

RAPPORT

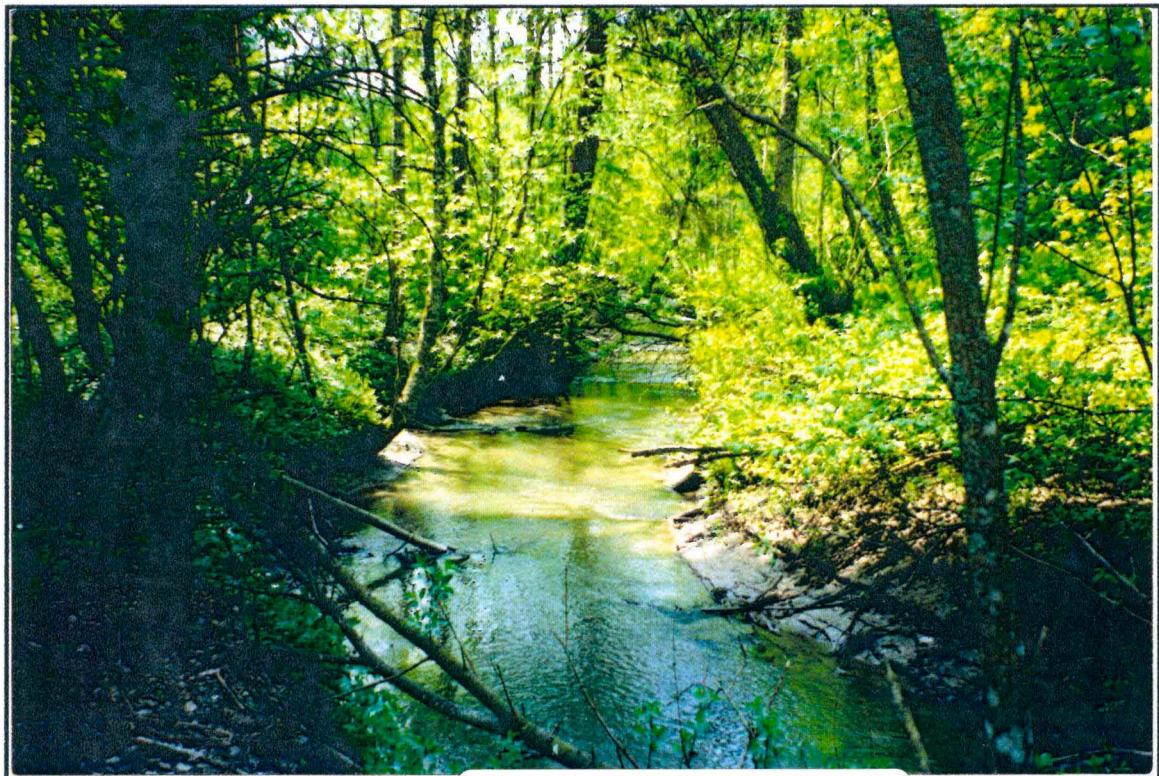
12 1995



NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

*Truls Erik Bønsnes
Jim Bogen*

SEDIMENTTRANSPORT I SOGNA, VIKKA OG RISA VED GARDERMOEN HOVEDFLYPLASS I 1994



HYDROLOGISK AVDELING

NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEK



NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

TITTEL Sedimenttransport i Sogna, Vikka og Risa ved Gardermoen hovedflyplass i 1994	RAPPORT nr. 12 1995
SAKSBEHANDLER Truls Erik Bønsnes, Jim Bogen seksjon miljøhydrologi	DATO 21.2.95 RAPPORTEN ER ÅPEN
OPPDRAKGSGIVER NOTEBY, OHAS	OPPLAG 30

SAMMENDRAG

Denne rapporten tar for seg sedimenttransporten i tilknytning til anlegg av ny hovedflyplass på Gardermoen. Målinger av sedimentkonsentrasjon, vannføring og beregnet transport i Sogna, Vikka og Risa blir presentert. I Risa er transportberegningene foretatt på grunnlag av ukesbaserte konsentrasjonsmålinger.

Malte konsentrasjoner og beregnede transporttall ligger innenfor variasjonsbredden på tidligere års målinger. I Vikka og Sogna finner den største sedimenttransporten sted i forbindelse med vårflommen. Høye konsentrasjoner og stor vannføring i denne perioden bidrar til dette. Utover i sesongen inntreffer markerte transporttopper i forbindelse med nedbørflommer. I lavvannsperiodene er sedimentkonsentrasjonene hovedsakelig lave, noe som gir lav transport. Risa har også størst transport under vårflommen. Konsentrasjonene er imidlertid lave, så den totale transporten er liten.

Høsten 1994 er det igangsatt et måleprogram for bunntransporten i Sogna. Materialet som foreligger er ikke tilstrekkelig stort til å si noe bestemt om trender i bunntransportforholdene. Det synes ikke å være noen entydig sammenheng mellom vannføring og mengden bunntransportert materiale.

EMNEORD/SUBJECT TERMS

Erosjon, sedimenttransport, bunntransport

ANSVARLIG UNDERSKRIFT

Arve M. Tvede
Seksjonssjef

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT BIBLIOTEK

Kontoradresse: Middelthunsgate 29
Postadresse: Postboks 5091, Maj.
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
Telefax: 22 95 90 00

Postgiro: 0803 5052055

Omslagsbilde: Parti fra Vikka
Foto: Jim Bogen

1. INNLEDNING	3
2. SEDIMENTKILDER	3
3. HYDROLOGI	3
4. PRØVETAKINGSSTASJONER	3
4. 1 Malestasjonen i Sogna	3
4. 2 Konsentrasjon og transport av suspensjonsmateriale, Sogna	6
4. 3 Kornfordeling, Sogna	6
4. 4 Malestasjonen i Vikka	8
4. 5 Konsentrasjon og transport av suspensjonsmateriale, Vikka	9
4. 6 Kornfordeling, Vikka	10
4. 7 Malestasjonen i Risa	11
4. 8 Konsentrasjon og transport av suspensjonsmateriale, Risa	11
4. 9 Kornfordeling, Risa	12
5. DIREKTE MALINGER AV BUNNTRANSPORTEN I SOGNA	12
6. SAMMENFATTENDE KONKLUSJONER	13
REFERANSER	23

1. INNLEDNING

I tilknytning til "Program for oppfølgende undersøkelser ved utbygging og drift av Oslo Lufthavn Gardermoen" har NVE gjennomført malingar av sedimenttransport og vannføring på malestasjoner i Sogna, Vikka og Risa.

Pa grunn av snoforholdene ble ikke stasjonene satt i drift før 12. april. Denne rapporten inkluderer data frem til 9. november i Vikka og Sogna. I Risa er det foretatt prøvetakning på ukesbasis, fra 30. mars og fram til 30. september. Lokaliseringen av Vikka og Sogna er vist i fig. 1.

2. SEDIMENTKILDER

Løsmassene på Gardermoenplataet er sammensatt av glasifluviale deltasedimenter, mens områdene på sørsiden består av marin leire. Løsmassene i Gardermoenområdet er avsatt ved avsmeltingen av siste istid for ca. 9500 år siden. Fluviale prosesser har utformet et nettverk av raviner i løsmassene. Deler av disse ravinene er vernet (Erikstad et al., 1994).

Ved naturlig fluvial erosjon i nedbørfeltets løsmasser tilføres vassdraget sedimenter. De viktigste erosjonsprosessene i løpene er bunnsenkning og yttersvingerosjon (Bogen, Berg og Sandersen 1993). I skranningene foregar massebevegelse i form av jordsig, skred og utglidninger. Mye materiale tilføres også fra erosjon på dyrket mark. Snauhogst i nedbørfeltet kan føre til økt erosjon og dermed tilførelse av sedimenter til vassdraget. Vei og anleggsarbeid kan også bidra til sedimenttilførselen i vassdraget.

3. HYDROLOGI

Nedbørfeltet til Songa og Vikka fordeler seg over områder som hovedsakelig består av marine leiravsetninger og glasifluviale deltaavsetninger. Risa ligger i sin helhet på glasifluviale avsetninger. På et impermeabelt materialdekke som leire, vil en større andel av avrenningen finne sted på overflaten. Dette fører til kort responsid på avløpet, med markerte og kortvarige flomtopper som skiller seg tydelig ut (se fig. 9 med eksempel fra Vikka). Glasifluviale avsetninger har egenskaper med høy permeabilitet, hvor vannet i stor grad infiltreres i grunnen. Den naturlige dreneringen av grunnvannsmagasinet bidrar til den stabile minstevannføringen, noe som vises tydelig i både Songa og spesielt Vikka. For Risas del består nedbørfeltet av langt mer permeabelt materiale, som fører til en lengre responsid. Grunnvannstilsiget har her en langt større betydning for avløpet.

4. PRØVETAKINGSSTASJONER

4. 1 Malestasjonen i Sogna

En provisorisk malestasjon kom i drift den 12 april, på et tidspunkt hvor det fortsatt var mye snø i feltet. Denne malestasjonen er benyttet frem til den permanente stasjonen med Crump - overløp stod ferdig i slutten av august (fig. 2). Crump overløpet består av en betongterskel som er konstruert slik at bunntransporten passerer forbi uten at den bevegelige bunnen påvirker sammenhengen mellom vannstand og vannføring (Skretteberg 1992).

En vannmerkeskala ble montert omlag 100 m ovenfor samlopet med Vikka. Avlesninger ble foretatt av observatør, som også tok manuelle prøver for måling av suspensjonstransporten en gang i døgnet i perioden 11. april - 30. mai. Deretter ble det montert opp en automatisk prøvetaker som ble innstilt på fire prøver pr. døgn (fig. 3). Vannføringen i Sogna fra juni og ut sesongen ble beregnet ut i fra korrelasjon med Vikka med kontroll av vannmerket hver uke. Vannstandsavlesninger som er foretatt fra august og ut sesongen ved nytt maleprofil, er ikke benyttet til vannføringsberegninger. Dette vil bli korrigert så snart spesifikasjonene til den nye vannføringskurven foreligger.

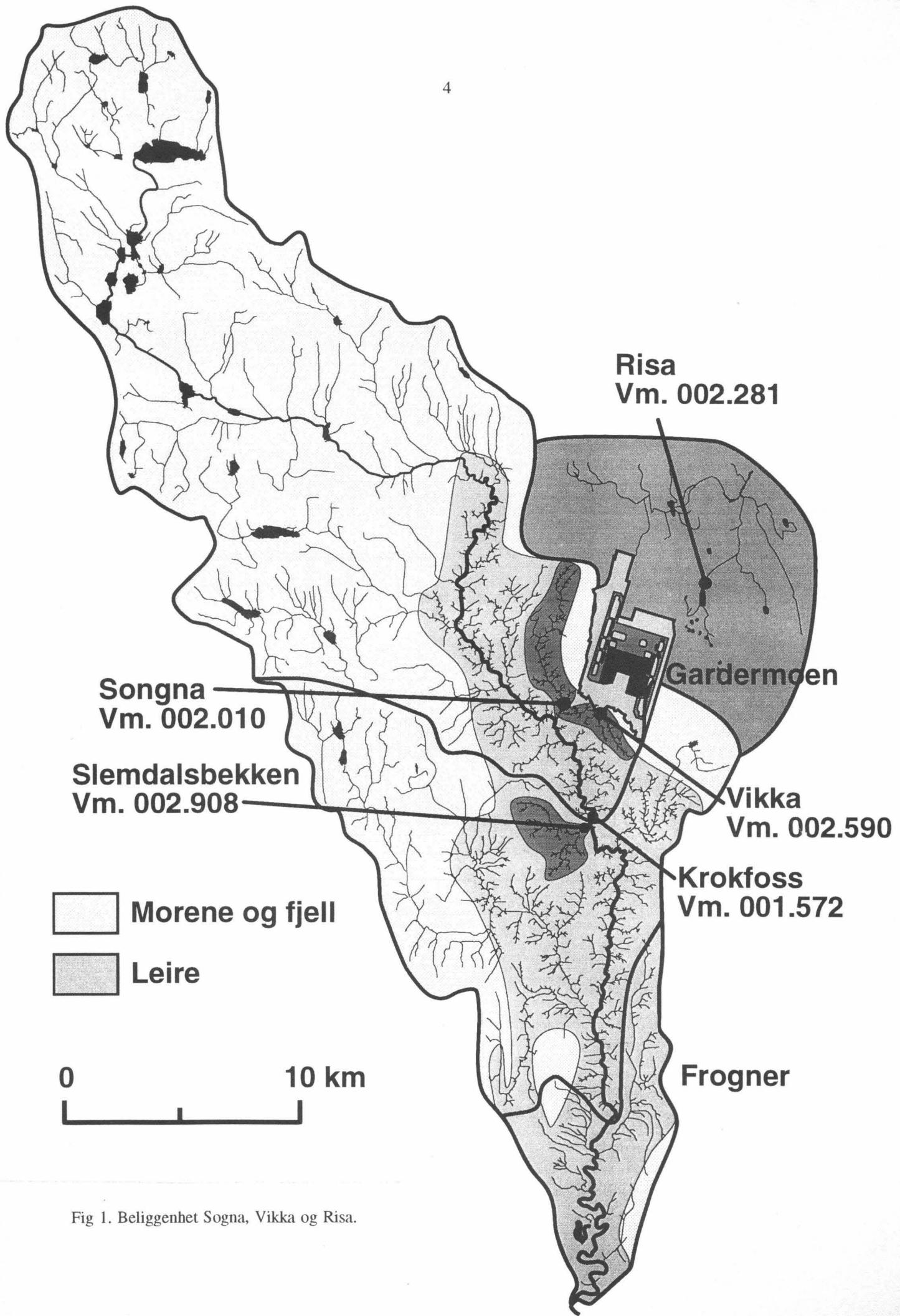


Fig 1. Beliggenhet Sogna, Vikka og Risa.



Fig 2. Målestasjonen for vannføring (Crump - overløp) og sedimenttransport i Sogna, stnr. 2.10.0.1000.1.



Fig 3. Provisorisk oppsett av automatprøvetaker for suspensjonstransport i Sogna.

4. 2 Konsentrasjon og transport av suspensjonsmateriale, Sogna

Vannføringen i Sogna er i store deler av perioden estimert på grunnlag av vannføringen i Vikka. Dette gjelder imidlertid ikke i perioden under varflommen hvor det er malt høye konsentrasjoner. Den høyeste konsentrasjonen av uorganisk materiale under varflommen (1784.2 mg/l) inntreffer den 25. april, mens den høyeste vannføringen fant sted noe tidligere, 15. april. Fra slutten av mai, til og med første halvdel av juli har sedimentkonsentrasjonene et pulserende svigningsmønster. Regnflommen i begynnelsen av juni sammenfaller med en markert stigning i konsentrasjon 2710.0 mg/l. Etter noen få dager med konsentrasjoner nede i 4.3 mg/l stiger konsentrasjonen til 3511.0 mg/l og fortsetter å variere uavhengig av vannføringen. Det er kjent at endringer i sedimentkonsentrasjoner er kontrollert av andre faktorer enn vannføringen alene, men det er også mulig at grovere fraksjoner fra bunnssedimentene kan ha blitt fanget opp av prøvetakeren. Det kan også være noe som har inntruffet i forbindelse med etablering av automatisk prøvetaker i slutten av mai, men på en annen side kan det like gjerne være reelle verdier. Ut over høsten inntreffer den mest markerte økning i konsentrasjonen i forbindelse med regnflommen i manedsskiftet oktober/ november, hvor konsentrasjonen stiger til 2180.8 mg/l. Ytterligere syv påfølgende prøver bekrefter denne økningen.

Den høyeste konsentrasjonen av organisk materiale under varflommen (52.5 mg/l) sammenfaller med den høyeste vannføringen i perioden. Ut over i sesongen gjenkjennes den samme variabiliteten som for uorganisk materiale, men konsentrasjonene er betydelig lavere. Konsentrasjonene i lavvannsperiodene er imidlertid forholdsvis ikke tilsvarende lavere som i flomperiodene. Det karakteristiske svigningsmønsteret gjennom juni maned viser heller ikke tilsvarende kraftige pulser som de uorganiske konsentrasjonene. Regnflommen i juni gir også respons på den organiske konsentrasjonen 89.1 mg/l. Videre synker konsentrasjonen tilsvarende forløpet av uorganisk materiale, for igjen å stige til 168.6 mg/l noen få dager senere. Dette uregelmessige konsentrasjonsforløpet er ikke observert i Vikka og kan heller ikke knyttes til nedbør. Regnflommen i manedsskiftet oktober/ november fører til den eneste markerte konsentrasjonsøkningen i den siste halvdelen av maleperioden 145.3 mg/l.

Høy vannføring og høye sedimentkonsentrasjoner i forbindelse med varflommen fører til høy transport i denne perioden. Omlag 60% av den uorganiske og 53% av den organiske totaltransporten relateres til denne perioden. Svigningene i den uorganiske konsentrasjonen utover sommeren, hvor det inntreffer relativt høye konsentrasjoner, bidrar ikke med tilsvarende høye transportverdier. Med unntak av noen små regnflommer er vannføringen relativt lav i denne perioden. Transporttopper i slutten av oktober har sammenheng med nedbør.

Den totale suspensjonstransporten for uorganisk og organisk materiale er beregnet til:

*Sogna, uorganisk materiale (12/4 - 11/11): 2270.4 tonn
Sogna, organisk materiale (12/4 - 11/11): 86.7 tonn*

Dette tilsvarer en middlere erosjonsintensitet for uorganisk suspensjonstransportert materiale i denne sesongen på 90.8 tonn/km² ved feltareal på 25.0 km².

Kurver for konsentrasjonsmålinger og beregnet transport i maleperioden er vist i fig 5 - fig 8. Beregnet transport, pr. maned og totalt er angitt i tabell 1. Døgntransport er et middel pr. døgn i hver maned.

4. 3 Kornfordeling, Sogna

I løpet av maleperioden er det tatt 31 prøver av suspensjonsmaterialet for bestemmelse av kornfordelingen. Materiale i siltfraksjonen dominerer, hvor innholdet i enkeltprøver varierer fra 6.5% til 76.0%. Siltinnholdet synes å ha lavest variabilitet spesielt i første, men også i siste del av maleperioden. Prosantandelen i siltfraksjonen varierer fra 65.0% til 58.2% i perioden fra 5. april til 5. mai. I siste del av perioden fra 15. november til 28. desember varierer innholdet i siltfraksjonen fra 57.4% til 76.0%.

Sandinnholdet er stabilt og relativt lavt i begynnelsen av perioden. Fra 15. mai med en andel på 92.4% er det en trend mot mindre materiale i sandfraksjonen fram til slutten av maleserien. Variabiliteten er imidlertid markert, men med en tendens til noe lavere variabilitet i siste del av maleperioden. Materiale i

MND	ANT. DOGN	AVLOP		UORGANISK TRANSPORT			ORGANISK TRANSPORT		
		TOT mill m ³	PB DOGN mill m ³	TGT tonn	PB DOGN tonn	KONS mg/l	TOT tonn	PB DOGN tonn	KONS mg/l
APR	19	1.42	0.07	1353,3	71.23	950.40	46.3	2.43	32.50
MAI	31	0.61	0.02	120,1	3.87	198.43	7,5	0.24	12.35
JUN	30	0.53	0.02	335,5	11.1	635.44	11,0	0.37	20.83
JUL	31	0.36	0,01	62,3	2.01	173.22	2,5	0,08	7.06
AUG	31	0.61	0.02	198,1	6,39	322.86	7,1	0.23	11.52
SEP	30	0.55	0.02	41,7	1,39	76.44	1,5	0.05	2.77
OKT	31	0.56	0.02	94,1	3,04	166.36	6,9	0.22	12.31
NOV	11	0.24	0.02	65,4	5,95	277.92	3,9	0.36	16.06
TOT	214	4.88	0.02	2270,4	10.61	465.56	86,7	0.41	17.76

Tabell 1 Vannføring og beregnet uorganisk og organisk suspensjonstransport for Sogna 1994.

Dato.	Kl.	Vannføring (m ³ /s)	% leire	% silt	% sand
5/4	1500	-	12,3	65,0	22,6
11/4	1150	-	9,3	69,2	21,6
15/4	1635	1,36	13,1	69,9	17,0
20/4	1140	0,55	9,6	70,3	20,3
26/4	1430	0,89	15,5	62,2	22,3
30/4	1550	0,65	17,2	64,3	18,6
5/5	1350	0,34	18,0	58,2	23,9
10/5	1605	0,26	9,7	47,1	43,6
15/5	1643	0,18	1,1	6,5	92,4
20/5	1644	0,17	6,9	53,6	39,4
26/5	1500	0,16	4,1	40,1	55,9
31/5	1504	0,20	6,8	29,5	63,6
10/6	1540	0,19	6,2	38,3	55,5
4/7	1505	0,14	10,1	63,0	26,9
14/7	1530	0,12	8,7	39,0	52,4
29/7	1330	0,20	21,0	57,4	21,6
11/8	1410	0,14	6,6	21,8	71,6
23/8	1215	0,17	16,2	72,5	11,2
18/10	1430	0,16	20,1	41,9	38,0
24/10	1348	0,38	14,7	51,5	33,9
28/10	1435	0,22	15,4	58,9	25,8
3/11	1400	0,23	24,0	63,9	12,2
9/11	1445	0,20	5,7	39,1	55,2
15/11	1435	-	8,4	57,4	34,2
21/11	1405	-	18,3	76,0	5,5
24/11	1310	-	18,9	61,3	19,9
30/11	1515	-	23,5	57,9	18,3
7/12	1355	-	27,9	58,9	13,1
12/12	1338	-	19,7	65,6	14,9
19/12	1350	-	25,1	71,0	3,9
28/12	1400	-	28,7	60,8	10,5

Tabell 2 Vannføring og andel leire, silt og sand i suspensionsprøver Sogna 1994.

sandfraksjonen ligger mellom 17.0% og 23.9% i perioden fra 5. april til 5. mai og 3.9% - 19.9% i perioden fra 21. november til 28. desember. I resten av perioden varierer det fra 11.2 % til 92.4%.

Innholdet av materiale i leirfraksjonen er også relativt lavt, men også varierende i løpet av måleperioden. Variasjonen i løpet av sommeren er ikke tilsvarende store som i sandfraksjonen. Leirinnholdet ligger på mellom 1.1% og 27.9%. Prøven som er tatt 15. mai har minst materiale i leirfraksjonen, 1.1%. Fra dette tidspunktet og utover i perioden er det en trend i datamaterialet som tyder på en viss økning av leirinnholdet

De største variasjonene finner sted fra begynnelsen av juni til første halvdel av november. Kornfordelingen i suspensjonsmaterialet ser ut til å være bestemt av kildematerialet, mens endringer i vannføringen synes å ha liten innflytelse på variasjonene i prøvene.

4. 4 Malestasjonen i Vikka

I Vikka har NVE tidligere etablert en stasjon for måling av vannføring og sedimenttransport. Malestasjonen er nærmere beskrevet i Bogen og Sandersen 1991. Stasjonen kom i drift 12. april. Prøvetakingsfrekvensen ble innstilt på 4 prøver pr. dag.

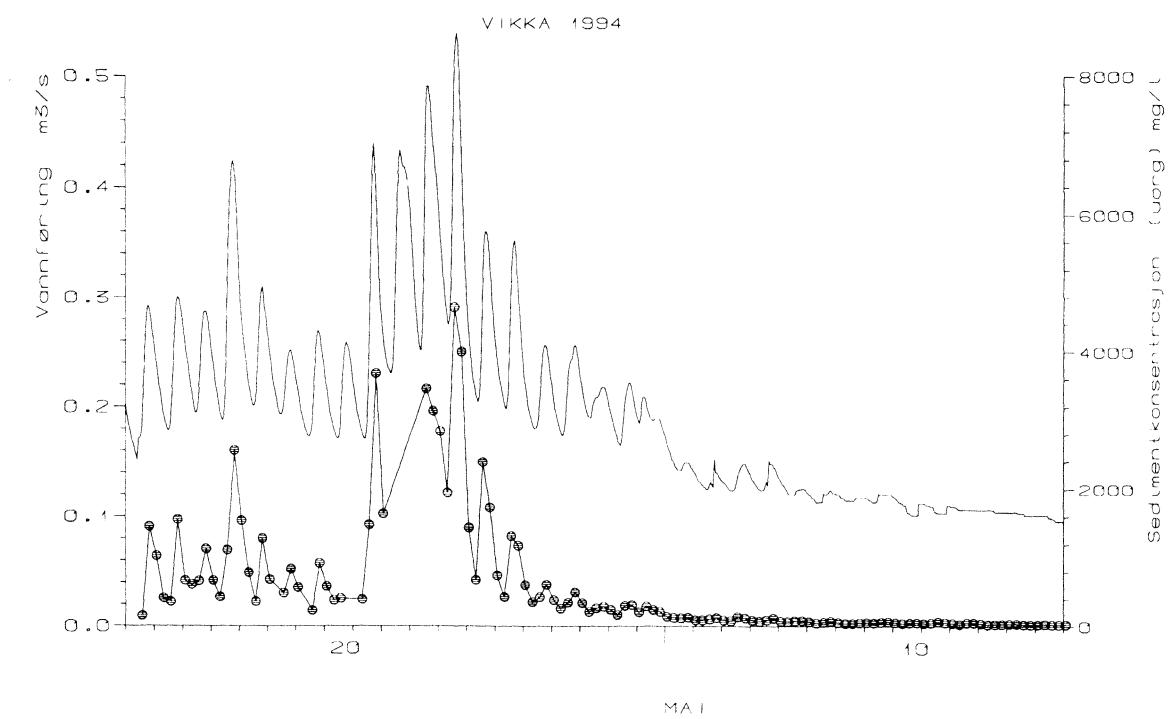


Fig 4. Forløpet av smelteperioden i Vikka.

4. 5 Konsentrasjon og transport av suspensjonsmateriale, Vikka

De høyeste konsentrasjonene av uorganisk materiale inntreffer i forbindelse med varflommen i siste halvdel av april. I fig. 4 beskrives forløpet av smelteperioden med tydelige døgnsvigninger i vannføringen. Konsentrasjonene ser også ut til å følge denne døgnvariasjonen. Den høyeste vannføringen inntreffer 23. april noe som også sammenfaller med høyeste sedimentkonsentrasjon 4662.2 mg/l. Utover i mai avtar konsentrasjonene betydelig. Høyeste konsentrasjon ligger på 139.6 mg/l, mens middel og minimums konsentrasjonen ligger på respektive 42.9 mg/l og 1.9 mg/l. Regnflommene som inntreffer i juni gir en synlig respons, hvor høyeste konsentrasjon ligger på 731.7 mg/l. I juli er det lite nedbør og vannføringen beskrives av grunnvannstilsiget. Konsentrasjonene er også svært lave i denne perioden, men øker igjen i forbindelse med regnflommer som inntreffer i løpet av august og september. Høyeste konsentrasjon på 3447.5 mg/l finner sted 20. august med en vannføring på ca. 0.2 m³/s. Prøven er tatt noen timer etter kulminasjonen av flommen. Konsentrasjonene er deretter svært lave inntil en markert stigning i manedsskiftet oktober/november, 3520.0 mg/l.

Forløpet av den organiske maleserien følger det samme mønsteret som er beskrevet av uorganisk materiale, men konsentrasjonene er betydelig lavere. Den høyeste konsentrasjonen inntreffer imidlertid noe tidligere, 17. april (270.0 mg/l). Konsentrasjonene av organisk materiale er betydelig lavere enn den uorganiske når periodene med de høyeste konsentrasjonene sammenlignes. I perioder med lave konsentrasjoner er imidlertid ikke forskjellene store.

Høy vannføring og høye sedimentkonsentrasjoner i forbindelse med varflommen fører til høy transport i denne perioden. Omlag 70% av den uorganiske og 65% av den organiske totaltransporten finner sted i dette tidsrommet. Transporttopper i løpet av sommeren og utover høsten inntreffer i forbindelse med nedbør. Den totale suspensjonstransporten for uorganisk og organisk materiale er beregnet til:

Vikka, uorganisk materiale (12/4 - 11/11): 739.9 tonn

Vikka, organisk materiale (12/4 - 11/11): 41.1 tonn

Dette tilsvarer en midlere erosjonsintensitet for uorganisk suspensjonstransportert materiale i denne sesongen på 160.8 tonn/km² ved feltareal på 4.6 km².

Kurver for konsentrasjonsmalingar og beregnet transport i maleperioden er vist i fig 9 - fig 12. Beregnet transport, pr. maned og totalt er angitt i tabell 3. Døgntransport er et middel pr. døgn i hver måned.

MÅN	ANT. DØGN	AVLOP		UORGANISK TRANSPORT			ORGANISK TRANSPORT		
		TOT mill. m ³	PR. DØGN mill. m ³	TOT tonn	PR. DØGN tonn	KONS mg/l	TOT tonn	PR. DØGN tonn	KONS mg/l
APR	19	0.41	0.02	548.3	28.86	1333.01	27.2	1.43	66.23
MAI	31	0.26	0.01	11.4	0.37	43.49	1.5	0.05	5.86
JUN	30	0.22	0.01	11.9	0.40	54.56	1.5	0.05	6.86
JUL	31	0.19	0.01	5.2	0.17	27.82	1.3	0.04	6.97
AUG	31	0.25	0.01	64.6	2.08	263.02	4.3	0.14	17.52
SEP	30	0.24	0.01	49.0	1.63	201.11	2.5	0.08	10.17
OKT	31	0.25	0.01	37.6	1.21	152.50	1.9	0.06	7.56
NOV	11	0.10	0.01	11.9	1.08	122.12	0.9	0.08	9.27
TOT	214	1.91	0.01	739.9	3.46	386.96	41.1	0.19	21.50

Tabell 3. Vannføring og beregnet uorganisk og organisk suspensjonstransport for Vikka 1994.

4. 6 Kornfordeling, Vikka

Også i Vikka er det materiale i siltfraksjonen som dominerer i løpet av måleperioden. Det er ikke observert en tilsvarende variabilitet som i Sogna. Materiale i siltfraksjonen varierer fra 36.7% i den første prøven (3. april) til 67.2% som den høyeste verdien (10. mai). Deretter er det en tendens mot lavere andeler i løpet av sommeren. Med unntak av lave observasjoner i desember, er det en svak økning av silt i suspensionsmaterialet utover høsten.

Materiale i sandfraksjonen har den høyeste verdien helt i begynnelsen av måleperioden (57.7%), med et minimum den 10. mai (11.2%). I løpet av sommeren og fram til siste halvdel av september er det en trend mot større andeler sand i suspensionsmaterialet (53.4% den 20. september). Med unntak av noen relativt høye verdier i desember, er det langt mindre sand i suspensionsmaterialet i siste halvdel av høstperioden enn i løpet av sommeren.

Dato.	Kl.	Vannføring (m ³ /s)	% leire	% silt	% sand
3/4	1225	-	5.5	36.7	57.7
12/4	1400	0.17	8.4	57.7	34.0
16/4	1250	0.20	7.9	53.5	38.6
22/4	1130	0.41	8.5	63.6	27.8
28/4	1055	0.19	9.6	66.6	23.7
4/5	1305	0.13	9.7	65.5	24.8
10/5	1055	0.11	21.5	67.2	11.2
16/5	1155	0.09	10.0	44.8	45.2
20/5	1150	0.08	13.8	59.6	26.7
26/5	1145	0.09	7.5	57.6	35.0
1/6	1222	0.07	9.4	55.9	34.8
7/6	1205	0.11	13.9	62.0	24.1
16/6	1204	0.08	8.2	60.2	31.6
8/7	1412	0.07	15.1	41.4	43.6
14/7	1226	0.07	5.4	42.2	52.5
29/7	1114	0.09	8.4	41.7	50.0
11/8	1205	0.07	8.1	43.3	48.6
17/8	1212	0.08	13.0	49.3	37.7
29/8	1158	0.09	8.8	43.2	48.0
20/9	1140	0.09	2.5	44.0	53.4
6/10	1210	0.08	7.2	52.2	40.7
24/10	1115	0.15	9.1	58.1	32.8
28/10	1203	0.10	9.6	54.0	36.4
3/11	1156	0.10	13.0	57.8	29.2
9/11	1307	0.09	11.8	50.3	37.9
15/11	1220	-	17.3	51.2	31.5
21/11	1221	-	23.1	65.6	11.3
7/12	1152	-	19.5	67.4	12.9
12/12	1216	-	17.3	46.8	35.8
19/12	1138	-	15.0	38.1	47.0
28/12	1155	-	15.7	57.8	26.2

Tabell 4 Vannføring og andel leire, silt og sand i suspensionsprøver Vikka 1994.

I begynnelsen av perioden, fra 3. april til 4. mai varierer leirinnholdet forholdsvis lite, mellom 5.5% til 9.7%. Fram til september inntreffer en mer markert variabilitet, med variasjoner fra 2.5% til 21.4%. En gradvis økning av materiale i leirfraksjonen utover høsten med et maksimum på 23.1% (21. november).

4. 7 Malestasjonen i Risa

I Risa har NVE tidligere etablert en stasjon for maling av vannføringer. Et maleprogram med prøver av suspendert materiale hver uke ble satt i gang i april. Det ble også tatt en prøve den 30 mars.

For å kunne utføre transportberegnninger, er det nødvendig å anslå døgnlige sedimentkonsentraserjoner. Det viste seg å være en lav samvariasjon mellom sedimentkonsentrasijsjon og vannføring i datautvalget. Det er derfor vanskelig å definere en sedimentkurve til komplettering av dataserien. Bestemmelse av sedimentkonsentraserjoner i periodene mellom prøvetaknings-tidspunktene er derfor gjort ved lineær interpolasjon. Hvis det antas at konsentraserjoneiene ligger innenfor den samme variasjonsbredden som beskrives av ukesmalingene, kan det antas at en slik metode danner grunnlag for et akseptabelt estimat av totaltransporten.

4. 8 Konsentrasijsjon og transport av suspensjonsmateriale, Risa

Konsentraserjoneiene av suspendert materiale er gjennomgaende svært lav gjennom hele sesongen. Konsentraserjoneiene tilsvarende de man finner i Vikka og Sogna forekommer ikke. Ukesmalingene gir dessuten ikke et fullstendig bilde av variasjonene.

Den høyeste vannføringen i maleperioden inntreffer i siste halvdel av april. Konsentrasijsjonen av uorganisk materiale i forbindelse med denne flommen er den høyeste i løpet av sesongen, 4 mg/l. Videre er tendensen avtagende konsentraserjoneiene utover i perioden. Den samme tendensen gjør seg gjeldene når det gjelder organisk materiale. Konsentraserjoneiene ligger også noe høyere enn for uorganisk materiale. Når det gjelder økningen i organisk konsentrasijsjon i første halvdel av mai, er dette basert på en enkeltmaling som skiller seg ut med en markert høyere konsentrasijsjon, 10.4 mg/l. Om dette er et enkelttilfelle som fant sted på dette tidspunktet eller om den beskriver en periode med høyere konsentrasijsjon kan ikke sies med sikkerhet. Organisk produksjon er vanligvis høy på denne tiden av året, så det er valgt å la observasjonen være beskrivende for perioden. Dette inngår dermed i transportberegningene for organisk materiale.

Lave konsentraserjoneiene gir lav totaltransport. Høyest konsentrasijsjon i forbindelse med varflommen gir de høyeste transportallene i denne perioden. Den totale suspensjonstransporten for uorganisk og organisk materiale er beregnet til:

Risa, uorganisk materiale (30/3 - 30/9): 9.0 tonn

Risa, organisk materiale (30/3 - 30/9): 15.9 tonn

MND	ANL. DØGN	AVLOP		UORGANSK TRANSPORT			ORGANSK TRANSPORT		
		TOT mill m ³	PR DØGN mill m ³	TOT tonn	PR DØGN tonn	KONS mg/l	TOT tonn	PR DØGN tonn	KONS mg/l
MARS	2	0,09	0,05	0,1	0,05	1,00	0,2	0,09	1,84
APR	30	1,92	0,06	2,8	0,09	1,45	1,6	0,05	0,82
MAI	31	1,50	0,05	3,1	0,10	2,05	5,8	0,19	3,87
JUN	30	1,36	0,05	1,1	0,04	0,83	3,4	0,11	2,50
JUL	31	1,14	0,04	0,7	0,02	0,61	1,3	0,04	1,14
AUG	31	1,46	0,05	0,7	0,02	0,50	1,8	0,06	1,22
SEP	30	1,54	0,05	0,7	0,02	0,43	1,9	0,06	1,21
TOT	185	9,02	0,05	9,2	0,05	1,02	15,9	0,09	1,76

Tabell 5. Vannføring og beregnet uorganisk og organisk suspensjonstransport for Risa 1994.

Dette tilsvarer en midlere erosjonsintensitet for uorganisk suspensjonstransportert materiale i denne sesongen på 0.17 tonn/km² når feltarealet anslas til 54.4 km².

Konsentrasjonsmålingene for enkelprøver er presentert i fig. 13 og 14 for henholdsvis uorganisk og organisk materiale. Estimerte verdier er lagt på linjen mellom prøvetakningstidspunktene. Kurver for beregnet transport i måleperioden er vist i fig. 15 og 16. Beregnet transport, pr. måned og totalt er angitt i tabell 5.

GÅRD	UORGANISK			ORGANISK		
	MAKS g/l	MIN g/l	MID g/l	MAKS g/l	MIN g/l	MID g/l
MAR	0.0010	0.0010	0.0010	0.0019	0.0019	0.0019
APR	0.0042	0.0005	0.0016	0.0019	0.0001	0.0007
MAI	0.0032	0.0010	0.0021	0.0104	0.0007	0.0038
JUN	0.0020	0.0001	0.0008	0.0036	0.0012	0.0026
JUL	0.0007	0.0004	0.0006	0.0012	0.0009	0.0011
AUG	0.0008	0.0000	0.0005	0.0013	0.0012	0.0013
SEP	0.0007	0.0002	0.0004	0.0019	0.0006	0.0012
TOT	0.0042	0.0000	0.0010	0.0104	0.0001	0.0018

Tabell 6. Maksimum, minimum og middelkonsentrasiøn av ukesprøver i Risa.

Døgntransport er et middel pr. døgn i hver måned. Maksimum, minimum og middelkonsentrasiøn av ukesprøver i Risa er vist i tabell 6.

4. 9 Kornfordeling, Risa

Det er kun tatt en kornfordelingsprøve av suspensjonsmaterialet i Risa. Denne inneholder 48.0%, 46.3% og 5.6% i henholdsvis leire, silt og sandfraksjonen. Det er sannsynlig at de grovere partiklene kommer fra resuspensjon nær utløpet, mens de finere er transportert gjennom sjøen.

5. DIREKTE MÅLINGER AV BUNNTRANSPORTEN I SOGNA

Det er høsten 1994 igangsatt et måleprogram for bunntransportert materiale i Sogna. Prøvene ble innsamlet med en Helle - Smith bunntransportprøvetaker på malestasjonen for vannføring og sedimenttransport like ovenfor samlopet med Vikka. Pr. dags dato er 30 av disse prøvene analysert. Prøvetakingen er foretatt i profilksekvenser, dvs. på tre fastlagte punkter i elvas tverrprofil, slik at forskjeller i fordelingen på tvers av strømretningen fanges opp. Framstillingen er foretatt ved å benytte et aritmetisk middel av disse prøvene sett i relasjon til vannføringen ved samme tidspunkt. Dette frambringer et mål på midlere bunntransport i tverrprofil ved 8 forskjellige vannføringer (tabell 7).

Materialet som foreligger er ikke tilstrekkelig stort til å si noe bestemt omkring trender i bunntransport-forholdene. Sannsynligvis er det ikke noen entydig sammenheng mellom vannføring og mengden bunntransportert materiale. Variabiliteten i bunntransporten kan være stor. Store forskjeller kan inntrefte fra et tidspunkt til et annet, selv ved samme vannføring. Det uregelmessige forløpet kan ha sammenheng med at materialet kommer fra flere forskjellige kilder.

De direkte malingene viser lave terskelverdier for bunntransporten dvs. selv ved lave vannføringer er det bevegelse i materialet (fig. 18).

Vannføring Q m ³ /s	Bunntransport G _b (g/10 min.)	Prøvepunkt i profil Avs. v/bredd	tidspunkt dato kl.
0,217	28,63	0,58	20/9 kl 1405
0,217	519,98	1,63	20/9 kl 1425
0,217	46,25	2,87	20/9 kl 1445
0,217	68,30	0,58	20/9 kl 1505
0,217	316,71	1,63	20/9 kl 1524
0,217	119,92	2,87	20/9 kl 1545
0,217	89,67	1,63	20/9 kl 1603
0,198	14,78	1,63	26/9 kl 1155
0,198	27,75	1,63	26/9 kl 1215
0,180	28,63	1,63	10/10 kl 1320
0,180	457,42	1,63	10/10 kl 1340
0,538	26,33	0,35	24/10 kl 1420
0,538	37,95	0,40	24/10 kl 1440
0,298	223,36	0,58	25/10 kl 1245
0,298	239,00	1,63	25/10 kl 1305
0,298	558,24	2,87	25/10 kl 1330
0,298	410,36	0,58	25/10 kl 1355
0,298	586,03	1,63	25/10 kl 1345
0,298	75,86	2,87	25/10 kl 1405
0,750	157,64	0,58	1/11 kl 1215
0,750	290,45	1,63	1/11 kl 1240
0,780	58,80	2,87	1/11 kl 1305
0,780	177,09	1,63	1/11 kl 1335
0,198	287,44	1,63	9/11 kl 1455
0,198	271,96	0,60	9/11 kl 1515
0,146	53,79	0,58	21/11 kl 1425
0,146	167,08	1,63	21/11 kl 1440
0,114	40,44	1,63	7/12 kl 1405
0,114	156,75	1,63	7/12 kl 1425
0,114	312,52	0,85	7/12 kl 1440

Tabell 7. Liste over bunntransport-prøver ved maleprofilen.

6. SAMMENFATTENDE KONKLUSJONER

Malingene av konsentrasjon og beregning av transport i Vikka ligger innenfor variasjonsbredden for hva som er malt i tidligere år.

I Vikka og Sogna finner den største sedimenttransporten sted i forbindelse med vårflommen. Høye konsentrasjoner og stor vannføring i denne perioden bidrar til dette. Utover i sesongen inntreffer markerte transporttopper i forbindelse med nedbørflokker. I lavvannsperiodene er sedimentkonsentrasjonene hovedsakelig lave, noe som gir lav transport. I Sogna opptrer imidlertid et uregelmessig konsentrasjonsforløp

i en periode fra siste halvdel av mai til første halvdel av juli. Transporten kommer i pulser som ikke alltid er stort av vannføringsendringer. Konsentrasjonen svinger sterkt uten særlige endringer i vannføring. Tilsvarende forløp er ikke malt i Vikka. Risa har også størst transport under værflommen. Konsentrasjonene er imidlertid lave, så den totale transporten er liten. De lave konsentrasjonene har sannsynligvis også en sammenheng med at målestasjonen ligger nedstrøms utløpet av Hersjøen. Det kan forventes at mye av materialet avsettes der.

Kornfordelingen i suspensjonsmaterialet ser ut til å være bestemt av kildematerialet, mens endringer i vannføringen synes å ha liten innflytelse på variasjonene i prøvene.

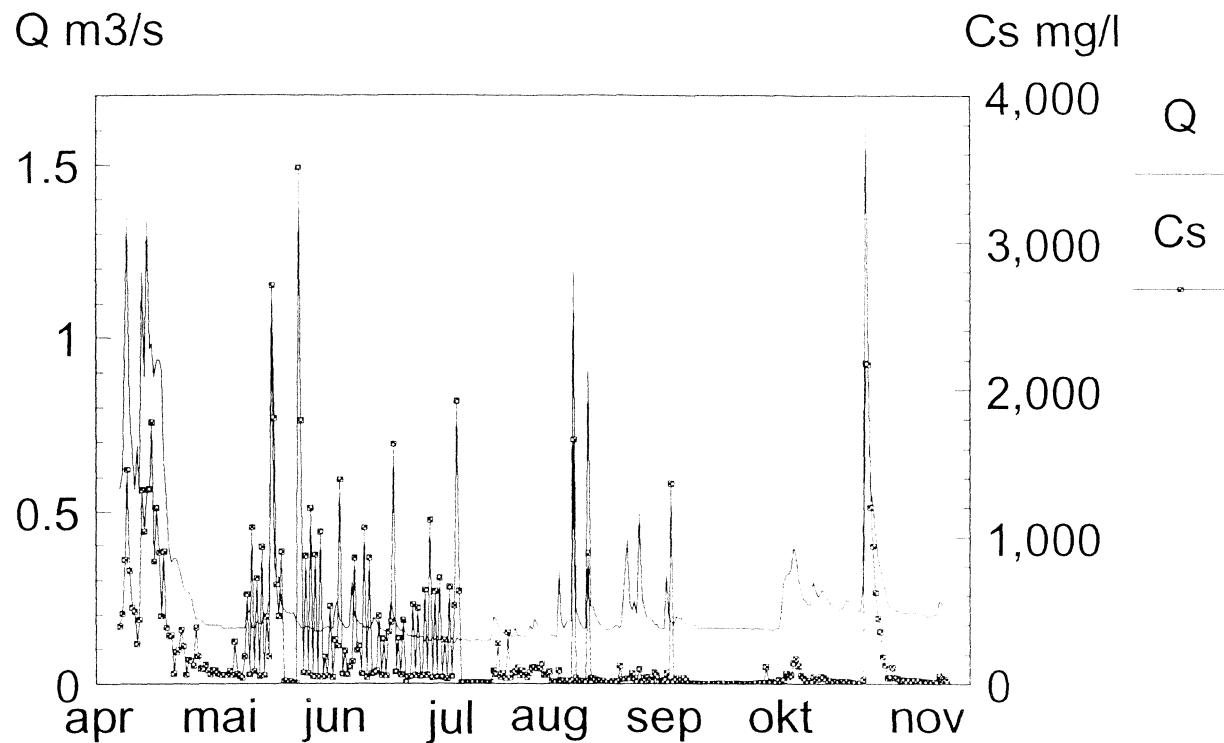


Fig. 5. Konsentrasjon av uorganisk materiale og vannføring i Sogna.

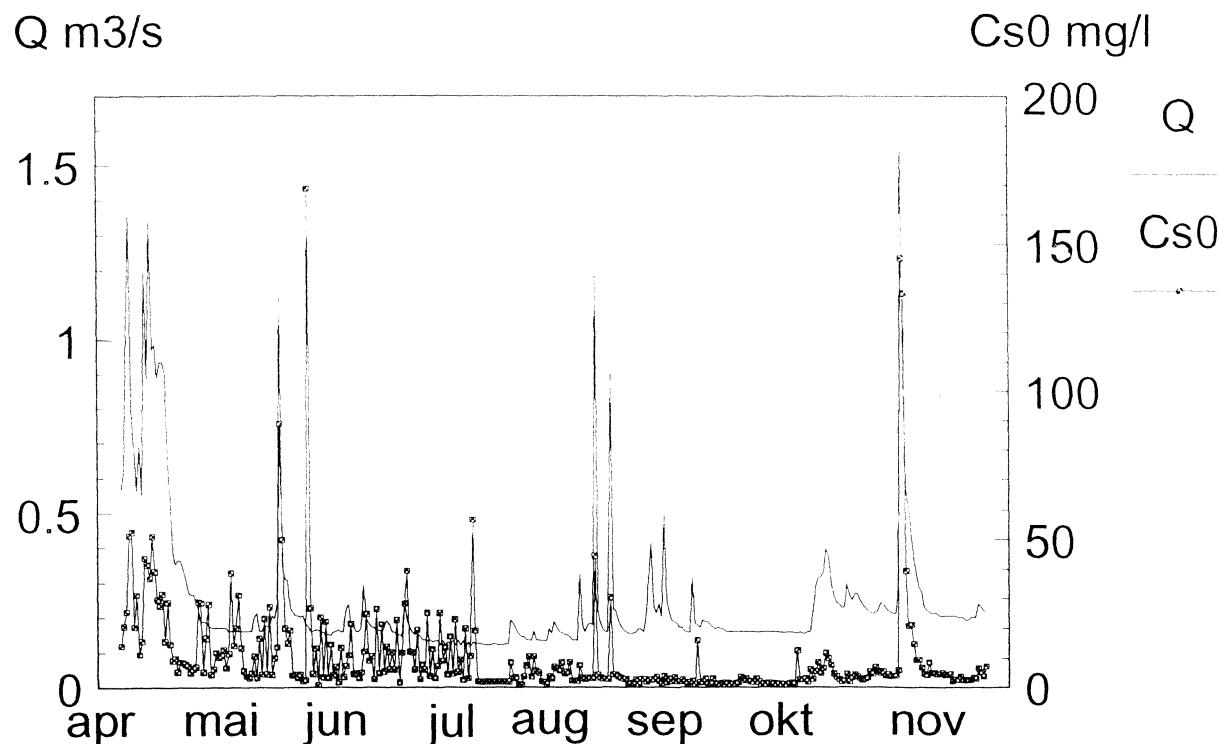


Fig. 6. Konsentrasjon av organisk materiale og vannføring i Sogna.

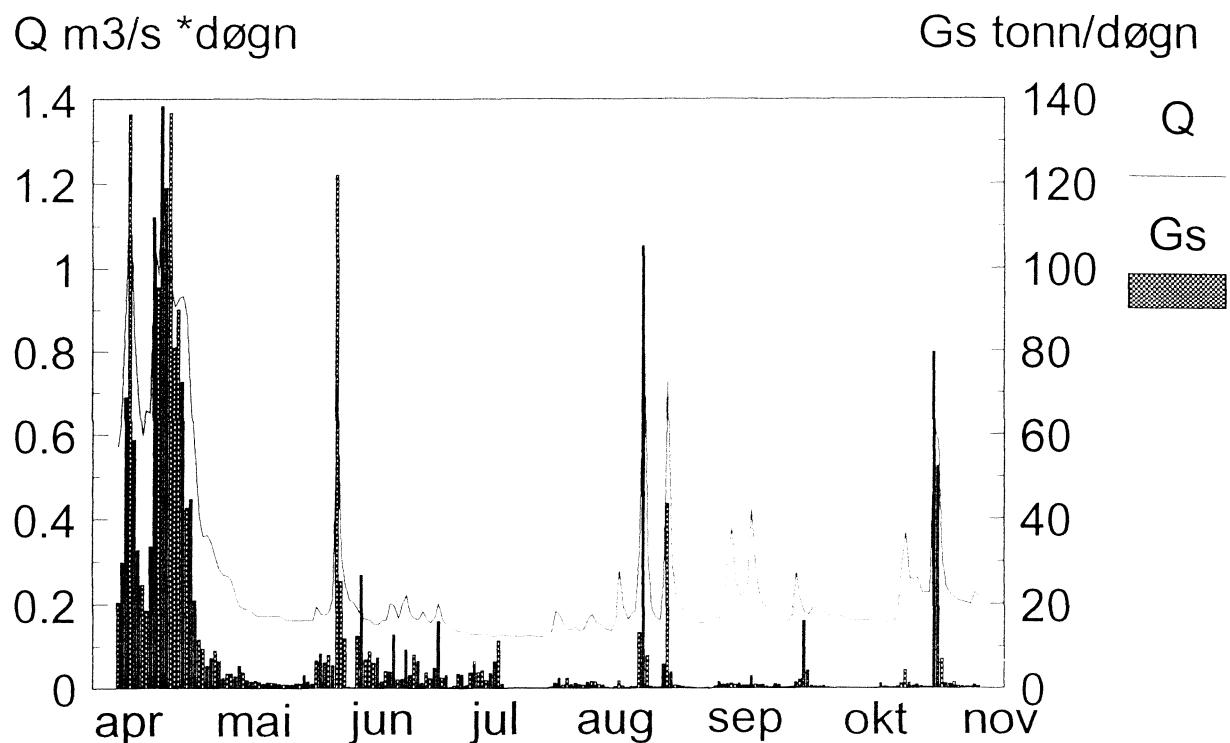


Fig 7. Transport av suspendert uorganisk materiale i Sogna.

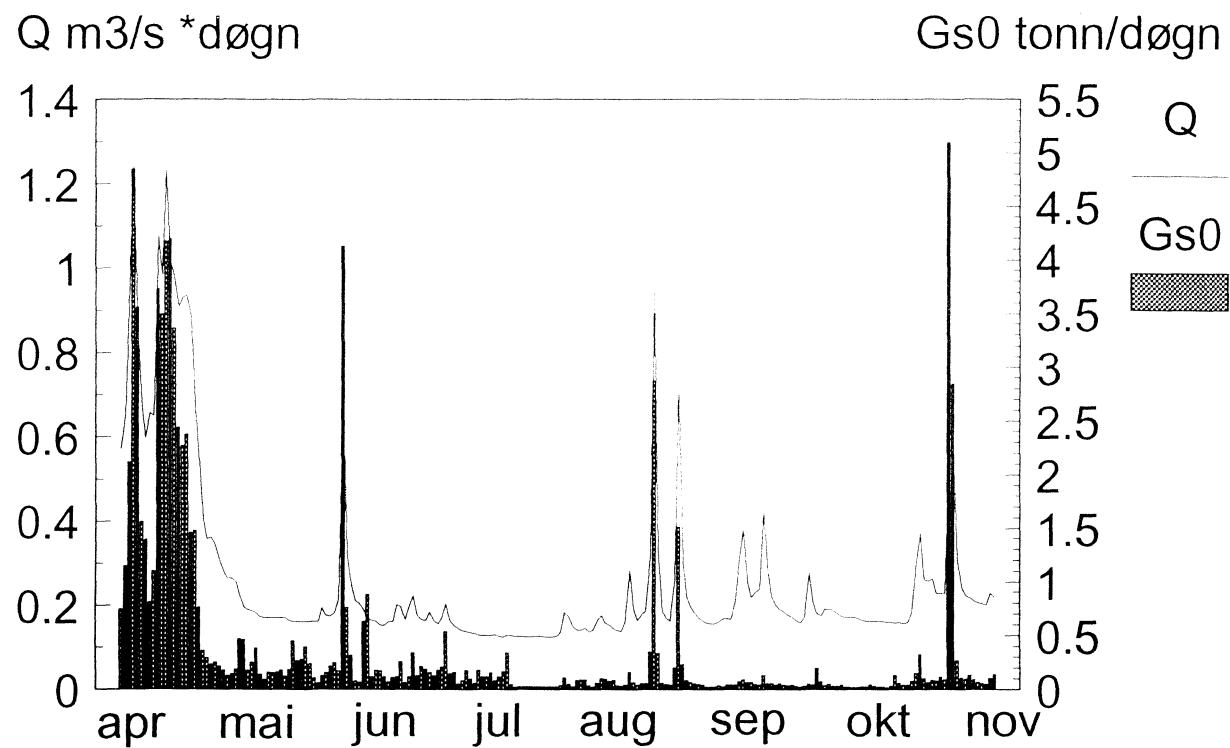


Fig 8. Transport av suspendert organisk materiale i Sogna.

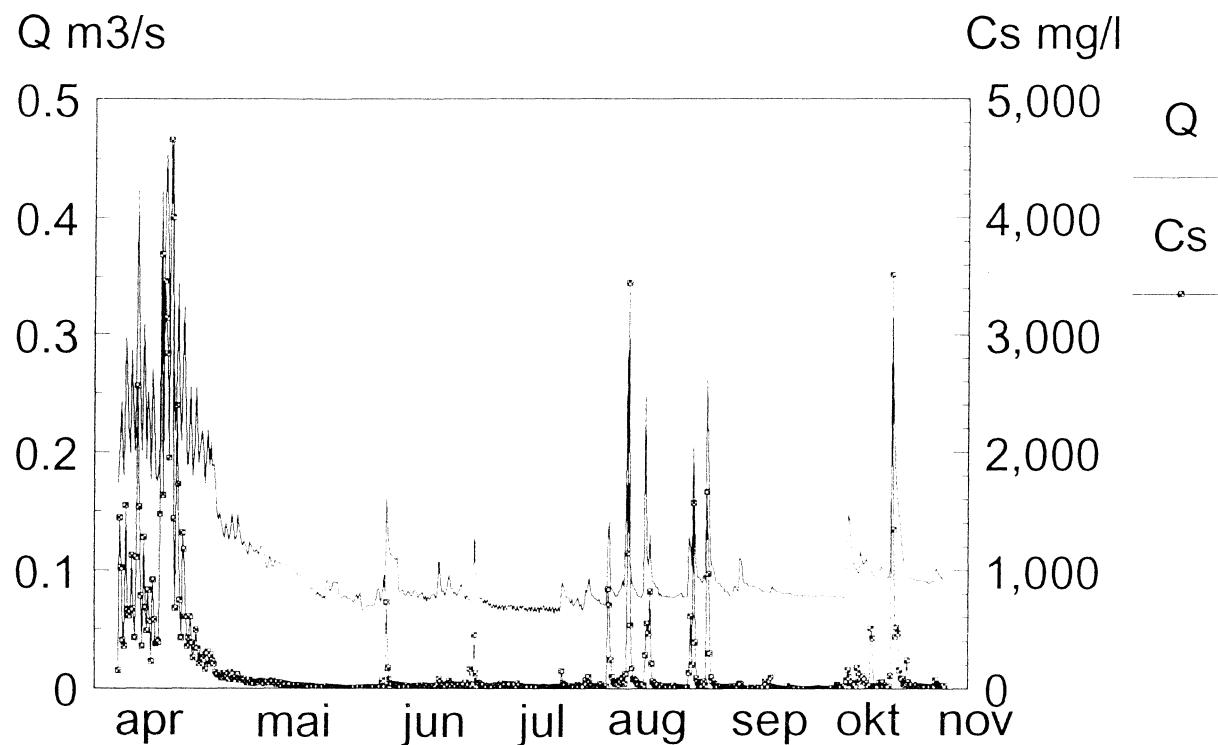


Fig 9. Konsentrasjon av uorganisk materiale og vannføring i Vikka.

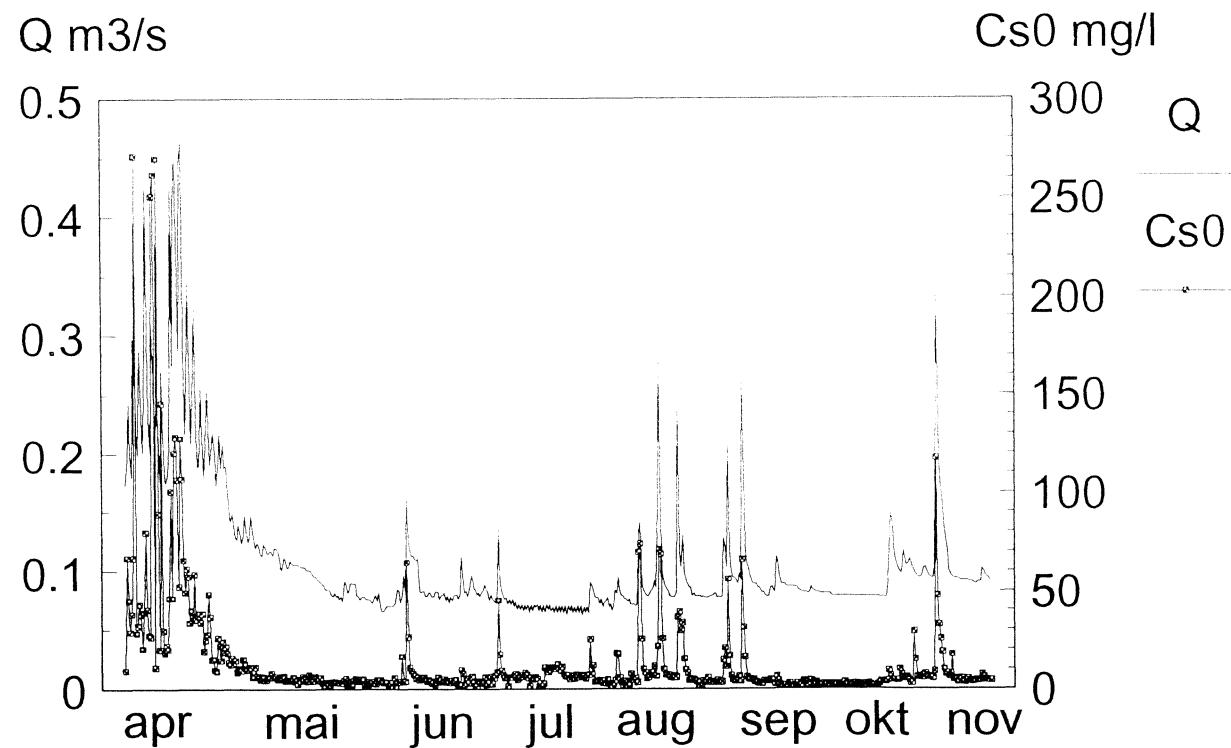


Fig 10. Konsentrasjon av organisk materiale og vannføring i Vikka.

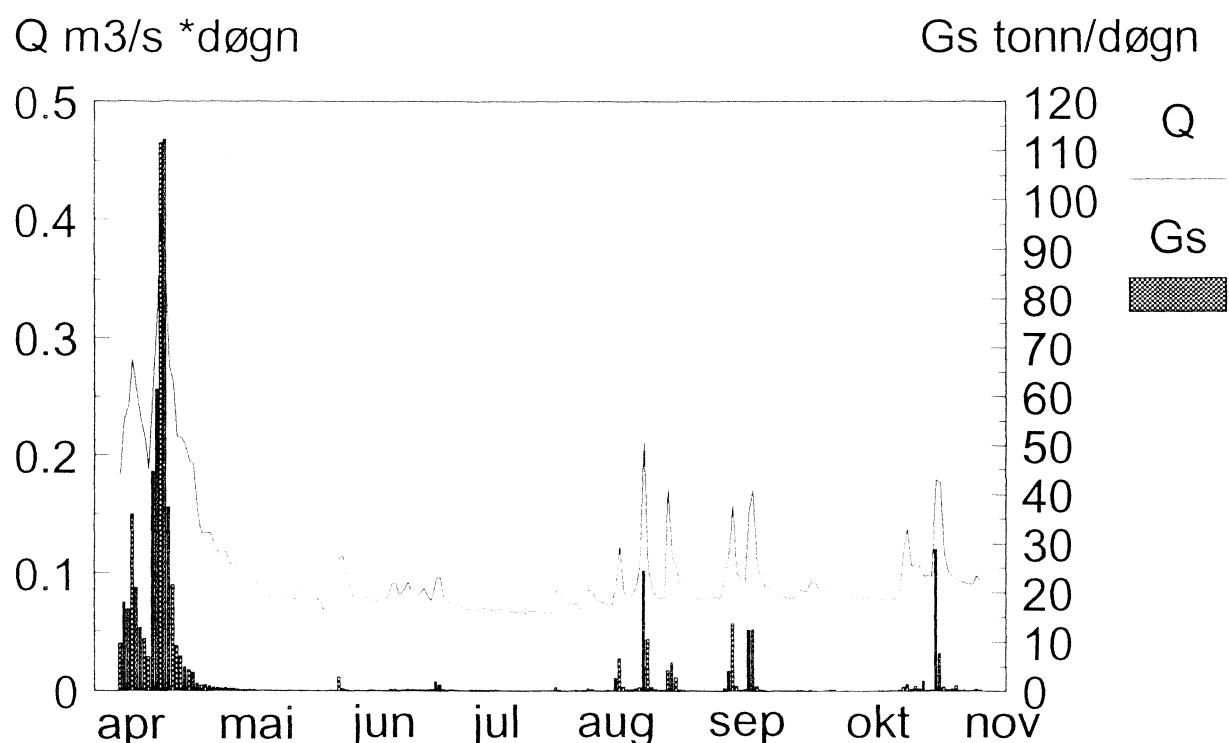


Fig 11. Transport av suspendert uorganisk materiale i Vikka.

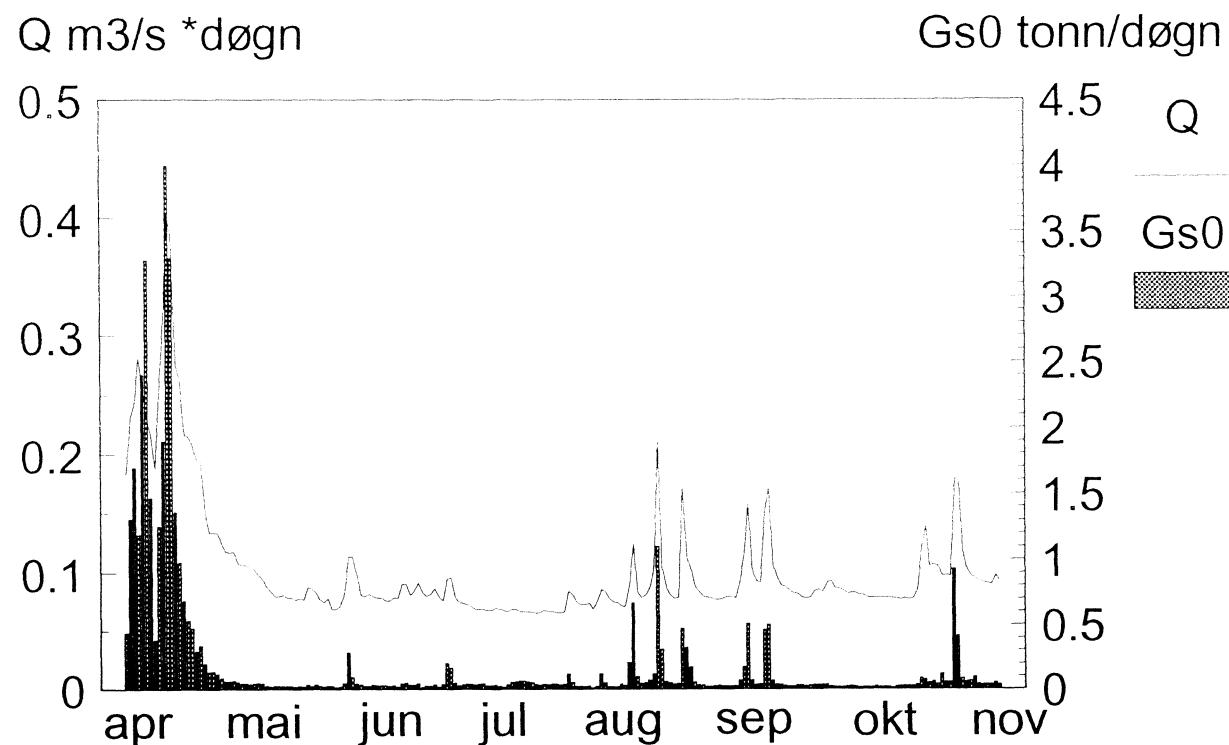


Fig 12. Transport av suspendert organisk materiale i Vikka.

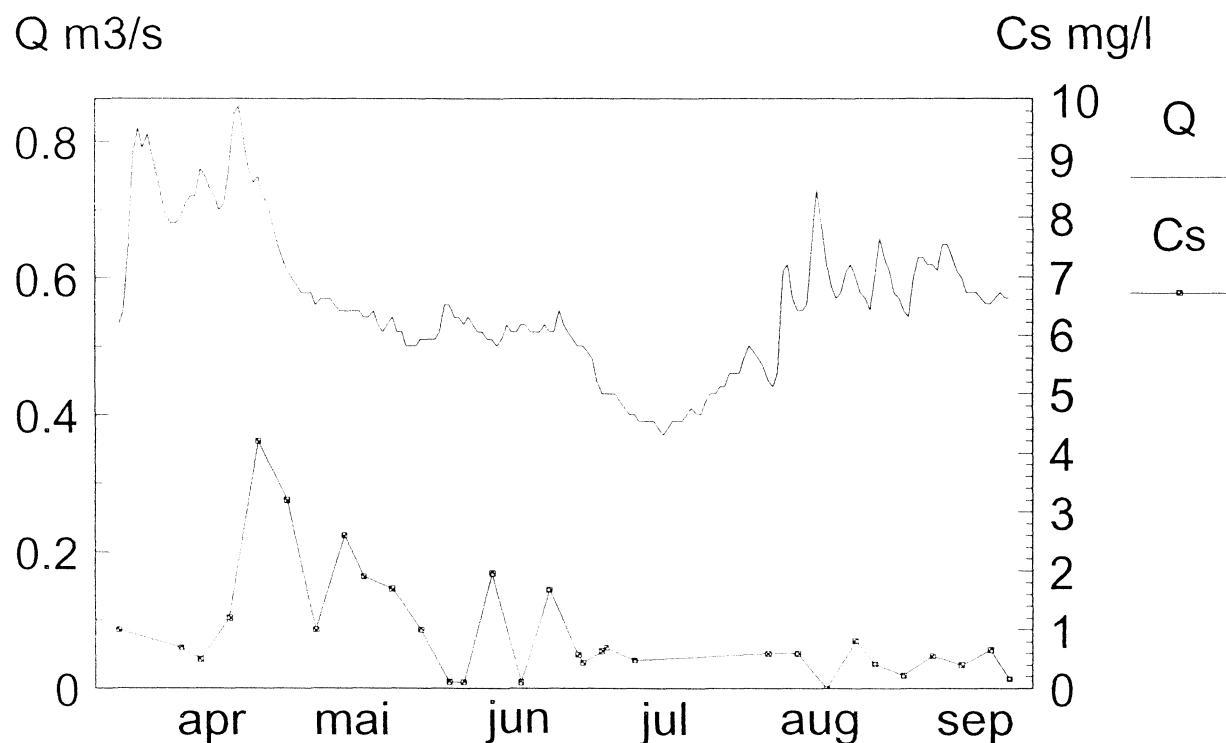


Fig. 13 Konsentrasjon av uorganisk materiale og vannføring i Risa.

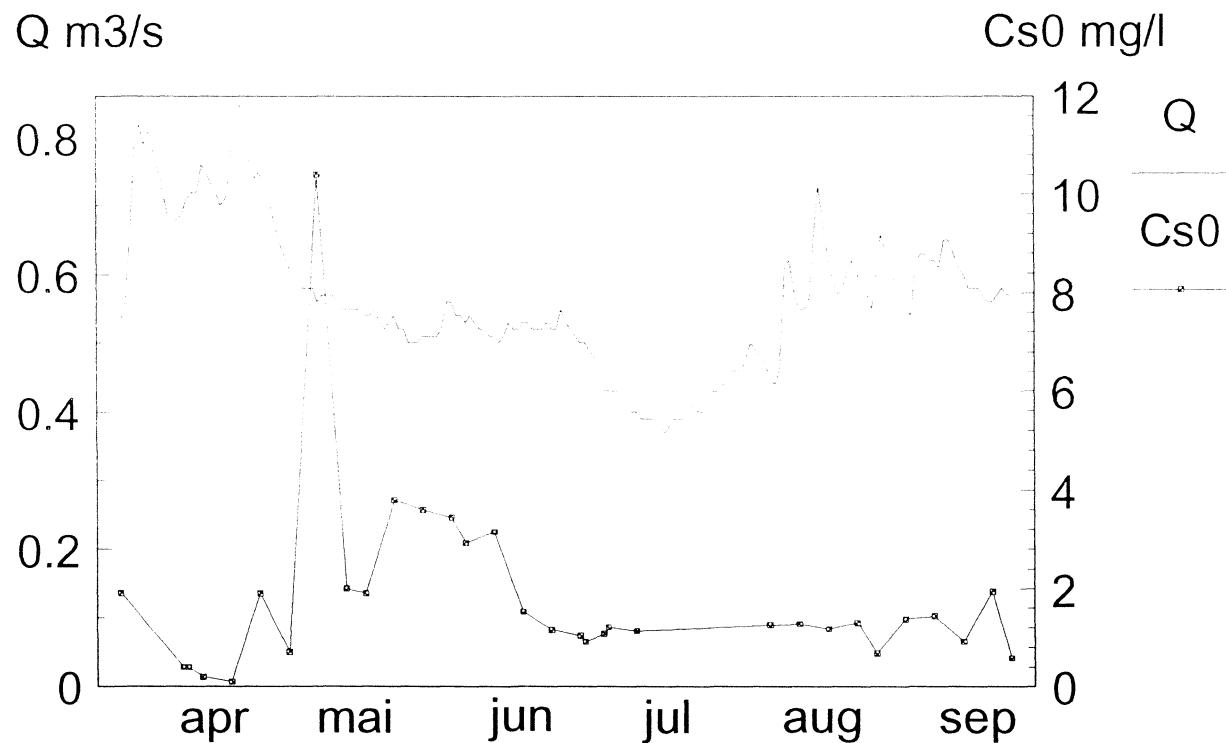


Fig. 14. Konsentrasjon av organisk materiale og vannføring i Risa.

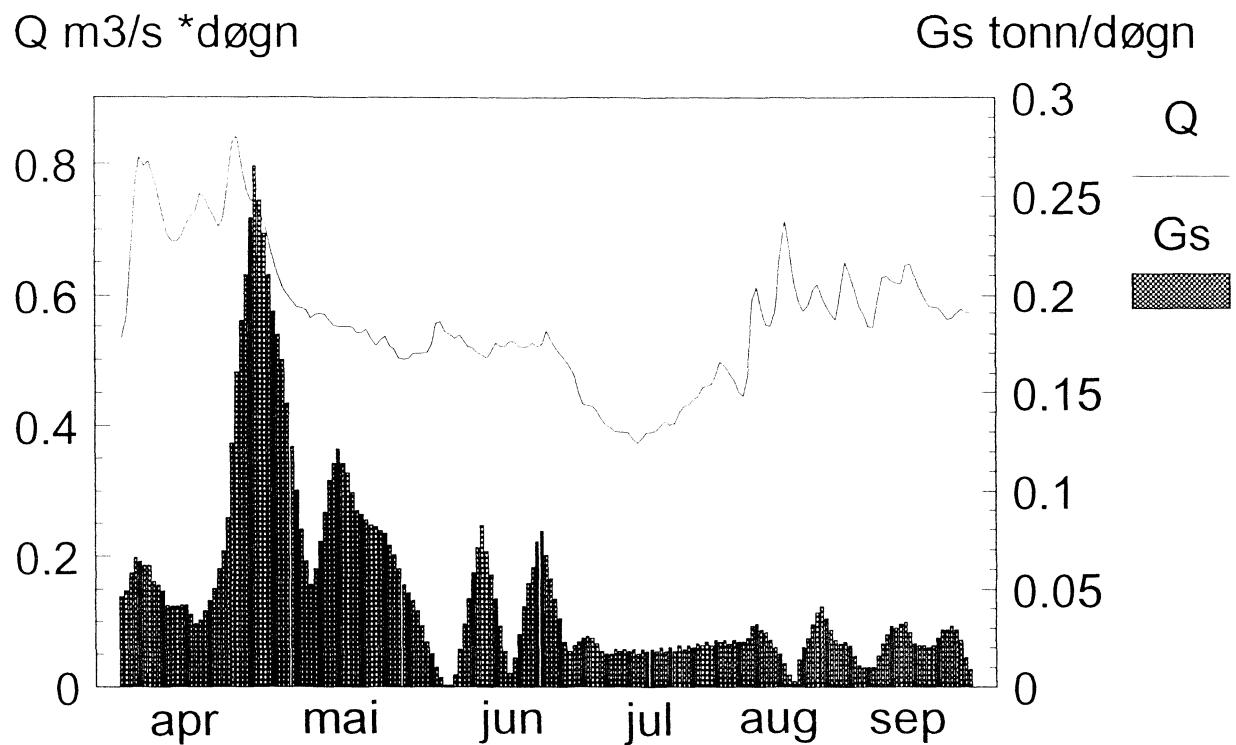


Fig 15. Transport av suspendert uorganisk materiale i Risa.

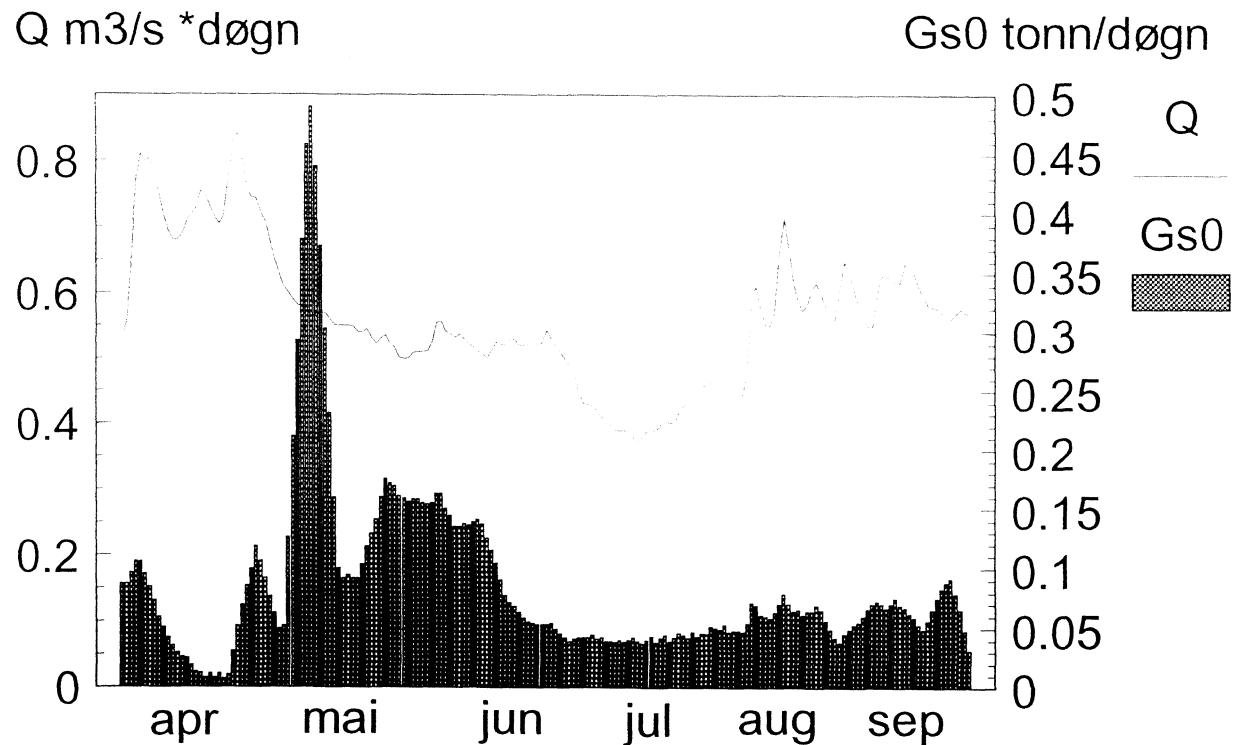
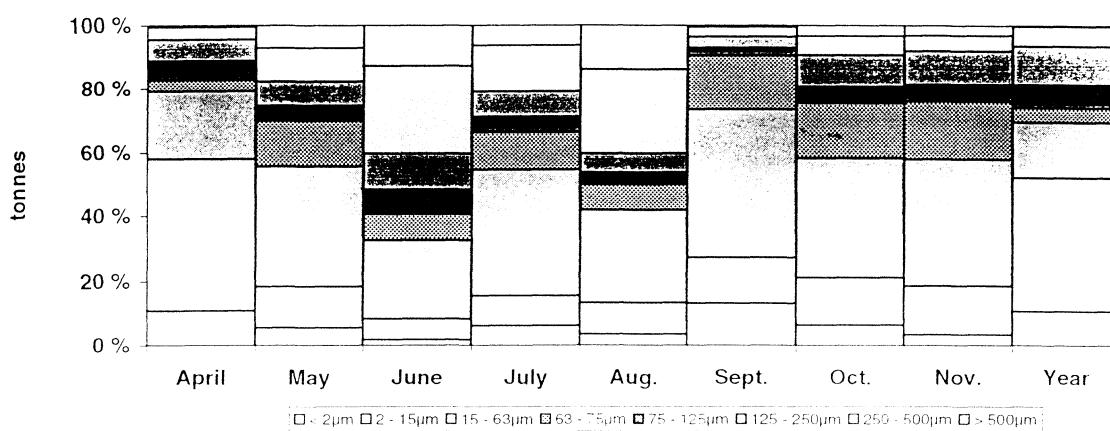


Fig 16. Transport av suspendert organisk materiale i Risa.

Sogna 1994 Sediment load of individual grain fractions
Gs: Daily sediment load Q: Daily water discharge Cum.: Cumulative sediment load

month	Q m3/s	Gs t/day	cum. t/day	< 2µm	2 - 15µm	15 - 63µm	63 - 75µm	75 - 125µm	125 - 250µm	250 - 500µm	> 500µm
				t/day	t/day	t/day	t/day	t/day	t/day	t/day	t/day
April	0.87	71.23	1353.29	146.10	636.71	285.72	47.55	81.54	94.37	52.67	5.81
May	0.23	3.87	120.05	7.05	16.14	47.03	17.83	6.05	9.60	13.31	9.13
June	0.20	11.18	335.47	6.12	22.02	82.82	27.48	26.53	38.81	92.76	44.19
July	0.13	2.01	62.27	4.16	6.13	25.91	7.80	3.18	5.24	9.64	4.23
Aug.	0.23	6.39	198.09	7.10	20.01	58.87	16.57	7.60	12.25	53.68	28.88
Sept.	0.21	1.39	41.71	6.31	6.74	22.14	8.11	1.23	1.73	1.48	0.25
Oct.	0.21	3.04	94.11	6.45	14.73	37.29	17.17	5.08	9.96	6.32	3.37
Nov.	0.26	8.01	64.11	2.18	10.15	25.94	11.92	3.55	6.92	3.45	2.11
Year	12.04 -	11.11:	2269.103	242.02	936.72	392.60	100.77	166.05	275.01	144.83	6.82

Sogna 1994



Vikka 1994 Sediment load of individual grain fractions

Gs: Daily sediment load Q: Daily water discharge Cum.: Cumulative sediment load

month	Q m3/s	Gs t/day	cum. t/day	< 2µm	2 - 15µm	15 - 63µm	63 - 75µm	75 - 125µm	125 - 250µm	250 - 500µm	> 500µm
				t/day	t/day	t/day	t/day	t/day	t/day	t/day	t/day
April	0.25	28.86	548.30	41.41	191.10	101.15	14.63	47.63	74.58	38.49	18.74
May	0.10	0.37	11.40	3.05	0.99	4.30	1.18	0.18	0.62	0.62	0.88
June	0.08	0.40	11.91	2.53	0.97	5.14	1.35	0.45	1.67	1.44	0.29
July	0.07	0.17	5.22	2.17	0.42	1.67	0.63	0.26	0.97	0.92	0.12
Aug.	0.09	2.08	64.57	2.84	6.24	21.38	3.80	3.36	11.38	7.92	1.05
Sept.	0.09	1.63	49.00	2.82	3.76	15.07	3.85	3.49	6.45	8.46	1.50
Oct.	0.09	1.21	37.59	2.84	2.81	10.95	6.59	1.51	4.49	5.52	2.21
Nov.	0.10	1.40	11.21	0.87	0.98	3.62	1.58	0.39	1.24	1.55	0.63
Year	12.04 -	11.11:	739.19	57.57	253.25	120.13	24.28	77.96	101.03	45.15	20.95

Vikka 1994

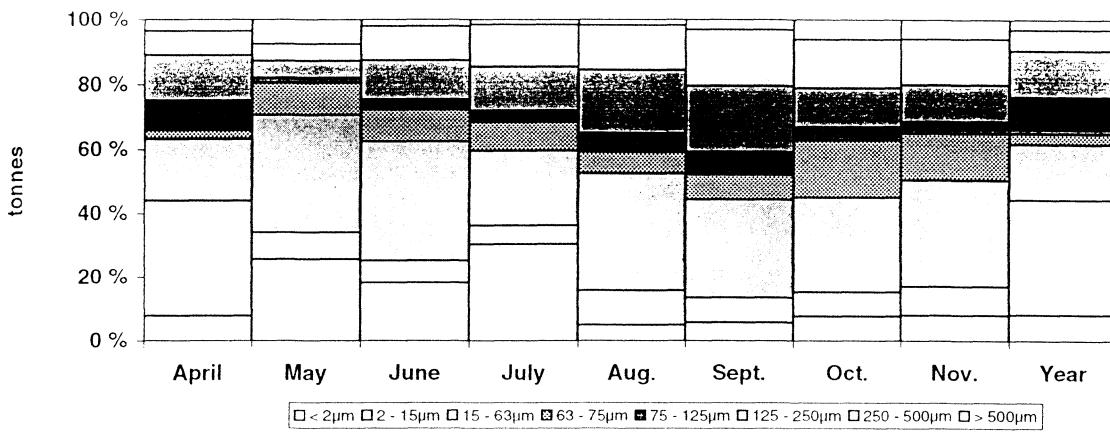


Fig 17. Månedlig sedimenttransport i de enkelte kornstørrelser og søylediagram som viser prosentvis fordeling.

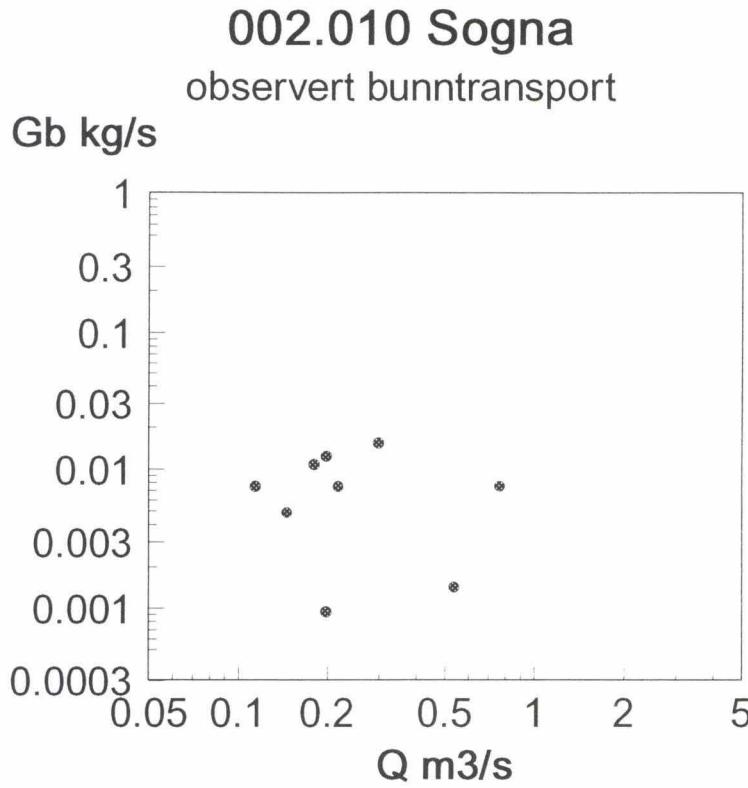


Fig 18. Sammenhengen mellom bunntransport og vannføring basert på foreliggende målinger

REFERANSER

- Bogen, J. og Sandersen, F. 1991. Sedimentkilder, erosjonsprosesser og sedimenttransport i Leira-vassdraget på Romerike. Delrapport i forskningsprosjektet: Forurensning som følge av leirerosjon og betydningen av erosjonsforebyggende tiltak. NVE - Publikasjon nr. 20/91, 126 s.
- Bogen, J., Berg, H. og Sandersen, F. 1993 Forurensning som følge av leirerosjon og betydningen av erosjonsforebyggende tiltak. Sluttrapport. NVE - Publikasjon nr. 21/93, 86s.
- Eikstad, L. (red), Bogen, J., Lenes, G., Rognerud, B., Sandersen, F., Tuttle, K. J., Øygarden, L. 1994. Endringer i vannbalansen, Oslo hovedflyplass Gardermoen. -Betydning for verneverdiene i Romerike landskapsvernområde. NINA oppdragsmelding nr. 308, 31s.
- Skretteberg, R. 1992. The Crump weir - a standard weir used in Norwegian sediment sampling stations. In: International Symposium on Erosion and Sediment Transport Monitoring Programmes in River Basins, 3s. IAHS and NVE 1992.

I 1995 ER FØLGENDE RAPPORTER UTGITT:

- Nr 1 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning Fossheimselva (087.B1Z). (11 s.)
- Nr 2 Jim Bogen og Rolf Tore Ottesen: Suldalslågens sedimentkilder. (17 s.)
- Nr 3 Lars-Evan Pettersson: Flomfrekvensanalyser for vestlandet. (15 s.)
- Nr 4 Bjarne Krokli: Flomberegning for Finnbuavatn (036.CE) og Vasstølvatn (036.CC). (19 s.)
- Nr 5 Randi Pytte Asvall: Mel kraftverk. Vanntemperatur i Vetlefjordelva etter utbygging. (17 s.)
- Nr 6 Bjarne Krokli: Flomberegning for Austre og Vestre Middyrvatn (036.G). (19 s.)
- Nr 7 Bjarne Krokli: Flomberegning for Votnamagasinet (036.F). Foreløpig rapport. (12 s.)
- Nr 8 Leif J. Bogetveit: Vannføringsobservasjoner i Holbekken. (3 s.)
- Nr 9 Ole Einar Tveito og Hege Hisdal: Disaggregation of large scale climatological information. (14 s.)
- Nr 10 Einar Sæterbø: Fisketiltak i Litledalselva. (10 s.)
- Nr 11 Rune Dahl, Hans Otnes og Frode Trengereid: Årsrapport for Norges vassdrags- og energiverks (NVEs) havarigruppe. (19 s.)
- Nr 12 Truls Erik Bønsnes og Jim Bogen: Sedimenttransport i Sogna, Vikka og Risa ved Gardermoen hovedflyplass i 1994. (23 s.)