



RAPPORT LNR 5547-2008

Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde i Meldal kommune

Undersøkelser i perioden 1.9.2006-
31.8.2007



Gammelgruva

Foto: Eigil Iversen, NIVA

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 2218 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

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

Tittel Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde, Meldal kommune Undersøkelser i perioden 1.9.2006-31.8.2007	Løpenr. (for bestilling) 5547-2008	Dato 4. februar 2008
	Prosjektnr. Undernr. O-26310	Sider 54
Forfatter(e) Iversen, Eigil Rune	Fagområde Miljøgifter	Åpen
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket CopyCat

Oppdragsgiver(e) Bergvesenet	Oppdragsreferanse Best.nr. 21/06
---------------------------------	-------------------------------------

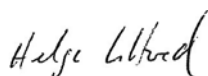
Sammendrag

Forurensningstilstanden i Løkken gruveområde har vært fulgt opp etter at tiltaksplanen til Løkken Gruber fikk sin fulle virkning i 1992. Etter en forverring av tilstanden i 2002-2004 ble det iverksatt et mer omfattende program sommeren 2005 for å bedre beslutningsgrunnlaget for mulige tiltak. En flytting av innløpet for inngående vann til gruva til Gammelsjaktå høsten 2005 førte til en midlertidig forbedring. Resultatene fram til høsten 2007 tyder på en gradvis forverring av forurensningstilstanden igjen ved at eksisterende tiltak er i ferd med å miste mye av sin effekt. Dette har medført en økt metallbelastning på Raubekken og Orkla i 2007. De økte tilførslene til Orkla har ennå ikke medført økte tungmetallkonsentrasjoner i Orkla fordi fortynningsforholdene har vært gode. Vannkvaliteten i Orkla var derfor fortsatt tilfredsstillende sett i forhold til målet for kobberkonsentrasjon som har vært lagt til grunn. Det vil likevel være nødvendig å forberede nye tiltak i gruveområdet for å sikre vannkvaliteten i Orkla på lengre sikt. Samlet utslipp fra Løkken gruveområde til Orkla i det hydrologiske året 2006-2007 var 22 tonn kobber og 59 tonn sink.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kisgruve 2. Gruvevann 3. Tungmetaller 4. Løkken Verk 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pyrite Mining 2. Acid Mine Drainage 3. Heavy Metals 4. Løkken Mines, Norway
---	--



Eigil Rune Iversen
Prosjektleder



Helge Liltved
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

O-26310

**Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde i
Meldal kommune**

Undersøkelser i perioden 1.9.2006-31.8.2007

Forord

Undersøkelsene i Løkken gruveområde i 2006-2007 er finansiert av Bergvesenet og er en kontinuerlig fortsettelse av et utvidet kontrollprogram som ble startet sommeren 2005. Vår kontaktperson har vært Steinar Nilssen.

NIVAs instrumentsentral ved Arne Veidel og Morten Willbergh har vært ansvarlig for montasje og drift av målestasjonene for vannføring.

Vi vil takke Orkla Industrimuseum og Meldal kommune for all assistanse under driften av målestasjonene og for den rutinemessige prøvetaking. Vi vil også takke Kraftverkene i Orkla som har hatt ansvaret for prøvetakingen i Raubekken og i Orkla.

Oslo, 4.februar 2008

Egil Rune Iversen

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	8
2. Undersøkelsesopplegg	9
2.1 Stasjonsvalg	9
2.2 Prøvetaking og analyse	9
3. Resultater	11
3.1 Hydrologi og klima	11
3.2 Vannkvalitet på Løkkensiden	12
3.2.1 Stasjon A. Stallgata pumpestasjon	12
3.2.2 Stasjon B. Drensrør fra Nordre berghald	13
3.2.3 Stasjon C. Grøft i Gammelgruva	14
3.3 Vannkvalitet på Bjørnlivatnsiden	16
3.3.1 Avløp fra Wallenberg pumpestasjon – Wallenberg sjakt	16
3.3.2 Utløp Fagerlivatn	22
3.3.3 Utløp Bjørnlivatn	22
3.4 Vassdragsstasjoner	25
3.4.1 Raubekken ved inntak kraftverk	25
3.4.2 Orkla ved Vormstad	27
4. Massebalanse	29
4.1 Vannbalanser	29
4.1.1 Bjørnlivatn – Raubekken	29
4.1.2 Vannbalanse på Wallenberg gruve	30
4.2 Materialbalanse på Wallenberg gruve	35
4.3 Forurensningstransport ved hovedkildene	39
5. Samlet vurdering	41
6. Referanser	43
Vedlegg A. Fysisk/kjemiske analyseresultater	44

Sammendrag

Tiltaksplanen til Løkken Gruber fra 1991 fikk sin virkning fra april 1992 da det ble utslipp fra Wallenberg pumpe-stasjon. Hensikten med tiltaket har vært å utnytte den vannfylte gruvas kapasitet til å felle ut tungmetaller. Sideberget i gruva og områder som er tilbakefylt med gråberg bidrar til å heve pH-verdien i inngående vann slik at treverdige jern felles ut. Fellingen tar også med seg en del andre metaller. Når pH-verdien stiger, skjer det også en utfelling av kobberioner på kisflater i gruva. Tiltaket har som konsekvens at jernet som går ut av gruva er i toverdige form. Virkningsgraden til tiltaket er avhengig av at gruva har evne til å heve pH-verdien.

Tiltaket har vært fulgt med et løpende rutineprogram som ble forsterket i 2002 da en første gang merket store endringer i vannkvaliteten til utgående vann. En kunne påvise allerede omkring 1995 at jernmengdene ut av gruva økte, noe som var en påminnelse om at tiltaket ikke er endelig. I 2005 ble det startet et mer omfattende kontrollprogram for å avklare situasjonen bedre og for å skaffe grunnlag for nye tiltaksvurderinger.

En fikk problemer med innløpet i gruva i 2004 ved at det gikk tett. Høsten 2005 ble innløpet forlenget fram til Gammelsjakta. Tiltaket førte til en forbedret vannkvalitet ut av gruva i 2006. I løpet av siste undersøkelsesperiode i 2006-2007 falt pH-verdiene igjen, noe som medførte en betydelig økning i konsentrasjonene til spesielt kobber og aluminium. En ser at når pH-verdien faller ned mot pH 3, fører dette til kraftig økte kobber- og aluminiumkonsentrasjoner. Situasjonen viser at tiltaksplanen fra 1991 viser tydelige tegn på å svikte. Gruva har store problemer med å heve pH-verdien tilstrekkelig når belastningen av dreinsvann fra Løkken-siden blir stor. Utfellingen av kobber stopper opp og når økende mengder treverdige jern ikke lenger felles ut, vil jernionene angripe kisflatene og føre til mer utløsning av toverdige jern og andre metaller. Man er inne i en ond sirkel. En blir derfor nødt til å planlegge for nye tiltak på Løkken for å unngå at belastningen på Orkla blir for stor.

Utslippene av jern fra Wallenberg pumpe-stasjon er tredoblet siden 1995. Dette er godt synlig i Fagerlivatn og Bjørnlivatn. Når toverdige jern oksideres til treverdige og felles ut i vannmassene, skjer dette under utvikling av syre. pH-verdien i Bjørnlivatn har falt fra omkring 6-7 til ca 3 siden slutten av 1990-tallet. Dette har en sekundær effekt ved at det løses ut metaller fra sedimenter og gruveavfall i de to innsjøene.

Orkla har fått en økt metallbelastning ved at tilførselene fra Bjørnlivatn til Raubekken har økt. På grunn av gode fortynningsforhold i vassdraget har forholdene ennå ikke hatt noen konsekvenser for metallnivåene i Orkla.

Når det gjelder tilførsler av dreinsvann til gruva er største kilde lokalisert til dreinsvannet som går i grøfta i Gammelgruva. Denne avrenningen kommer trolig for en stor del fra jernmalmtippen som er deponert over dagbruddsområdet i Gammelgruva. Nordre berghald er også en stor kilde. Store deler av avrenningen fra tippen går utenom dreneringssystemet. Nordre berghald er trolig største kobberkilde til Raubekken i dag. Den gamle slamdammen nede på Løkken er største sinkkilde, noe som ble kartlagt av undersøkelsene i 1989.

Dersom en stopper Wallenberg pumpe-stasjon i dag og tar ut gruvevannet på Løkken-siden, ville dette føre til mer enn en fordobling av kobbertilførselene til Orkla. Man er derfor fortsatt avhengig av et tiltak som virker på Løkken. Dersom man planlegger et tiltak som tar sikte på å stoppe Wallenberg pumpe-stasjon, innebærer dette at virkningsgraden på tiltaket må være høy.

For det hydrologiske året 2006-2007 har en beregnet følgende nøkkeltall for metalltransporten i Løkken gruveområde:

Kilde	SO ₄ Tonn/år	Fe Tonn/år	Cu Tonn/år	Zn Tonn/år	Cd Kg/år	Al Tonn/år
Tilførsler til Wallenberg gr.	2427	491	34,8	28,6	108,1	101,0
Ut av Wallenberg pst.	1127	98	5,1	13,0	38,8	19,2
Ut av Bjørnlivatn	1996	11	4,9	17,7	49,1	13,4
Transport i Raubekken	5717	125	22	59	138	70
Differanse (=Løkkensiden)	3721	114	17	41	89	57

Etter 1989 har en bortsett fra i tre årsperioder datagrunnlag for å beregne samlet transport fra Løkken gruveområde til Orkla. Utviklingen har vært som følgende:

Hyd.år	SO ₄ Tonn	Al Tonn	Fe Tonn	Cu Tonn	Zn Tonn	Cd Kg
1989-1990	3040		383	40,4	65,8	130
1990-1991	4480		478	39,1	72,7	199
1991-1992	4195		434	37,6	72,3	190
1992-1993	4490	65,6	229	22,2	76,7	173
1993-1994	2761	29,4	133	11,8	43,8	82,3
1994-1995	3764	39,4	166	16,2	54,0	116
1995-1996	2431	29,1	112	9,1	33,2	73,3
1996-1997	4517	54,6	180	23,5	63,9	156
1997-1998	3484	36,7	117	12,6	42,7	101
1998-1999	3554	46,5	158	14,2	43,1	93,7
1999-2000	3707	40,2	126	14,4	44,7	95,6
2003-2004	3520	48,2	101	14,2	39,4	87,1
2004-2005	7156	126,5	192	36,7	90,7	273
2005-2006	4088	69,0	130	18,4	46,3	119
2006-2007	5717	70,2	125	21,9	58,8	138

Metalltransporten fra Løkken gruveområde økte en del siste år, delvis pga naturlige årsaker som følge av økt nedbør og derav økt utvasking fra gruveavfall i dagen på Løkken-siden, men også som følge av økte tilførsler fra Bjørnlivatn-siden.

Når det gjelder vannbalansen på gruva, kunne en i året 2006-2007 gjøre rede for ca 60 % av inngående vannmengder til gruva. Av de 630.000 m³ som ble pumpet ut av gruva gjennom Wallenberg pst. kom 23 % via drensøret fra Nordre berghald, 13 % fra Stallgata pst, 17 % fra grøfta i Gammelgruva og 6 % fra Astrup gruve. De resterende vannmengder blir hovedsakelig tilført gruva gjennom rasområdet i Fagerliåsen, via Fearnley sjakt, gjennom Gammelsjakta og som naturlige tilførsler gjennom berggrunnen.

Resultatene fra undersøkelsene siste år gir fortsatt ikke holdepunkter for å endre noen av konklusjonene fra tidligere undersøkelser der en har drøftet årsaker og virkninger til de prosesser som finner sted i den vannfylte gruva og som også er grunnlaget for tiltaksplanen fra 1991.

Summary

Title: Loadings of Heavy Metals in the Løkken Mining Area, Norway in 2007.

Year: 2007

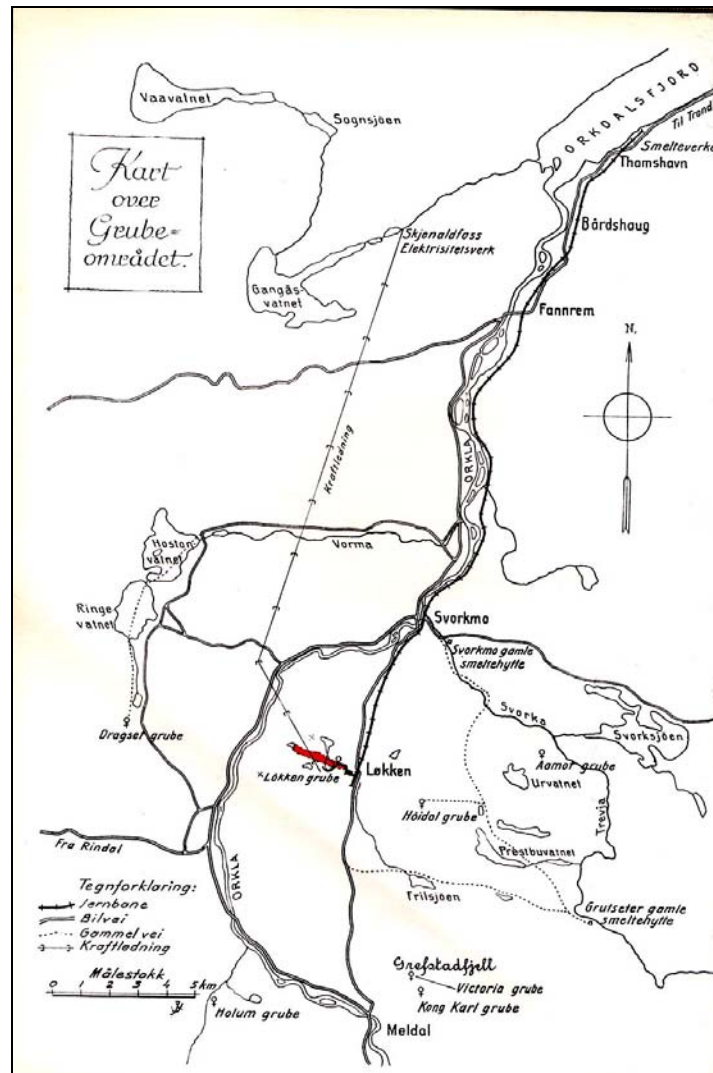
Author: Eigil Rune Iversen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5282-8

The abandoned Loekken pyrite mine in Meldal municipality has for long time been the most polluting pyrite mine in Norway. During the operational period the mine water was the main source of pollution. Different mitigative measures were carried out between 1972 and 1992. Flooding the 450 m deep mine in the period from 1983 to 1992 and pumping acid drainage from the dumps through the flooded mine led to a 95 % reduction of the copper run-off from the area. The initial pH of the mine water was about 2.3. After flooding the pH raised to 5.5-6. In 2002-2005 pH in the outcoming water dropped from 6 to below 3 in periods. Elevated concentrations of copper, zinc, aluminium and ferrous iron were observed as well. At the end of 2005 the acid drainage was diverted to an alternative shaft. This led to a positive effect in the following year. However, in 2007 the pH in the outcoming water dropped to about pH 3 again causing a substantial raise in the copper and aluminium concentrations. Since 1995 the loadings of ferrous iron from the mine has tripled. Studies carried out in the period 2005-2007 show that the acid drainage from the dumps is moving through the two upper levels of the mine. Consequently, the retention time is in the range of one year. The theoretical retention time in the flooded mine is about 8 years. At the outlet of 2007 it is obvious the flooded mine has lost its capacity of neutralising incoming water. Ferric iron in the incoming water is oxydising pyrite surfaces in the mine causing increasing concentrations of ferrous iron in outgoing water. Copper concentrations are increasing as well due to oxidation. In addition, the adsorption effect of copper ions on pyrite surfaces in the flooded mine is increasing due to falling pH-values below 3.

1. Innledning

Forurensningsproblemene på Løkken tiltok sterkt for omkring 100 år siden og kort tid etter at stor-driften på kis startet. De første miljøundersøkelser ble startet allerede på 1920-tallet i regi av gruve-selskapet. I tiden etter har gruveområdet og Orklavassdraget vært under kontinuerlig overvåking av gruveselskapet fram til 1995, innenfor det statlige program for forurensningsovervåking av Orkla i perioden 1980-2000 og for tiden av Bergvesenet som har tilsyn med virkningene av de siste tiltakene. I forbindelse med at gruvedriften ble nedlagt i 1987, ble det gjennomført flere forurensningsbegrensende tiltak. Det viktigste var å ta i bruk den vannfylte Wallenberg gruve som et ”rensaneanlegg” for forurenset dreinsvann fra bergveltene på Løkkensiden. Etter at dette tiltaket viste de første tegn på å svikte i 2002, ble det startet et mer omfattende undersøkelsesprogram sommeren 2005. Den foreliggende rapporten gir en beskrivelse av undersøkelser som er utført i det hydrologiske året 2006-2007. I den foregående rapporten fra dette programmet (Iversen, 2006) og i en konsekvensutredning foretatt av Bergvesenet (2007) er det gitt en mer utførlig beskrivelse av den historiske utvikling og av forurensningsproblematikken i gruveområdet. Figur 1 viser på en kartskisse beliggenheten til Løkken gruveområde i nedre del av Orklavassdraget.



Figur 1. Beliggenheten til Løkken gruveområde i Orklavassdraget (fra Løkken Verk 1654-1954. En norsk grube gjennom 300 år. Orkla Grube- Aktiebolag, 1954).

2. Undersøkelsesopplegg

2.1 Stasjonsvalg

I tabell 1 er gitt en oversikt over prøvetakingsstasjoner som er benyttet under feltundersøkelsen

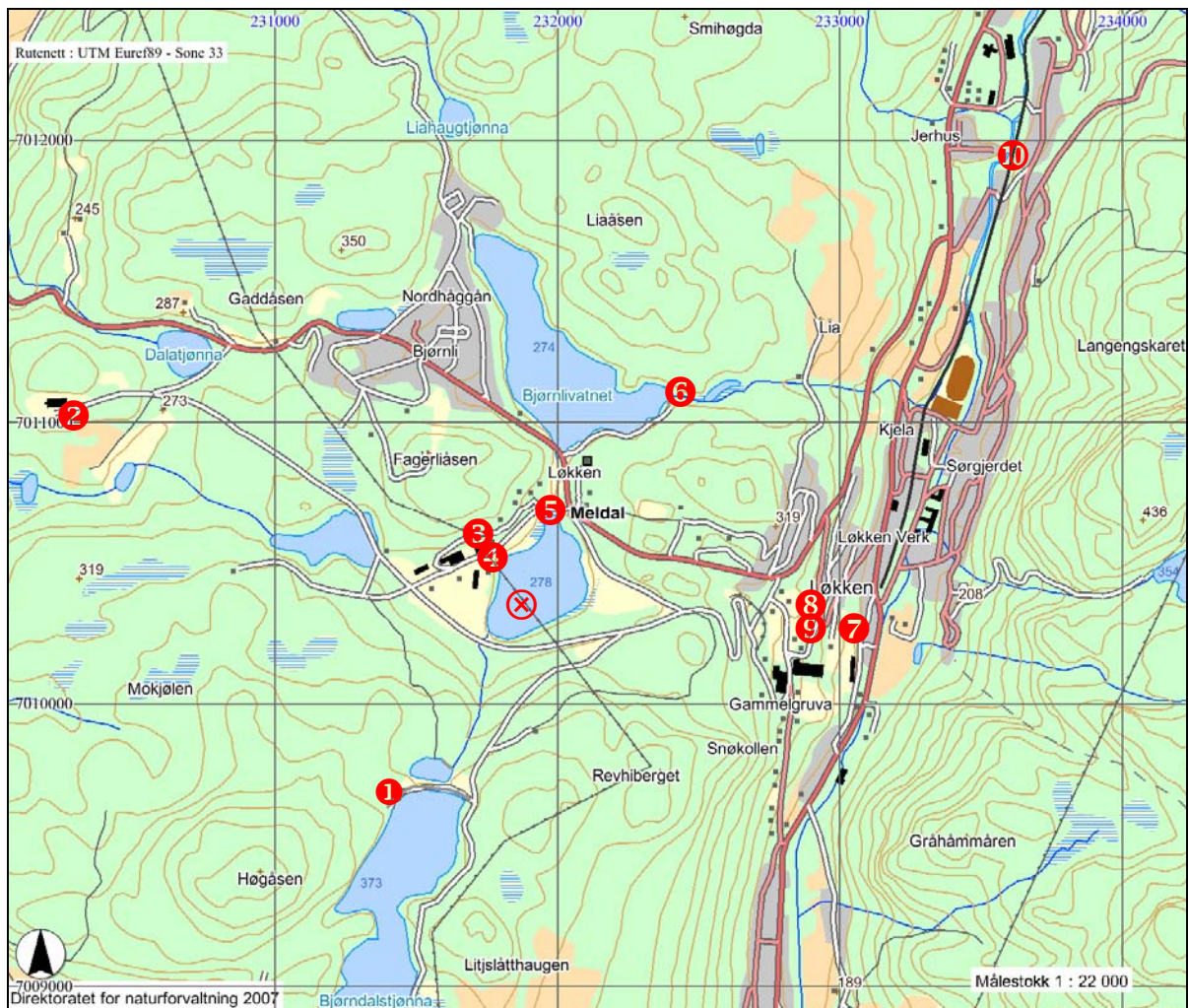
Tabell 1. Prøvetakingsstasjoner for feltundersøkelsen i 2006-2007

Stasjon	Opplegg
A. Stallgata pumpe-stasjon	Stikkprøve i pumpe-stasjonen 1 x mnd. Manuell registrering av vannmengde ved hver prøvetaking
B. Drensrør fra Nordre berg-hald	Stikkprøve av utløpet av røret ved synken i Gammelgruva 1 x mnd. Kontinuerlig registrering av vannmengde.
C. Grøft i Gammelgruva (sig fra tipp med magnetittmalm)	Stikkprøve i grøfta 1 x mnd. Kontinuerlig registrering av vannmengde.
Wallenberg pumpe-stasjon	Månedlig stikkprøve som tidligere. Registrering av vannmengder ved hver prøvetaking.
Utløp Bjørnlivatn	Månedlig stikkprøve ved utløpet under gammel steindam. Kontinuerlig registrering av vannmengde.
Wallenberg sjakt	Kontroll av vannkvalitet ved hovednivåene 2 x i året (nivåene under 200 kun 1 x i året) Manuell prøvetaking av NIVA ved befaringer.
Utløp Fagerlivatn	Stikkprøvetaking hver måned for kontroll av vannkvalitet (pH).
Raubekken ved inntak kraftverk	Månedlig stikkprøve, manuell avlesning av vannstandsmerke av KVO. Kontinuerlig vannstandslogging. Analyse som tidligere
Orkla ved Vormstad	Månedlig prøvetaking og analyse som tidligere
Gruvevann fra nivå 311, pumpe-ump Astrup	Prøver tas av NAD. Utpumpet vannmengde (ukemengde) journalføres av NAD.

Ved stasjonene B, C, utløp Bjørnlivatn og i Raubekken måles vannføring kontinuerlig. Ved stasjonene, A, Wallenberg pumpe-stasjon og Astrup pumpe-stasjon nivå 311 er innhentet data for utpumpet mengde som er registrert ved pumpe-stasjonene. Alle prøvetakingsstasjonene er markert på figur 2 som viser et kartutsnitt over området.

2.2 Prøvetaking og analyse

Alle prøver er tatt som stikkprøver. Meldal kommune har hatt ansvaret for prøvetakinger ved Wallenberg pumpe-stasjon, utløp Bjørnlivatn og ved Stallgata pumpe-stasjon. Orkla Industrimuseum har tatt prøvene i Gammelgruva ved stasjonene B og C. Kraftverkene i Orkla har tatt prøvene i Raubekken og i Orkla ved Vormstad. Prøvene er tatt på prøvetakingsflasker utsendt av NIVA. Prøvetakingen i Wallenberg sjakt ble utført av NIVA. Alle analyser er utført av NIVA. Det er benyttet samme analyseteknikk (ICP) for analyse av drensvann i alle år etter 1992. Tungmetallanalysene i Orkla er utført vha ICPMS-teknikk.



Figur 2. Kart over gruveområdet med markering av prøvetakingsstasjoner i perioden 2005-2007:

- | | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| 1: Overløp Bjønndalsdammen | 6: Utløp Bjørnlivatn |
| 2: Astrup pumpestasjon | 7: A. Stallgata pumpestasjon |
| 3: Wallenberg sjakt | 8: B. Drensrør fra Nordre berghald |
| 4: Avløp Wallenberg pumpestasjon | 9: C. Grøft i Gammelgruva |
| 5: Utløp Fagerlivatn | 10: Raubekken ved inntak kraftverk |
| ⊗ Fagerlivatn ved største dyp | |

3. Resultater

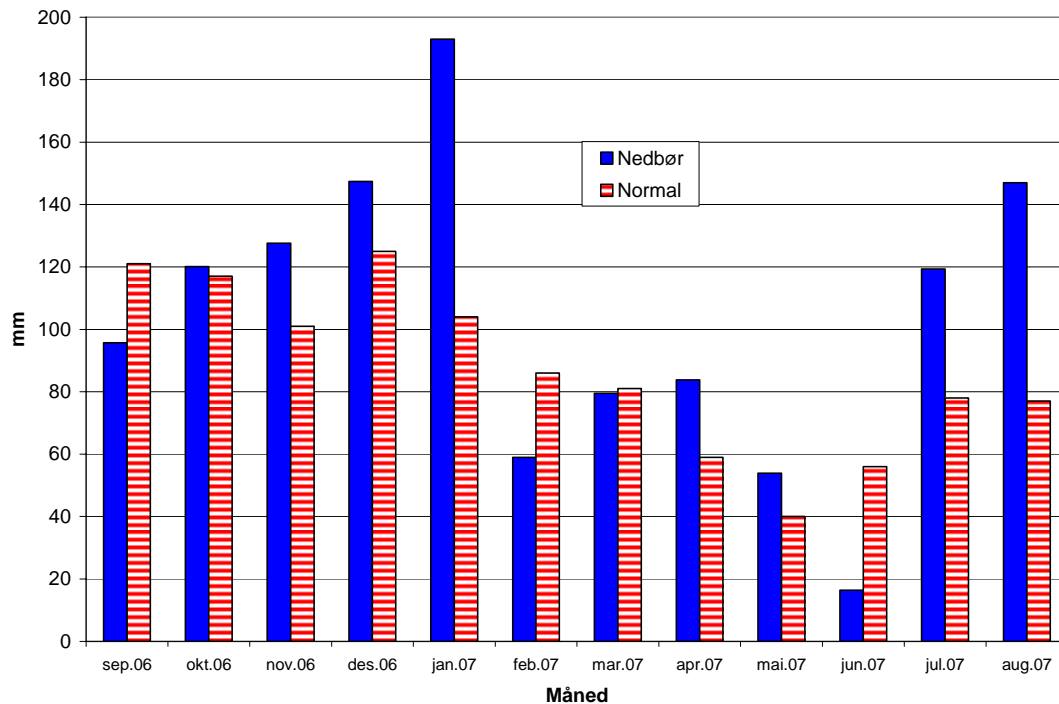
3.1 Hydrologi og klima

En av målsettingene med prosjektet er å beregne vannbalansen på gruva. Vannføringsmålingene benyttes også for å beregne forurensningstransporten. Det er laget et budsjett for inngående og utgående stoffmengder til gruva. Likeledes er det laget et budsjett for de to hovednedbørfelter og for totaltransporten i Raubekken. I tabell 2 er gitt en oversikt over hydrologiske data for de viktigste nedbørfeltene.

Tabell 2. Noen hydrologiske data for nedbørfeltene (Øren et al 1990).

Nedbørfelt		Areal km ²	Avrennings- koeffisient l/s km ²	Midlere vannføring l/s
Raubekken		37,88	26	980
Bjørnlibekken	Utl. Bjønndalsdammen	0,71	25	18
”	Utløp Fagerlivatn	2,19	25	55
”	Bjørnlivatn	0,97	25	
Sum utløp Bjørnlivatn		3,87	25	97
Velteområdet på Løkkensiden		0,385	25	10

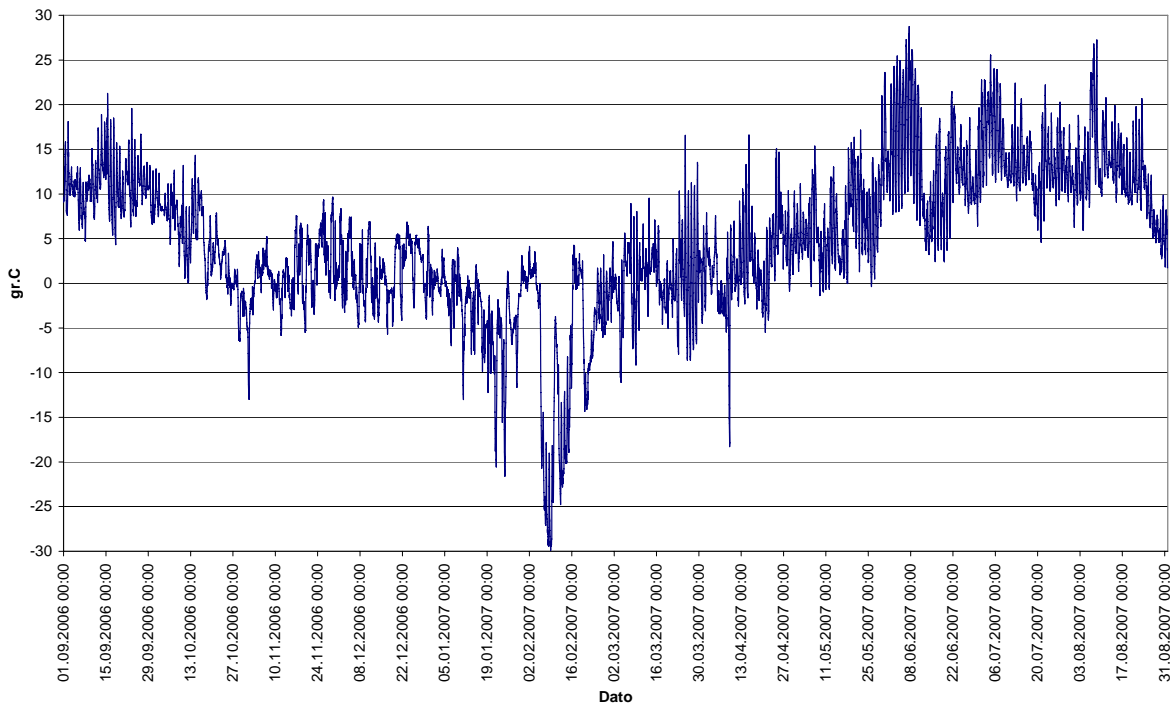
Temperatur og nedbør har stor betydning for vannbalansen på gruva. I dette området viser avrenningskoeffisientene store lokale variasjoner (NVE, 1987). I denne undersøkelsen vil ta med nedbørdata for den nærmeste meteorologiske stasjonen til Det norske meteorologiske institutt (DNMI), 66210 Hoston. Figur 3 viser månedlige nedbørhøyder og normaler for perioden 2006-2007.



Figur 3. Månedlige nedbørhøyder og normaler ved DNMI 66210 Hoston i 2006-2007.

En ser at det falt mye nedbør i månedene november og desember 2006 og i januar, juli og august 2007. I det hydrologiske året 2006-2007 falt det 119 % nedbør i forhold til et normalår.

Ved målestasjonen under dammen på Bjørnlivatn er det utplassert en temperaturmonitor for lufttemperatur. Figur 4 viser observasjonsmaterialet som foreligger for måleperioden. En ser at det var lange perioder med temperaturer over 0 i perioden november-desember 2006. Da det også falt mye nedbør i dette tidsrommet, innebar dette at mye nedbør falt som regn. Det var også perioder med temperaturer over 0 i nedbørrike januar måned 2007.



Figur 4. Lufttemperatur ved Bjørnlivatn i 2006-2007.

3.2 Vannkvalitet på Løkkensiden

3.2.1 Stasjon A. Stallgata pumpestasjon

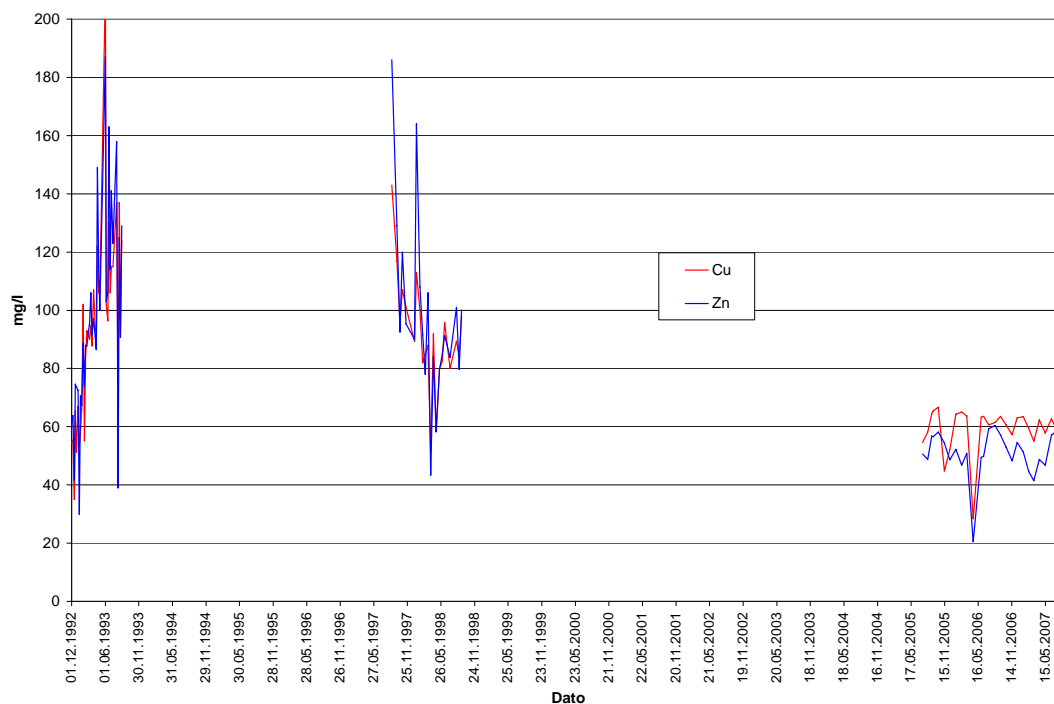
Analyseresultatene for prøver som er tatt i 2006-2007 er samlet i tabell 18 i vedlegg A bak i rapporten. I tabell 3 er gjort en sammenligning mellom de årlige middelverdiene for de fire måleperiodene som er gjennomført etter at tiltaksplanen ble satt i drift.

Tabell 3. Årlige middelverdier for hydrologiske år for prøver fra Stallgata pst.

Hyd. år	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Al mg/l	Si mg/l
1992-1993	2,53	466	4783	343	172	818	93,3	97,2	0,369	8,90	0,55	2,48	201	58,1
1997-1998	2,50	493	4566	374	141	738	80,7	81,8	0,338	7,49	0,51	2,46	170	49,0
2005-2006	2,53	469	4221	337	134	622	58,8	51,1	0,208	7,45	0,51	2,03	156	53,7
2006-2007	2,55	486	4452	356	139	623	59,8	50,5	0,203	7,62	0,52	2,03	157	58,2

pH-verdiene synes å være forholdsvis stabile, men tungmetallverdiene er lavere i de to siste måleperioder enn i de to foregående. Mye tyder på at omfanget av forvittringsprosessene i

gruveavfallet på Løkkensiden er avtakende. Av andre forhold som kan ha betydning kan nevnes at overdekkingsarbeidene som ble gjort av Løkken Gruber kan ha ført til en langsiktig positiv effekt. Det har i årenes løp også etablert seg mer vegetasjon i gruveområdet, særlig på Nordre berghald. Dette kan ha bidratt til mindre utvasking fra avfallet. En legger også merke til at metallkonsentrasjonene varierer betydelig mindre enn før (se figur 5 under).



Figur 5. Kobber- og sinkobservasjoner ved Stallgata pumpestasjon i perioden 1992-2007.

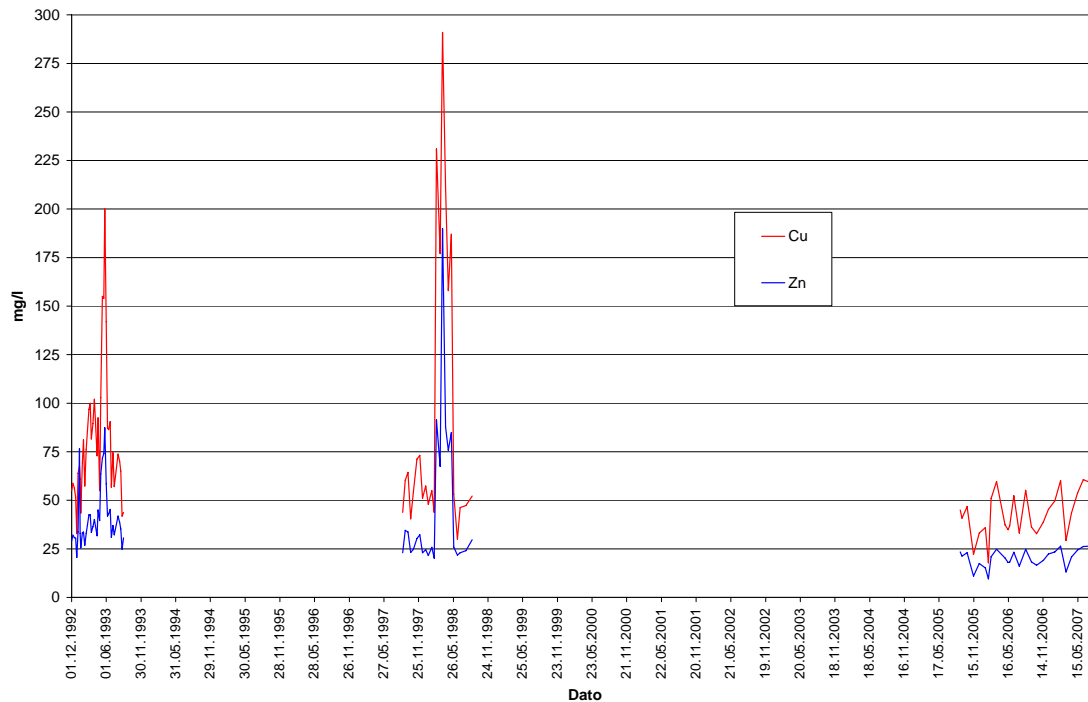
3.2.2 Stasjon B. Drensrør fra Nordre berghald

Analyseresultater for prøver som er tatt i 2006-2007 er samlet i tabell 19 bakerst i rapporten i vedlegg A. I tabell 4 er beregnet årlige middelverdier for de fire undersøkelsesperiodene som er gjennomført.

Tabell 4. Årlige middelverdier for hydrologiske år for prøver av drensvann fra Nordre berghald.

Hyd. år	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Al mg/l	Si mg/l
1992-1993	2,38	539,8	6663	203	196,1	1740	80,3	40,6	0,185	6,42	0,39	3,07	238	32,2
1997-1998	2,36	612,7	7817	183	216,8	2049	93,3	45,1	0,255	5,98	0,33	3,98	259	29,0
2005-2006	2,44	422,2	3901	144	95,8	893	40,1	19,2	0,075	3,61	0,22	1,70	116	26,8
2006-2007	2,43	467,4	4566	160	110,0	1043	45,4	21,3	0,079	4,04	0,24	1,92	131	30,6

Som for drensvannet fra Stallgata pumpestasjon har det vært beskjedne endringer i pH-verdiene siden 1992. Metallkonsentrasjonene er av størrelsesorden halvert siden 1992. Dette gjelder særlig jern, kobber, sink og kadmium. En tilsvarende reduksjon i sulfatkonsentrasjonene tyder på en redusert forvittringsaktivitet i tippen. En forklaring på dette kan være en positiv effekt av overdekkingen som ble gjort på 1970-tallet og at det har etablert seg mye mer vegetasjon på overflaten de siste 15-20 år. En ser bl.a. at kobber- og sinkkonsentrasjonene varierer betydelig mindre i løpet av året i de to siste måleperiodene (2005-2007) enn i de to foregående. Dette kan ha sammenheng med endringer i dekkingsgraden som forårsaker mindre støtbelastninger.



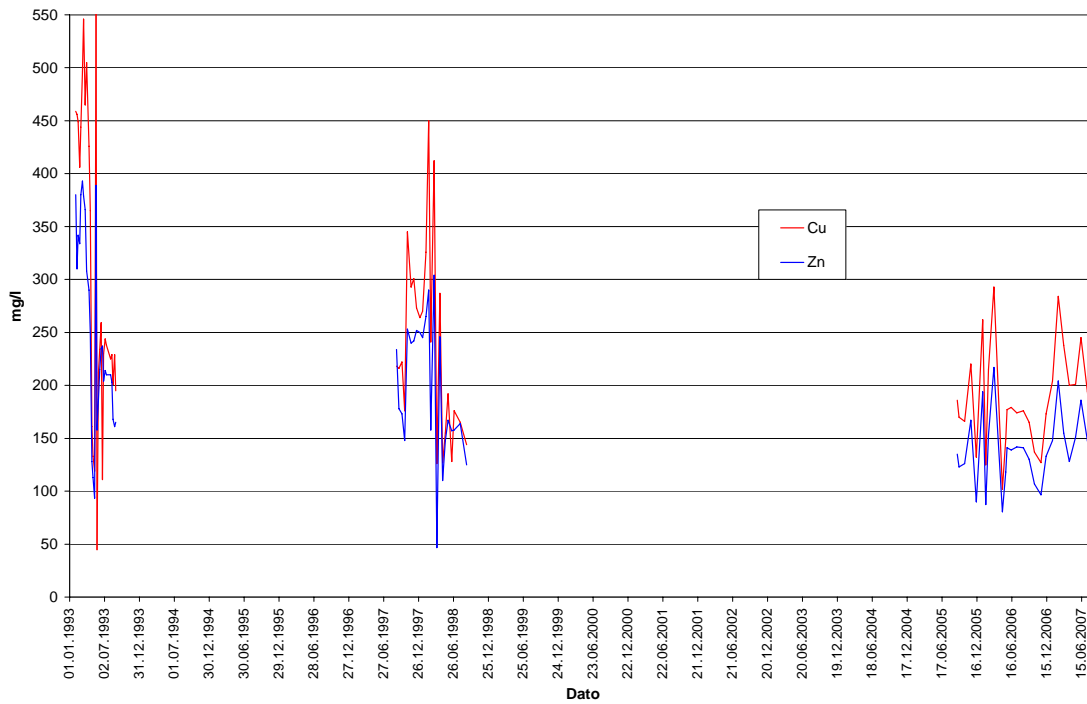
Figur 6. Kobber- og sinkobservasjoner ved utløp av drensrør fra Nordre berghald 1992-2007.

3.2.3 Stasjon C. Grøft i Gammelgruva

Resultatene for 2006-2007 er samlet i tabell 20 i vedlegg A bak i rapporten. Tabell 5 gir en oversikt over beregnede årsmiddelverdier for de fire undersøkelsesperiodene som er gjennomført. Resultatene for de to siste periodene viser samme trend som for de to andre stasjonene, men i litt mindre grad. Konsentrasjonsvariasjonene i løpet av året (Cu og Zn, figur 7) er noe større enn for to andre stasjonene. Det kan se ut som om lekkasjen av forvittringsprodukter fra tippene over grøfta i Gammelgruva er avtakende.

Tabell 5. Årlige middelverdier for hydrologiske år for prøver fra grøft i Gammelgruva.

Hyd. år	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Al mg/l	Si mg/l
1992-1993	2,45	915,5	17108	348	706	4119	309	252	0,880	20,1	1,19	9,79	807	38,6
1997-1998	2,47	928,4	14964	311	668	3068	239	198	0,766	18,0	1,17	9,26	753	37,2
2005-2006	2,51	839,5	12169	299	558	2390	182	137	0,529	17,9	1,13	8,15	572	37,4
2006-2007	2,53	892,4	13703	295	607	2597	192	141	0,541	19,0	1,20	8,56	624	37,4



Figur 7. Kobber- og sinkobservasjoner i drengroft i Gammelgruva i perioden 1992-2007.

3.3 Vannkvalitet på Bjørnlivatnsiden

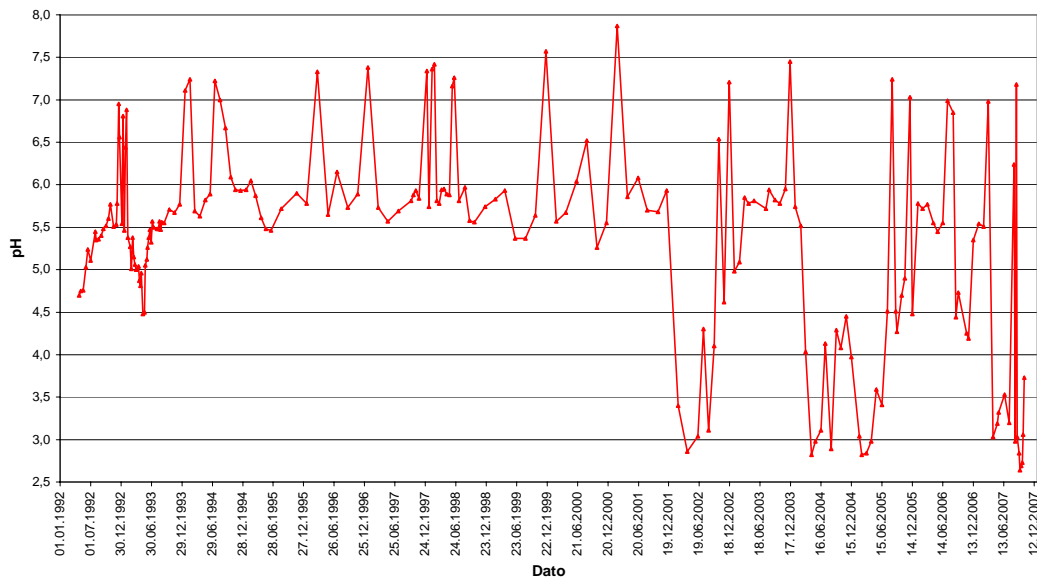
3.3.1 Avløp fra Wallenberg pumpestasjon – Wallenberg sjakt

I 1984 startet tiltaket med å fylle Wallenberg gruve med vann vha naturlig tilsig. Oppfyllingen ble fulgt opp med peiling av vannstand og prøvetaking i sjakten i 1986. Den 9.april 1992 var nivået kommet så høyt at en kunne starte pumpestasjonen i Wallenberg sjakt. Vannkvaliteten til utgående vann har vært fulgt regelmessig i alle år etterpå. Til å begynne med ble det tatt hyppige prøver. Da en etter en tid vurderte vannkvaliteten som stabil, fortsatte med en prøve hver 2. måned. I 2002 endret vannkvaliteten seg brått med et betydelig fall i pH-verdiene. Fra våren 2002 ble prøvetakingsfrekvensen igjen økt til månedlig, et opplegg som fortsatt gjennomføres. Resultatene fra siste års prøvetaking er samlet i tabell 23 i vedlegg A bak i rapporten. Tabell 6 gir en oversikt over beregnede tidsveiede årsmiddelverdier for hydrologiske år.

Tabell 6. Wallenberg pumpestasjon. Tidsveiede årsmiddelverdier hydrologiske år.

År	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Pb mg/l	Volum m ³
1992-1993	5,47	304,5	2210	436,7	258,6	3,73	101,4	3,78	24,3	0,049	7,71	0,18	0,78	14,3		582048
1993-1994	6,18	253,2	1664	402,0	188,3	3,72	68,3	1,92	14,4	0,023	7,76	0,09	0,51	12,7		458600
1994-1995	5,85	289,8	1859	454,3	186,6	3,50	79,8	2,79	17,8	0,070	8,90	0,12	0,68	13,8		631492
1995-1996	6,14	231,5	1313	367,3	141,9	2,97	63,2	1,52	12,4	0,017	6,06	0,12	0,30	11,5		513821
1996-1997	5,98	248,5	1628	397,2	162,4	4,90	85,9	1,83	14,1	0,015	6,38	0,14	0,55	13,4		550965
1997-1998	6,56	232,2	1507	362,4	155,7	4,16	90,7	1,62	14,3	0,026	5,84	0,12	0,58	12,4		681638
1998-1999	5,63	298,3	2055	458,8	195,8	5,07	149,5	1,59	19,8	0,032	6,55	1,23	0,74	12,7		481092
1999-2000	6,15	232,0	1561	355,4	147,6	3,40	97,6	1,08	12,2	0,022	4,58	0,11	0,53	12,3		676796
2000-2001	6,04	272,7	1903	402,6	187,0	1,91	109,3	0,86	12,4	0,016	4,78	0,11	0,54	12,7		363598
2001-2002	4,16	332,6	2408	426,2	196,3	33,3	197,9	7,71	27,8	0,053	6,57	0,20	0,92	20,2	0,042	685408
2002-2003	5,60	280,3	1798	400,2	174,9	10,4	126,1	1,36	14,8	0,024	4,92	0,14	0,61	15,3	0,011	381328
2003-2004	4,79	283,0	1928	368,9	156,3	23,2	148,3	4,86	19,4	0,046	4,75	0,16	0,72	17,4	0,020	623033
2004-2005	3,73	325,2	2420	373,5	162,3	45,6	226,4	9,54	31,2	0,084	5,40	0,21	1,01	23,1	0,041	618505
2005-2006	5,50	239,9	1546	345,4	133,2	10,9	115,8	1,63	12,9	0,026	3,59	0,17	0,55	14,1	0,011	599112
2006-2007	4,47	278,0	2020	357,0	133,2	34,8	179,0	7,99	23,1	0,070	4,05	0,17	0,77	21,4	0,039	631096

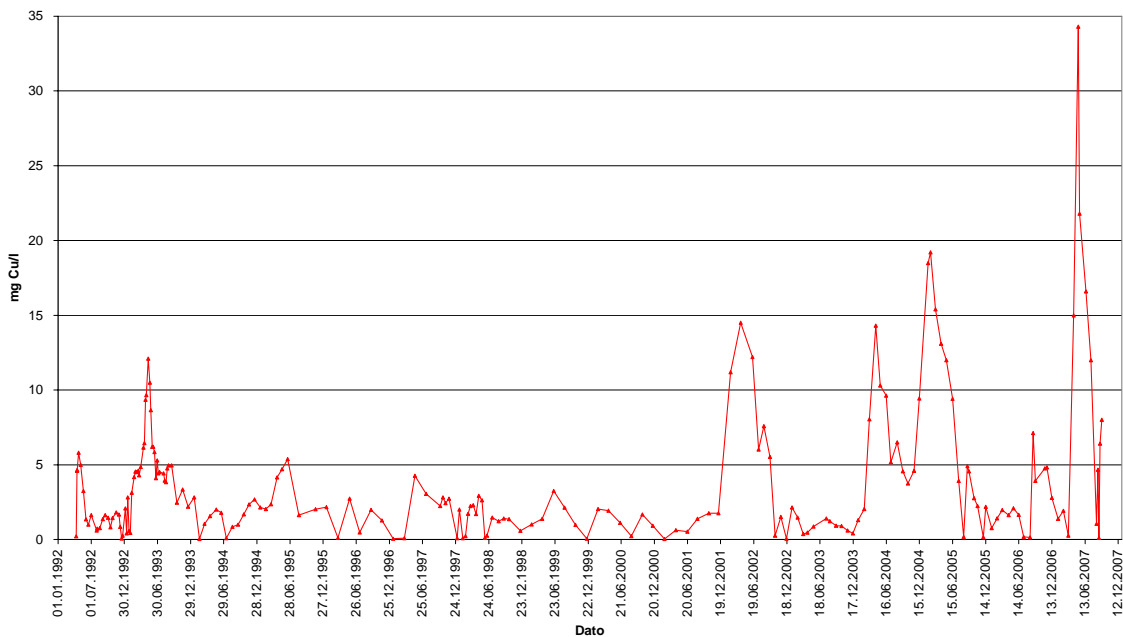
Figur 8 viser resultater for alle pH-målinger av utgående vann fra Wallenberg pumpestasjon siden starten i 1992. Som kommentert i fjorårets rapport har pH-verdier over 6 sammenheng med at pumpestasjonen hovedsakelig pumper overflatevann som har trengt ned i gruva gjennom rasområdet i Fagerliåsen. I 2002 fikk en de første problemer med surt vann. I 2003 var situasjonen normal igjen.



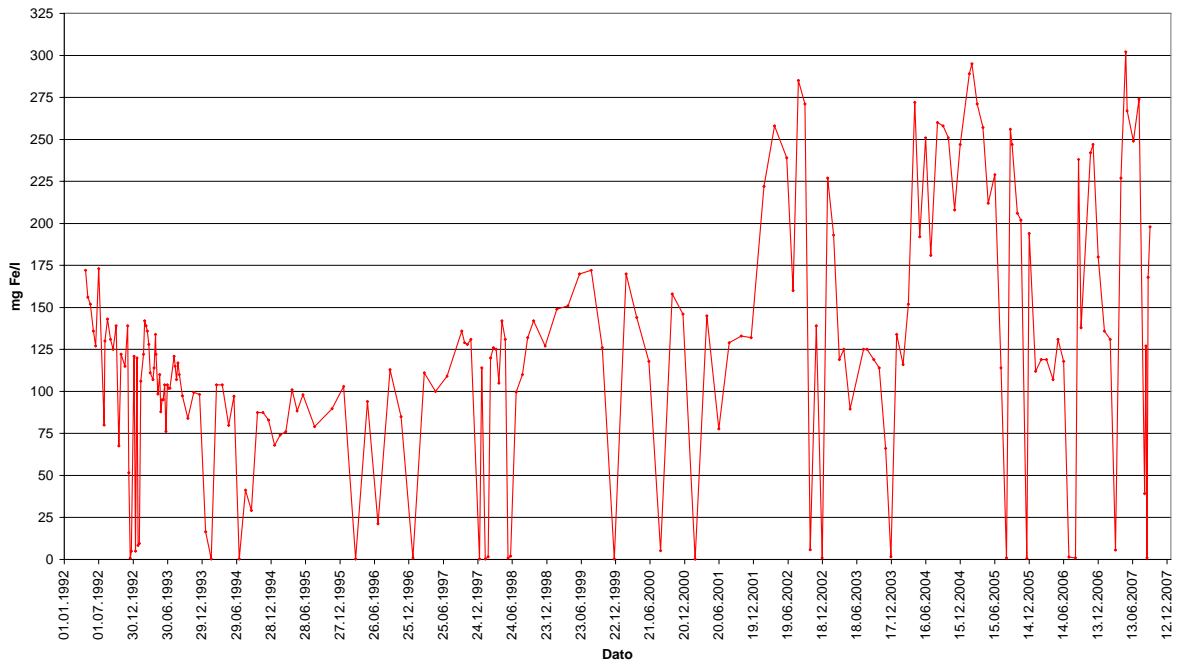
Figur 8. pH-observasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2007.

Våren 2004 fikk en et nytt pH-fall som varte fram til flyttingen av inngående vann til Gammelsjakta høsten 2005. Ut over høsten 2005 og vinteren 2006 steg pH igjen. Våren 2006 ble det et betydelig pH-fall igjen. Bortsett fra episoder med pumping av mer ionefattig overflatevann har pH vært vedvarende lav omkring 3 siden våren 2006.

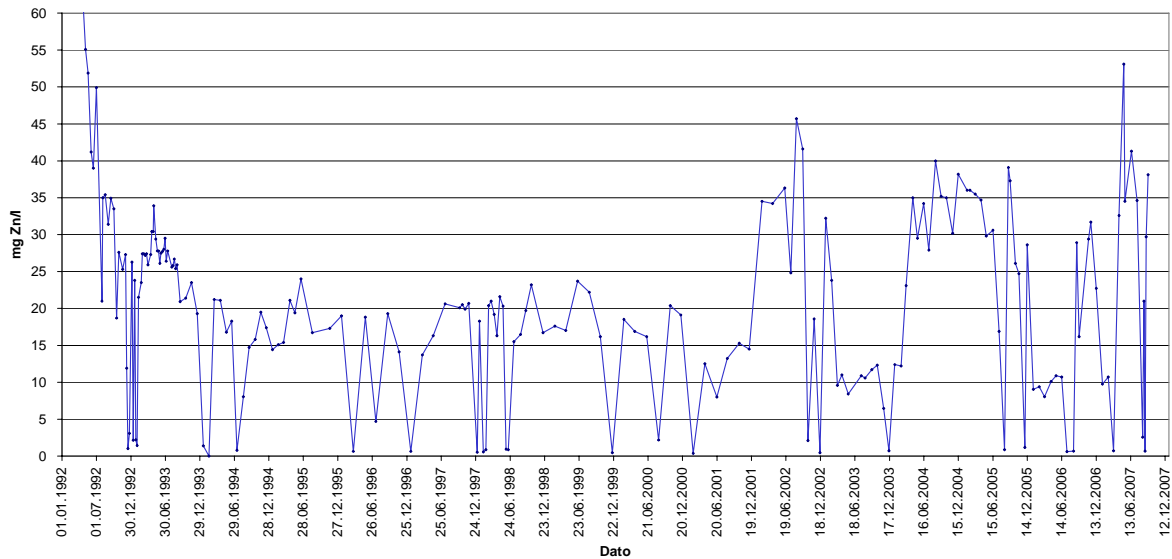
Når pH faller ned mot 3, ser en at dette medfører betydelig økning i metallkonsentrasjonene. Figur 9, figur 10 og figur 11 viser hvordan konsentrasjonene av kobber, jern og sink har utviklet seg siden 1992.



Figur 9. Kobberkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2007.



Figur 10. Jemkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2007.



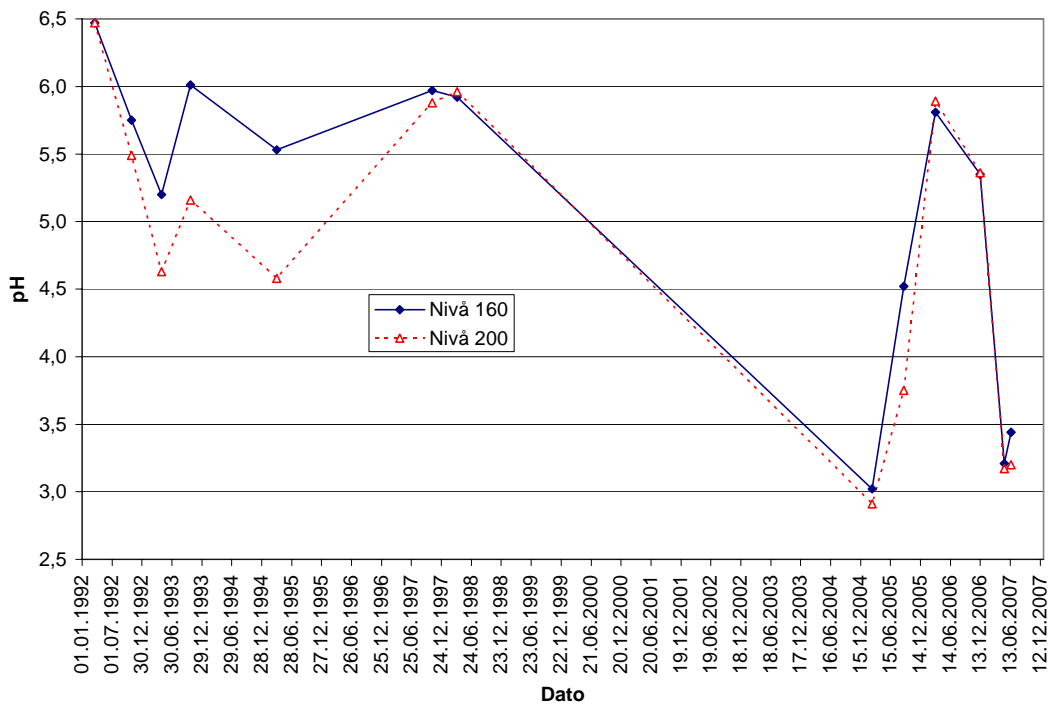
Figur 11. Sinkkonsentrasjoner ved Wallenberg pumpestasjon 1992-2007.

Den 7. mai 2007 ble det dosert 15 kg litiumklorid løst i vann til Gammelsjakta. I tiden etter er det analysert på Li på ukesprøver tatt i pumpestasjonen i Wallenberg sjakt. Hensikten med forsøket er å se om det er mulig å se hvilken praktisk oppholdstid inngående vann har i gruvesystemet. Teoretisk er den 8 år. Når en ser på analysematerialet for prøvetakingene i Wallenberg sjakt, tyder resultatene på at inngående vann til Gammelsjakta fordeler seg på de to øverste nivåene i gruva. Ut fra volumdata for gruva over nivå 200 kan det beregnes at oppholdstiden er ca ett år for inngående vann. Ved utgangen av 2007 hadde en ennå ikke kunnet påvise konsentrasjoner av Li over det naturlige bakgrunnsnivået. En vil følge opp forsøket over ett års tid før en trekker noen konklusjon.

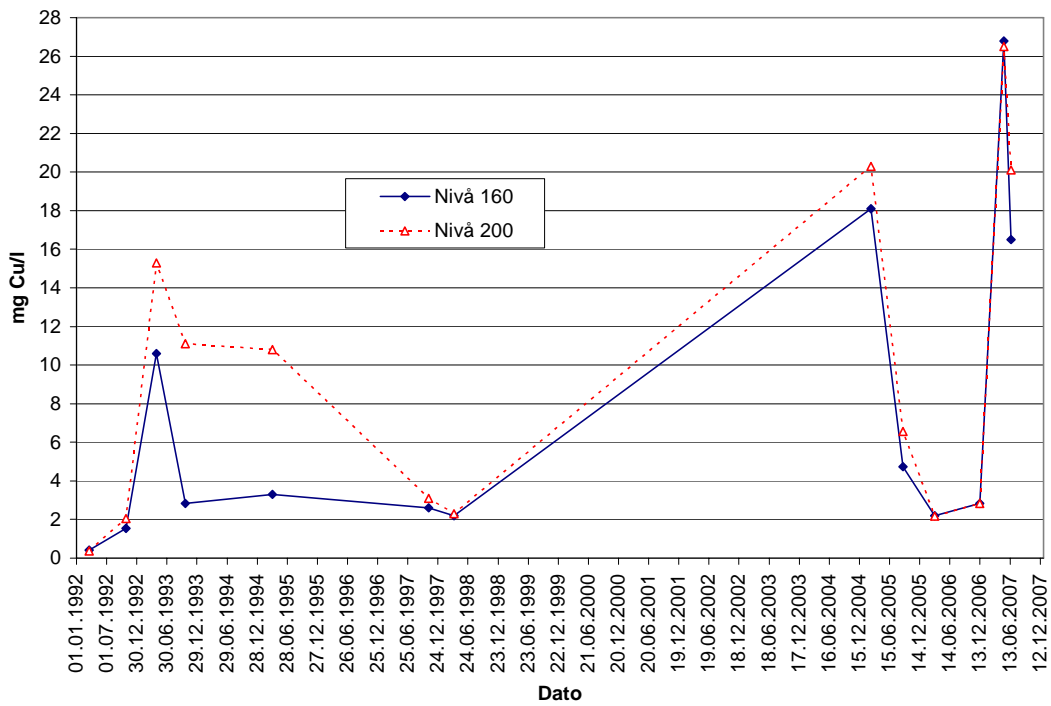
I undersøkelsesperioden 2006-2007 ble det tatt tre prøvesnitt i Wallenberg sjakt, i desember 2006, mai 2007 og i juni 2007. I desember 2006 og i juni 2007 ble det tatt prøver ved alle hovednivåene i gruva, mens i mai 2007 ble det bare tatt prøve fra de to øverste nivåene. Analyseresultatene er samlet i tabell 25 i vedlegget bak.

Figur 12, figur 13 og figur 14 viser observasjonsmaterialet for pH, kobber og jern for de to øverste hovednivåene i gruva (160 og 200) i tiden etter at pumpestasjonen ble satt i drift (1992-2007). Resultatene er i samsvar med pumpestasjonen og bekrefter at det sure vannet beveger seg mot Wallenberg sjakt i de to øverste nivåene i gruva. Som for pumpestasjonen er det perioder med høyere pH-verdier og relativt lave metallkonsentrasjoner når det trenger inn mye rent overflatevann gjennom rasområdet i Fagerliåsen.

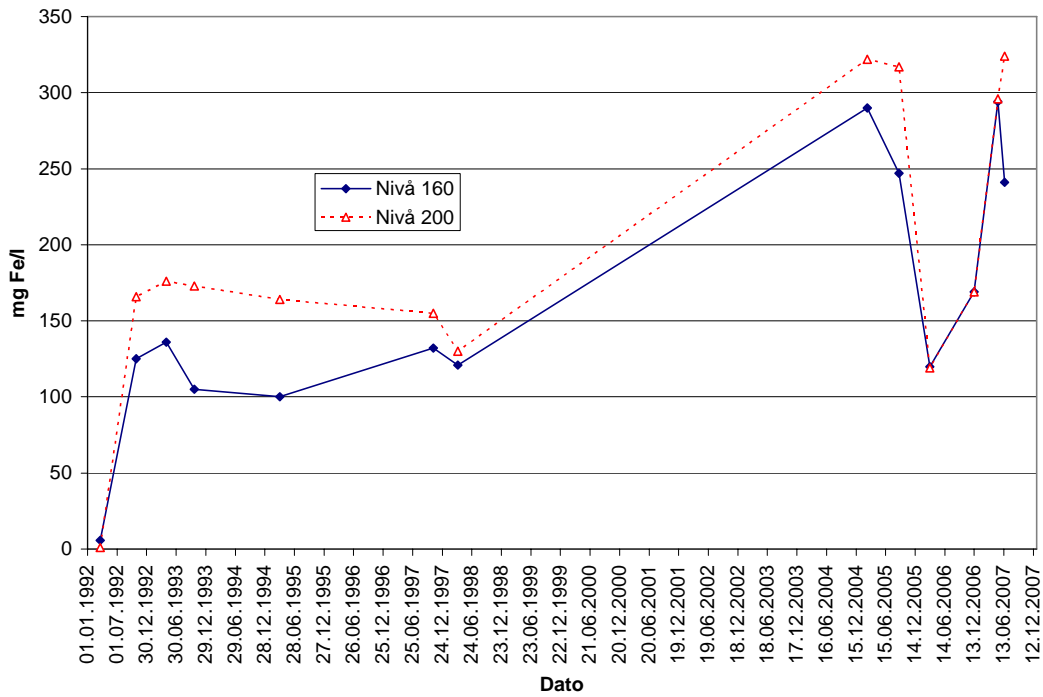
Figur 15 og figur 16 viser hvordan utviklingen har vært mht pH, sulfat, kobber og jern ved et dypere nivå i gruva, nivå 380 siden prøvetakingene startet i 1986. Ved dette nivået kommer også vannet fra Astrup inn. Resultatene viser at situasjonen ser tilnærmet stabil ut. pH-verdiene øker langsomt mens metall- og sulfatkonsentrasjoner viser en svakt synkende tendens. En kan ikke observere noen effekter av tilførselene fra Astrup gruve.



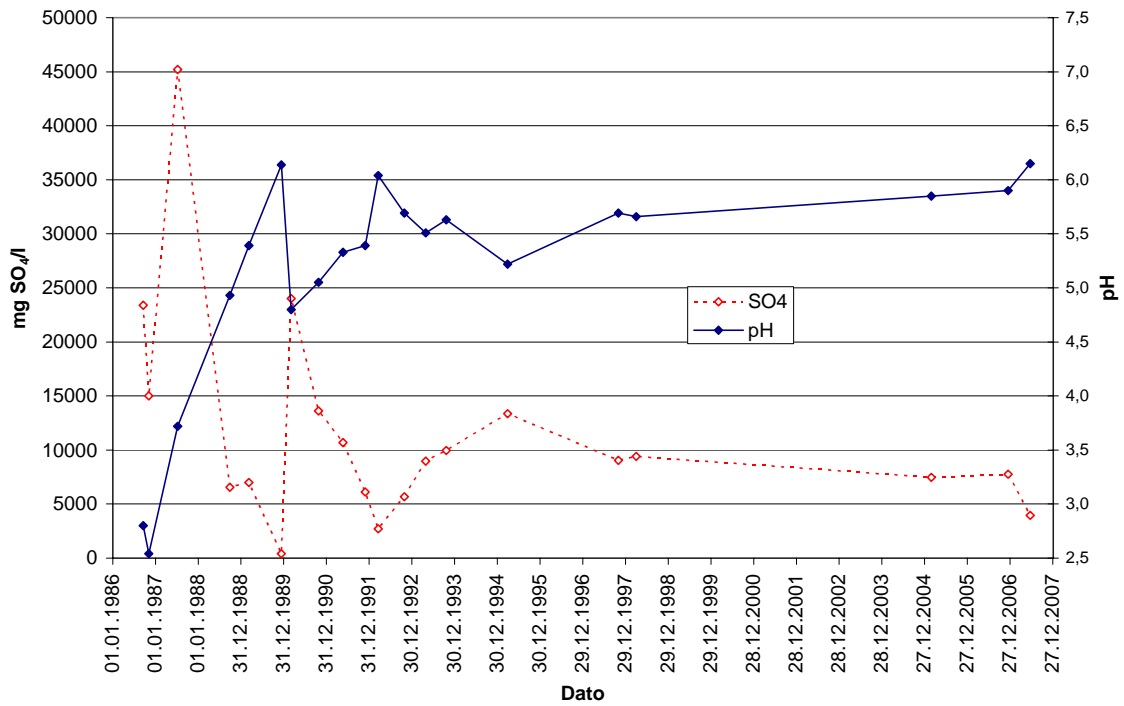
Figur 12. pH-observasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2007.



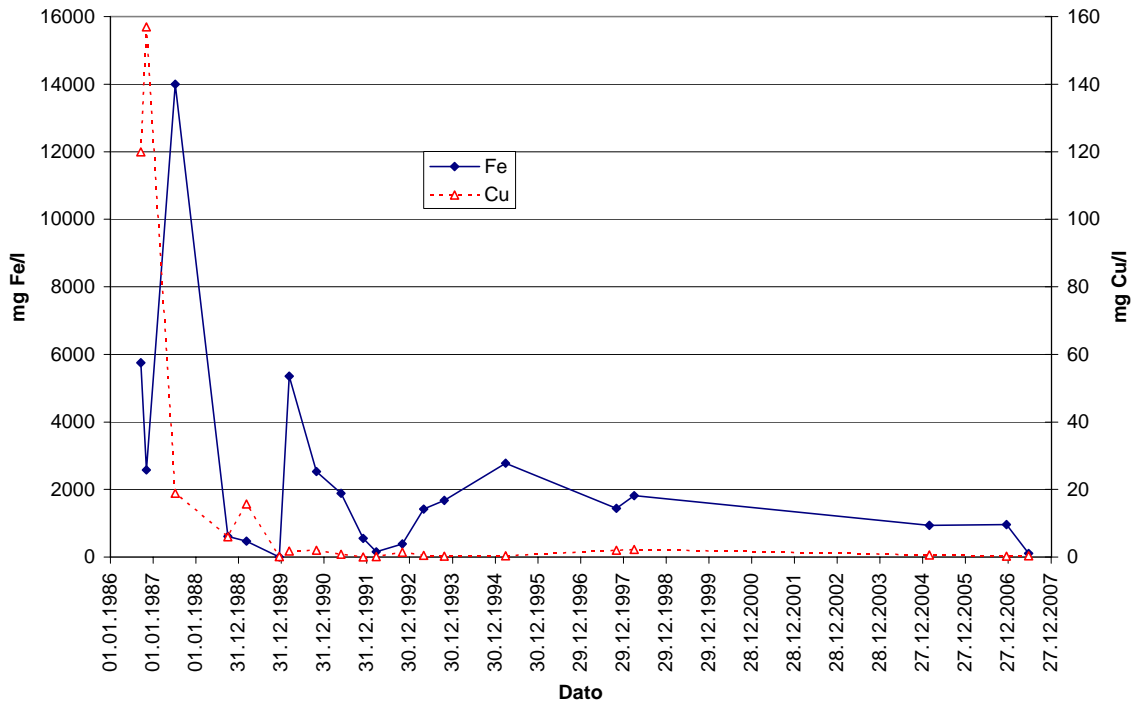
Figur 13. Kobberkonsentrasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2007.



Figur 14. Jernkonsentrasjoner ved nivåene 160 og 200 i perioden 1992-2007.



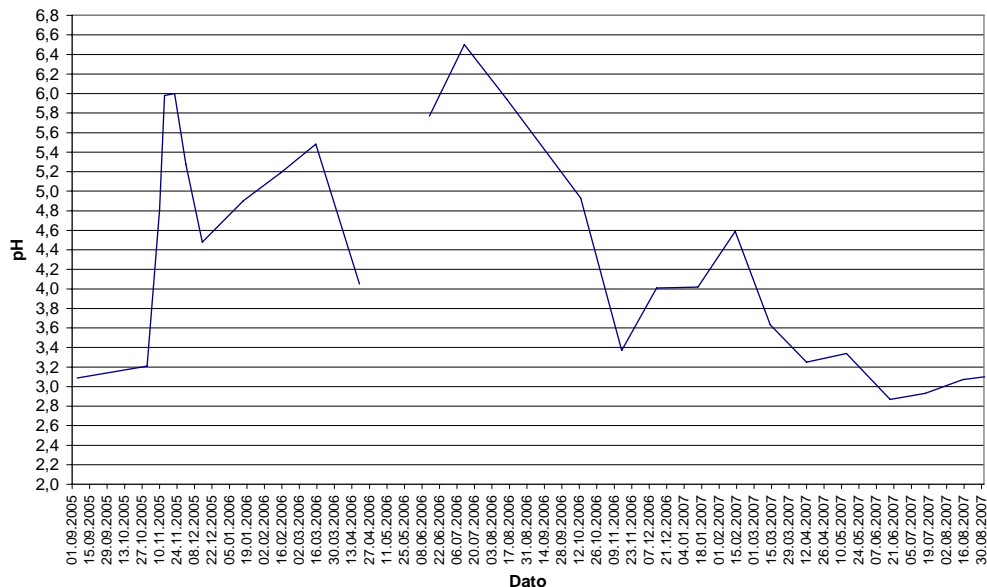
Figur 15. pH- og sulfatobservasjoner ved nivå 380 i perioden 1986-2007.



Figur 16. Kobber- og jernkonsentrasjoner ved nivå 380 i perioden 1986-2007.

3.3.2 Utløp Fagerlivatn

Gruvevannet fra Wallenberg pumpestasjon føres til Fagerlivatn. Mesteparten av jernet i gruvevannet har hittil foreligget som toverdige. Ute i vannmassene i Fagerlivatnet oksiderer det toverdige jernet til treverdige. Treverdige jern felles ut som hydroksid (hydrolyse) i vannmassene. Denne reaksjonen medfører et pH-fall. I november 2005 ble Fagerlivatn overflatekalket for å teste denne metoden som tiltak mot akutt forurensning. I denne forbindelse har en fulgt opp vannkvaliteten i Fagerlivatn jevnlig og spesielt utviklingen i pH-verdiene. I tabell 24 i vedlegget bak er samlet analyseresultatene for de prøvetakinger som er gjort ved utløpet av Fagerlivatn siden 2005. Figur 17 viser observasjonsmaterialet for pH.



Figur 17. pH-observasjoner ved utløpet av Fagerlivatn i 2005-2007.

Resultatene viser at kalkingen medførte en pH-heving til ca 6. Det er vanskelig å vurdere hvor lenge en hadde nytteeffekt av kalkdosen da en samtidig foretok en omlegging av innløpet i gruva til Gammelsjakta. Omleggingen medførte at utslippet av jern avtok for en tid, noe som igjen medførte at omfanget av forurensningsreaksjonene i Fagerlivatn avtok. Utover i 2007 sank pH-verdiene igjen til ca 3. En viste med kalkingen i 2005 at det var mulig å felle ut spesielt kobber effektivt for en periode i vannmassene dersom det skulle oppstå en situasjon med akutt forurensningsfare for Orkla.

3.3.3 Utløp Bjørnlivatn

Stasjonen ved utløpet av Bjørnlivatn er benyttet i en lang rekke år. Den ble opprettet av gruveselskapet i sin tid. Etter at oppryddingstiltakene etter gruvedriften ble avsluttet i begynnelsen av 1990-årene, bedret vannkvaliteten seg betydelig. pH-verdiene steg og metallkonsentrasjonene avtok. Jernkonsentrasjonene avtok betydelig, noe som førte til at Bjørnlivatn så "rent" ut for publikum.

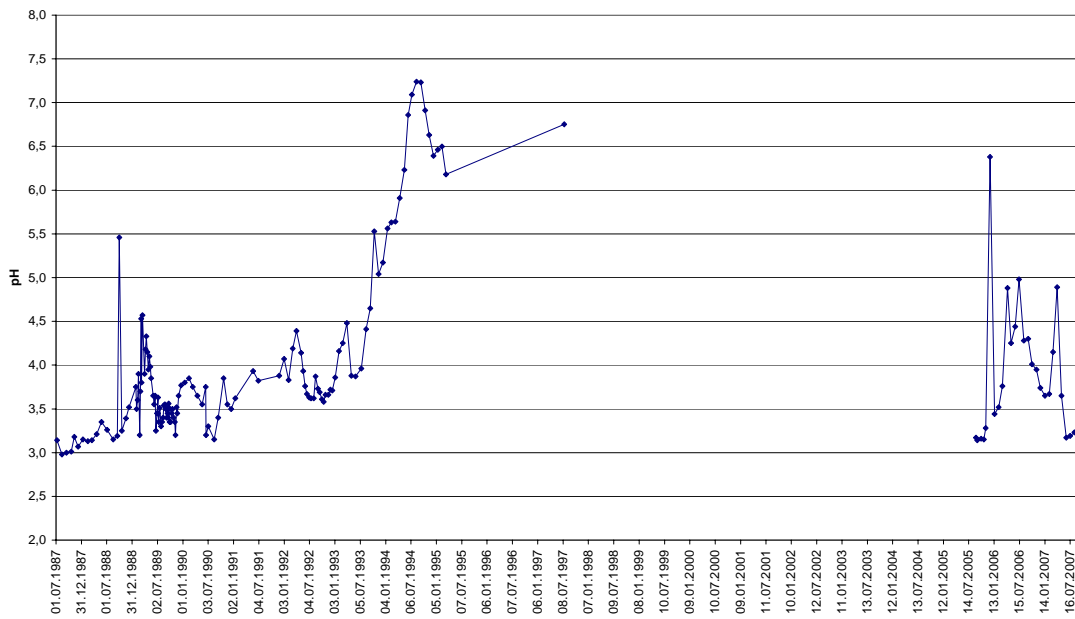
I tabell 7 har en samlet beregnede årsmiddelverdier for hydrologiske år for de årene som NIVA har datamateriale for.

Tabell 7. Utløp Bjørnlivatn. Tidsveiede årsmiddelverdier for hydrologiske år 1972-2007.

År	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
1972-1973	5,35							1,62	9,54						
1973-1974	4,83							1,45	9,42						
1974-1975	5,27	112,1	500,5	64,4	11,8		1,52	1,03	6,59						
1975-1976	3,94	163,5	706,9	88,4	9,31		11,03	2,09	7,38						
1976-1977	3,62	164,8	823,2	204,3	11,8		17,68	2,21	8,54						
1977-1978	4,26	151,7	717,7	204,1	10,5		16,24	1,99	6,42						
1978-1979	4,33	137,5	649,6	262,9	9,22		11,72	2,51	8,19	0,029					
1979-1980	4,14	151,7	856,0	246,6	9,95		12,97	1,83	7,86	0,033					
1980-1981	3,81	133,4	749,6	265,6	9,99		16,09	2,69	7,38	0,027					
1981-1982	4,13	171,6	837,4	329,3	8,85		14,95	1,82	5,64	0,017					
1982-1983	3,53	179,4	965,8				20,29	2,44	6,09	0,020					
1983-1984	3,13	174,8	832,7	218,2	13,3		21,00	3,04	7,69						
1984-1985	3,56	176,2	945,7	280,6	11,2		17,16	2,12	5,84						
1985-1986	3,45	158,7	861,8	292,1	11,0		13,52	2,36	5,69						
1986-1987	3,69	164,7	854,1	297,9	8,97		18,26	1,91	3,79						
1987-1988	3,16	153,2	750,4	227,0	11,4		22,56	2,37	4,68						
1988-1989	3,79	99,0	514,7	142,6	10,2	4,02	4,48	2,27	4,88	0,017					74,7
1989-1990	3,53	93,9	473,2	119,2	10,4	4,46	3,44	2,15	4,83	0,014					51,6
1990-1991	3,71						1,69	1,85	4,65						
1991-1992	3,93	77,3	365,6	117,2	13,6	2,95	1,43	1,72	4,75	0,025	0,86	0,040	0,106		73,5
1992-1993	3,96	128,7	755,6	189,6	56,2	2,15	2,11	1,84	9,72		2,68	0,038	0,244		99,1
1993-1994	5,87	145,7	840,4	209,7	70,4		1,25	1,28	8,36		3,10	0,054	0,253	5,21	38,7
2005-2006	4,12	121,2	667,3	152,5	42,6	5,45	4,72	1,51	6,40	0,016	1,43	0,054	0,220	5,38	69,9
2006-2007	3,78	122,3	690,4	152,8	41,9	4,63	3,92	1,69	6,13	0,017	1,35	0,053	0,215	5,69	83,4

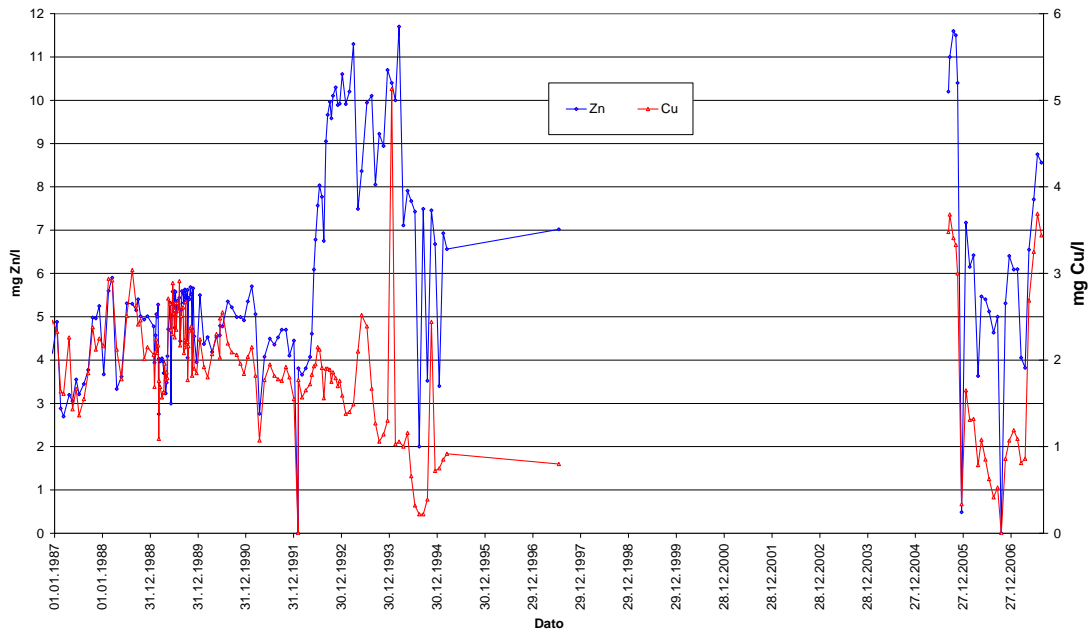
Resultatene viser at spesielt jernkonsentrasjonene avtok etter at driften opphørte i 1987. Da Wallenberg pumpestasjon kom i drift i april 1992, medførte dette økte utslipp av sink. pH-verdiene økte fram til programmet ble avsluttet våren 1995. I de to siste år med fallende pH-verdier har dette ført til økte jernkonsentrasjoner i Bjørnlivatn igjen.

Figur 18 viser forløpet av pH-observasjonene ved utløpet av Bjørnlivatn etter at driften opphørt den 1.7.1987. pH-verdiene er for tiden betydelig lavere enn de var ved avslutningen av Løkken Grubers kontrollprogram i 1995.



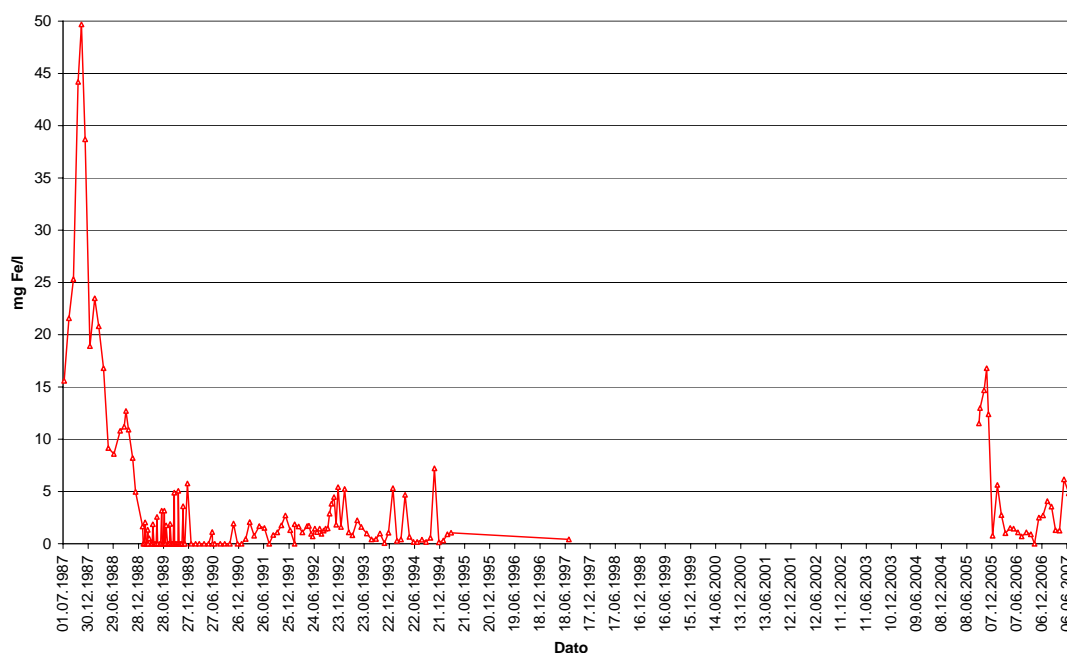
Figur 18. pH-observasjoner ved utløpet av Bjørnlivatn 1987-2007.

Figur 19 og figur 20 viser det tilsvarende observasjonsmaterialet for kobber, sink og jern. Figurene viser at sinkkonsentrasjonene økte betydelig da Wallenberg pumpestasjon ble satt i drift og har siden ligget en del høyere enn før utslippet fra gruva kom.



Figur 19. Konsentrasjoner av kobber og sink ved utløpet av Bjørnlivatn i perioden 1987-2007.

Kobber- og jernkonsentrasjonene viste stort sett en avtakende tendens fram til 1995. Ved oppstart av pågående undersøkelsesprogram i 2005 var kobber- og jernkonsentrasjonene relativt høye. De falt en del etter kalkingen i november 2005 og etter at inngående drensvann til gruva ble ledet til Gammelsjaktka. For tiden er kobber- og jernkonsentrasjonene økende.



Figur 20. Jernkonsentrasjoner ved utløpet av Bjørnlivatn i perioden 1987-2007.

3.4 Vassdragsstasjoner

3.4.1 Raubekken ved inntak kraftverk

Analyseresultatene for året 2006-2007 er samlet i tabell 22 i vedlegget bak. I tabell 8 er gjort en beregning av tidsveiede årlige middelverdier for hydrologiske år fra 1989/1990. I de to siste år har det vært kontinuerlige vannføringsmålinger i Raubekken. Årsmiddelvannføringen er beregnet vha døgnmiddelvannføringene.

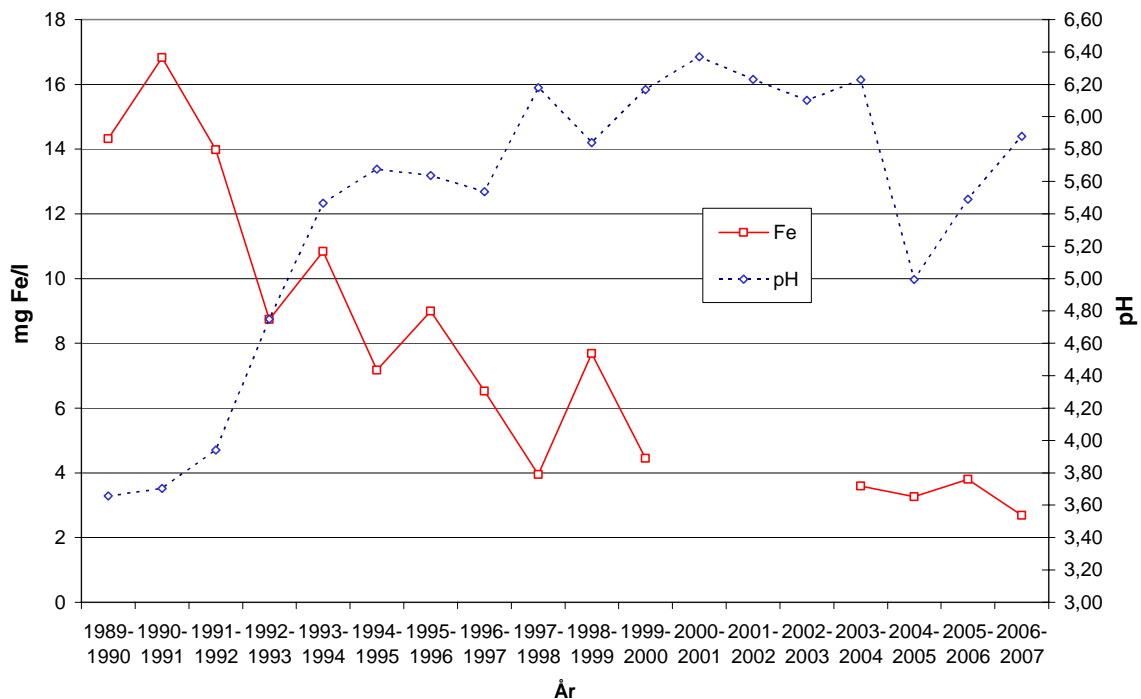
Etter at tiltaksplanen ble satt i kraft i 1992, bedret vannkvaliteten seg. pH-verdiene økte gradvis fram til 2003/2004. Det har vært noen episoder med økte tilførsler fra Løkkensiden som følge av brudd på drensledninger eller styrte utslipp av overskuddsvann pga problemer med innløpet i gruva. Disse har vært relativt kortvarige og har stort sett skjedd mens fortynningssituasjonen i bekken også var god. Disse episodene har kun gitt seg ubetydelige utslag i årsmiddelverdiene mht konsentrasjoner.

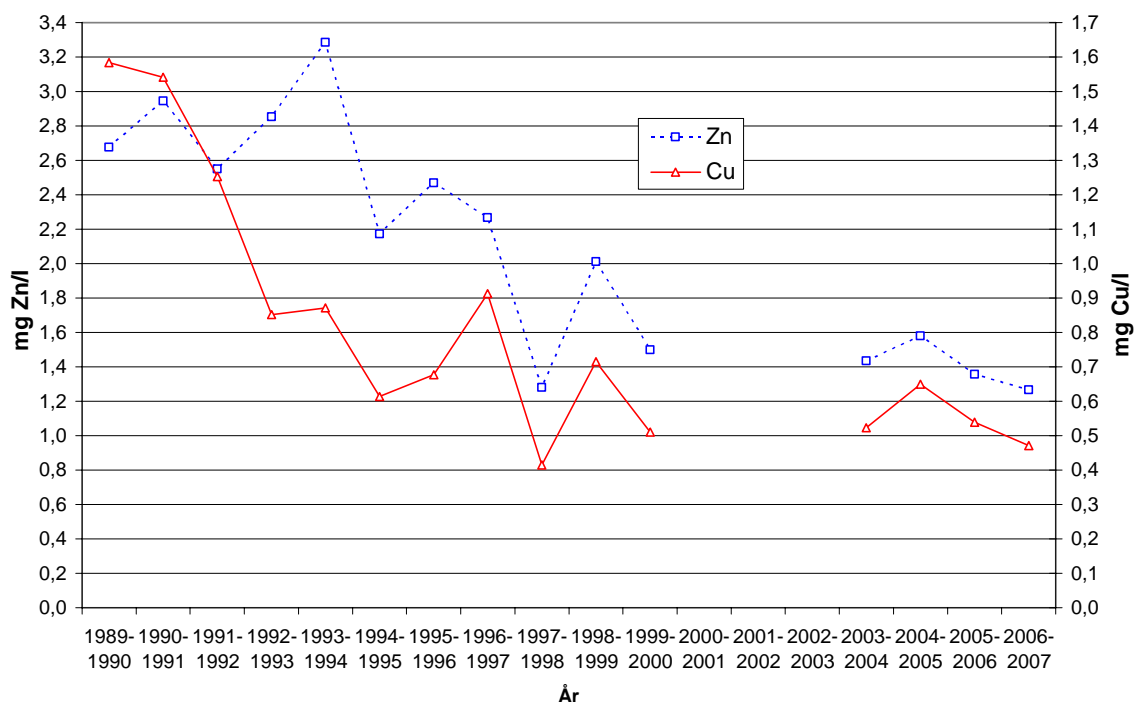
De mest langvarige utslippene var i året 2004-2005. En ser da også at dette ga seg utslag i en lavere middelverdi for pH. Også i de to siste årene har det vært kortvarige utslipp som er ledet til Raubekken. Det er særlig avrenningen fra Nordre berghald som delvis går utenom drensssystemet når det er store nedbørmengder eller mye snøsmelting.

Figur 21 og figur 22 viser en grafisk fremstilling av årsmiddelverdiene for pH, jern, kobber og sink i Raubekken. Fram til høsten 2007 er det bare de ekstraordinære utslippene i året 2004-2005 som har vært så store at de er merkbare på årsmiddelverdiene. pH-verdiene de to siste år er noe lavere enn normalt, men dette har ikke ført til noen endringer i metallkonsentrasjonene av betydning.

Tabell 8. Årlige middelerverdier for Raubekken ved inntak kraftverk. Hydrologiske år 1989-2007.

Hyd.år	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd µg/l	Vannf l/s
1989-1990	3,66	35,2	126,5	25,19	5,39		14,33	1,58	2,67	5,1	878
1990-1991	3,70	37,2	147,6	28,84	5,10		16,82	1,54	2,94	6,7	974
1991-1992	3,94	38,8	138,1	28,01	5,63		13,98	1,25	2,55	4,9	1069
1992-1993	4,75	37,0	162,1	39,52	11,79	2,63	8,74	0,85	2,85	5,9	929
1993-1994	5,47	45,3	201,0	47,49	15,10	2,37	10,84	0,87	3,28	6,1	555
1994-1995	5,68	34,8	151,5	40,64	10,66	1,70	7,17	0,61	2,17	4,6	896
1995-1996	5,64	40,4	173,0	42,73	11,29	2,28	8,99	0,68	2,47	5,4	607
1996-1997	5,54	37,3	155,4	38,09	10,08	2,60	6,53	0,91	2,27	5,8	1402
1997-1998	6,18	26,3	102,3	29,36	7,17	1,20	3,94	0,41	1,28	3,1	1137
1998-1999	5,84	36,4	162,6	41,04	10,70	2,38	7,68	0,71	2,01	4,4	808
1999-2000	6,17	30,3	124,5	34,65	8,57	1,45	4,45	0,51	1,50	3,2	1215
2000-2001	6,37	39,9	171,0								576
2001-2002	6,23	31,4	110,8								1139
2002-2003	6,10	33,2	140,8								855
2003-2004	6,23	31,1	127,1	34,81	8,85	1,69	3,60	0,52	1,43	3,3	1107
2004-2005	4,99	28,4	124,5	29,09	7,24	2,24	3,26	0,65	1,58	1,6	1990
2005-2006	5,49	32,2	119,6	31,64	7,41	2,02	3,80	0,54	1,36	3,5	1084
2006-2007	5,88	29,5	123,2	32,89	7,63	1,51	2,69	0,47	1,27	3,0	1472

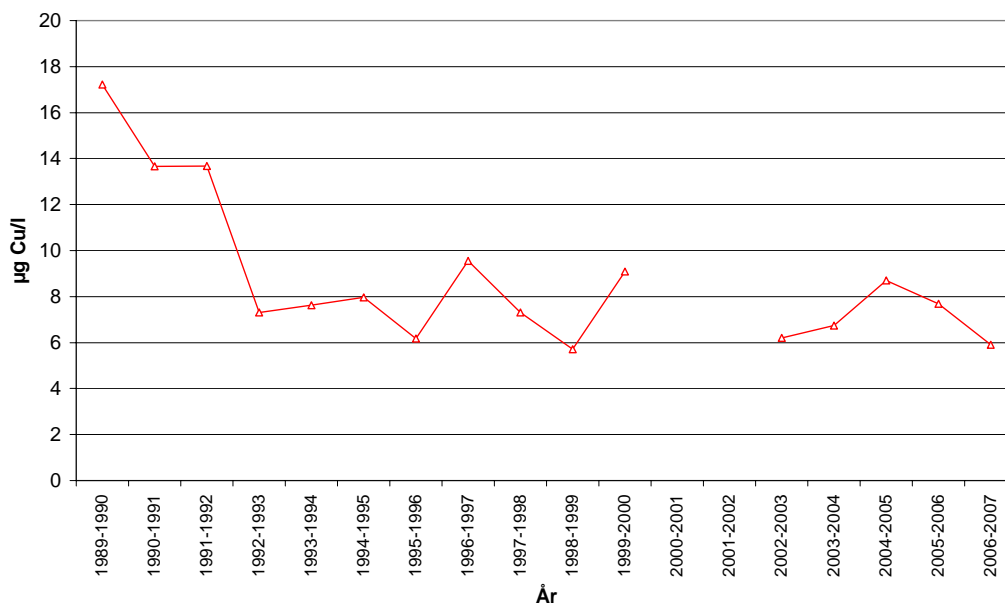
**Figur 21.** Årlige middelerverdier for pH og jern i Raubekken. Hydrologiske år.



Figur 22. Årlige middelværdier for kobber og sink i Raubekken. Hydrologiske år.

3.4.2 Orkla ved Vormstad

Prøvene av Orkla ved Vormstad tas under Øyum bru. Her er tilførselene fra Raubekken godt innblandet i Orkla. Stasjonen ble opprettet av gruveselskapet i sin tid og en har analysemateriale fra en lang rekke år tilbake. I denne rapporten tar vi med analysemateriale for perioden like før og etter at tiltaksplanen til Løkken Gruber ble satt i verk i 1992. I tabell 26 i vedlegget bak er samlet resultatene for prøvetakingene i 2006-2007. I tabell 9 er beregnet tidsveiede årsmiddelværdier for noen viktige metaller for hydrologiske år fra 1989. I figur 23 er årsmiddelværdien for kobber fremstilt grafisk.



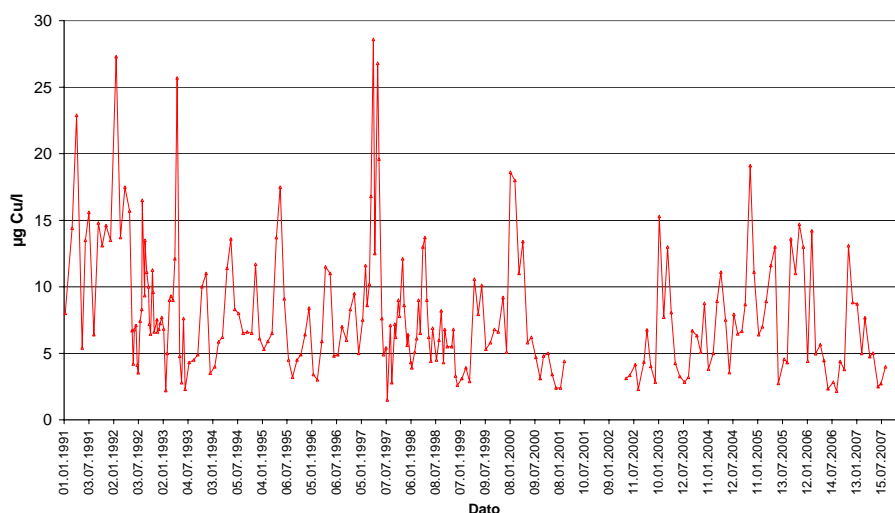
Figur 23. Tidsveiede årsmiddelværdier for kobber i Orkla ved Vormstad 1989-2007.

Tabell 9. Tidsveiede årsmiddelverdier, hydrologiske år. Orkla ved Vormstad.

Hyd.år	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Al µg/l
1989-1990	386	17,2	31,2	
1990-1991	222	13,7	30,6	
1991-1992	263	13,7	28,4	
1992-1993	211	7,3	32,4	
1993-1994	151	7,6	26,2	
1994-1995	146	8,0	24,1	
1995-1996	113	6,2	18,5	
1996-1997	166	9,6	29,1	
1997-1998	140	7,3	17,8	
1998-1999	118	5,7	15,5	
1999-2000	144	9,1	27,4	
2000-2001	108			
2001-2002	143			
2002-2003	125	6,2	16,8	
2003-2004	124	6,7	18,0	
2004-2005		8,7	22,1	
2005-2006	112	7,7	19,4	54,0
2006-2007	129	5,9	15,0	67,3

En ser at middelverdien for kobber har ligget under målet på 10 µg/l i alle år etter at tiltaksplanene ble satt i drift.

Når det gjelder å vurdere faren for eventuelle uønskede biologiske effekter er det også viktig å ha tilsyn med øyeblikksverdiene. Figur 24 viser observasjonsmaterialet for kobber i årene 1991-2007. Figuren viser at en har hatt flere episoder med verdier over 10 µg/l kobber. I de senere år ser en at nødutslipp av drensvann fra Løkken-siden fra 2002 som følge gjentettingsproblemer og omlegging av innløp i Gammelgruva førte til kobberverdier over 10 µg/l i perioder. I siste periode hadde en kobberverdi over 10 µg/l i november 2006.

**Figur 24.** Kobberobservasjoner i Orkla ved Vormstad 1991-2007.

4. Massebalanse

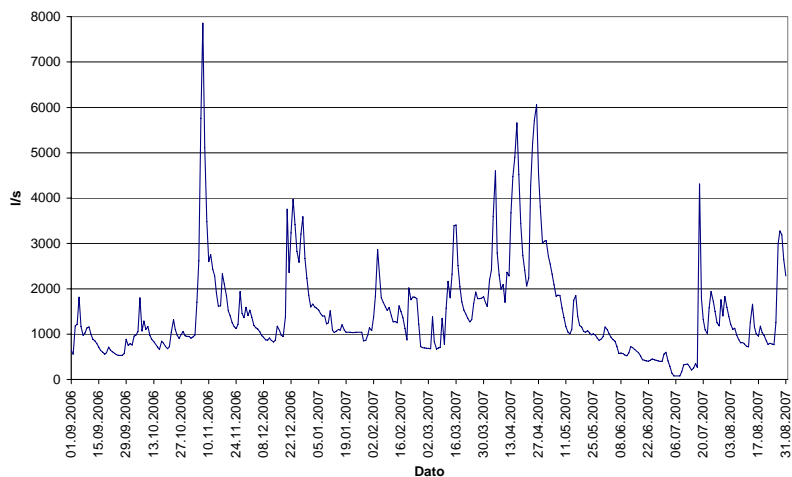
4.1 Vannbalanser

4.1.1 Bjørnlivatn – Raubekken

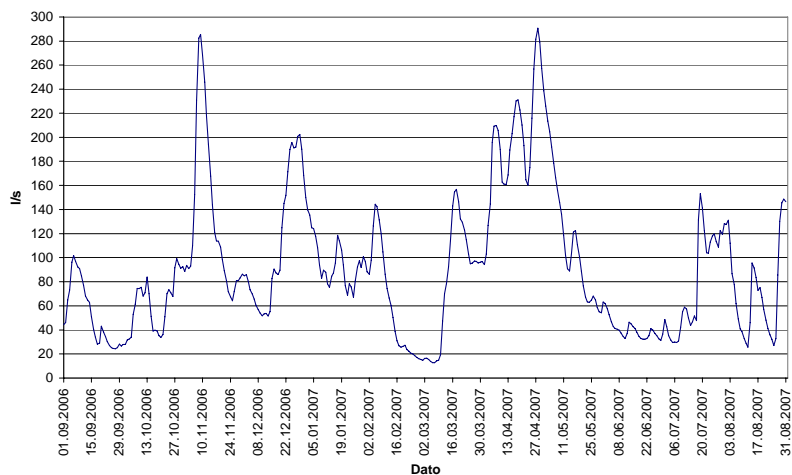
Vannføringene i Raubekken måles ved en profil i bekken like før inntaket i kraftverket. Kraftverkene i Orkla (KVO) har tidligere (1989) kalibrert en vannføringskurve for profilen som er lagt til grunn for angivelse av vannføring i alle år. Sommeren 2005 ble det montert en vannstandslogger ved vannmerket slik at en kan benytte eksisterende vannføringskurve for beregning av vannføring. Loggeren registrerer vannstanden hver time.

Ved utløpet av Bjørnlivatn ble den gamle 120 graders trekantprofilen i stål satt på plass igjen for programmets start i juli 2005. Overløpshøyden registreres hver time vha en vannstandslogger og vannføringen beregnes vha formel for 120 graders trekantoverløp.

Figur 25 og figur 26 viser hvordan døgnmiddelvannføringene varierte i året 2006-2007.



Figur 25. Døgnmiddelvannføringer i Raubekken i 2006-2007.



Figur 26. Døgnmiddelvannføringer ved utløpet av Bjørnlivatn i 2006-2007.

Begge bekker er typiske flombekker der vannføringen kan variere mye i løpet av korte tidsrom. Vannføringen ved utløpet av Bjørnlivatn er noe påvirket av tilførslene fra Wallenberg pumpe-stasjon som ble satt i drift i april 1992. Vårflommen inntraff i månedsskiftet april-mai 2007 med høyeste vannføring den 28/4-07. Det var også høye vannføringer sent på høsten den 9/11-06 og ved slutten av desember den 29/12-06, noe som skyldes mildvær med mye regn og snøsmelting. Ved hjelp av døgnmiddelvannføringene har en i tabell 10 beregnet årsavrenningen og gitt en oversikt over middelvannføring, samt høyeste og laveste døgnmiddelvannføring.

Avrenningen fra Bjørnlivatn utgjorde 6,4 % av samlet avrenning i Raubekken i 2005-2006 og 6,2 % i 2006-2007..

Tabell 10. Avrenning fra Bjørnlivatn og i Raubekken i perioden 2005-2007.

		Raubekken		Bjørnlivatn	
		2005-2006	2006-2007	2005-2006	2006-2007
Avrenning	m ³	34186727	46423605	2184444	2891154
Gj.snitt	l/s	1084	1472	66,1	91,7
Max	l/s	7700	7855	296	291
Min	l/s	55	75	2,48	12,8
Median	l/s	684	1139	50,4	80,9

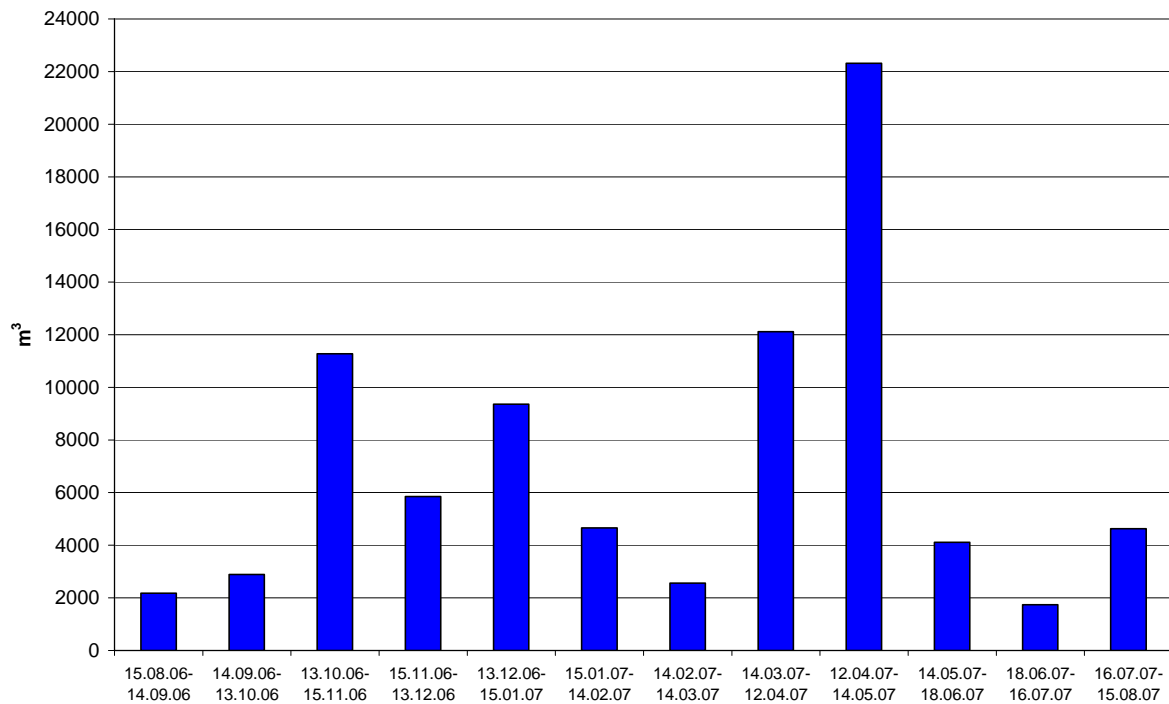
4.1.2 Vannbalanse på Wallenberg gruve

Wallenberg gruve får tilførsler fra følgende kilder:

- Fra Stallgata pumpe-stasjon (stasjon A)
- Drensrør fra Nordre berghald (stasjon B)
- Drensrør i Gammelgruva (stasjon C)
- Tilførsler fra Astrup gruveområde (måles av NAD)
- Tilførsler av vann til Gammelsjakta fra overflaten (ikke målt)
- Tilførsler til Fearnley sjakt (ikke målt)
- Naturlig tilsig gjennom berggrunnen
- Tilsig gjennom grunnen fra innsjøene over gruva
- Tilførsler gjennom rasområdet i Fagerliåsen

Vannstanden i gruva holdes ved utpumping fra Wallenberg sjakt. Pumpe-stasjonen er styrt av vannstands-nivået i gruva. Når gruva er nedpumpet til laveste nivå og hvis det er lite tilsig, kan det ta noen tid inntil vannstanden blir høy nok slik at pumpa kommer i drift igjen.

Ved stasjon A - Stallgata pumpe-stasjon leses pumpe-standen av ved hver prøvetaking. Figur 27 viser grafisk utpumpet vannmengde siden foregående prøvetaking i perioden 2006-2007. Det ble pumpet spesielt mye vann i perioden oktober 2006 og i mars-mai 2007. I tabell 11 er beregnet årsvolumer for de periodene en har data for.

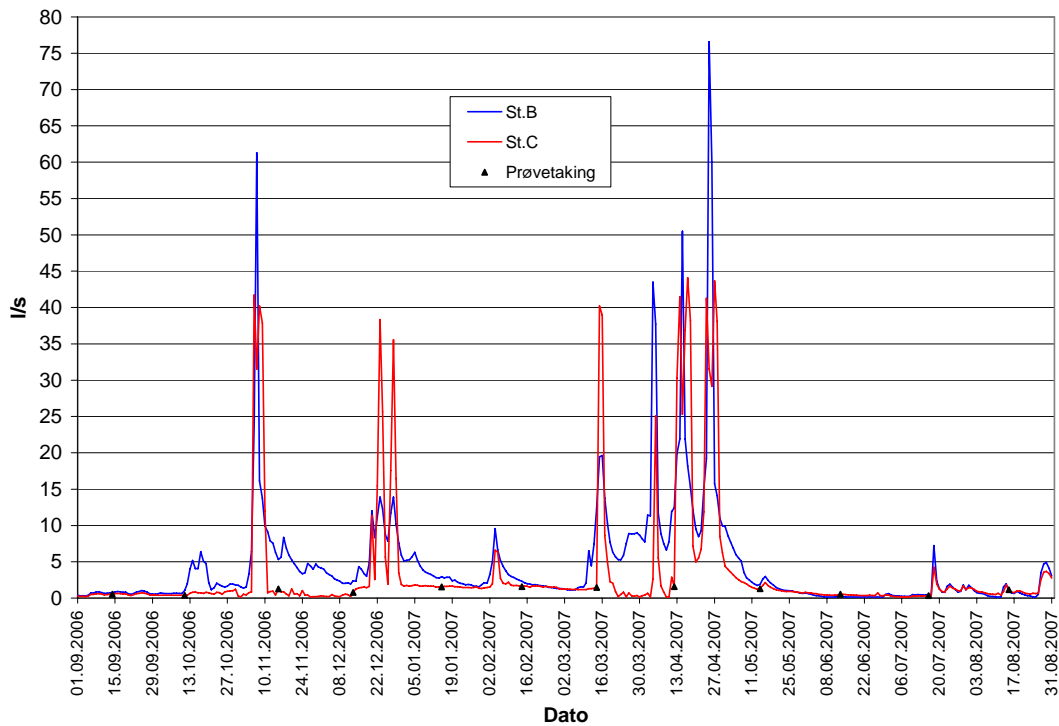


Figur 27. Stasjon A. Stallgata pumpestasjon. Utpumpet vannmengde siden foregående prøvetaking.

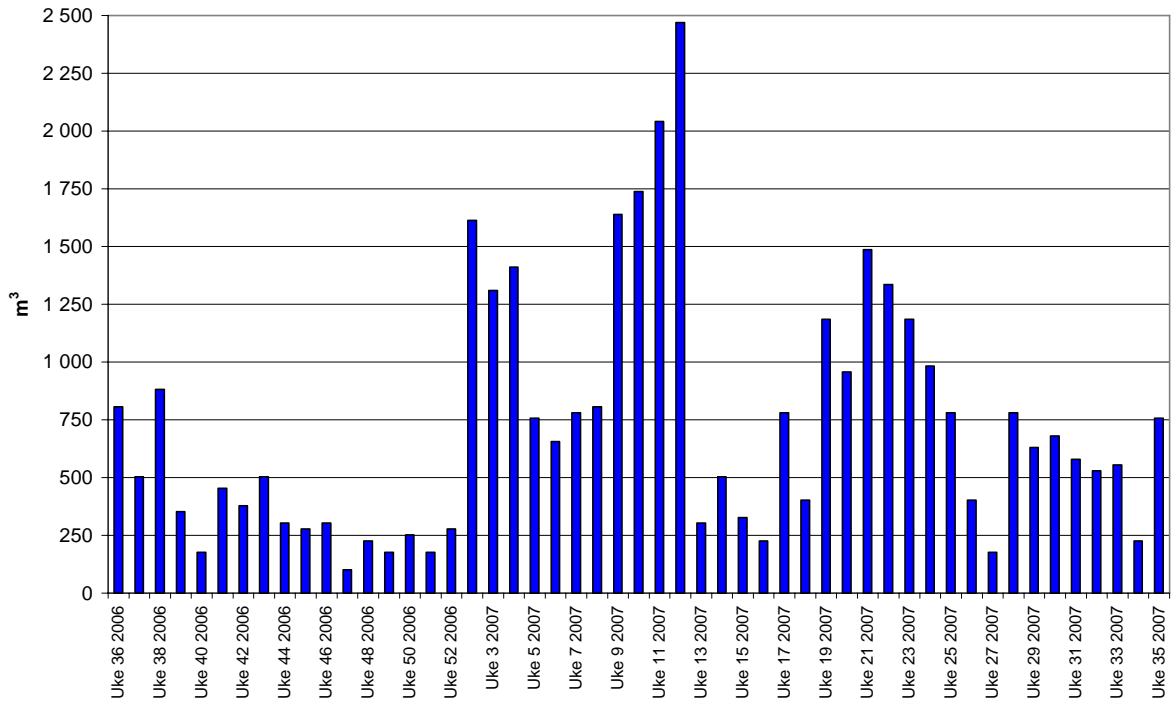
Stasjon B fanger opp sivevann fra Nordre berghald. Oppsamlingssystemet greier ikke å fange opp alt. En ukjent mengde dreisvann forsvinner i grunnen. Deler av denne avrenningen er godt synlig i veigrøfta langs avkjøringen til museumsgruva. En har også måttet strupe dreisledningen noe ved innløpet i gruva da pumpa i sumpen inne i gruva ikke greier å ta unna de største flomvannmengdene. Det er ikke gjort noe forsøk på å beregne hvor stort nedbørfeltet til dreisledningen er. Da det er relativt lite, vil vannføringene variere mye avhengig av nedbør og klima. I de senere år har det vært store temperaturforskjeller under vintersituasjonen. I perioder med regnvær på snølagt mark om vinteren kan vannføringene i perioder bli forholdsvis store. Det utprøves for tiden forskjellige målesystemer for å oppnå pålitelige tall for vannføring. De største problemene måleteknisk sett er knyttet til flomvannføringene.

I figur 28 er vist døgnmiddelvannføringer i måleperioden 2006-2007. Prøvetakingstidspunktene er også markert i figuren. En ser at ingen av prøvetakingstidspunktene falt sammen med de episodene da det var flom. Årsvolumene for stasjon B og C er samlet i tabell 11.

Pumpingen av gruvevann fra Astrup gruve til Wallenberg gruve blir loggført av NAD. Figur 29 viser ukentlige pumpemengder for måleperioden 2006-2007. Største utpumpede vannmengde skjedde i uke 12 i 2007. Totalt ble det overført 37 145 m³ fra Astrup til Wallenberg gruve i perioden 2006-2007.

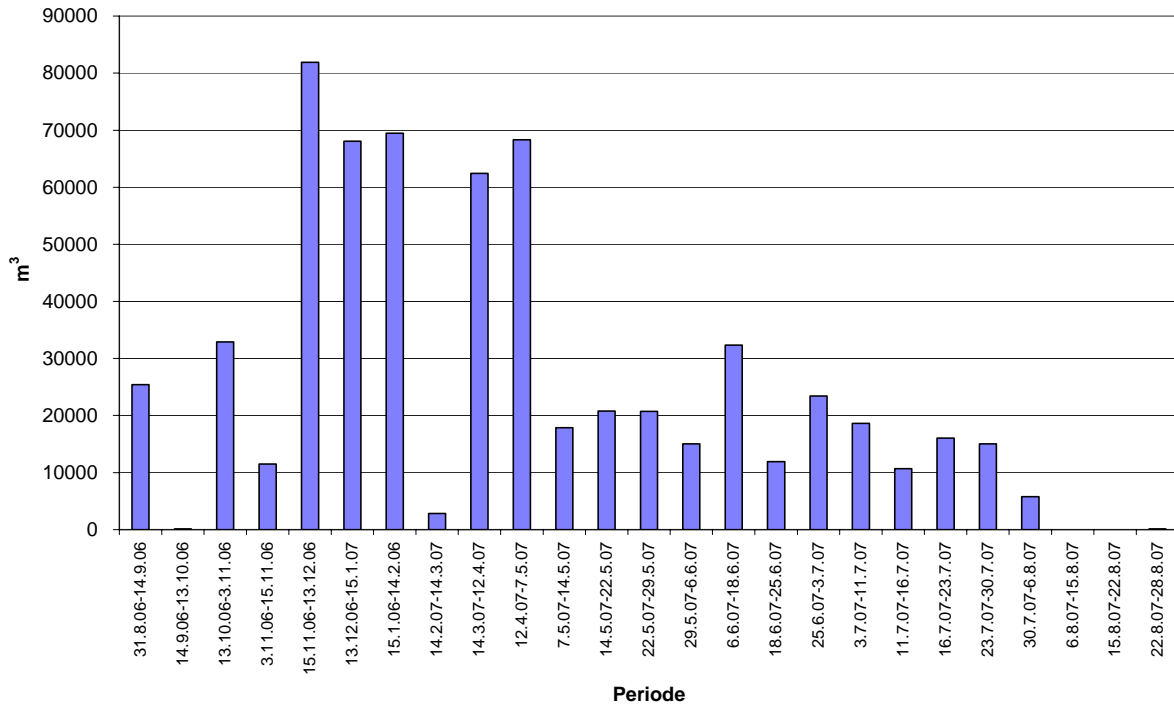


Figur 28. Døgnmiddelvannføringer ved stasjon B, Drensrør fra Nordre berghald og stasjon C, Grøft i Gammelgruva i 2006-2007 med markering av prøvetakingstidspunkter.

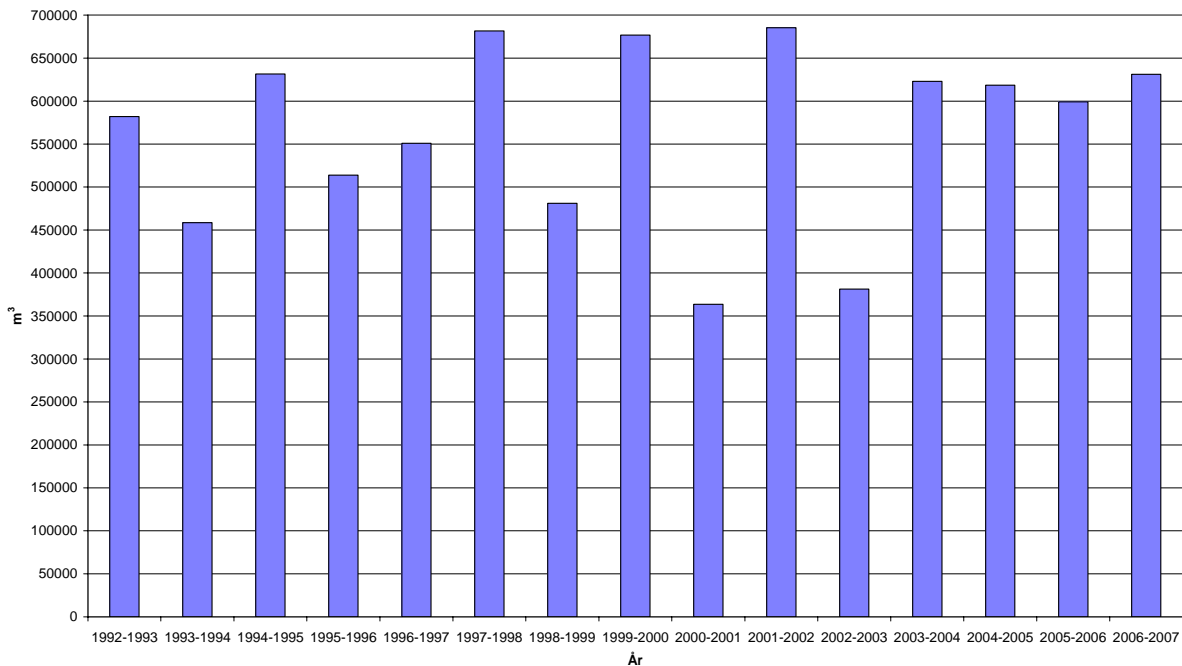


Figur 29. Pumping av vann fra Astrup gruve til Wallenberg gruve i 2006-2007.

Pumpestanden for Wallenberg pumpestasjon blir lest av ved hver prøvetaking. Figur 30 viser grafisk hvor mye vann som er pumpet ut mellom hver avlesning i 2006-2007. Figuren viser at det ble pumpet ut mye vann i perioden november 2006-januar 2007 pga stor tilrenning til gruva i denne perioden. Fra 12.4.2007 ble det foretatt ukentlige observasjoner. Figuren er av den grunn noe misvisende. Det ble imidlertid pumpet ut lite vann fra gruva i juli-august 2007 da gruva var pumpet ned til laveste nivå i denne perioden. Figur 31 viser årsvolumer for alle hydrologiske år siden starten.



Figur 30. Pumping av gruvevann fra Wallenberg pst i 2006-2007.

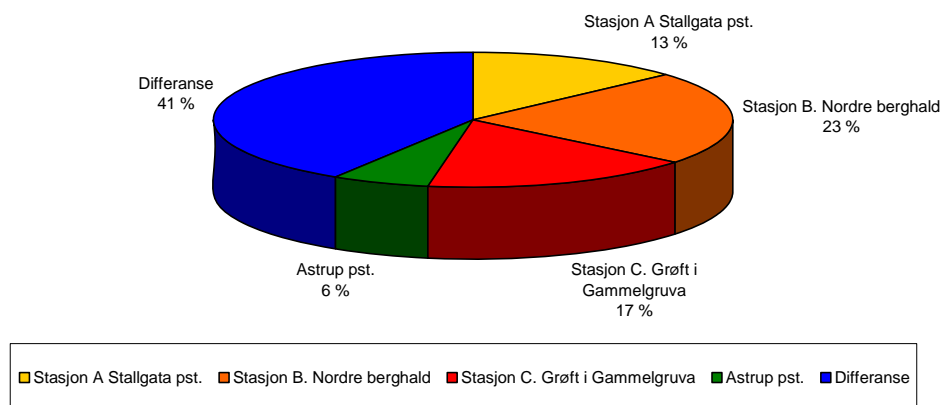


Figur 31. Årlig utpumpet vannmengde fra Wallenberg gruve for alle hydrologiske år.

Tabell 11. Samlet vannbalanse for målestasjonene i Wallenberg gruve

Periode	Stasjon A Stallgata pst m ³	Stasjon B. Nordre berghald m ³	Stasjon C. Grøft i Gammelgruva m ³	Astrup pst. m ³	Sum innløp m ³	Wallenberg pst. m ³	Diffe- ranse m ³
1992-1993	48900	52600	18200		911743	925500	13757
1997-1998	72497	93131	32354	30000	466400	635734	169334
2005-2006	73000	105821	70981	46000	295803	600000	304197
2006-2007	83663	142366	107898	37145	371072	631096	260024

Figur 32 viser grafisk hvordan observasjonsmaterialet fordelte seg på de enkelte kilder i 2006-2007.

**Figur 32.** Vannbalanse på Løkkengruva i 2006-2007. Fordeling på kilder i %.

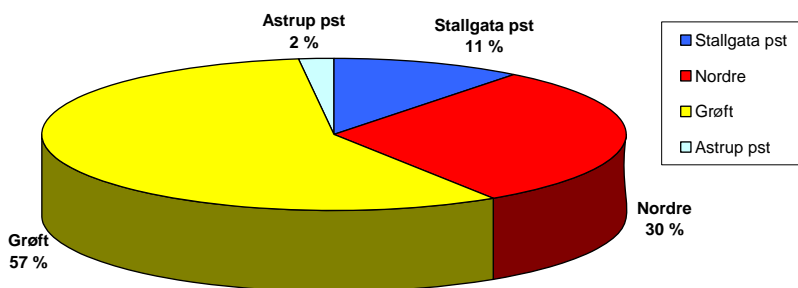
4.2 Materialbalanse på Wallenberg gruve

Det kreves svært omfattende feltundersøkelser for å beregne stofftransporten i et slikt område med stor presisjon. I denne undersøkelsen har vi som i den foregående gjort den forenkling ved å beregne årstransporten ved hjelp av årsmiddelerverdi for konsentrasjon og multiplisere denne med samlet årsavrenning. I Løkken gruveområde har vi gjort den erfaring at vannkvaliteten endrer seg relativt lite i løpet av året sett i forhold til vannføringen. Vi tror derved at beregnet årstransport vil gi tilstrekkelig informasjon om betydningen av de enkelte kilder. Når det gjelder beregningen for Wallenberg pumpestasjon har vi beregnet en transportverdi for hver observasjon ved å multiplisere analyseverdi med utpumpet vannmengde siden foregående observasjon. Årstransporten er beregnet ved å summere alle enkeltverdier. Beregningen for Astrup pst er usikker. Her har vi multiplisert aritmetisk middelerverdi for alle observasjoner siden 1995 (24 observasjoner) med utpumpet vannmengde i 2006-2007. Tabell 12 viser beregnet materialbalanse for Wallenberg gruve i perioden 2006-2007.

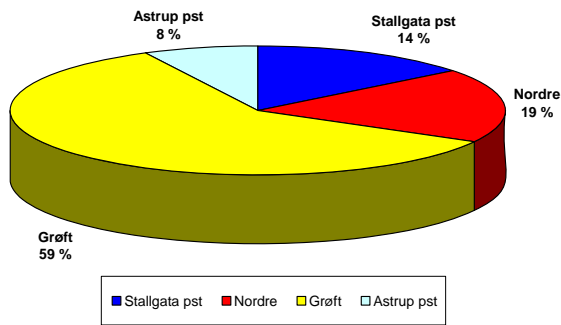
Tabell 12. Materialbalanse på Wallenberg gruve i 2006-2007.

Stasjon	SO ₄ tonn	Fe tonn	Cu tonn	Zn tonn	Cd kg	Al tonn	Ca tonn
Stallgata pst	372	52	5,0	4,2	17,0	13,1	29,8
Nordre berghald	650	148	6,5	3,0	11,2	18,6	22,7
Grøft Gammelgruva	1313	280	20,7	15,2	58,4	67,3	31,8
Astrup pst	92	10	2,7	6,1	21,5	2,0	17,5
Sum tilførsler 2006-2007	2427	491	34,8	28,6	108,1	101,0	101,9
Avløp Wallenberg pst 2006-2007	1127	98	5,1	13,0	38,8	19,2	197,0

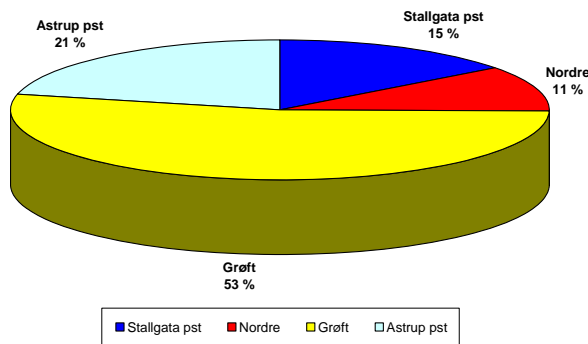
Figur 33, figur 34, figur 35, figur 36 og figur 37 gir en grafisk fremstilling av hvordan årstransporten fordeler seg på kildene mht for noen viktige komponenter,.



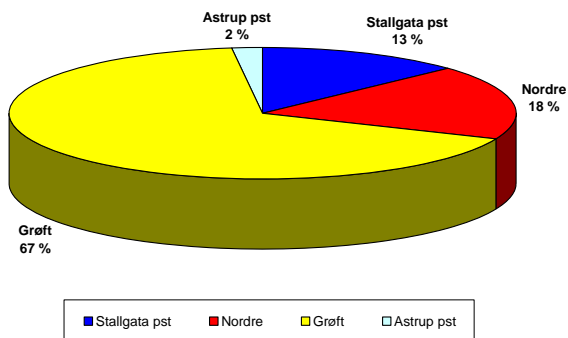
Figur 33. Jernbalanse for Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2006-2007.



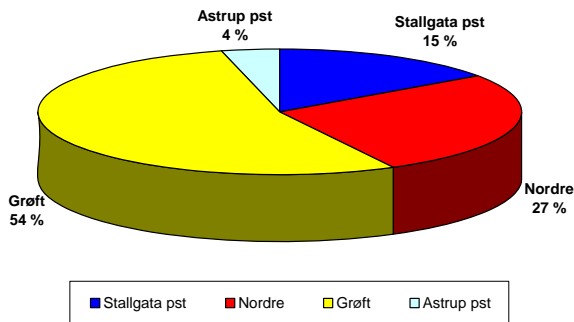
Figur 34. Kobberbalanse på Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2006-2007.



Figur 35. Sinkbalanse på Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2006-2007.



Figur 36. Aluminiumbalanse på Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2006-2007.



Figur 37. Sulfatbalanse på Wallenberg gruve. Fordeling av årstransport på kilder i 2006-2007.

Tabell 13 gir en oversikt over beregnede transportverdier for alle de fire undersøkelsesperiodene som er gjennomført. I tabell 14 er samlet årlig materialtransport for alle år etter at Wallenberg pst kom i drift.

Tabell 13. Materialbalanse for Wallenberg gruve for samtlige undersøkelsesperioder.

Stasjon	SO ₄ tonn	Fe tonn	Cu tonn	Zn tonn	Cd kg	Al tonn
A. Stallgata 1992-1993	290	52	5,9	5,9		
A. Stallgata 1997-1998	354	58	6,2	6,3	26	
A. Stallgata 2005-2006	308	46	4,3	3,7	15	11
A. Stallgata 2006-2007	372	52	5,0	4,2	17	13
B. Nordre 1992-1993	319	83	3,9	2,0		
B. Nordre 1997-1998	580	151	7,3	3,7	19	
B. Nordre 2005-2006	414	95	4,3	2,0	8	12
B. Nordre 2006-2007	650	148	6,5	3,0	11	19
C. Grøft 1992-1993	887	65	5,0	4,0		
C. Grøft 1997-1998	423	89	6,7	5,3	20	
C. Grøft 2005-2006	864	153	12,5	10,0	40	42
C. Grøft 2006-2007	1313	280	20,7	15,2	58	67
Astrup pst 2005-2006	116	13	3,5	7,9	28	2,6
Astrup pst 2006-2007	92	10	2,7	6,1	22	2,0
Wallenberg pst. 1992-1993	939	42	2,1	10,2	28	2,2
Wallenberg pst. 1997-1998	976	61	1,1	9,5	16	2,8
Wallenberg pst. 2005-2006	926	69	1,0	7,7	16	6,5
Wallenberg pst. 2006-2007	1127	98	5,1	13,0	39	19

Tabell 14. Materialtransport ved Wallenberg pst 1992-2007.

År	SO ₄ tonn	Fe tonn	Cu tonn	Zn tonn	Cd kg	Mn tonn	Ni tonn	Co tonn	Pb kg	Al tonn	Vannmengde m ³
1992-1993	1286	59,0	2,20	14,2	28,4	4,49	0,10	0,45		2,2	582048
1993-1994	763	31,3	0,88	6,58	10,5	3,56	0,04	0,23		1,7	458600
1994-1995	1174	50,4	1,76	11,2	44,3	5,62	0,08	0,43		2,2	631492
1995-1996	675	32,5	0,78	6,36	9,0	3,11	0,06	0,15		1,5	513821
1996-1997	897	47,3	1,01	7,77	8,1	3,51	0,08	0,30		2,7	550965
1997-1998	1027	61,8	1,11	9,73	17,9	3,98	0,08	0,40		2,8	681638
1998-1999	989	71,9	0,77	9,52	15,3	3,15	0,59	0,36		2,4	481092
1999-2000	1056	66,1	0,73	8,25	14,6	3,10	0,07	0,36		2,3	676796
2000-2001	692	39,7	0,31	4,51	5,6	1,74	0,04	0,20		0,7	363598
2001-2002	1650	135,7	5,28	19,0	36,3	4,50	0,14	0,63	28,8	22,8	685408
2002-2003	686	48,1	0,52	5,63	9,3	1,87	0,05	0,23	4,3	3,9	381328
2003-2004	1201	92,4	3,03	12,1	28,7	2,96	0,10	0,45	12,3	14,5	623033
2004-2005	1496	140,0	5,90	19,3	52,2	3,34	0,13	0,62	25,1	28,2	618505
2005-2006	926	69,4	0,98	7,73	15,8	2,15	0,10	0,33	6,6	6,5	599112
2006-2007	1127	98,0	5,10	13,0	38,8	2,34	0,097	0,43	21,4	19,2	631096

4.3 Forurensningstransport ved hovedkildene

Avløpet fra Wallenberg pumpestasjon går til Fagerlivatn som har avløp til Bjørnlivatn.

Som i foregående rapport vil vi beregne forurensningstransporten ved utløpet av Bjørnlivatn og sammenligne denne med samlet transport i Raubekken. Derved kan en få et anslag over hvor effektivt dreneringstiltaket på Løkkensiden er.

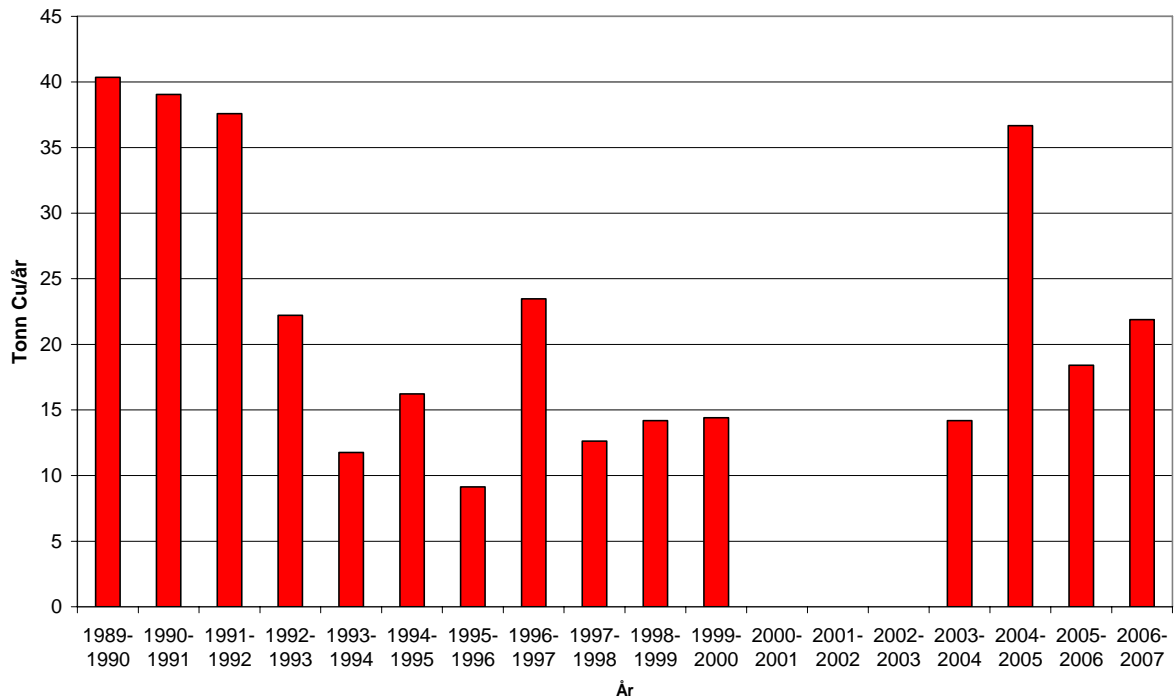
I tabell 15 har en samlet årstransporten for Raubekken for alle år etter 1989. En ser årstransporten avtok merkbart etter at tiltaksplanen ble satt i verk i 1992. Problemene med gjentetting av tilløpet gjennom synken i Gammelgruva og nødoverløp til Raubekken (2004-2005) førte til at transporten igjen ble omtrent den samme som i de siste årene før tiltaksplanen pga nødoverløp til Raubekken. I tillegg fikk en også økte tilførsler fra Wallenberg pumpestasjon. Etter at inngående dreinsvann ble overført til Gammelsjakta, førte dette til redusert transport i Raubekken igjen. En vesentlig effekt i 2005-2006 var at det ikke lenger var noe nødoverløp fra Løkkensiden til Raubekken. Utslippene fra Wallenberg pumpestasjon var også mindre i denne perioden. I figur 38 er årstransporten for kobber fremstilt grafisk. I tabell 16 har en sammenlignet årstransporten i Raubekken med tilførselen fra Bjørnlivatn i undersøkelsesperioden. Resultatene fram til 1.9.2007 viser at Løkkensiden fortsatt er den dominerende forurensningskilde i området, men at tilførslene fra gruva via Bjørnlivatn bidrar med en del sulfat og økende mengder aluminium, kadmium og sink.

Tabell 15. Materialtransport i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2007.

Hyd.år	SO ₄ Tonn	Al Tonn	Fe Tonn	Cu Tonn	Zn Tonn	Cd Kg
1989-1990	3040		383	40,4	65,8	130
1990-1991	4480		478	39,1	72,7	199
1991-1992	4195		434	37,6	72,3	190
1992-1993	4490	65,6	229	22,2	76,7	173
1993-1994	2761	29,4	133	11,8	43,8	82,3
1994-1995	3764	39,4	166	16,2	54,0	116
1995-1996	2431	29,1	112	9,1	33,2	73,3
1996-1997	4517	54,6	180	23,5	63,9	156
1997-1998	3484	36,7	117	12,6	42,7	101
1998-1999	3554	46,5	158	14,2	43,1	93,7
1999-2000	3707	40,2	126	14,4	44,7	95,6
2000-2001	2020					
2001-2002	3398					
2002-2003	3516					
2003-2004	3520	48,2	101	14,2	39,4	87,1
2004-2005	7156	126,5	192	36,7	90,7	273
2005-2006	4088	69,0	130	18,4	46,3	119
2006-2007	5717	70,2	125	21,9	58,8	138

Tabell 16. Transport i Raubekken og ved utløp av Bjørnlivatn i 2006-2007

Stasjon	SO ₄	Al	Fe	Cu	Zn	Cd
	Tonn	Tonn	Tonn	Tonn	Tonn	Kg
Raubekken	5717	70,2	125	21,9	58,8	138
Utløp Bjørnlivatn	1996	13,4	11,3	4,9	17,7	49,1
Differanse (= Løkkensiden)	3721	57	114	17	41	89

**Figur 38.** Årlig transport av kobber i Raubekken. Hydrologiske år 1989-2007.

Ved hjelp av materialet i tabell 16 og tilsvarende beregning gjort for perioden 2005-2006 kan en anslå effektiviteten til dreneringstiltaket i %. I tabell 17 under er gjort et slikt anslag.

Tabell 17. Virkningsgrad til dreneringstiltak på Løkkensiden.

	SO ₄	Al	Fe	Cu	Zn	Cd
Oppsamlingsgrad i % i 2005-2006	21,5	29,3	53,9	36,1	15,1	21,5
Oppsamlingsgrad i % i 2006-2007	21,6	35,8	63,8	40,3	15,0	24,1

En ser at tiltaket greier å samle opp ca 40 % av avrenningen av kobber til Raubekken på Løkkensiden. Tilførslene fra Bjørnlivatsiden bidrar med mye sulfat og en del aluminium. Den dårlige virkningsgraden for sink skyldes tilførslene fra slamdammen på Løkken som ikke omfattes av tiltaksplanen fra 1991. Dette er også i samsvar med erfaringene fra undersøkelsene i 1989-1990 (Øren et al, 1990).

5. Samlet vurdering

Forurensningssituasjonen i Løkken gruveområdet har vært fulgt opp med et løpende program i alle år etter at tiltaksplanen til Løkken Gruber fikk sin fulle virkning i april 1992. Programmet har vært konsentrert om å føre tilsyn med vannkvaliteten til utgående vann fra gruva gjennom pumpestasjonen i Wallenberg sjakt. Etter at vannkvaliteten viste tydelige tegn på en betydelig forverring i 2002, ble programmet forsterket med supplerende prøvetaking. Fra 2004 har situasjonen forverret seg ytterligere ved at innløpet til gruva gikk tett og at pH-verdien i utgående vann sank til omkring pH 3 i store deler av året. Innløpet ble flyttet til Gammelsjakta i november 2005. Dette førte til en kortvarig forbedring i situasjonen.

I siste måleperiode i 2006-2007 synes igjen situasjonen gradvis å bli verre ved at pH-verdien i utgående vann forblir vedvarende lav, bortsett fra i de periodene når pumpestasjonen hovedsakelig pumper ut rent overflatevann som trenger inn i gruva i Fagerliåsen når det er mye nedbør eller snøsmelting. Maksimumskonsentrasjonene for kobber ser for tiden ut til å øke hvert år.

Et annet forhold er at jerninnholdet i utgående vann øker. Det begynte å øke gradvis allerede omkring 1995, men økningen skjøt fart omkring 2000. Jernet foreligger stort sett som toverdige når vannet forlater pumpestasjonen. Ute i Fagerlivatn og i Bjørnlivatn oksiderer det til treverdige og hydrolyserer. Når dette skjer, utvikles syre og pH-verdien i disse innsjøene faller, foreløpig ned til området omkring pH 3,1. Dette sterkt sure vannet fører til en sekundær effekt ved at det fører til en utløsning av metaller fra sedimenter og gruveavfall i og rundt bredden av de to innsjøene. Metalltilførslene til Raubekken fra Bjørnlivatn-siden er derfor samlet sett for tiden økende. For publikum er forverringen synlig ved at Fagerlivatn ser brunt ut, mens Bjørnlivatn er grønnfarget. Grønnfargen skyldes en optisk effekt ved at de små jernhydroksid-/oksidpartiklene bryter lyset på en spesiell måte.

Økte tilførsler fra Bjørnlivatn fører også til økt forurensningstransport i Raubekken. Den økte en del i 2006-2007 i forhold til foregående år, men var likevel ikke alarmerende høy. Orkla har imidlertid fått en økt metallbelastning ved at tilførslene fra Bjørnlivatn er høyere enn den har vært på lenge. Dette har imidlertid så langt ikke ført til høyere metallkonsentrasjoner i Orkla. Vannkvaliteten i Orkla var fortsatt tilfredsstillende fram til høsten 2007. Dette skyldes gode fortynningsforhold i Orkla. Året 2006-2007 var et nedbørrikt år, noe som trolig også førte til relativt høye vannføringer i Orkla.

Selv om utslippene fra Wallenberg pumpestasjon økte en del i siste år, har likevel den viktigste årsaken til økt metalltransport i Raubekken siste år sammenheng med naturlige forhold ved at økt nedbør forårsaket økt utvasking av forvittringsprodukter fra gruveavfallet på Løkkensiden. Dette ser en lett ved å sammenligne materialtransporten ut av Bjørnlivatn med samlet transport i Raubekken. En ser at tiltaksplanen fra 1991 kun greier å samle opp ca 40 % av avrenningen av kobber fra Løkken-siden uavhengig av årsnedbøren. Når bare ca 15 % av den tilsvarende avrenning av sink samles opp, skyldes dette at tiltaksplanen ikke omfatter en betydelig sinkkilde som slamdammen nede på Løkken. Dette ble også kommentert i tiltaksutredningen til NIVA fra 1990.

Av de enkelte forurensningskildene som føres inn i Gammelgruva, er det drensvann som som går internt i gruva i grøfta i Gammelgruva som er største kilde. Det knytter seg fortsatt litt usikkerhet til hvor stor den er, men vi håper å oppnå bedre data i det pågående programmet da det for tiden pågår vannmengdeproporsjonal blandprøvetaking ved to av kildene i Gammelgruva.

Det er vanskelig å avgjøre hvilken forurensningskilde som for tiden er størst på Løkkensiden. Dette skyldes at store deler av avrenningen fra Nordre berghald går utenom drenssystemet som fører til gruva. Tilførslene fra Nordre berghald er trolig største enkeltkilde til Raubekken for tiden. De er

derfor mulig at avrenningen av forvittringsprodukter er omtrent av samme størrelsesorden fra Nordre berghald som fra magnetittmalmtippen som ligger over Gammelgruva og drenerer til Gammelgruva.

Tilførsle av kobber til Løkkengruva fra alle kilder i dagen utgjorde i 2006-2007 ca 32 tonn/år. Dersom man i dag stopper Wallenberg pumpe-stasjon og tar gruvevannet ut på Løkken-siden, ville dette innebære at kobbertilførsle fordobles og vil utgjøre omkring 50-60 tonn/år. En slik belastning vil Orkla ikke tåle uten store skadevirkninger. Anslaget forteller oss også at nye forurensningsbegrensende tiltak i området må planlegges med en høy virkningsgrad dersom en ønsker å stoppe Wallenberg pumpe-stasjon og ta vannet ut på Løkken-siden.

6. Referanser

Bergvesenet, 2007. Konsekvensutredning. Forurensningsproblematikk Løkken Verk i Meldal kommune, 56 s.

Iversen, E.R., 2006. Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde i Meldal kommune. Undersøkelser i 2005-2006. NIVA-rapport, O-25176, L.nr. 5306-2006, 66 s.

NVE (1987). Avrenningskart over Norge. Norges vassdrags- og energiverk. Vassdragsdirektoratet, hydrologisk avdeling. 1987.

Øren, K., Arnesen, R.T., Iversen, E.R., Knudsen, C-H., Lundgren, T. og Skjelkvåle, B.L., 1990. Løkken Gruber A/S & Co. Vurdering av forurensningsstatus og alternative tiltak for å redusere forurensningstilførslene fra gruveområdet. NIVA-rapport. L.nr. 2400, O-88226, 163 s.

Vedlegg A. Fysisk/kjemiske analyseresultater

Tabell 18. Analyseresultater. Stasjon A. Stallgata pumpestasjon 2006-2007.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Al mg/l	Si mg/l
14.09.2006	2,56	503	4641	398	162	654	63,6	57,1	0,230	9,21	0,63	2,29	167	63,6
13.10.2006	2,52	475	4521	388	149	621	60,7	53,1	0,210	8,64	0,59	2,18	166	62,3
15.11.2006	2,51	498	4371	346	137	612	57,2	48,3	0,198	6,82	0,49	1,90	157	58,9
13.12.2006	2,52	471	4701	377	149	667	63,1	54,6	0,204	8,27	0,59	2,25	170	60,1
15.01.2007	2,54	500	4760	365	152	700	63,5	51,3	0,200	7,80	0,55	2,19	173	60,3
14.02.2007	2,57	517	4790	359	151	674	59,4	44,6	0,185	7,76	0,54	2,15	175	57,8
14.03.2007	2,58	444	3994	248	110	489	55,0	41,5	0,181	5,87	0,39	1,65	131	46,5
12.04.2007	2,55	430	4162	318	118	617	62,3	48,8	0,190	6,22	0,44	1,86	136	52,0
14.05.2007	2,71	467	4311	357	129	666	57,8	46,8	0,180	7,08	0,50	1,96	152	58,9
18.06.2007	2,49	608	4760	388	145	681	62,7	57,1	0,220	8,57	0,56	2,24	165	62,8
16.07.2007	2,50	473	4371	373	139	561	58,8	58,6	0,245	8,06	0,48	1,89	148	57,7
15.08.2007	2,50	446	4042	356	124	533	52,9	44,4	0,193	7,18	0,47	1,79	138	57,6
Aritm.middel	2,55	486	4452	356	139	623	59,8	50,5	0,203	7,62	0,52	2,03	157	58,2
Maks.verdi	2,71	608	4790	398	162	700	63,6	58,6	0,245	9,21	0,63	2,29	175	63,6
Min.verdi	2,49	430	3994	248	110	489	52,9	41,5	0,180	5,87	0,39	1,65	131	46,5

Tabell 19. Analyseresultater. Stasjon B. Drensrør fra Nordre berghald 2006-2007.

Dato	pH	Kond mS/m	SO₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Al mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
14.09.2006	2,49	423	3802	152	93,9	861	36,2	18,3	0,074	3,66	0,23	1,63	106	33,0	0,77
11.10.2006	2,47	383	3207	160	86,0	648	32,8	16,6	0,070	3,56	0,21	1,33	96,0	32,8	1,08
15.11.2006	2,42	451	4042	149	98,3	868	38,8	19,0	0,077	3,68	0,21	1,54	118	29,0	5,32
13.12.2006	2,38	441	4521	173	110	1040	45,3	22,4	0,083	4,23	0,27	1,93	128	31,2	1,35
15.01.2007	2,41	500	5000	162	119	1180	49,7	23,4	0,088	4,35	0,26	2,11	143	29,1	2,03
14.02.2007	2,43	538	5868	165	142	1420	60,2	26,4	0,100	4,92	0,30	2,63	176	29,4	1,81
14.03.2007	2,41	336	2841	104	64,2	594	29,3	13,2	0,054	2,55	0,15	1,16	82,0	18,8	8,69
12.04.2007	2,46	402	4042	135	94,7	891	43,4	20,8	0,078	3,52	0,20	1,70	109	23,7	7,31
14.05.2007	2,61	492	5180	174	119	1240	53,7	24,3	0,088	4,19	0,25	2,27	147	29,8	1,89
13.06.2007	2,34	692	6287	174	143	1530	60,7	26,2	0,094	4,92	0,31	2,69	175	34,5	0,31
16.07.2007	2,29	552	6317	207	157	1480	59,4	26,4	0,066	5,24	0,28	2,55	183	42,8	0,17
15.08.2007	2,40	399	3683	162	92,7	760	35,8	18,4	0,076	3,62	0,21	1,49	103	33,6	0,98
Aritm.middel	2,43	467	4566	160	110	1043	45,4	21,3	0,079	4,04	0,24	1,92	131	30,6	2,64
Maks.verdi	2,61	692	6317	207	157	1530	60,7	26,4	0,100	5,24	0,31	2,69	183	42,8	8,69
Min.verdi	2,29	336	2841	104	64	594	29,3	13,2	0,054	2,55	0,15	1,16	82,0	18,8	0,17

Tabell 20. Analyseresultater. Stasjon C. Grøft i Gammelgruva 2006-2007.

Dato	pH	Kond mS/m	SO₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Al mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
14.09.2006	2,60	822	11168	316	535	2090	165	130	0,503	17,1	1,10	7,30	529	40,1	0,55
11.10.2006	2,58	659	9222	324	419	1710	137	107	0,427	14,5	0,97	5,84	420	41,5	0,40
15.11.2006	2,53	703	8743	265	370	1700	127	96,6	0,353	12,9	0,94	5,71	363	35,7	1,26
13.12.2006	2,53	698	11527	298	530	2120	173	133	0,513	17,3	0,96	7,50	536	38,0	0,79
15.01.2007	2,46	905	14192	294	644	2760	204	148	0,573	20,3	1,33	9,03	657	38,3	1,55
14.02.2007	2,54	1211	20749	289	967	4150	284	204	0,777	27,8	1,75	13,4	1000	36,5	1,59
14.03.2007	2,41	1091	20398	289	624	3738	238	155	0,601	20,7	1,35	10,7	704	37,3	1,46
12.04.2007	2,48	832	14072	292	567	2790	200	128	0,503	18,6	1,20	8,51	586	38,0	1,58
14.05.2007	2,69	900	13982	292	680	2590	201	151	0,580	20,4	1,30	9,18	697	35,7	0,33
13.06.2007	2,46	1276	17275	302	821	3240	245	186	0,711	23,9	1,43	11,1	863	37,2	0,15
16.07.2007	2,51	917	13623	289	689	2540	194	148	0,552	19,7	1,10	8,35	701	34,6	0,14
15.08.2007	2,52	695	9491	292	432	1730	134	104	0,398	14,4	0,92	6,06	431	35,7	0,14
Aritm.middel	2,53	892	13703	295	607	2597	192	141	0,541	19,0	1,20	8,56	624	37,4	0,83
Maks.verdi	2,69	1276	20749	324	967	4150	284	204	0,777	27,8	1,75	13,4	1000	41,5	1,59
Min.verdi	2,41	659	8743	265	370	1700	127	97	0,353	12,9	0,92	5,71	363	34,6	0,14

Tabell 21. Analyseresultater. Utløp Bjørnlivatn 2006-2007.

Prøve tatt	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Pb mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
14.09.2006	4,30	131,6	766,5	189	54,3	0,929	0,918	0,528	5,00	<0,01	0,012	1,61	0,056	0,22	4,42	62,8
13.10.2006	4,01	125,6	790,4	192	54,7	1,34	0,886	0,623	5,20	<0,01	0,012	1,63	0,053	0,22	4,75	83,9
15.11.2006	3,95	124,6	727,5	167	46,1	2,42	2,50	0,861	5,31	<0,01	0,012	1,44	0,051	0,20	4,84	143,9
13.12.2006	3,74	103,5	721,6	174	45,4	3,17	2,72	1,07	6,40	<0,01	0,015	1,50	0,054	0,22	5,45	51,5
15.01.2007	3,65	123,6	679,6	158	40,7	3,11	4,10	1,19	6,09	<0,01	0,016	1,39	0,054	0,22	5,59	87,4
14.02.2007	3,67	123,5	688,6	162	44,9	2,42	3,56	1,09	6,10	<0,01	0,015	1,39	0,055	0,22	5,73	50,3
14.03.2007	4,15	91,9	515,0	113	29,2	1,58	1,32	0,812	4,05	<0,01	0,010	0,94	0,037	0,14	5,01	92,2
12.04.2007	4,89	79,0	473,1	119	25,1	1,72	1,27	0,861	3,82	<0,01	0,010	0,83	0,037	0,12	5,20	160,8
14.05.2007	3,65	112,5	628,7	133	36,9	6,69	6,16	2,69	6,55	<0,01	0,020	1,21	0,054	0,22	5,95	89,0
18.06.2007	3,17	176,4	778,4	137	39,4	8,89	4,84	3,25	7,71	<0,01	0,024	1,33	0,06	0,24	6,86	34,6
16.07.2007	3,19	147,0	826,3	156	46,9	11,2	7,52	3,69	8,75	<0,01	0,026	1,54	0,064	0,28	7,45	51,4
15.08.2007	3,23	131,7	715,6	142	42,2	11,5	10,7	3,44	8,56	<0,01	0,029	1,48	0,064	0,28	7,10	91,4
Gj.snitt	3,80	122,6	692,6	154	42,2	4,58	3,87	1,68	6,13	<0,01	0,02	1,36	0,05	0,22	5,70	83,3
Maks.verdi	4,89	176,4	826,3	192	54,7	11,5	10,7	3,69	8,75	<0,01	0,03	1,63	0,06	0,28	7,45	160,8
Min.verdi	3,17	79,0	473,1	113	25,1	0,93	0,89	0,53	3,82	<0,01	0,01	0,83	0,04	0,12	4,42	34,6

Tabell 22. Analyseresultater. Raubekken ved inntak kraftverk 2006-2007.

Dato	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd µg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Al mg/l	Si mg/l	Vannf l/s
12.09.2006	6,22	30,9	115,0	34,2	7,93	0,20	0,139	0,90	2,0	0,25	0,009	0,033	0,13	2,68	889
13.10.2006	6,04	42,6	203,6	53,0	13,4	3,39	0,476	1,67	4,1	0,44	0,016	0,062	1,52	3,43	1030
13.11.2006	6,15	31,7	130,5	36,1	8,36	2,13	0,355	1,22	3,0	0,28	0,010	0,042	1,06	2,76	2200
13.12.2006	6,19	32,1	161,7	38,9	9,65	6,15	0,506	1,66	4,0	0,35	0,015	0,057	1,82	3,20	960
15.01.2007	5,94	34,1	147,9	38,1	9,08	3,19	0,509	1,48	3,7	0,31	0,010	0,047	1,58	3,25	960
19.02.2007	6,78	30,9	84,1	26,0	5,26	2,99	0,417	0,91	2,0	0,18	0,009	0,027	1,44	3,21	750
14.03.2007	6,80	17,8	52,7	19,1	3,46	1,18	0,193	0,51	1,0	0,11	0,006	0,015	0,62	2,61	1620
18.04.2007	5,95	20,4	78,1	22,5	4,89	1,86	0,352	0,82	2,0	0,16	0,007	0,025	0,98	2,40	3441
14.05.2007	5,32	21,2	83,5	23,3	5,1	2,33	0,468	1,05	3,0	0,19	0,009	0,031	1,41	2,17	1190
19.06.2007	4,64	33,2	151,2	35,8	8,75	3,84	0,862	1,78	5,0	0,33	0,017	0,057	2,83	3,22	420
11.07.2007	4,51	41,6	200,3	46,6	11,3	3,03	1,01	2,30	3,8	0,43	0,016	0,072	3,33	3,51	330
14.08.2007	6,13	19,9	75,1	22,8	4,79	1,73	0,394	0,95	2,0	0,18	0,080	0,029	1,46	2,37	1810
Gj.snitt	5,89	29,70	123,7	33,0	7,66	2,67	0,47	1,27	3,0	0,27	0,017	0,041	1,51	2,90	1300
Maks.verdi	6,80	42,60	203,6	53,0	13,4	6,15	1,01	2,30	5,0	0,44	0,080	0,072	3,33	3,51	3441
Min.verdi	4,51	17,75	52,7	19,1	3,46	0,20	0,14	0,51	1,0	0,11	0,006	0,015	0,13	2,17	330

Tabell 23. Analyseresultater. Avløp fra Wallenberg pst. 2006-2007.

Dato	Telleverk m ³	Utpumpet fra forrige avlesn.	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Pb mg/l	Li mg/l
14.09.2006	129934	25393	4,73	248	1701	332	119	16,0	138	3,93	16,2	0,047	3,11	0,13	0,59	18,1	0,020	
13.10.2006	130042	108																
03.11.2006	162930	32888	4,25	330	2383	430	160	44,9	242	4,76	29,4	0,082	5,10	0,21	0,98	25,0	0,039	
15.11.2006	174428	11498	4,19	336	2572	418	157	52,8	247	4,84	31,7	0,084	5,19	0,22	1,00	27,2	0,030	
13.12.2006	256310	81882	5,35	272	2254	418	178	22,7	180	2,79	22,7	0,049	4,58	0,18	0,78	19,5	0,020	
15.01.2007	324393	68083	5,54	264	1778	424	151	8,88	136	1,38	9,78	0,020	3,99	0,14	0,60	16,6	<0,01	
14.02.2007	393869	69476	5,51	269	1760	428	148	7,50	131	1,91	10,7	0,022	4,26	0,14	0,64	15,8	<0,01	
14.03.2007	396673	2804	6,98	91,7	425	124	27,8	1,17	5,68	0,26	0,71	0,002	0,18	0,01	0,03	7,23	<0,01	
12.04.2007	459096	62423	3,03	344	2757	408	176	50,9	227	15,0	32,6	0,100	5,31	0,23	1,04	26,3	0,043	
07.05.2007	527421	68325	3,19	452	3114	397	157	97,7	302	34,3	53,1	0,180	6,30	0,32	1,32	37,2	0,130	
14.05.2007	545262	17841	3,32	343	2485	391	157	58,9	267	21,8	34,5	0,148	5,37	0,23	1,13	27,6	0,100	0,050
22.05.2007	566039	20777	2,62	484														0,053
29.05.2007	586751	20712	2,68	490														0,054
06.06.2007	601776	15025	2,73	475														0,052
18.06.2007	634124	32348	3,53	350	2766	403	146	66,1	249	16,6	41,3	0,14	5,56	0,25	1,19	30,2	0,089	0,054
25.06.2007	646018	11894																0,048
03.07.2007	669423	23405																0,044
11.07.2007	688030	18607																0,050
16.07.2007	698707	10677	3,20	337	2587	391	147	60,1	274	12,0	34,6	0,12	5,07	0,2	1,04	29,5	0,068	0,049
23.07.2007	714736	16029																0,053
30.07.2007	729757	15021																0,052
06.08.2007	735534	5777																0,031
15.08.2007	735539	5	6,24	102	536	155	37,3	12,5	39,2	1,04	2,55	0,009	0,377	0,02	0,08	11,2	0,030	0,009
22.08.2007	735542	3	2,98	259	1689	227	97,1	31,7	127	4,68	21,0	0,007	2,960	0,13	0,61	21,2	<0,01	0,031
28.08.2007	735637	95	7,18	94,9	422	150	32,1	0,17	0,955	0,11	0,67	0,003	0,12	0,01	0,03	6,91	<0,01	0,005

Tabell 24. Analyseresultater. Utløp Fagerlivatn 2005-2007.

Prøve tatt	pH	Kond mS/m	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Pb mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l
05.09.2005	3,09	216	1332	226	73,1	21,1	36,6	4,79	17,5	0,02	0,047	2,83	0,120	0,520	12,6
31.10.2005	3,21	216	1350	252	91,8	19,6	43,5	3,18	16,7	0,02	0,041	3,09	0,120	0,528	12,9
10.11.2005	4,81	209													
14.11.2005	5,98	202	1377	390	78,1	0,201	2,98	0,467	7,26	<0,01	<0,01	2,05	0,063	0,273	6,17
22.11.2005	6,00	103													
01.12.2005	5,28	80,6													
14.12.2005	4,48	62,7													
16.01.2006	4,90	183	1117	289	70,1	1,59	18,9	0,906	8,23	<0,01	0,019	2,01	0,071	0,284	6,84
15.02.2006	5,19	155,9													
15.03.2006	5,48	184,5	1159	303	90,9	0,42	20,1	0,789	7,22	<0,01	0,016	2,45	0,083	0,342	7,77
19.04.2006	4,05	65,5													
15.05.2006			877	206	64	0,289	12,6	1,09	6,98	<0,01	0,016	1,82	0,07	0,274	6,20
14.06.2006	5,77	163,1													
12.07.2006	6,50	176,8													
15.08.2006	5,94	168,9													
13.10.2006	4,93	141,1													
15.11.2006	3,37	107,4	476	107	25,4	4,95	16,3	2,35	5,53	<0,1	<0,01	0,017	0,90	0,044	5,34
13.12.2006	4,01	134,5													
15.01.2007	4,02	160,9													
14.02.2007	4,59	137,5	817	200	58,1	1,28	21,8	1,33	6,97	<0,01	0,017	1,71	0,07	0,272	7,03
14.03.2007	3,63	78,4													
12.04.2007	3,25	135,8													
14.05.2007	3,34	183,0													
18.06.2007	2,87	273	1560	224	72,7	25,3	30	8,26	16,5	0,03	0,059	2,52	0,12	0,510	14,3
16.07.2007	2,93	247													
15.08.2007	3,07	192,2													

Tabell 25. Analyseresultater. Prøvesnitt i Wallenberg sjakt 2006-2007.

Dato	Nivå	pH	Kond mS/m	SO₄ mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Mn mg/l	Ni mg/l	Co mg/l	Si mg/l	Pb mg/l	Temp gr.C
13.12.2006	160	5,35	241	2249	415	175	32,4	169	2,83	21,4	0,045	4,36	0,17	0,755	20,3	<0,01	
	200	5,36	238	2243	419	176	31,2	169	2,82	21,4	0,046	4,34	0,17	0,749	20,3	<0,01	
	300	4,58	315	3144	464	236	65,5	266	5,44	39,7	0,085	6,11	0,24	1,1	30,9	0,047	
	340	6,09	463	3922	522	761	8,92	123	0,17	1,08	0,002	6,05	0,018	0,083	13,6	<0,01	
	380	5,90	684	7754	495	1250	24,4	960	0,24	1,93	<0,001	12,1	0,11	0,554	19,4	<0,01	
	430	5,60	1694	28024	465	2260	22,3	9310	0,25	500	0,002	86,4	1,56	20,5	8,8	0,057	
07.05.2007	160	3,21	451	2988	403	153	66,3	294	26,8	39	0,15	5,68	0,25	1,24	28,8	0,091	10,8
	200	3,17	461	2967	401	153	65,7	296	26,5	38,8	0,15	5,69	0,26	1,25	28,6	0,094	10,8
18.06.2007	160	3,44	404	2778	404	146	65,5	241	16,5	41,8	0,140	5,61	0,25	1,20	29,9	0,084	11,0
	200	3,20	487	3234	463	177	80,4	324	20,1	49,9	0,170	6,71	0,30	1,43	33,8	0,1	11,6
	300	6,06	644	3503	489	618	3,54	56,8	1,02	5,83	0,013	5,32	0,061	0,256	16,9	<0,01	12,9
	340	6,06	738	4162	489	764	0,989	125	0,286	1,64	0,003	6,56	0,023	0,105	13,1	<0,01	14,0
	380	6,15	755	3952	480	736	1,36	105	0,389	1,80	0,004	6,32	0,024	0,109	12,5	<0,01	14,0
	430	5,30	3110	37126	473	2740	2,70	13200	0,57	1210	0,020	104	1,66	22,2	9,53	0,01	14,8

Tabell 26. Analyseresultater. Orkla ved Vormstad 2006-2007.

Dato	Cu	Zn	Fe	Al
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
12.09.2006	4,39	12,4	120	55,2
12.10.2006	3,79	8,2	120	48,9
13.11.2006	13,1	45,0	170	83,0
13.12.2006	8,82	23,4	120	55,5
15.01.2007	8,71	25,7	140	75,4
19.02.2007	5,00	18,7	120	80,8
14.03.2007	7,68	18,6	130	70,9
18.04.2007	4,75	8,0	200	116,0
14.05.2007	5,02	4,3	120	67,6
19.06.2007	2,49	3,0	41	25,2
11.07.2007	2,72	5,0	53	29,1
14.08.2007	3,99	7,1	210	99,9
Gj.snitt	5,87	15,0	129	67,3
Maks.verdi	13,10	45,0	210	116,0
Min.verdi	2,49	2,95	41	25,2
