

RAPPORT LNR 4099-99

ROMERIKSPORTEN

Kjemiske stoffer i
tunnelvannet - utover
rester av tetnings-
kjemikalier



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

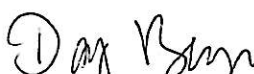
Tittel Romeriksporten. Kjemiske stoffer i tunnelvannet – utover rester av tetningskjemikalier.	Løpenr. (for bestilling) 4099-99	Dato 20. september 1999
	Prosjektnr. Undemr. O-971854	Sider Pris 24
Forfatter(e) Tor S. Traaen Dag Berge	Fagområde Vassdrag	Distribusjon
	Geografisk område Oslo	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) NSB Gardermobanen	Oppdragsreferanse Vidar Tveiten
---------------------------------------	------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>I perioden oktober 1997 til juni 1999 ble det foretatt en vannkjemisk karakterisering av dreinsvannet fra Romeriksporten. Vannet er rikt på oppløste salter, er i utgangspunktet svakt basisk (ca. pH 8) og reflekterer kalkrike bergarter. I anleggsperioden var pH i perioder ekstemt høy (pH>11) grunnet bruk av betong/sprøytebetong. Kombinert med høye ammoniumkonsentrasjoner var vannet i lange perioder giftig for fisk. God fortynning og nøytralisering i resipienten Alna avverget omfattende skader i vassdraget. I anleggsperioden var dreinsvannet preget av høyt innhold av mineralpartikler, med turbiditetsverdier opp i 180 FTU og en partikkeltransport opp i 17 tonn/uke. Vannet klarnet raskt etter avslutningen av anleggsarbeidene. Konsentrasjonene av næringsstoffene fosfor og nitrogen var i perioder svært høyt. Fosforet syntes i stor grad å være knyttet til partikler og hadde sannsynligvis en begrenset eutfierende effekt i resipienten. Flere tungmetaller hadde relativt høye konsentrasjoner, spesielt sink og kobber. Fortynningen i resipienten var imidlertid god nok til å hindre vesentlige skader på livet i vassdraget.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tunnel 2. Lekkasje 3. Vannkemi 4. 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tunnel 2. Leakage 3. Water chemistry 4.
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------


Prosjektleder


Forskningsleder


Forskningssjef

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Romeriksporten. Kjemiske stoffer i tunnelvannet – utover rester av tetningskjemikalier.	Løpenr. (for bestilling) 4099-99	Dato 20. september 1999
	Prosjektnr. Undernr. O-971854	Sider Pris 24
Forfatter(e) Tor S. Traaen Dag Berge	Fagområde Vassdrag	Distribusjon
	Geografisk område Oslo	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) NSB Gardermobanen	Oppdragsreferanse Vidar Tveiten
---------------------------------------	------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>I perioden oktober 1997 til juni 1999 ble det foretatt en vannkjemisk karakterisering av drenevannet fra Romeriksporten. Vannet er rikt på oppløste salter, er i utgangspunktet svakt basisk (ca. pH 8) og reflekterer kalkrike bergarter. I anleggsperioden var pH i perioder ekstemt høy (pH>11) grunnet bruk av betong/sprøytebetong. Kombinert med høye ammoniumkonsentrasjoner var vannet i lange perioder giftig for fisk. God fortygning og nøytralisering i resipienten Alna avverget omfattende skader i vassdraget. I anleggsperioden var drenevannet preget av høyt innhold av mineralpartikler, med turbiditetsverdier opp i 180 FTU og en partikkeltransport opp i 17 tonn/uke. Vannet klarnet raskt etter avslutningen av anleggsarbeidene. Konsentrasjonene av næringsstoffene fosfor og nitrogen var i perioder svært høyt. Fosforet syntes i stor grad å være knyttet til partikler og hadde sannsynligvis en begrenset eutrofierende effekt i resipienten. Flere tungmetaller hadde relativt høye konsentrasjoner, spesielt sink og kobber. Fortyngningen i resipienten var imidlertid god nok til å hindre vesentlige skader på livet i vassdraget.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tunnel 2. Lekkasje 3. Vannkemi 4. 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tunnel 2. Leakage 3. Water chemistry 4.
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Norsk institutt for vannforskning
Oslo

O-971854

Romeriksporten

**Kjemiske stoffer i tunnelvannet - utover rester av
tetningskjemikalier**

Brekke 20/9-99

Saksbehandler:
Medarbeider:

Dag Berge
Tor S. Traaen

Innholdsfortegnelse

	side
1. SAMMENDRAG.....	4
2. INNLEDNING	5
3. KJEMISKE ANALYSER AV TUNNELVANNET	5
3.1 pH og konduktivitet.....	5
3.2 Turbiditet og partikulært materiale.....	7
3.3 Farge og organisk karbon	9
3.4 Næringssaltene fosfor og nitrogen	10
3.5 Hovedkationer og hovedanioner	11
3.6 Jern og mangan.....	13
3.7 Aluminium.....	14
3.8 Spormetaller	15
VEDLEGG	19

1. SAMMENDRAG

Fra uke 44/97 t.o.m. uke 26/98 ble det tatt vannføringsproporsjonale ukeblandprøver fra Romeriksporten til kjemiske vannanalyser. Fra uke 27/98 ble det tatt månedsblandprøver. Prøvetakingen ble avsluttet ved utgangen av juni 1999.

Tunnelvannet er basisk med pH verdier fra 8 til over 11. Bruk av betong og særlig sprøytebetong er hovedårsaken til de høye pH-verdier. De høyeste registrerte pH-verdiene i tunnelvannet er giftig for fisk, spesielt i kombinasjon med høye ammoniumkonsentrasjoner. Ved målingenes avslutning var pH nede i ca 8,0, noe som er normalt for avrenning fra kalkrik berggrunn. Konduktiviteten er høy og typisk for kalkrikt grunnvann.

Turbiditeten i tunnelvannet var svært høy i anleggsperioden (opp i 180 FTU) grunnet erosjonsmateriale (knust stein, boreslam etc.). Avrenningsvannet klarnet raskt etter avslutningen av anleggsarbeidet. Den vannbårne massetransporten av partikler har i måleperioden variert fra 17 tonn/uke (1. uke i desember 1997) ned til 0.04 tonn/uke (august 1998). Ved avslutning av målingene var transporten ca. 0.5 tonn/uke.

Vannet i tunneldrenasjen inneholder lite humusstoffer, noe som gir lave fargeverdier (2-6 mg Pt/l). Dette indikerer at drenasjen hovedsaklig består av grunnvann. TOC i anleggsperioden var høyere enn det fargen skulle tilsi om alt skyldes humus. Årsaken er trolig avrenning av organiske tetningsrester. Verdiene var lave (< 4 mg/l) det siste halvåret.

Fosforverdiene er periodevis høye (opp i 340 ugP/l). De 4 siste månedene var fosforverdiene i området 4 – 15 ug/l. Fosforet er hovedsakelig knyttet til partikulært materiale, noe som gjør at algevekstpotensialet fra dette fosforet trolig er lite.

Konsentrasjonen av total nitrogen går opp i 2000 ugN/l. Dette er forholdsvis lave verdier fra tunneldriving, noe som har sammenheng med at det ikke har pågått nevneverdig sprengning i måleperioden. Ammonium kombinert med høye pH-verdier har medført at tunnelvannet i lange perioder vært akutt giftig for fisk (fri ammoniakk > 25 ug/l). Fortynning og nøytralisering har imidlertid for det meste hindret skader i Alna.

Alkalitet og kalsium viser store, kortvarige samvariasjoner, mens de øvrige hovedionene har mindre og mer langsiktige variasjoner. Dette indikerer at konsentrasjonene av alkalitet og kalsium er påvirket av anleggsvirksomheten (bruk av sprøytebetong / tettebetong). Konsentrasjonene av de øvrige hovedionene synes å være forholdsvis lite påvirket av anleggsvirksomheten. Høye sulfatverdier kan dels skyldes påvirkning fra berggrunnen og delvis tilførsler fra svoveloksydasjonen i nedbørfeltet i forbindelse med senket grunnvannstand. Kloridkonsentrasjonene er også spesielt høye, ca 10 ganger høyere enn i overflatevannet i området. Dette viser at kloridkonsentrasjonen er mer påvirket av geologiske forhold (marine avsetninger) enn av nedbøren.

Jernverdiene var svært høye i begynnelsen av måleperioden og har falt til mer naturlige verdier etter avsluttet anleggsvirksomhet. Manganinnholdet har vært lavt i hele måleperioden.

Sink har i perioder vist høye konsentrasjoner, spesielt første kvartal i 1998, noe som kan tyde på at dette stoffet har vært tilstede i tetningsstoffene/betongen som er benyttet. Også de fleste andre spormetallene viste maksimalverdier i anleggsperioden og avtagende verdier fra 2. halvår i 1998. Kobberverdiene har imidlertid holdt seg relativt høye etter at tetningsarbeidene ble avsluttet, ofte i området 10-20 ug/l. Dette er et nivå som kan gi skadevirkninger for ferskvannsorganismer. Når man tar hensyn til fortynningen i Alna (som regel større enn 10 ganger) blir imidlertid nivåene av alle de analyserte spormetallene lavere enn at man kan forvente skader på ferskvannsorganismer.

2. INNLEDNING

Etter at problemene med avrenning av tetningskjemikalier fra Romeriksporten ble oppdaget i sept/okt 1997, ble det startet et utvidet kjemisk måleprogram på tunnelavløpet. Denne rapporten gir en sammenstilling og vurdering av data fra den utvidete kjemiske overvåkingen av tunnelvannet nær utløpet av Romeriksporten (PEL 2775) før utløpet i Alna ved Etterstad (se bilde i fig.16). Avrenning fra organiske tetningskjemikalier er behandlet i en egen sluttrapport (Sverdrup m.fl. 1999¹) og er ikke inkludert i denne rapporten.

3. KJEMISKE ANALYSER AV TUNNELVANNET

Fra uke 44/97 t.o.m. uke 26/98 ble det tatt vannføringsproporsjonale ukeblandprøver til kjemiske vannanalyser. Fra uke 27/98 ble det tatt månedsblandprøver. Prøvetakingen ble avsluttet ved utgangen av juni 1999. Analyseverdiene er vist i tabell 1 i Vedlegg. Ukeverdier for vannføringer fra Romeriksporten er vist i figur B1 i Vedlegg.

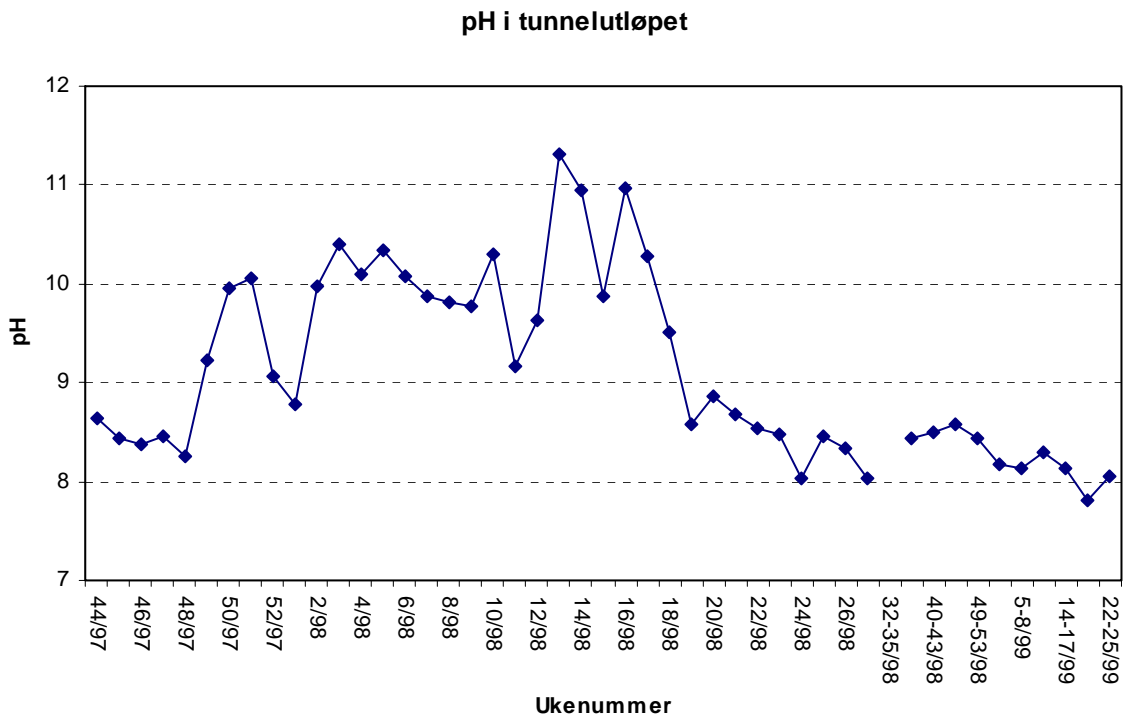
3.1 pH og konduktivitet

Resultatene er gitt i fig 1 og 2.

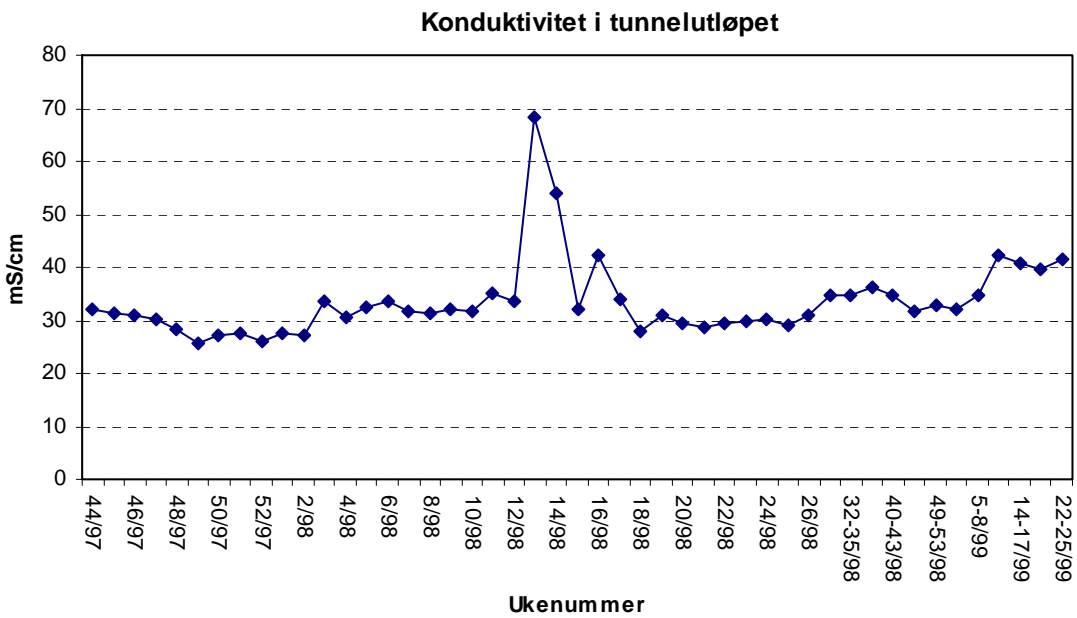
Tunnelvannet er basisk med pH verdier fra 8 til over 11. pH rundt 8 er vanlig i grunnvann der man har kalkrik berggrunn, men verdier over 11 har helt klart sammenheng med utslipp fra virksomhet i tunnelen. Bruk av betong og særlig sprøytebetong gir basisk avrenning. Dette er hovedårsaken til de høye pH-verdier. Ved målingenes avslutning var pH nede i ca 8,0. De høyeste registrerte pH-verdiene i tunnelvannet er giftig for fisk, spesielt i kombinasjon med høye ammoniumkonsentrasjoner. Dette er nærmere omtalt i kap. 3.4.

Konduktiviteten er høy og typisk for kalkrikt grunnvann. Vannene i Østmarka har alle konduktivitet under 10, slik at det er helt klart at tunnelvannet er sterkt påvirket av berggrunnen. Enkelte uker har konduktiviteten vært svært høy (nær 70 mS/cm), og dette tyder på utslipp av saltrikt vann, trolig utvasking av sprøytebetong.

¹ Sverdrup, L., E.A.Vik, M.Weideborg, A.Kelley, C.Fürst, T.Källqvist, J.Molvær og K.Ødegård 1999: Slutt-rapport. Utslipp knyttet til bruk av kjemiske injeksjonsmidler i Romeriksporten. Aquateam-rapport nr. 99-010.



Figur 1. pH i tunnelvannet ved Etterstad.



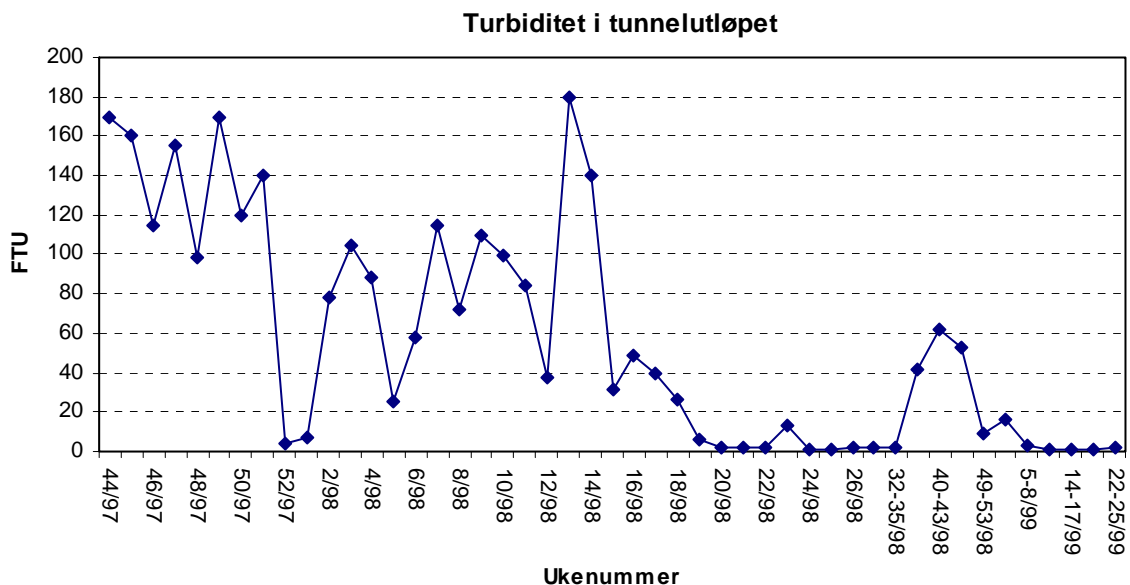
Figur 2. Konduktivitet i tunnelvannet ved Etterstad.

3.2 Turbiditet og partikulært materiale

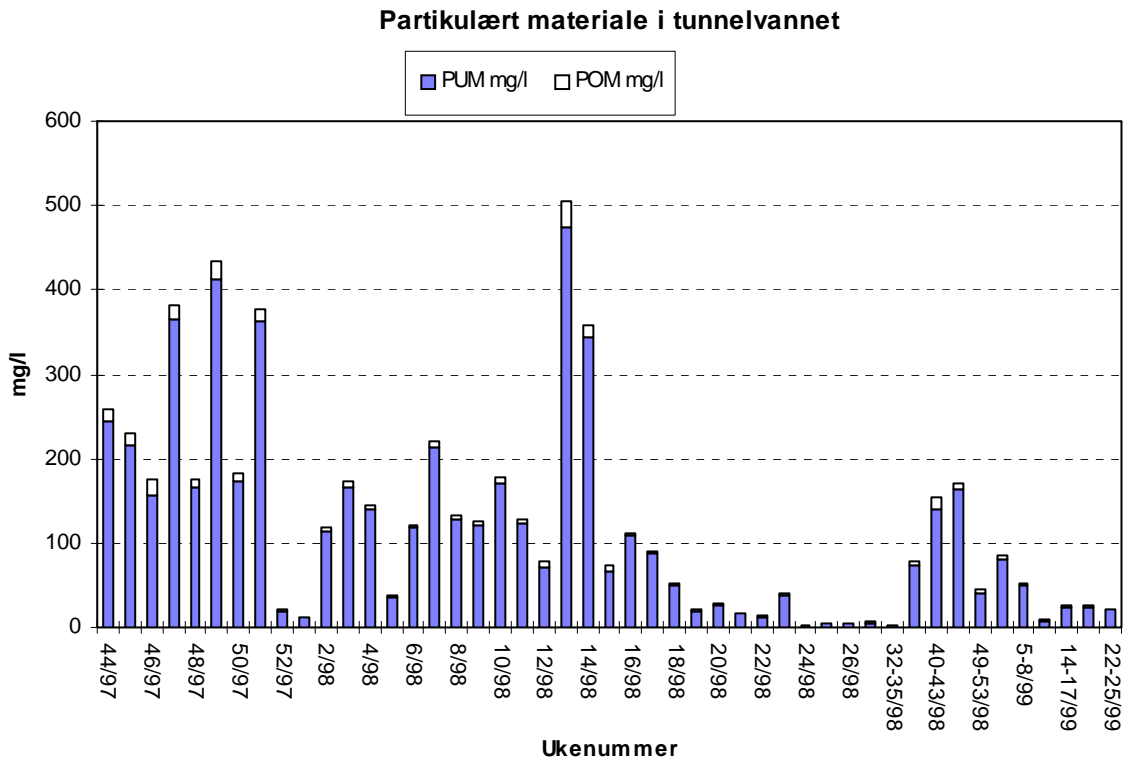
Resultatene er vist i fig.3 og 4. Turbiditeten i tunnelvannet var svært høy i anleggsperioden (opp i 180 FTU) grunnet erosjonsmateriale (knust stein, boreslam etc.). I korte perioder med liten anleggsaktivitet går turbiditeten ned mot normale grunnvannsverdier. Avrenningsvannet klarnet raskt etter avslutningen av anleggsarbeidet (se bilde i figur 17). Partiklene består nærmest utelukkende av uorganisk materiale (PUM), dvs. knust fjell og stein. Partikulært organisk materiale (POM) er lavt, og selv de registrerte verdiene kan være over-estimerte fordi eventuelt glødetap av krystallvann i mineralpartikler blir registrert som POM.

Partikulært materiale korrelerer stort sett bra med turbiditeten (fig.5), men samvariasjonen påvirkes av partikkelstørrelsen. Dette er trolig årsaken til at analysene fra de siste 3-4 månedene viser lav turbiditet (stort sett < 1 FTU), men forholdsvis høye verdier (20 – 25 mg/l) av partikulært materiale. Dette skyldes sannsynligvis at partiklene er relativt store og derved bidrar lite til lysspredningen. Disse partiklene vil sedimentere raskt i sakteflytende eller stagnerende vann.

Den vannbårne massetransporten av partikler har i måleperioden variert fra 17 tonn/uke (1.uke i desember 1997) ned til 0.04 tonn/uke (august 1998). Ved avslutning av målingene var transporten ca. 0.5 tonn/uke.



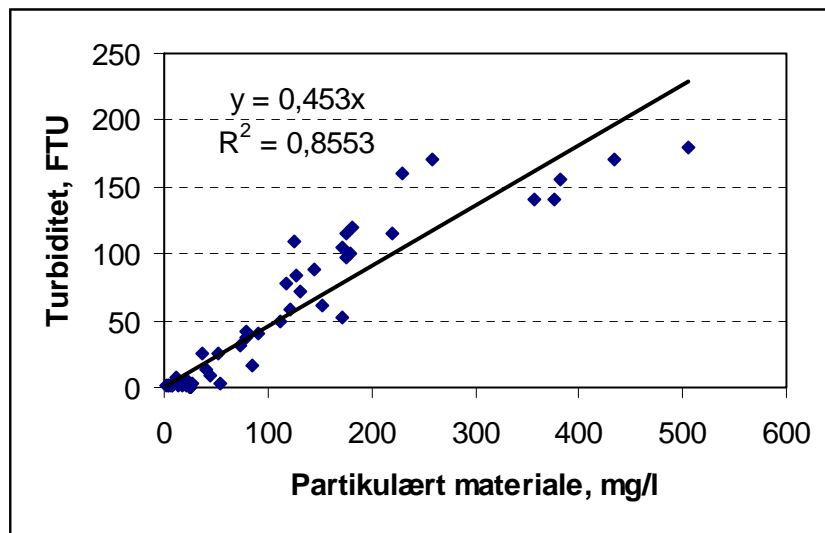
Figur 3. Turbiditet i tunnelvannet ved Etterstad.



Figur 4. Partikulært materiale i tunnelvannet ved Etterstad.

PUM: Partikulært uorganisk materiale (glødrest, SGR).

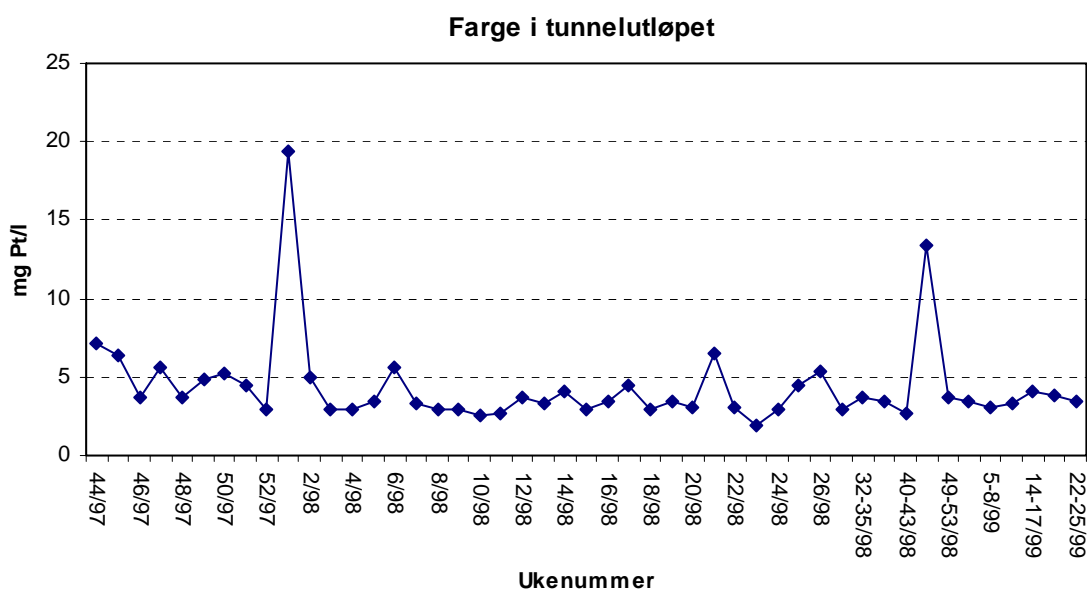
POM: Partikulært organisk materiale (tørrstoff, STS – glødrest, SGR).



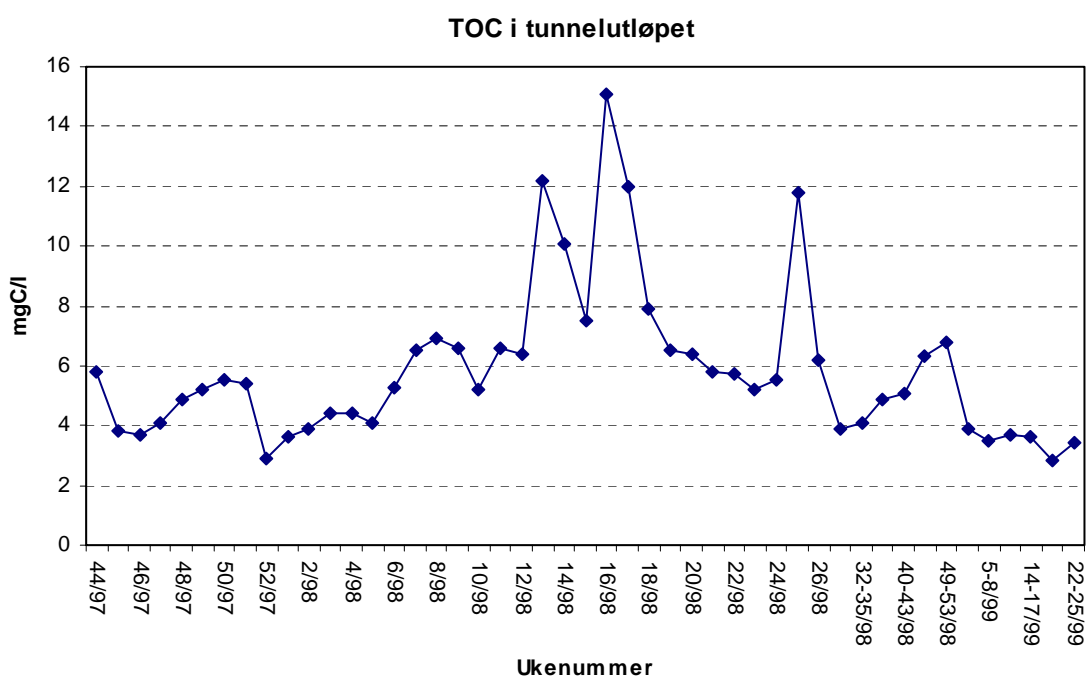
Figur 5. Samvariasjon mellom partikulært materiale og turbiditet .

3.3 Farge og organisk karbon

Resultatene er gitt i fig.6 og 7. Vannet i tunneldrenasjen inneholder lite humusmateriale noe som gir lave fargeverdier (2-6 mg Pt/l). Dette indikerer at drenasjen hovedsaklig består av grunnvann. Verdien fra årsskiftet 97/98, da det var en kraftig avsmeltings/nedbørsperiode kan indikere at humusrikt overfalte vann har trengt ned i tunnelen. Dette gis imidlertid ikke støtte av verdiene for TOC og jern. TOC i anleggsperioden var høyere enn det fargen skulle tilsi om alt skyldes humus. Årsaken er trolig avrenning av organiske tetningsrester. Verdiene var lave (< 4 mg/l) det siste halvåret. TOC-verdiene i tunnelvannet er uproblematisk i resipient-sammenheng m.h.p. oksygenbehov.



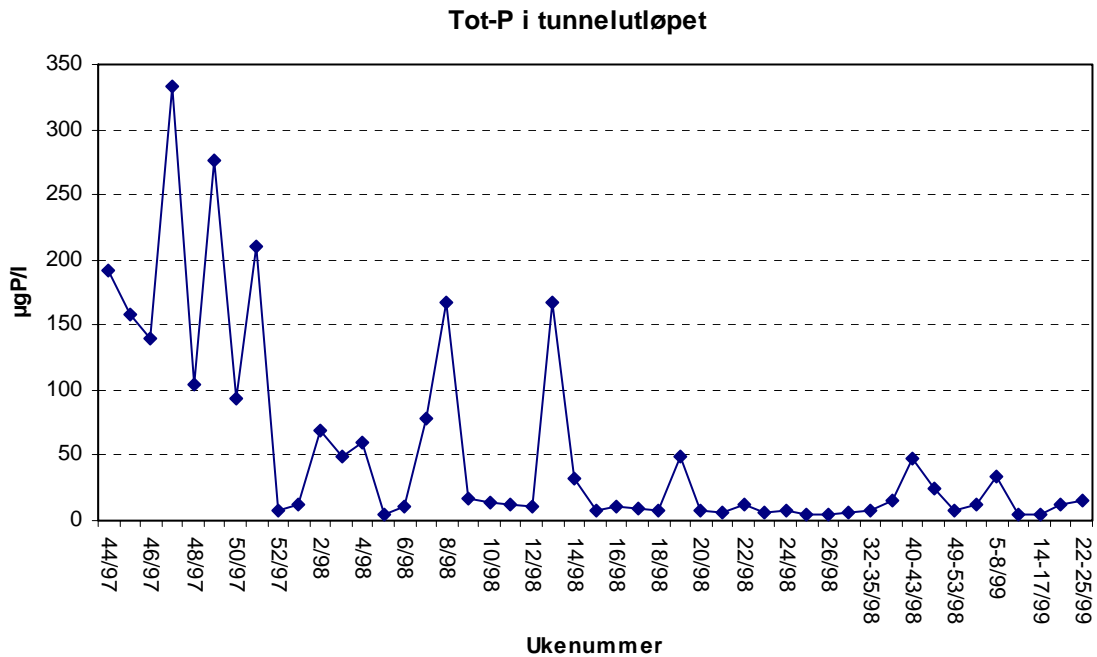
Figur 6. Farge i tunnelvannet ved Etterstad.



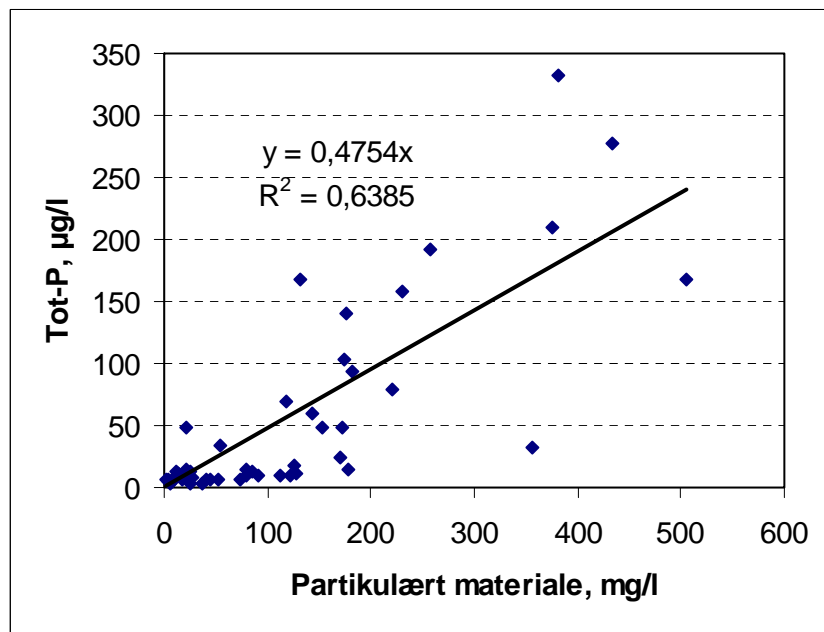
Figur 7. Total organisk karbon (TOC) i tunnelvannet ved Etterstad.

3.4 Næringssaltene fosfor og nitrogen

Resultatene er gitt i figur 8, 9 og 10. Fosforverdiene er periodevis høye (opp i 340 µgP/l). De 4 siste månedene var fosforverdiene i området 4 – 15 µg/l. Fosforet er hovedsaklig knyttet til partikulært materiale (fig.9), noe som gjør at algevekstpotensialet fra dette fosforet høyst trolig er lite.

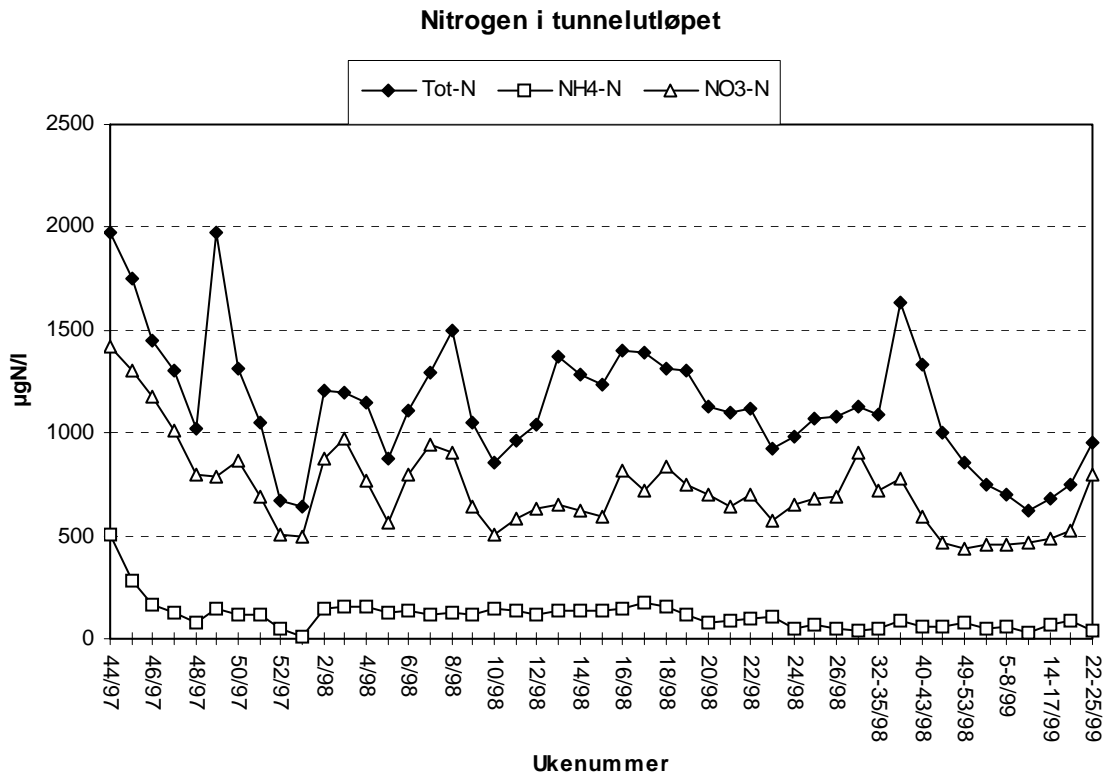


Figur 8. Total fosfor i tunnelvannet ved Etterstad.



Figur 9. Samvariasjon mellom partikulært materiale og total fosfor.

Konsentrasjonen av total nitrogen går opp i 2000 $\mu\text{gN/l}$. Dette er forholdsvis lave verdier fra tunneldriving, noe som har sammenheng med at det ikke har pågått nevneverdig sprengning i måleperioden. Ammonium kombinert med høye pH-verdier kan gjøre avrenningsvannet svært giftig for vannlevende organismer, men i måleperioden har ammoniumverdiene vært lavere enn at vassdragsskader i Alna er trolig. Uten fortykning har imidlertid tunnelvannet i lange perioder vært akutt giftig for fisk (fri ammoniakk $> 25 \mu\text{g/l}$). Dette gjelder hovedsaklig i perioder med ammoniumkonsentrasjoner over $100 \mu\text{gN/l}$ ved pH over 9.0.



Figur 10. Total nitrogen og nitrogenfraksjoner i tunnelvannet ved Etterstad.

3.5 Hovedkationer og hovedanioner

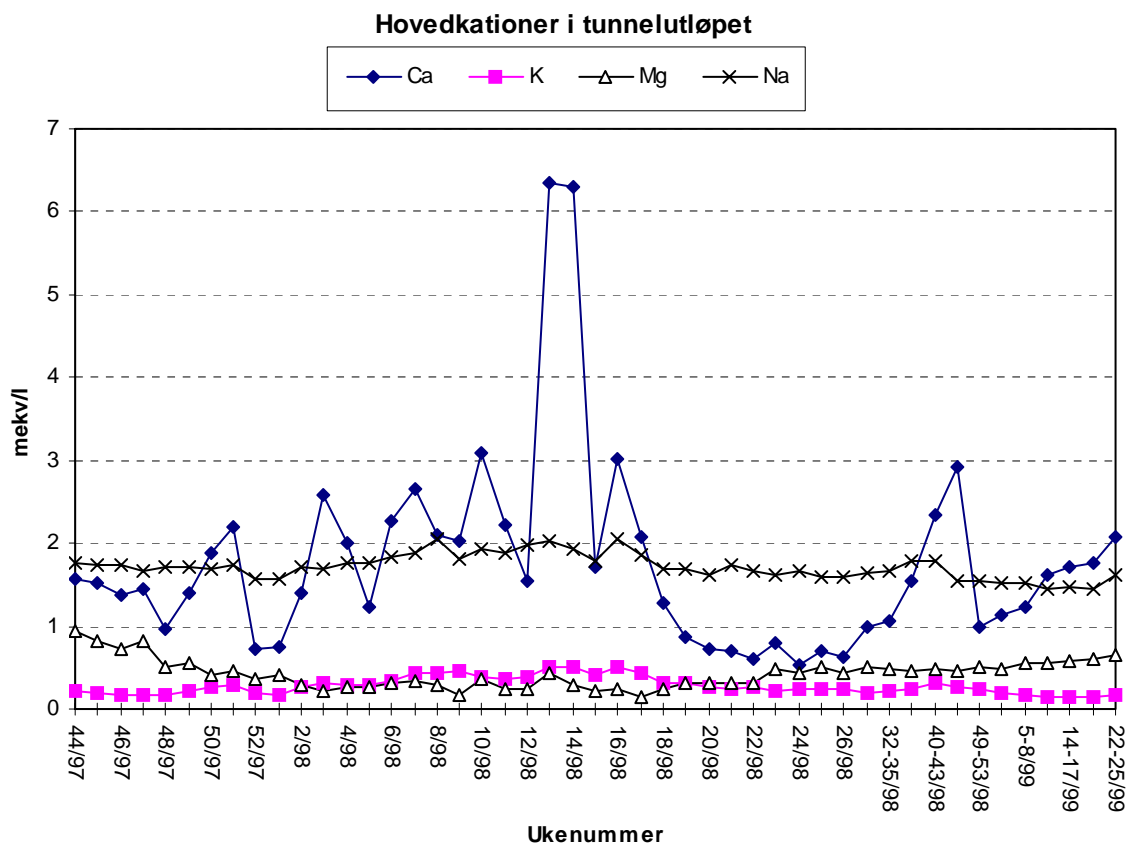
Resultatene er gitt i fig.11 og 12.

Alkalitet og kalsium viser store, kortvarige samvariasjoner, mens de øvrige hovedionene har mindre og mer langsiktige variasjoner. Dette indikerer at konsentrasjonene av alkalitet og kalsium er påvirket av anleggsvirksomheten (bruk av sprøytebetong / tettebetong). Særlig påfallende i så måte er de høye verdiene i uke 13 og 14 1998. Konsentrasjonene av de øvrige hovedionene synes å være forholdsvis lite påvirket av anleggsvirksomheten.

Tunnelvannet må sies å være et svært ionerikt vann og reflekterer kalkrik berggrunn. Det har et spesielt høyt innhold av sulfat og klorid. De høye sulfatverdiene kan dels skyldes påvirkning fra berggrunnen og delvis tilførsler fra svoveloksydasjonen i nedbørfeltet i forbindelse med senket grunnvannstand (Brettum m.fl.1999²). Kloridkonsentrasjonene er også spesielt høye, ca 10 ganger

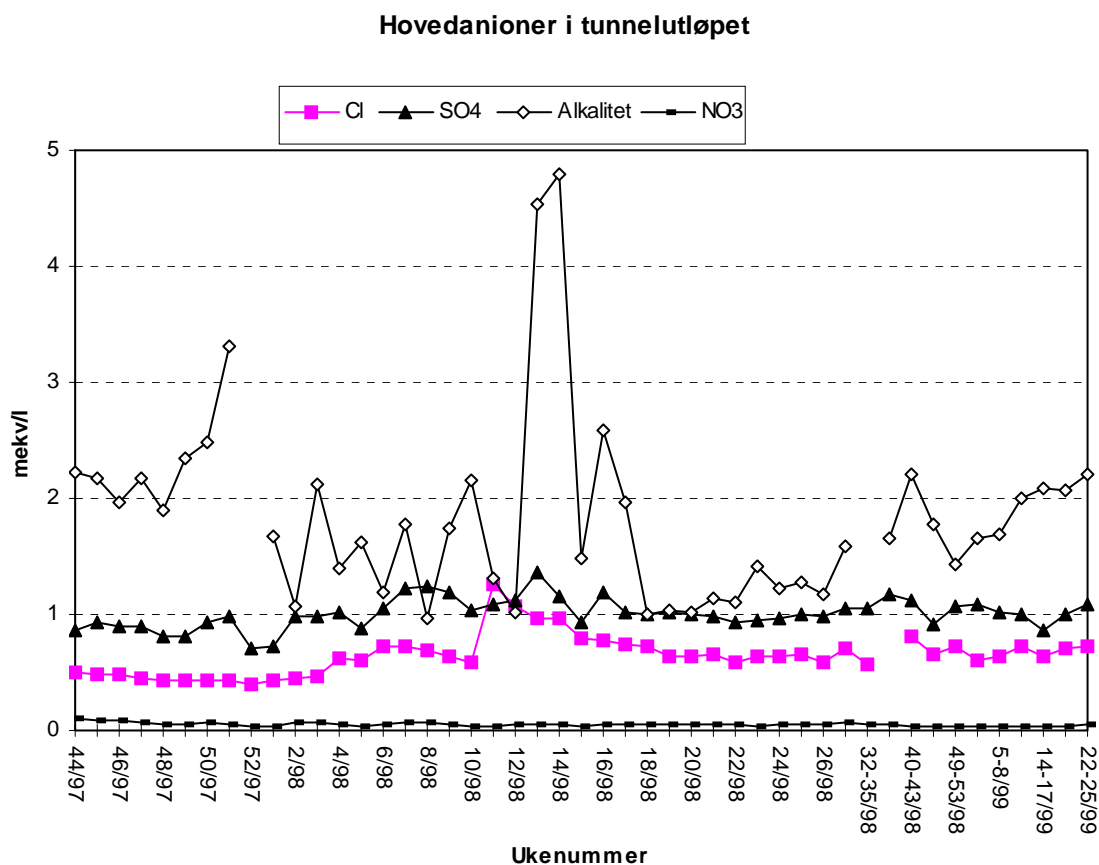
² Brettum, P., D.Berge, J.E.Løvik, M.Mjelde, S.J.Saltveit, Å.Brabrand og T.Bremnes 1999: Undersøkelser av vannkvalitet og økologiske forhold i Østmarka berørt av lekkasjene til Romeriksporten. NIVA-rapport 4016-99.

høyere enn i overflatevannet i området. Dette viser at kloridkonsentrasjonen er mer påvirket av geologiske forhold (marine avsetninger) enn av nedbøren. Over den marine grense har grunnvannet i Norge som regel omtrent det samme kloridinnholdet som overflatevannet (Henriksen m.fl. 1989³).



Figur 11. Konsentrasjoner av hovedkationer i tunnelvannet ved Etterstad.

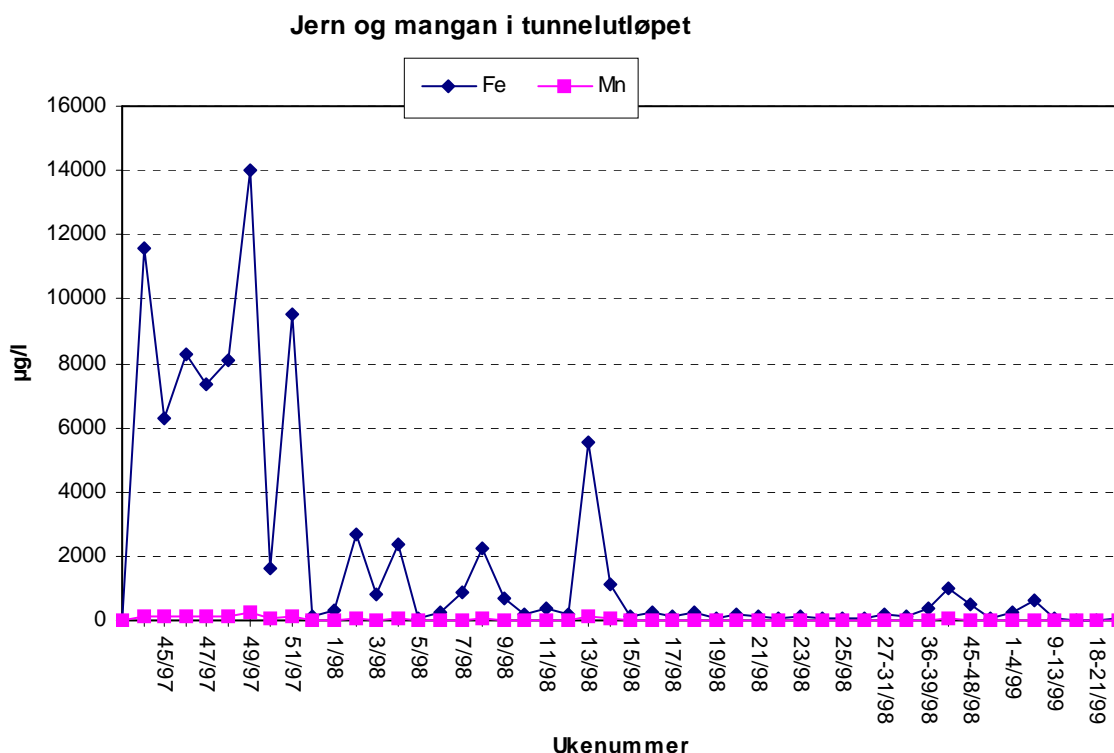
³ Henriksen, A., L.Kirkhusmo og R.Sønsterud 1989: Landsomfattende grunnvannsnett (LGN). Grunnvannets kjemiske sammensetning. SFT-rapport 352/89. NIVA-rapport 2242.



Figur 12. Konsentrasjoner av hovedanioner i tunnelvannet ved Etterstad.

3.6 Jern og mangan

Resultatene er gitt i fig. 13. Jernverdiene var svært høye i begynnelsen av måleperioden og har falt til mer naturlige verdier etter avsluttet anleggsvirksomhet. De høye verdiene fra 1997 må høyst sannsynlig skyldes utslipp, men vi er usikre på hvor det kom fra.. Årsaken kan også være utlekking av jern etter oksydasjon av jernsulfid ved senket grunnvannstand. Jern er imidlertid lite giftig for vannlevende organismer. De fire siste månedene lå jerninnholdet fra 29 til 87 $\mu\text{g/l}$, noe som ikke vil skape problemer hverken for organismer eller med hensyn til skjemmende okerutfellinger i resipienten. Manganinnholdet har vært lavt i hele måleperioden.



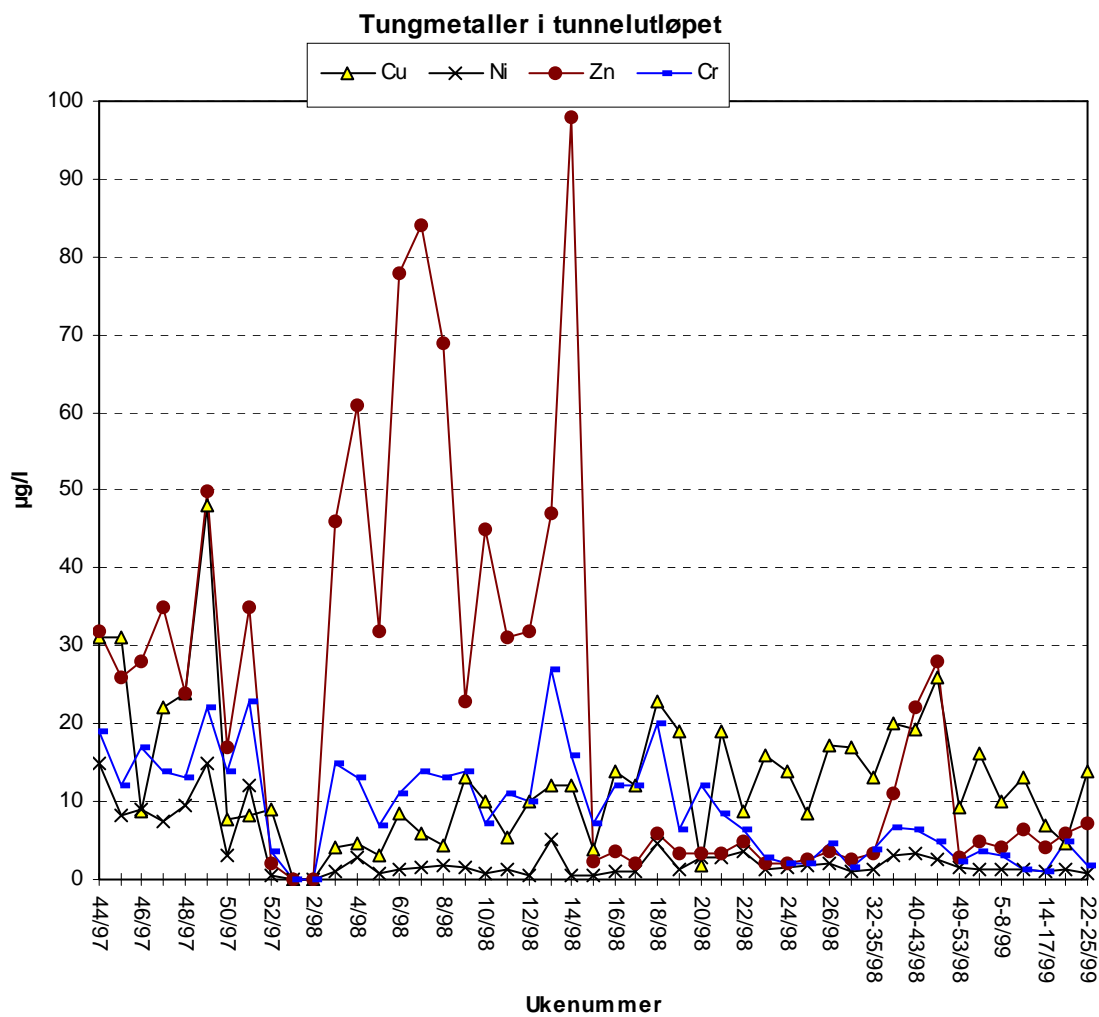
Figur 13. Jern og mangan i tunnelvannet ved Etterstad.

3.7 Aluminiumsfraksjoner

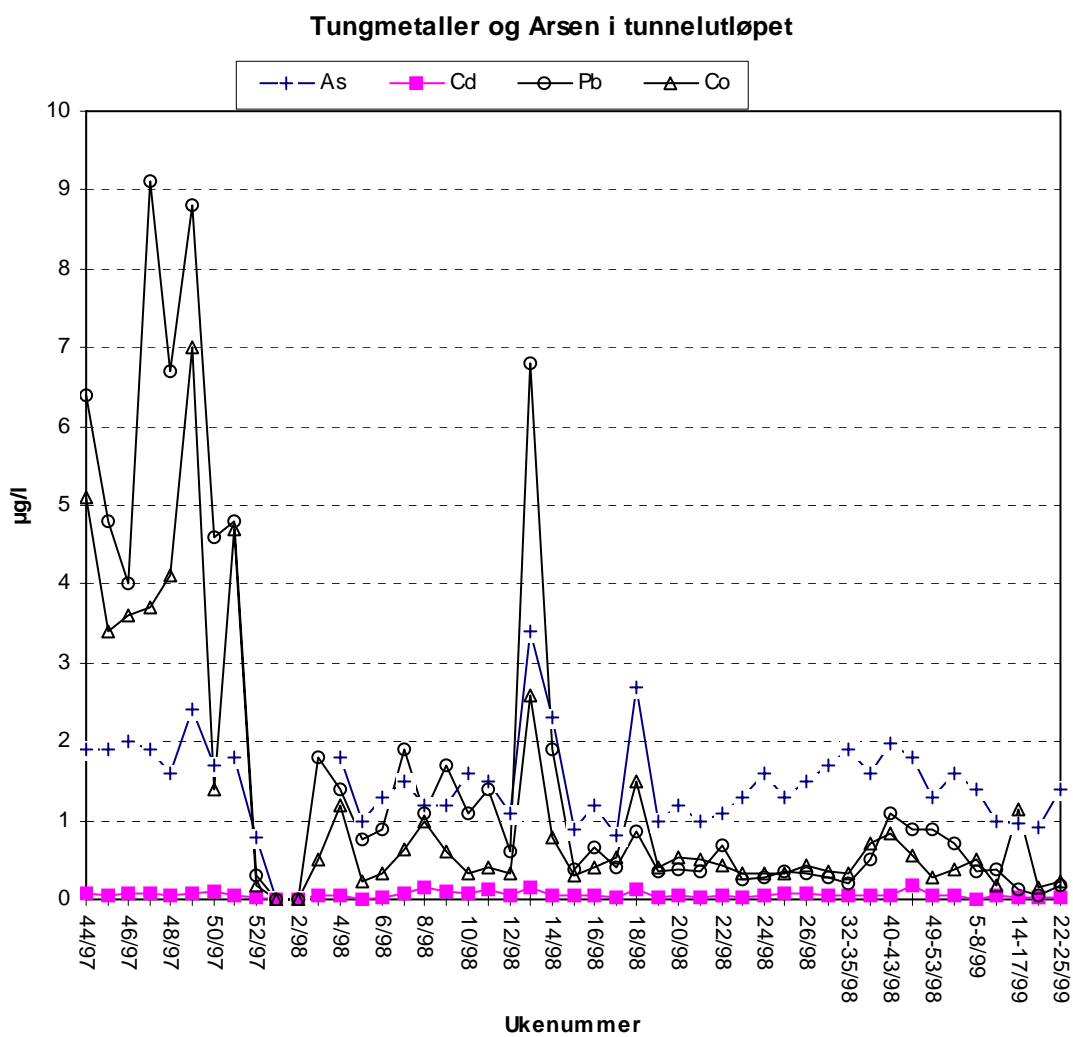
Labilt aluminium er giftig for fisk ved lave pH verdier og i noen tilfelle også ved høye pH verdier. I noen tilfeller har analysene av labilt Al vist nivåer som er klart giftige (opp til 390 µg/l). Det høye partikkelinnholdet i tunnelvannet skapte imidlertid store problemer for analysene av aluminiumsfraksjonene. Verdiene ble vurdert å være så usikre at analysene ble sløyfet i programmet og blir heller ikke gjengitt i denne rapporten. Det er derfor ikke mulig å trekke noen sikre konklusjoner om eventuelle skadelige virkninger av aluminium. Når man tar hensyn til fortynningsfaktoren er det imidlertid lite trolig at aluminium har vært særlig skadelig i Alna.

3.8 Spormetaller

Resultatene er gitt i fig.14 og 15. Sink har hatt i perioder vist høye konsentrasjoner, spesielt første kvartal i 1998, noe som kan tyde på at dette stoffet har vært tilstede i tetningsstoffene/betongen som er benyttet. Også de fleste andre spormetallene viste maksimalverdier i anleggsperioden og avtagende verdier fra 2. halvår i 1998. Kobberverdiene har imidlertid holdt seg relativt høye etter at tetningsarbeidene ble avsluttet, ofte i området 10-20 µg/l. Dette er et nivå som kan gi skadevirkninger for ferskvannsorganismer. Når man tar hensyn til fortyningen i Alna (som regel større enn 10 ganger) blir imidlertid nivåene av alle de analyserte spormetallene lavere enn at man kan forvente skader på ferskvannsorganismer.



Figur 14. Konsentrasjoner av kobber, nikkel, sink og krom i tunnelvannet ved Etterstad.



Figur 15. Konsentrasjoner av arsen, kadmium, bly og kobolt i tunnelvannet ved Etterstad.



Figur 16. Øverst: Utløpet av tunnelvannet i Alna.
Nederst: Vannføringsmåling i kum nær tunnelåpningen.



Figur 17. Turbid dredivann under anleggsarbeidet (øverst) og klart dredivann etter avslutningen (nederst).

VEDLEGG

	side
Tabell 1. Kjemiske analyseresultater.....	20
Figur B1. Vannføringer fra Romeriksporten.....	24

Tabell 1. Analyser av blandprøver fra tunnelvann, Romeriksporten

	xFortynning	pH	Kond.	Alkalitet	Turbiditet	Susp.ts.	Susp.gr.	Farge
Uke nr.	i Alna		mS/m	mmol/l	FTU	mg/l	mg/l	mg Pt/l
44-97	9	8,63	32,1	2,216	170	258	244	7,10
45-97	25	8,44	31,3	2,176	160	230	216	6,34
46-97	37	8,38	30,9	1,967	115	176	157	3,65
47-97	16	8,46	30,3	2,177	155	382	366	5,57
48-97	11	8,25	28,2	1,888	98	175	167	3,65
49-97	8	9,22	25,7	2,346	170	434	412	4,80
50-97	44	9,96	27,2	2,488	120	182	174	5,18
51-97	14	10,06	27,7	3,308	140	376	363	4,42
52-97	10	9,07	26,7		4	20	20	2,88
1-98	25	8,78	27,6	1,673	7	12	11	19,40
2-98	17	9,98	27,3	1,077	78	118	113	4,99
3-98	58	10,41	33,5	2,117	105	172	166	2,88
4-98	18	10,10	30,4	1,390	88	144	139	2,88
5-98	14	10,35	32,6	1,616	25	37	36	3,46
6-98	17	10,07	33,4	1,196	58	122	118	5,57
7-98	17	9,98	31,8	1,780	115	220	213	3,26
8-98	27	9,81	31,3	0,965	72	132	128	2,88
9-98	21	9,77	32	1,734	110	126	122	2,88
10-98	20	10,29	31,8	2,150	100	179	171	2,50
11-98	15	9,17	35,1	1,309	84	128	124	2,69
12-98	20	9,64	33,7	1,025	38	79	70	3,65
13-98	32	11,31	68,4	4,539	180	506	475	3,26
14-98	37	10,95	54,1	4,792	140	357	343	4,03
15-98	31	9,87	32	1,485	31	74	66	2,88
16-98	66	10,97	42,3	2,587	49	112	108	3,46
17-98	92	10,27	33,8	1,970	40	91	87	4,42
18-98	71	9,51	27,8	0,996	26	53	49	2,88
19-98	39	8,58	30,9	1,040	6,5	22	20	3,46
20-98	25	8,87	29,3	1,016	2,4	27	26	3,07
21-98	18	8,68	28,6	1,138	1,6	17	16	6,53
22-98	21	8,53	29,4	1,107	1,7	13	11	3,07
23-98	29	8,48	29,7	1,420	13,0	41	38	1,92
24-98	29	8,03	30,2	1,230	1,1	3	2	2,88
25-98	26	8,45	28,9	1,269	1,1	5	4	4,42
26-98	36	8,33	30,8	1,180	1,8	6	4	5,38
27-31/98	33	8,03	34,8	1,580	1,6	7	4	2,88
32-35/98		-	34,9	-	1,7	2	1	3,65
36-39/98		8,44	36,4	1,654	42	79	73	3,48
40-43/98		8,50	34,9	2,206	62	153	140	2,69
45-48/98		8,58	31,6	1,779	53	171	164	13,40
49-53/98		8,44	32,7	1,429	9,4	44,5	41,10	3,65
1-4/99		8,18	32,0	1,649	16,0	85,2	80,0	3,46
5-8/99		8,14	34,9	1,682	3,5	53,3	50,4	3,07
9-13/99		8,29	42,4	2,006	0,78	8,6	7,4	3,26
14-17/99		8,13	40,80	2,090	0,60	25,3	23,4	4,05
18-21/99		7,81	39,60	2,073	0,53	25,0	24,0	3,86
22-25/99		8,06	41,60	2,215	2,20	22,1	20,4	3,47

forts.Tabell 1. Analyser av blandprøver fra tunnelvann, Romeriksporten

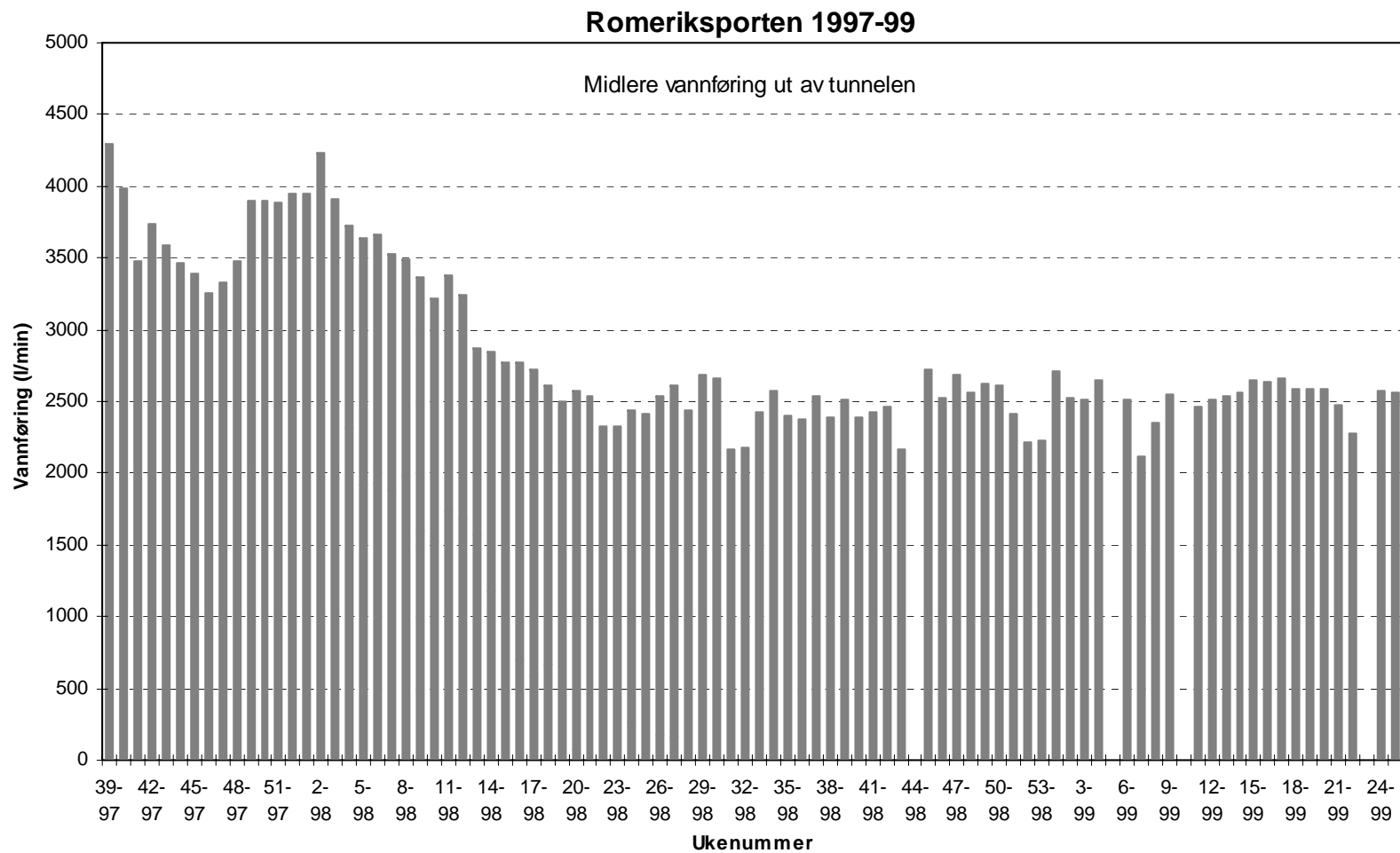
	Tot-P	Tot-N	NH4-N	NO3-N	TOC	Klorid	Sulfat	Kalsium
Uke nr.	µgP/l	µgN/l	µgN/l	µgN/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
44-97	192	1970	502	1420	5,8	18,0	41,6	31,3
45-97	158	1750	284	1300	3,8	17,0	45,0	30,5
46-97	140	1450	165	1180	3,7	17,0	43,0	27,5
47-97	333	1300	125	1015	4,1	16,0	43,0	29,1
48-97	104	1020	80	795	4,9	15,0	39,0	19,2
49-97	277	1070	144	790	5,2	15,0	39,0	28,2
50-97	93	1310	118	870	5,5	15,0	44,5	37,8
51-97	210	1050	120	690	5,4	15,5	47,0	43,7
52-97	8	670	49	505	2,9	14,0	34,0	14,3
1-98	13	640	10	495	3,6	15,0	35,0	15,0
2-98	69	1210	142	875	3,9	16,0	47,5	28,1
3-98	49	1200	156	975	4,4	16,5	47,0	51,8
4-98	60	1150	159	765	4,4	22,0	48,5	40,1
5-98	4	875	127	560	4,1	21,2	42,4	24,4
6-98	10	1110	140	800	5,3	25,5	50,5	45,3
7-98	79	1290	120	945	6,5	25,5	58,5	53,2
8-98	168	1500	126	905	6,9	24,5	60,0	41,9
9-98	17	1050	118	645	6,6	22,5	57,5	40,7
10-98	14	855	144	505	5,2	20,8	49,6	61,7
11-98	12	965	134	585	6,6	44,4	52,0	44,5
12-98	10	1040	119	630	6,4	38,0	53,5	30,7
13-98	168	1370	135	650	12,2	34,5	65,0	127,0
14-98	33	1280	133	620	10,1	34,5	55,5	126,0
15-98	7	1240	138	595	7,5	28,4	44,8	34,2
16-98	10	1400	142	815	15,1	27,6	57,2	60,3
17-98	9	1390	178	715	12,0	26,4	48,8	41,5
18-98	7	1310	157	840	7,9	25,5	48,0	25,6
19-98	49	1300	119	745	6,5	22,8	49,2	17,6
20-98	8	1130	77	705	6,4	22,4	47,6	14,5
21-98	6	1100	91	645	5,8	23,0	47,0	13,8
22-98	12	1120	95	705	5,7	20,8	44,4	12,1
23-98	6	920	107	575	5,2	22,8	45,2	16,1
24-98	7	985	51	650	5,5	22,5	46,5	10,6
25-98	5	1070	72	680	11,8	23,0	48,0	14,1
26-98	4	1080	46	695	6,2	21,0	47,5	12,6
27-31/98	6	1130	35	905	3,9	25,0	50,5	19,7
32-35/98	7	1090	49	720	4,1	20,4	50,8	21,1
36-39/98	15	1630	83	780	4,9	-	56,0	30,9
40-43/98	48	1330	55	590	5,1	28,5	54,0	46,7
45-48/98	24	1000	62	465	6,3	23,5	43,5	58,5
49-53/98	7	860	77	435	6,8	26,0	51,5	19,6
1-4/99	13	745	53	460	3,9	21,5	52,0	22,5
5-8/99	34	700	57	460	3,5	22,5	49,0	24,6
9-13/99	5	620	29	465	3,7	25,5	48,0	32,4
14-17/99	4	685	65	485	3,6	22,5	41,5	34,2
18-21/99	13	750	85	525	2,8	24,8	48,4	35,4
22-25/99	15	955	40	795	3,4	25,5	52,0	41,5

forts.Tabell 1. Analyser av blandprøver fra tunnelvann, Romeriksporten

	Kalium	Magnesium	Natrium	Mangan	Jern	Nikkel	Kobber	Sink
Uke nr.	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
44-97	8,11	11,50	40,8	119	11600	15,0	31,0	32
45-97	7,38	10,10	39,7	100	6300	8,2	31,0	26
46-97	6,64	8,74	39,7	110	8300	8,9	8,7	28
47-97	6,65	9,98	38,1	146	7350	7,4	22,0	35
48-97	6,66	6,10	39,3	105	8100	9,6	24,0	24
49-97	8,76	6,73	39,4	222	14000	15,0	48,0	50
50-97	10,20	5,01	39,0	50	1620	3,1	7,8	17
51-97	11,30	5,68	40,2	142	9500	12,0	8,1	35
52-97	7,52	4,44	36,0	6	108	0,6	8,9	2
1-98	6,48	4,97	36,1	10	340	< 10	20,0	10
2-98	10,40	3,42	39,2	40	2690	< 10	< 10	5
3-98	12,60	2,54	39,1	21	829	1,1	4,1	46
4-98	11,00	3,24	40,8	32	2380	2,9	4,6	61
5-98	11,20	3,09	40,4	2	56	0,7	3,0	32
6-98	13,30	3,70	42,1	5	239	1,2	8,5	78
7-98	16,80	4,05	43,1	26	869	1,6	5,9	84
8-98	17,00	3,63	47,4	71	2260	1,9	4,3	69
9-98	17,50	2,05	41,8	13	668	1,5	13,0	23
10-98	15,50	4,29	44,2	7	175	0,8	10,0	45
11-98	13,90	3,02	43,4	9	353	1,2	5,3	31
12-98	14,90	3,03	45,6	6	181	0,5	9,9	32
13-98	19,40	5,17	46,6	133	5560	5,1	12,0	47
14-98	19,50	3,59	44,4	32	1120	0,6	12,0	98
15-98	15,70	2,75	41,3	6	132	0,6	3,8	2,3
16-98	19,70	2,08	47,3	11	227	1,0	14,0	3,7
17-98	17,20	1,84	43,0	8	148	1,0	12,0	2
18-98	12,20	2,92	38,8	17	239	4,7	23,0	6
19-98	12,10	3,87	39,0	3	44	1,3	19,0	3,3
20-98	10,70	3,71	37,1	37	184	2,8	18,0	3,5
21-98	9,64	3,88	39,8	3	124	2,9	19,0	3,3
22-98	10,10	3,93	38,1	2	62	3,5	8,8	5
23-98	8,36	5,82	37,1	2	100	1,4	16,0	2
24-98	8,95	5,35	38,4	1	39	1,5	14,0	2,1
25-98	8,99	6,03	36,4	1	66	1,7	8,5	2,6
26-98	8,97	5,18	36,4	1	76	2,0	17,3	3,5
27-31/98	7,66	6,07	37,7	3	166	1,1	17,0	2,6
32-35/98	8,37	5,87	38,2	2	153	1,3	13,0	3,4
36-39/98	9,60	5,60	41,1	14	398	3,2	20,0	11
40-43/98	12,34	5,96	40,9	35	1025	3,4	19,3	22
45-48/98	10,67	5,59	35,7	26	482	2,6	26,0	28
49-53/98	9,09	6,28	35,5	5	85	1,6	9,3	2,8
1-4/99	7,74	5,79	34,9	8,0	258	1,3	16,1	5,0
5-8/99	7,06	6,62	34,8	16,0	609	1,4	10,0	4,1
9-13/99	5,90	6,87	33,5	3,2	46	1,4	13,0	6,5
14-17/99	5,38	6,92	34,0	1,3	29	1,0	7,0	4,1
18-21/99	5,86	7,22	33,3	1,8	30	1,3	4,6	5,9
22-25/99	6,50	7,83	37,2	5,3	87	0,9	14,0	7,2

forts.Tabell 1. Analyser av blandprøver fra tunnelvann, Romeriksporten

	Kobolt	Arsen	Krom	Kadmium	Bly			
Uke nr.	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l			
44-97	5,10	1,9	19	0,070	6,40			
45-97	3,40	1,9	12	0,050	4,80			
46-97	3,60	2,0	17	0,070	4,00			
47-97	3,70	1,9	14	0,080	9,10			
48-97	4,10	1,6	13	0,043	6,70			
49-97	7,00	2,4	22	0,073	8,80			
50-97	1,40	1,7	14	0,100	4,60			
51-97	4,70	1,8	23	0,060	4,80			
52-97	0,17	0,8	3,7	< 0.015	0,31			
1-98	5,00	< 5	< 10	-	-			
2-98	< 5	< 5	< 10	-	-			
3-98	0,52	1,6	15	0,045	1,80			
4-98	1,20	1,8	13	0,042	1,40			
5-98	0,22	1,0	7	< 0.015	0,77			
6-98	0,33	1,3	11	0,030	0,89			
7-98	0,64	1,5	14	0,070	1,90			
8-98	1,00	1,2	13	0,140	1,10			
9-98	0,60	1,2	14	0,098	1,70			
10-98	0,34	1,6	7,3	0,076	1,10			
11-98	0,41	1,5	11	0,120	1,40			
12-98	0,33	1,1	9,9	0,047	0,62			
13-98	2,60	3,4	27	0,150	6,80			
14-98	0,79	2,3	16	0,060	1,90			
15-98	0,31	0,9	7,3	0,050	0,37			
16-98	0,40	1,2	12	0,040	0,65			
17-98	0,54	0,8	12	0,020	0,41			
18-98	1,50	2,7	20	0,120	0,87			
19-98	0,41	1,0	6,4	0,030	0,35			
20-98	0,53	1,2	12	0,050	0,37			
21-98	0,52	1,0	8,4	0,030	0,35			
22-98	0,43	1,1	6,3	0,040	0,69			
23-98	0,32	1,3	2,8	0,030	0,26			
24-98	0,32	1,6	2	0,040	0,27			
25-98	0,34	1,3	2	0,070	0,35			
26-98	0,42	1,5	4,7	0,080	0,32			
27-31/98	0,36	1,7	1,6	0,040	0,28			
32-35/98	0,33	1,9	3,9	0,050	0,20			
36-39/98	0,71	1,6	6,8	0,040	0,51			
40-43/98	0,84	2,0	6,5	0,039	1,10			
45-48/98	0,56	1,8	4,9	0,190	0,90			
49-53/98	0,27	1,3	2,3	0,040	0,90			
1-4/99	0,37	1,6	3,5	0,04	0,70			
5-8/99	0,52	1,4	3,0	< 0,02	0,36			
9-13/99	0,18	1,0	1,3	0,04	0,37			
14-17/99	1,15	0,96	0,9	0,02	0,13			
18-21/99	0,14	0,91	4,9	0,03	0,06			
22-25/99	0,24	1,4	1,7	0,02	0,19			



Figur B1. Ukevannføringer i utløpet av Romeriksporten.

