bygget en våtmark som bestod av et kalksteinsbasseng, 4 anaerobe bassenger og en aerob lagune. Størrelsen på hver celle var 10 x 1,5 x 1,5 meter. Flere justeringer i konstruksjonen, samt forskjellige forbehandlingsmetoder av vannet, har siden blitt utprøvd for å optimalisere renseeffekten. Systemet ble også isolert for å hindre frost. Hovedmålet for systemet var

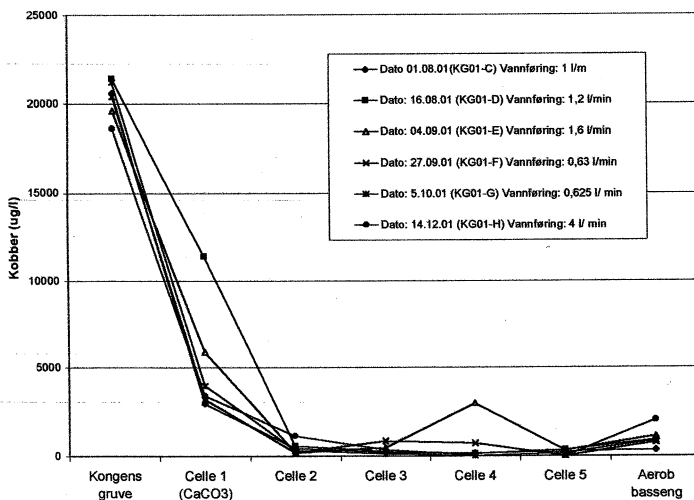
å fjernet kobber, men fjerning av andre metaller var også forventet.

Vannstrømmen i våtmarken har variert med mellom 0,5 og 30 liter/minutt. Siden oppstarten har systemet blitt analysert 27 ganger. Beste metallfjerningsresultater er funnet med en vannstrøm på rundt 4 liter/minutt, noe som tilsvarer en anaerob oppholdstid på ca 70 timer.

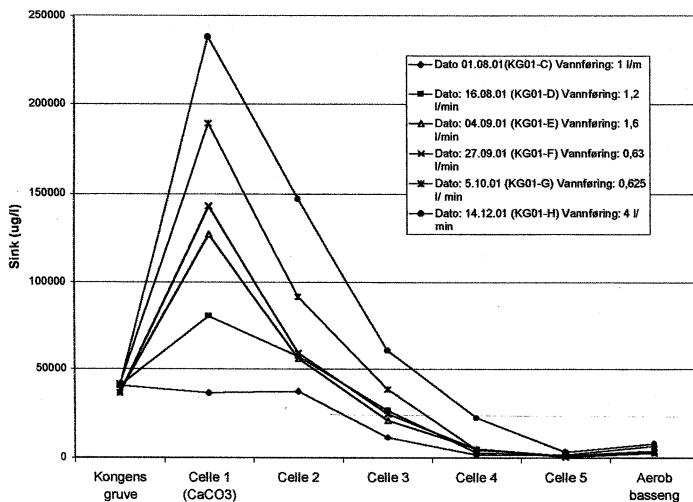
Overvåkingsdataene er varierende på grunn av mange endringer i systemet, men fjerningen av kobber har alltid vært høy. I 2001 var resultatene fjerning av 89 - 98% kobber, 89 - 94% bly, 88 - 95% kadmium, 95 - 96 % krom, og 80 - 93 % sink. Fjerning av kobber, bly og krom er effektiv både i kalksteinbassenget og i de anaerobe bassengene, mens kadmium og sink kun fjernes i de anaerobe bassengene. Fjerning av kobber og sink er vist i figur 3 og 4. Målingene viser et reduserende miljø i de anaerobe bas-

sengene, med Eh ned til 60 mV. SEM- analyser utført på bunnslam viser som forventet at partiklene inneholder sulfider av kobber og sink.

Kalksteinsbassenget skulle øke pH i vannet før det går inn i de anaerobe bassengene, men effekten har tidvis vært begrenset siden utfelling av jernhydroksid skaper skorper på kalksteinen eller tetter vannstrømningsveier. Testing av flere kalksteiner og kalkprodukter viser store variasjoner, og i noe tilfeller økt tilførsel av tungemetaller til vannet. Figur 4 viser utvasking av sink fra kalksteinbassenget. Beste resultater så langt er ved bruk av grov skjellsand. I 2001 ble skjellsand blandet med kalkstein i våtmarken, og pH i kalksteinsbassenget økte til 5, men ble redusert igjen til pH mellom 3 og 4 i de anaerobe bassengene. Likevel, selv med relativt lav pH var metallfjerningen i de anaerobe bassengene meget effektiv.



Figur 3:
Kobbermålinger i
2001 ved Kongens
gruve etter
iblanding av
skjellsand



Figur 4:
Sinkmålinger i
2001 ved
Kongens gruve
etter iblanding
av skjellsand

Konklusjoner

Erfaringer fra Sandbekk og Kongens gruve viser at gruvevann kan renses med våtmarkssystemer tilpasset kjemien til gruvevannet. Hovedmålsetningen med å fjerne nikkel fra Sandbekk og kobber fra Kongens ble oppnådd. Metoden er kostnadseffektiv og krever lite vedlikehold når riktig design er utviklet.

For at en våtmark skal rense tungmetaller fra gruvevann må et anaerobt miljø dannes. Med sur avrenning bør kalkstein benyttes for justering av pH og alkalitet. Anaerob oppholdstid i våtmarken må vurderes basert på vannkjemien og ønsket grad av rensing. Oppholdstiden er en funksjon av størrelsen på anlegget, porøsiteten og vannstrømmen. Med riktig dimensjonering og isolasjon mot frost kan en våtmark rense gruvevann hele året, kanskje bortsett fra ved store vannmengder i vårfloppen. Da er imidlertid også fortyningen i nedenforliggende

vassdrag størst, slik at den totale miljøforbedringen en våtmark vil kunne ha på et vassdrag er meget positiv.

Anaerob våtmarksteknologi for rensing av metallholdig vann kan også tilpasses andre avrenningskilder enn gruveområder. Hvis vannet inneholder nok svovel kan en våtmark behandle industrielt avløpvann eller sigevann fra deponier og forurenset grunn.

Referanser

- Arnesen, R.T., Bakken, T.H., og Iversen, E.R., 1999, Forurensningstransport i Nordgruvefeltet, Røros, NIVA rapport O-99095, 36 sider.
- Ettner, D.C., 1999, Pilot scale constructed wetland for the removal of nickel from tailings drainage, Southern Norway, International Mine Water Association '99 Congress, Seville Spain, V. I, sider 207 – 211.

Ettner, D.C., 2001, Passive treatment of acid mine drainage, pilot scale treatment at Kongens Mine, Røros, Norway, State-of-the-art of new remediation technologies – experiences in the Nordic countries, NordSoil Conference abstracts, april 23 - 24, Oslo.

Moshiri, G.A. (ed.), 1993, *Constructed wetlands for wastewater treatment, municipal, industrial, and agricultural*, Lewis, Chelsea, Michigan, 831 sider.

Younger, P.L., 1997, *Minewater treatment using wetlands*, *Proceedings of a CIWEM National Conference held 5th September 1997*, University of Newcastle, the chartered institution of water and the environment (CIWEM), 189 sider.

Takk til Bergvesenet og Titania for støtte til prosjektene.

For spørsmål, kontakt ettner@gem-consulting.no