



NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

Margrethe Elster

SEDIMENTUNDERSØKELSER I ETNA-DOKKA 1987-1993



HYDROLOGISK AVDELING

NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIVERK
BIBLIOTEK

PUBLIKASJON

**Nr 05
1995**



NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIVERK
BIBLIOTEK

TITTEL Sedimentundersøkelser i Etna-Dokka 1987-1993	PUBLIKASJON nr. 5 1995
	DATO 22.2.95
FORFATTER Margrethe Elster	ISBN 82-410-0223-8
	ISSN 0802-2569

SAMMENDRAG

Denne rapporten omhandler resultater av sedimentundersøkelser i Etna-Dokkavassdragets nedbørfelt i perioden 1987-1993. Målinger av suspensjonstransporten i vassdraget er foretatt i Etna ved Elvang bru (1987) og ved Støytfooss bru (1987-1993), i Dokka ved Kolbjørnshus (1987-1993) og i utløpstunnellen fra Dokka kraftverk (1991-1993).

Resultatene viser en høy transport i 1987 og 1988 med en påfølgende sterk reduksjon i sedimenttransporten fra og med 1989. Dette ser ut til å ha sammenheng med økt erosjon i forbindelse med flommer i mai og oktober 1987 og mai 1988. Oktober 1987 og i mai 1988 hadde de høyeste flomtoppene i hele måleperioden. Ved Kolbjørnshus kan den høye sedimenttransporten i 1987 og 1988 i tillegg knyttes til anleggsarbeide i forbindelse med utbyggingen av vassdraget. Den påfølgende reduksjonen i sedimenttransport i Dokka de påfølgende år har en direkte sammenheng med en sterk reduksjon i vannføringen bl.a. som følge av reguleringen.

Sedimentasjonen på Dokkas delta i Randsfjorden ble målt med sedimentfeller i 1987 og 1988. Det ble registrert noe varierende sedimentasjonsintensitet fra 1987 til 1988.

ABSTRACT

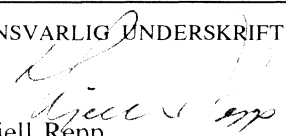
This report presents the results of monitoring sediment transport in the Etna and Dokka rivers during the period 1987-1993. The suspended sediment transport was measured at Elvang bridge (1987), Støytfooss bridge (1987-1993) and in the Dokka river at Kolbjørnshus bridge (1987-1993).

The large sediment transport in the rivers Etna and Dokka in 1987 and 1988 is related to increased erosion in connection with floods in May and October 1987 and May 1988. The large sediment transport at Kolbjørnshus in 1987 and 1988 is additionally associated with the constructing work in the Dokka river. The reduction in sediment transport thereafter is directly related to the large reduction in discharge following the regulation scheme as well as the natural decrease in sediment supply from the river Etna.

Sedimentation on the Dokka river delta in the Randsfjord lake was measured by sediment pans, in 1987 and 1988. Sedimentation rates varied somewhat from 1987 to 1988.

EMNEORD /SUBJECT TERMS
Sedimenttransport / Sediment transport
Vannkraft / Hydro power
Sedimentasjon / Sedimentation

ANSVARLIG UNDERSKRIFT


Kjell Repp
fung. avdelingsdirektør

456/02

0.2

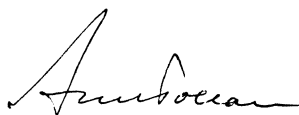
Omslagsbilde: Parti fra øvre Dokka delta
Foto: Eirik Traae

FORORD

Denne rapporten omhandler resultater fra sedimentundersøkelser i Etna-Dokka i perioden 1987-1993. I perioden 1987-1989 ble undersøkelsene finansiert av Konsesjonsavgiftfondet. Fra og med 1990 har målinger av sedimenttransporten inngått som en del av de hydrologiske pålegg i forbindelse med Dokkautbyggingen. I denne perioden har Oppland Energiverk finansiert undersøkelsene.

Margrethe Elster har vært prosjektleder og har skrevet denne rapporten. Sverre Husebye har vært ansvarlig for oppfølging av målestasjonene og feltobservatører. Harald Monsebakken har vært feltobservatør for stasjonene i Etna og ved Kolbjørnshus. Prøver fra Dokka kraftverk har blitt innsamlet av ansatte ved kraftverket. Alle analyser er foretatt ved NVE-H's laboratorium.

Oslo, mars 1995



Arne Tollan
avdelingsdirektør

1. INNLEDNING	3
2. SEDIMENTKILDER	3
3. HYDROLOGI	5
4. PRØVETAKNINGSSSTASJONER	5
5. SUSPENSJONSTRANSPORT	8
5.1 Suspensjonstransporten 1987	8
5.1.1 Volum	8
5.1.2 Kornfordeling	11
5.2 Suspensjonstransporten 1988	12
5.2.1 Volum	12
5.2.2 Kornfordeling	14
5.3 Suspensjonstransporten 1989	15
5.3.1 Volum	15
5.3.2 Kornfordeling	17
5.4 Suspensjonstransporten 1990	18
5.4.1 Volum	18
5.4.2 Kornfordeling	20
5.5 Suspensjonstransporten 1991	21
5.5.1 Støytfooss bru, volum	21
5.5.2 Kolbjørnshus, volum	23
5.5.3 Dokka kraftverk, volum	24
5.5.4 Kornfordeling	25
5.6 Suspensjonstransport, 1992	26
5.6.1 Støytfooss bru, volum	26
5.6.2 Kolbjørnshus, volum	27
5.6.3 Dokka kraftverk, volum	28
5.6.4 Kornfordeling	29
5.7 Suspensjonstransporten 1993	30
5.7.1 Støytfooss bru, volum	30
5.7.2 Kolbjørnshus, volum	32
5.7.3 Dokka kraftverk, volum	35
5.7.4 Kornfordeling	35
6. SEDIMENTASJON PÅ DELTAET I RANDSFJORDEN	37
7. VURDERING AV SEDIMENTTRANSPORTEN I ÅRENE 1987- 1993	39
8. LITTERATUR	44

1. INNLEDNING

Denne rapporten omhandler resultater fra målinger av suspensjonstransporten i Etna-Dokka vassdraget 1987-1993.

Målinger av suspensjonstransporten i Etna-Dokka har foregått årlig siden 1987. I en hovedfagsoppgave ved Geografisk Institutt, Universitetet i Oslo, ble sedimenttransporten målt i 1978 og 1979 (Engen, 1981). I perioden 1987-1989 ble målinger av sedimenttransporten finansiert av Konesjonsavgiftsfondet. Fra og med 1990 har målinger av sedimenttransporten, i forbindelse med Dokka-utbyggingen, inngått som en del av hydrologiske pålegg i vassdraget.

Målingene er foretatt ved målestasjonene, Støytvoss bru og Kolbjørnshus i årene 1987-1990. I 1991 ble det også satt i gang målinger av avløpsvannet til kraftstasjonen. Hensikten med dette er å legge forholdene til rette for å kunne skille mellom endringer i sedimenttransporten som skyldes kraftutbyggingen og det som skyldes andre kilder.

2. SEDIMENTKILDER

Vassdraget kan tilføres sedimenter ved naturlig fluvial erosjon i nedbørfeltets løsmasser.

Løsmassene i nedbørfeltet stammer i vesentlig grad fra siste istid. Løsmassedekket omkring Dokka og øvre og høyereliggende deler omkring Etnavassdraget, består vesentlig av morenemateriale.

I nedre, lavereliggende deler av Etna, består løsmaterialet vesentlig av lett eroderbare breelv- og elvesletteavsetninger. Ved sammenløpet med Etna har Dokka dannet en vifte av grovkornet materiale. Nedenfor sammenløpet Etna-Dokka dominerer elveavsetningene, samt noe siltholdige bresjøsedimenter.

Menneskeskapte prosesser kan også øke materialtilførselen. Dette kan være:

Jordbruk Sedimenter tilføres vassdraget via erosjon og avrenning fra oppdyrkete arealer.

Skogsdrift Snauhogst i nedbørfeltet gir økt erosjon og avrenning og dermed økt tilførsel av sedimenter til vassdraget.

Vei og anleggsarbeid Dette kan gi vesentlige tilførsler av sedimenter til vassdraget.

Vannkraftutbygging En kraftutbygging kan føre til økt erosjon av flere grunner:

- Anleggsarbeide under bygging
- Spyling av tunneller
- Erosjon og ras i magasiner

Vanligvis er disse hendelsene av kortvarig art. Langtidsvirkningene av en vassdragsregulering som fjerner flomtoppene fører oftest til en reduksjon i sedimenttransporten. Ved erosjon gjennom flere år i magasin etc. kan sedimenttransporten øke.

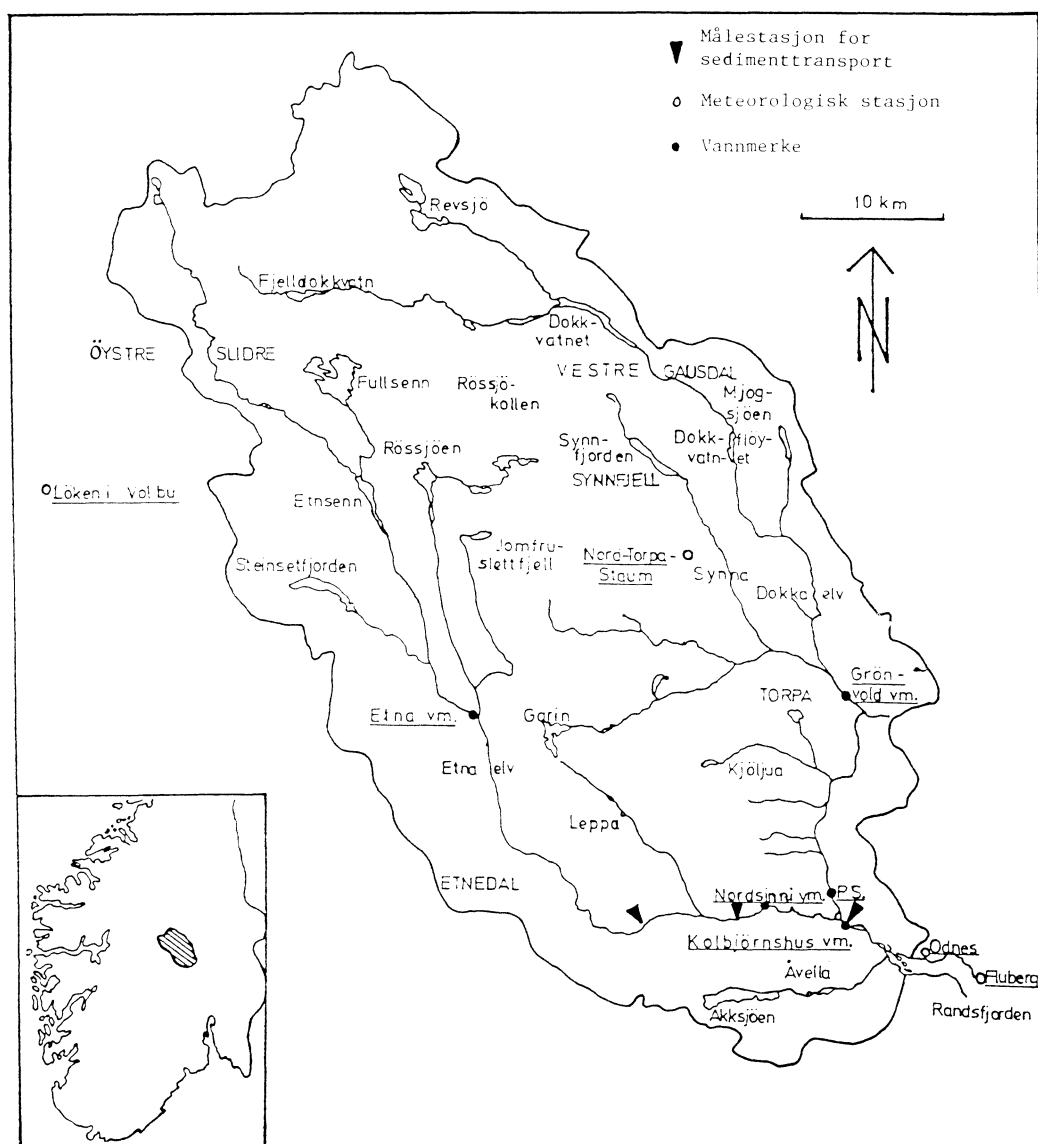


Fig. 1. Lokalisering av målestasjonene for sedimenttransport.

3. HYDROLOGI

Etna v.m. ble opprettet i 1919 og har vært kontinuerlig i drift frem til d.d. Grønvold v.m. var i drift i perioden 1927-34. Det ble gjenopprettet i 1963, og fornyet i 1978 p.g.a. stadige profilendringer i elveløpet. De øvrige vannmerkene i vassdraget ble opprettet i 1978 i forbindelse med planene om vassdragsutbygging. Dette er vannmerkene: Synna (nedlagt 1987), Kolbjørnshus, Etnsenn (nedlagt 1985), Rotvolla (nedlagt 1985) og Nordsinni (nedlagt 1980) (fig. 1).

Nedbørfeltet har lav myr- og innsjøprosent (henholdsvis 2% og 8%). Dette medfører lav selvreguleringssevne. Spesifikt årlig avløp er lavt, 15-20 l/s km², mot over 50 l/s km² i enkelte vestlandsvassdrag (Engen, 1981). Klimaet har en kontinental, strålingsbestemt karakter, med lave vinter- og høye sommertemperaturer i lavereliggende strøk. Beliggenheten på lesiden av langfjellene gir lav luftfuktighet og lav årsnedbør, som igjen gir et lavt årlig spesifikt avløp.

Fig. 2 og 3 viser sesongfordelingen av avløpet for stasjonene Etna og Kolbjørnshus i en referanseperiode 1979-1992. Snøsmelteflommen starter i april/mai og kulminerer vanligvis i midten/slutten av mai. Vannføringen er normalt noe lavere i sommermånedene, men mindre topper p.g.a. nedbør forekommer. Hydrologisk tilhører vassdraget H₁L₁-regimet (Gottschalk et.al., 1978) som er karakterisert ved dominerende vårflom og dominerende vinterminimum. Beskjedne nedbørflommer om høsten forekommer.

4. PRØVETAKNINGSSSTASJONER

Ved **Kolbjørnshus**, nedstrøms sammenløpet mellom Etna og Dokka, er det daglig tatt manuelle prøver av suspensjonsmaterialet ved hjelp av dybdeintegrerende vannprøvetaker .

I Etna startet prøvetakingen i 1987, med manuelle prøver tatt med dybdeintegrerende vannprøvetaker fra **Elvang bru**, 30. april - 1. september. Etter dette ble en prøvetakningsstasjon med automatisk prøvetaker (ISCO) opprettet ved **Støyt foss bru**, dvs. noen km høyere opp i vassdraget (fig. 4). Vannprøvetakeren ble programmert til å ta to prøver i døgnet. Ved denne stasjonen ble det også innstallert en pumpe med kapasitet til å ta opp større vannprøver for bestemmelse av suspensjonsmaterialets kornfordelingen.

Ved **utløpet fra Dokka kraftverk** ble det i 1991 innstallert en automatisk prøvetaker (ISCO). Etter en vurdering av mulige prøvetakningssteder, ble prøvetakeren plassert i nederste tverrslag i utløpstunnellen, ved Land Sag. Dette var det eneste stedet hvor det var praktisk mulig å måle sedimentstrømmen gjennom turbinene. Prøvetakeren ble montert og satt i drift 3. mai 1991. Om sommeren ble det tatt en prøve i døgnet, om vinteren en prøve pr. uke. Prøvetakingen ble tilpasset driften av

Sesongfordelingen av avløpet

012.070.0.1001.1 Etna
1979-1992

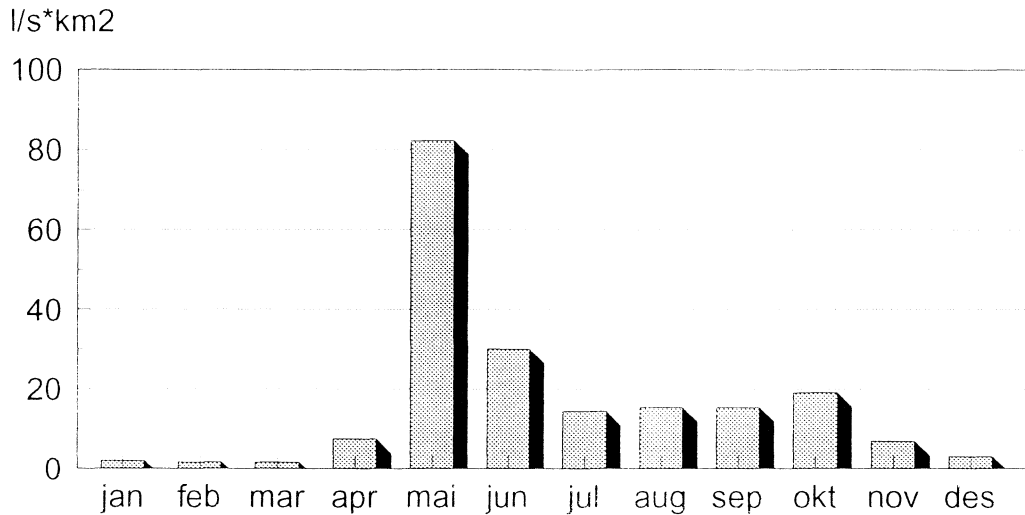


Fig. 2. Sesongfordelingen av avløpet i perioden 1979-1992 ved vannmerke 012.070.0.1001.1, Etna.

Sesongfordelingen av avløpet

012.200.0.1001.1 Kolbjørnshus
1979-1992

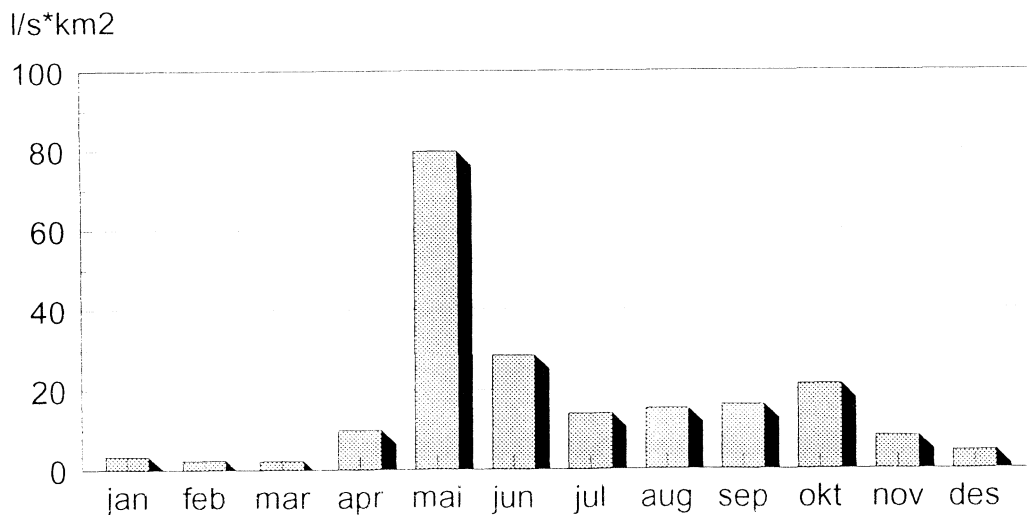


Fig. 3. Sesongfordelingen av avløpet i perioden 1979-1992 ved vannmerke 012.200.0.1001.1, Kolbjørnshus.

kraftverket. Det er ikke tatt prøver utenfor kraftverkets driftsperioder.

Samtlige vannprøver er filtrert av observatøren på stedet. Analyser av kornfordeling og konsentrasjon i prøvene er foretatt ved Hydrologisk avdelings laboratorium etter standard prosedyre (NVE, 1988). Suspensjonstransporten er beregnet ved hjelp av et dataprogram som interpolerer timesverdier lineært mellom målepunktene. I de tilfellene hvor det bare er tatt en prøve pr. døgn, blir denne ansett som representativ for døgnet. Dersom data mangler for en periode, er komplettering utført ved enkle regresjonsanalyser eller beregninger ved interpolasjon. Ved beregning av sedimenttransporten er det benyttet vannføringer fra vannmerkene 12.070 Etna og 12.200 Kolbjørnshus, samt målinger i kraftverket. Lokaliseringen av målestasjoner for vannføring og suspensjonstransport er vist i fig. 1.

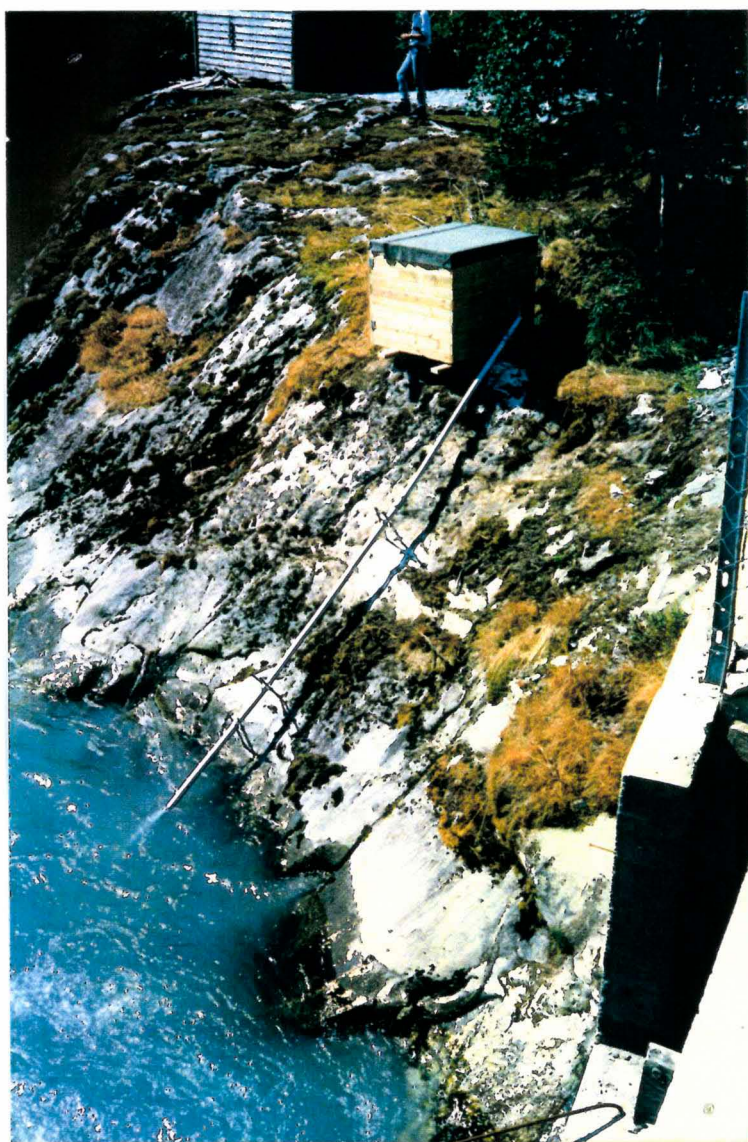


Fig. 4. Målestasjon for sedimenttransport (foto S. Husebye).

5. SUSPENSJONSTRANSPORT

Suspensjonsmateriale består av partikler som holdes svevende av turbulente strømminger. Suspensjonstransporten beregnes ut fra målte partikkelkonsentrasjoner i vannprøver.

Kapittelet tar for seg suspensjonstransporten, først for hvert enkelt år som er målt og deretter sammenliknes resultatene fra alle årene. Beregningene er foretatt både for minerogent og organisk materiale. Suspensjonstransporten i årene 1987-1992 er også tidligere beskrevet i årsrapporter (Elster, 1988, 1990, 1991, 1992, 1993, Fagerlund, 1990, Olsen, 1988).

Resultatene presenteres i tabellform og som diagrammer. I tabellene blir det for hver måned i observasjonssesongen oppgitt døgnlig avløp og totalt avløp i mill. m³, suspensjonstransporten i tonn pr. døgn og totalt, samt konsentrasjoner av suspendert materiale i mg/l. Totalt avløp og transporten av suspendert materiale er angitt for hele observasjonsperioden.

Kornfordelingen av suspensjonsmaterialet er også presentert på tabellform.

5.1 Suspensjonstransporten 1987

5.1.1 Volum

Fig. 5, 6 og tabell 1, 2, 3 viser sedimenttransporten ved målestasjonene i Etna og ved Kolbjørnshus. Sedimenttoppene henholdsvis i begynnelsen og slutten av mai 1987, knyttet til snøsmeltingen i ulike deler av nedbørfeltets lavereliggende og høyereliggende områder. De høye verdiene skyldes dels erosjon i løp og omkringliggende løsmasser, men også utspyling av sedimenter som er avsatt i løpene gjennom perioder med lav vannføring. Relativt høy sedimenttransport og vannføring i juni skyldes mye nedbør i den perioden.

Ved lave sommervannføringer er suspensjonstransporten svært lav (0-10 tonn/døgn).

I 1987 inntraff den største flommen i oktober. Ved Kolbjørnshus resulterte dette i høyeste, beregnede suspensjonstransport dette året.

I Etna var suspensjonstransporten størst under vårflommen. Flyttingen av stasjonen i Etna til lokalitet høyere opp i vassdraget før høstflommen og overgang fra manuell til automatisk prøvetaking, gjør at tallene for vår og høstflommer ikke er direkte sammenliknbare.

Det er beregnet årlig suspensjonstransport (uorganisk) for begge stasjonene i Etna (dvs. den gamle og den nye) og for stasjonen ved Kolbjørnshus.

Etna 1 (gammel stasjon): 2976 tonn (perioden 30.4-31.8 1987)
ved Elvang bru 5800 tonn (beregnet for hele 1987)

Etna 2 (ny stasjon): 890 tonn (perioden 1.9-31.10 1987)
ved Støytffoss bru 5200 tonn (beregnet for hele 1987)

Kolbjørnshus: 4369 tonn (perioden 30.4-30.10 1987)
13300 tonn (beregnet for hele 1987)

Dette innebærer en årlig transport av minerogent materiale fra elva Dokka på 6500-7000 tonn.

MND	ANT. DØGN	AVLØP		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	1	6.8	6.81	90.0	90.00	12.92	24.5	24.53	3.60
MAI	31	199.3	6.43	2341.2	75.52	11.77	436.2	14.07	2.19
JUN	30	153.3	5.11	516.3	17.21	3.37	392.4	13.08	2.56
JUL	31	22.3	0.72	10.3	0.33	0.47	78.0	2.52	3.50
AUG	31	15.2	0.49	18.1	0.58	1.18	22.8	0.74	1.50
TOT	124	396.9	3.20	2975.9	24.00	7.51	953.9	7.69	2.40

Tabell 1. Vannføring og beregnet transport av suspendert uorganisk og organisk materiale i Etna ved Elvang bru 30. april - 31. august 1987.

MND	ANT. DØGN	AVLØP		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
SEPT	30	37.0	1.23	292.5	9.75	7.90	177.8	5.93	4.80
OKT	31	100.7	3.25	691.1	22.29	6.86	588.5	18.98	5.85
NOV	3	3.3	1.10	6.4	2.14	1.98	9.8	3.26	2.97
TOT	64	141.0	2.20	990.0	15.47	7.02	776.1	12.12	5.51

Tabell 2. Vannføring og beregnet transport av suspendert uorganisk og organisk materiale i Etna ved Støytffoss bru 1. september - 3. november 1987.

STØYTFOSS

30 april - 3 november 1987

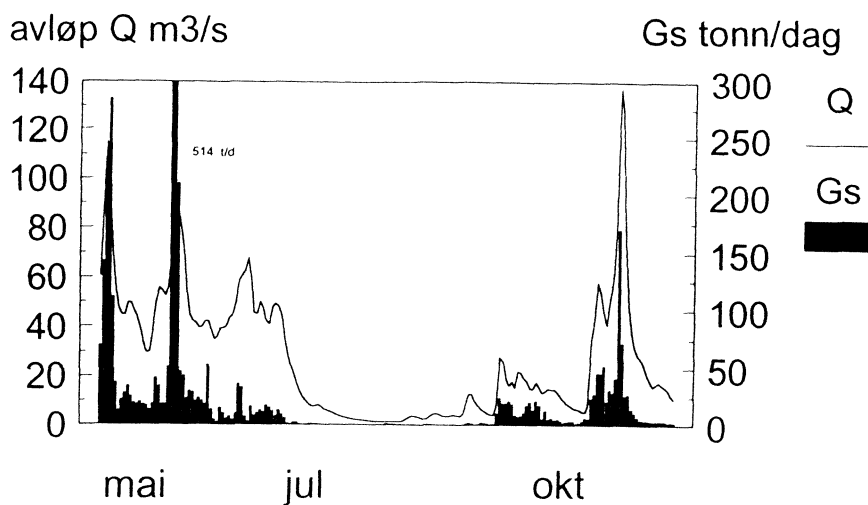


Fig. 5. Transport av uorganisk materiale (tonn/døgn) og vannføring (m^3/s) i målesesongen 1987, ved Elvang/Støytfoss bru.

KOLBJØRNSHUS

30 april - 6 november 1987

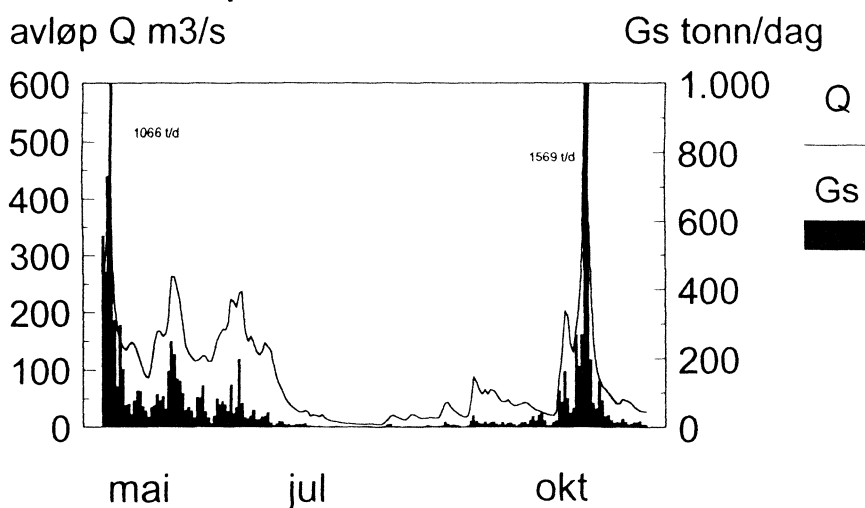


Fig. 6. Transport av uorganisk materiale (tonn/døgn) og vannføring (m^3/s) i målesesongen 1987, ved Kolbjørnhus.

MND	ANT. DØGN	AVLØP		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	1	19.6	19.55	556.6	556.57	28.17	71.2	71.16	3.64
MAI	31	471.9	15.27	5285.5	170.50	11.20	1066.8	34.41	2.25
JUN	30	392.2	13.08	1524.5	50.82	3.89	986.0	32.87	2.51
JUL	31	57.0	1.86	108.7	3.51	1.91	142.3	4.59	2.46
AUG	31	47.8	1.53	105.9	3.42	2.22	95.9	3.09	2.02
SEPT	30	116.1	3.87	361.0	12.03	3.11	249.8	8.33	2.15
OKT	31	327.3	10.55	5010.8	161.64	15.31	1550.4	50.00	4.74
NOV	6	16.5	2.78	65.4	10.89	3.96	16.1	2.70	0.97
TOT	191	1448.6	7.59	13018.4	68.16	8.99	4178.5	21.90	2.88

Tabell 3. Vannføring og beregnet transport av suspendert organisk materiale i Dokka ved Kolbjørnshus 30. april - 3. november 1987.

5.1.2 Kornfordeling

I Etna det tatt 7 prøver av suspensjonsmaterialet i september og oktober 1987. Tabell 4 viser når prøvene er tatt og på hvilke vannføringer, samt prosentvis innhold av leire, silt og sand.

Alle prøvene har en overvekt av partikler i siltfraksjonen, varierende i intervallet 58-81%. Prosentvis innhold av leire utgjør 7-20%, mens sandinnholdet varierer i intervallet 3-30%. Gjennomsnittsverdiene er 16% leire, 71% silt og 13% sand.

Antallet prøver er for lavt til å kunne vise noen generelle tendenser mhp. variasjoner i kornfordelingen med vannføring.

Prøvene viser en klar tendens til høyt innhold av grovere partikler, grovsilt og sand ved høy vannføring, mens finsilt og leirfraksjoner dominerer ved lavere vannføringer.

Dato	Vannføring (m ³ /s)	% leire	% silt	% sand
6/9	8.74	10.65	78.96	10.39
13/9	21.70	18.67	71.50	9.83
20/9	16.17	19.93	60.25	19.72
27/9	11.94	13.97	77.38	8.65
4/10	5.66	27.19	69.82	2.99
11/10	45.46	12.74	58.12	29.14
25/10	21.29	6.75	80.85	12.40

Tabell 4. Vannføring og prosentvis innhold av sand, silt og leire i suspensjonsprøver, 1987.

5.2 Suspensjonstransporten 1988

5.2.1 Volum

Målingene ved Støytffoss bru i Etna ble igangsatt 19. april og avsluttet 2. oktober 1988. Målingene ved Kolbjørnshus etter sammenløpet mellom Etna og Dokka, ble igangsatt 20. april og avsluttet 2. oktober 1988.

Totaltransporten av suspendert uorganisk materiale ved Støytffoss bru og Kolbjørnshus fremstilt sammen med vannføring er vist i fig. 7 og 8. Både ved Støytffoss bru og ved Kolbjørnshus er suspensjonstransporten svært lav ved lave sommervannføringen. Høye sedimenttransporttall i mai kan knyttes til snøsmeltingen, mens topper i juni, august og september skyldes i hovedsak nedbør. Dette gjelder begge stasjonene. Årets høyeste flomtopp fant sted under snøsmeltingen i mai. Dette førte også til den største sedimenttransporten ved begge stasjoner. Den totale suspensjonstransporten av uorganisk materiale er beregnet for begge stasjonene:

<i>Kolbjørnshus (periode 29/4 - 2/10):</i>	<i>11274 tonn</i>
<i>Etna v/Støytffoss bru (periode 19/4 - 2/10):</i>	<i>1363 tonn</i>

For Etna er dette langt mindre enn i 1987 særlig når en tar i betraktning at observasjonsperioden i 1988 var en måned lengre og suspensjonstransporten 2500 tonn mindre (tab. 5).

Ved Kolbjørnshus er suspensjonstransporten omlag like stor i 1988 som i 1987 tatt i betraktning at observasjonssesongen i 1987 var 25 dager lengre (tab. 6).

Ved Støytffoss målestasjon i Etna, gikk det nesten like mye organisk suspensjonsmateriale som minerogent eller ca. 1162 tonn. I april, juni og august var den organiske suspensjonstransporten større enn den uorganiske. Størst var den i april hvor det gikk dobbelt så mye organisk som uorganisk materiale.

Størst transport av organisk suspensjonsmateriale fant sted under vårflommen både ved Støytffoss og Kolbjørnshus. Ved Støytffoss bru i Etna utgjør den organiske suspensjonstransporten ca 46% av den totale suspensjonstransporten mot bare 26% i 1987. Ved Kolbjørnshus utgjør den 22% mot 31% i 1987. Mens andelen av organisk materiale i 1987 økte nedover i vassdraget, er det motsatte tilfelle i 1988.

STØYTFOSS

19 april - 2 oktober 1988

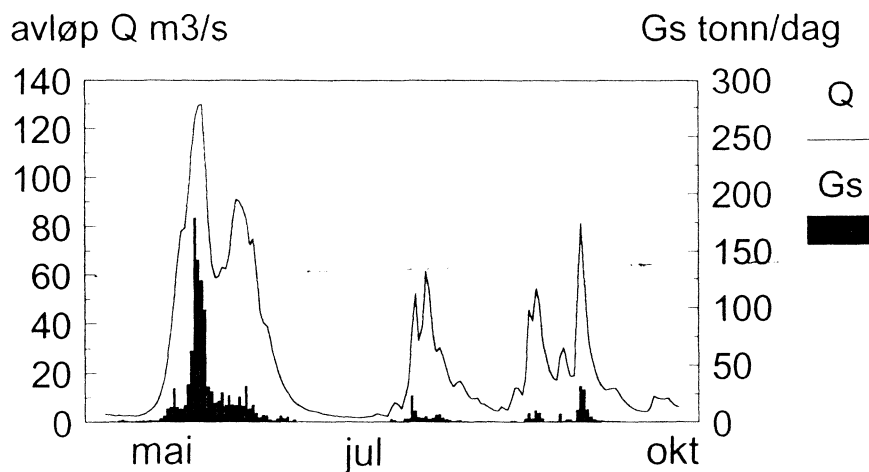


Fig. 7. Transport av uorganisk materiale (tonn/døgn) og vannføring (m^3/s) i målesesongen 1988, ved Støytfooss bru.

KOLBJØRNSHUS

20 april - 2 oktober 1988

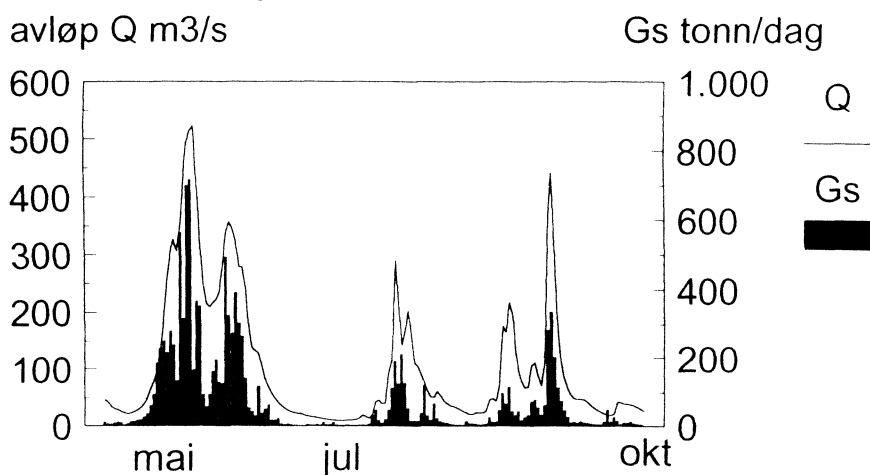


Fig. 8. Transport av uorganisk materiale (tonn/døgn) og vannføring (m^3/s) i målesesongen 1988, ved Kolbjørnshus.

MND	ANT. DØGN	AVLØP		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	10	52.50	5.25	10.1	1.01	0.19	20.8	2.08	8.32
MAI	31	177.60	5.73	1010.0	32.58	5.69	769.4	24.82	4.35
JUN	30	39.60	1.32	69.5	2.32	1.76	91.7	3.06	2.28
JUL	31	48.60	1.57	97.6	3.15	2.01	95.7	3.09	1.97
AUG	31	48.40	1.56	73.4	2.37	1.52	82.5	2.66	1.71
SEPT	30	45.10	1.50	101.2	3.37	2.24	99.5	3.32	2.20
OKT	2	1.01	0.55	1.0	0.52	0.95	2.5	1.22	2.20
TOT	165	412.90	2.50	1362.8	8.26	3.30	1162.0	7.04	3.20

Tabell 5. Vannføring og beregnet transport av suspendert uorganisk og organisk materiale ved Støytfooss bru i 1988.

MND	ANT. DØGN	AVLØP		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	11	28.0	2.50	79.4	7.22	2.84	82.4	7.49	2.93
MAI	31	710.2	22.91	6717.6	216.70	9.46	1726.5	55.69	2.44
JUN	30	156.5	5.22	897.7	29.92	5.74	315.6	10.52	1.98
JUL	31	199.9	6.45	1324.2	42.72	6.62	393.2	12.68	1.97
AUG	31	188.3	6.08	839.6	27.09	4.46	341.0	11.00	1.81
SEPT	30	212.9	7.10	1408.8	46.96	6.62	394.3	13.14	1.85
OKT	2	4.8	2.41	7.0	3.51	1.46	5.4	2.72	1.12
TOT	166	1500.6	9.04	11274.6	67.92	7.51	3258.3	19.63	2.17

Tabell 6. Vannføring og beregnet transport av suspendert uorganisk og organisk materiale ved Kolbjørnshus i 1988.

5.2.2 Kornfordeling

Prøver av suspensjonsmateriale for bestemmelse av kornstørrelses sammensetningen i Etna ved Støytfooss bru ble tatt i juni, juli, august og september 1988. Tabell 7 viser vannføring (m³/s) på de aktuelle tidspunktene og prosentvis fordeling mellom leire, silt og sand.

Nesten alle prøvene viser at mer enn halvparten, gjennomsnittlig 57% består av partikler i siltfraksjonen. Innholdet av leire varierer fra 8-30% (42% i en prøve) med et gjennomsnitt på 23%, mens sandinnholdet utgjør et gjennomsnitt på 20% for samtlige prøver.

I likhet med 1987-sesongen er det en klar tendens til at grove partikler, grovsilt og sand dominerer på høye vannføringer.

Leirinnholdet er betydelig høyere i 1988 enn 87-sesongen med et gjennomsnitt for hele perioden på 23%, som er høyere enn noen enkeltprøve i 1987. Den 7. august ble det tatt en kornfordelingsprøve med et leirinnhold på hele 42%.

Dato	kl.	% leire	% silt	% sand	vst.
5.06	1330	14	60	26	39.0
12.06	1400	19	63	18	9.8
19.06	1400	22	58	20	4.2
26.06	1400	15	65	20	2.3
3.07	1330	8	61	31	2.3
10.07	1400	23	54	23	2.6
17.07	1630	16	67	17	65.5
24.07	1400	23	65	12	27.2
31.07	1400	26	47	27	18.1
7.08	1400	42	47	11	7.3
14.08	1330	30	61	9	5.1
21.08	1400	24	57	19	39.8
28.08	1330	28	68	4	16.7
4.09	1400	8	36	56	83.2
11.09	1330	23	58	19	13.5
18.09	1400	26	54	20	6.4
25.09	1400	25	61	14	11.2

Tabell 7. Innhold av sand, silt og leire i suspensjonsprøver ved Støytffoss bru i 1988.

5.3 Suspensjonstransporten 1989

5.3.1 Volum

Målingene av suspensjonskonsentrasjonene i Etna ved Støytffoss bru, ble utført i perioden 21.4 - 14.10.89. Sedimenttransporten ble målt til 325 tonn uorganisk og 312 tonn organisk materiale. Dette er en langt lavere transport enn i de to foregående årene (tab. 8, 9).

Vannføringen for 1989 skiller seg ut ved å være klart lavere enn i de to foregående sesongene i Etna ved Støytffoss bru. Vårflommen er svært lav og høstflommene er betydelig lavere enn i de to foregående årene. Dette skyldes lite nedbør både i form av snø og regn, noe som forklarer den svært lave sedimenttransporten denne sesongen. Transporten av uorganisk materiale var størst i april, tidlig i vårflommen, mens transporten av organisk materiale var høyest i mai (fig. 9).

Målinger av suspensjonskonsentrasjoner ved Kolbjørnshus, ble også utført i perioden 21.4 - 14.10.89. For periodene 27.5 - 10.6 og 24.8 - 26.8 er det brudd i målingene, men det er anslått verdier for disse periodene vha. regresjon og interpolasjon. Tabell viser avløp, uorganisk og organisk transport ved Kolbjørnshus i 1989.

STØYTFOSS

21 april - 11 oktober 1989

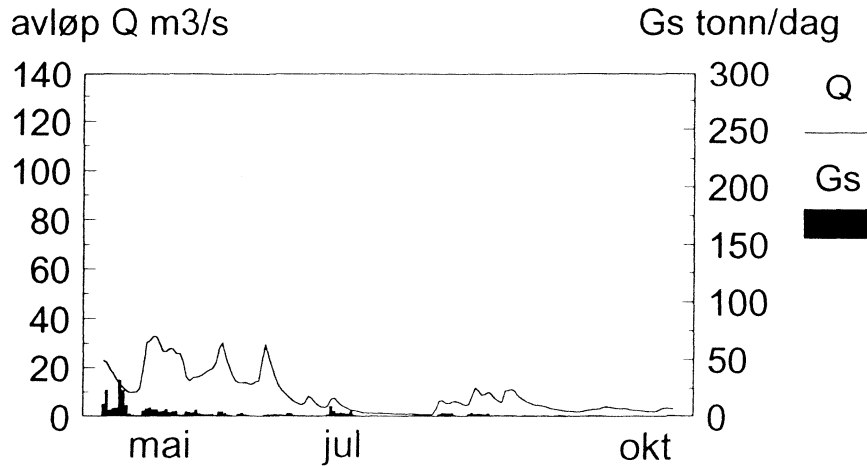


Fig. 9. Transport av uorganisk materiale (tonn/døgn) og vannføring (m^3/s) i målesesongen 1989, ved Støytfooss bru.

KOLBJØRNSHUS

21 april - 14 oktober 1989

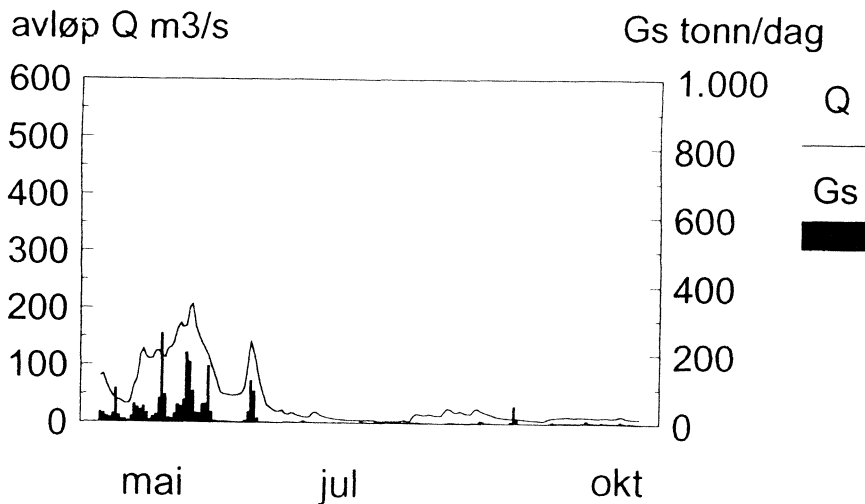


Fig. 10. Transport av uorganisk materiale (tonn/døgn) og vannføring (m^3/s) i målesesongen 1989, ved Kolbjørnhus.

Både vannføringen og suspensjonstransporten er atskillig lavere i 1989-sesongen enn i de to foregående målesesongene. Både transporten av uorganisk og organisk materiale var høyest under vårflommen i mai måned (fig. 10).

MND	ANT. DØGN	AVLØP		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	10	13.1	1.31	119.3	11.93	9.11	24.0	2.40	1.81
MAI	31	59.5	1.92	107.5	3.47	1.81	116.6	3.76	1.96
JUN	30	28.7	0.96	38.4	1.28	1.34	83.4	2.78	2.90
JUL	31	4.6	0.15	17.0	0.55	3.69	24.4	0.79	5.29
AUG	31	20.0	0.65	31.3	1.01	1.56	43.3	1.40	2.16
SEPT	30	7.7	0.26	9.3	0.31	1.21	14.6	0.49	1.88
OKT	11	2.4	0.22	2.1	0.19	0.90	5.5	0.50	2.31
TOT	174	135.8	0.78	324.9	14.15	2.39	311.8	1.79	2.29

Tabell 8. Vannføring og beregnet transport av suspendert uorganisk og organisk materiale ved Støytfooss bru i 1989.

MND	ANT. DØGN	AVLØP		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	10	44.3	4.43	252.80	25.28	5.71	104.4	10.44	2.33
MAI	31	327.9	10.58	1750.20	56.46	5.34	634.2	20.46	1.93
JUN	30	105.5	3.52	290.70	9.69	2.76	149.3	4.98	1.41
JUL	31	14.5	0.47	20.50	0.66	1.41	22.8	0.74	1.57
AUG	31	46.1	1.49	54.40	1.75	1.18	62.3	2.01	1.35
SEPT	30	22.7	0.76	105.70	3.52	4.66	23.6	0.78	1.04
OKT	11	11.9	0.85	30.74	2.20	2.59	15.2	1.08	1.28
TOT	174	572.9	3.24	2505.00	14.15	4.37	1011.8	5.72	1.76

Tabell 9. Vannføring og beregnet transport av suspendert uorganisk og organisk materiale ved Kolbjørnshus i 1989.

5.3.2 Kornfordeling

Tabell 10 viser vannføringen på de aktuelle tidspunkt hvor kornfordelingsprøvene er tatt, samt prosentvis fordeling av leire, silt og sand. Tabellen viser at det ikke er noen entydig sammenheng mellom høy vannføring og sandinnhold denne målesesongen. Innholdet av sand i prøvene varierte i intervallet

målesesongen. Innholdet av sand i prøvene varierte i intervallet 0.3 - 11.4 %, noe som er langt lavere enn i årene før. Gjennomsnittlig inneholdt prøvene 33 % leire, 63 % silt og 4 % sand, i 1989.

Dato	Kl.	Vannf. (m ³ /s)	% leire	% silt	% sand
27/4	1930	11.70	20	69	11
4/5	1330	31.90	16	76	8
18/5	1600	16.25	24	75	1
24/5	2200	20.00	66	30	4
1/6	1600	13.37	37	61	2
11/6	0900	20.74	36	61	3
29/6	0900	6.80	35	62	3
12/7	2010	1.22	29	70	0
26/7	1930	0.70	16	78	7
9/8	1910	4.40	49	49	2
23/8	1910	11.40	48	52	0
6/9	1910	2.85	39	60	1
20/9	1500	3.98	20	78	2

Tabell 10. Vannføring og prosentvis innhold av sand, silt og leire i suspensjonsprøver tatt ved Støytffoss bru i 1989.

5.4 Suspensjonstransporten 1990

5.4.1 Volum

Konsentrasjonene av suspendert materiale var gjennomgående svært lav denne målesesongen, lavere enn 20 mg/l. Høyest konsentrasjon av uorganisk materiale ble målt på stigende vannføring under vårflommen.

Totaltransporten i Etna ved Støytffoss bru, målesesongen 1990, dvs. fra 29. april til 20. oktober, var 528 tonn uorganisk- og 362 tonn organisk materiale (tabell 11). Transporten av uorganisk og organisk suspenderte partikler under vårflommen utgjorde henholdsvis 80% og 57% av totaltransporten for hele målesesongen. Dette indikerer at størsteparten av sedimenttransporten foregår i tilknytning til høye vannføringer (fig. 11, tab. 11).

Ved Kolbjørnshus var transporten av både uorganisk- og organisk materiale lav og i hovedsak knyttet til vårflommen. Totaltransporten for hele målesesongen 29. april - 28. oktober, var på 772 tonn organisk og 2408 tonn uorganisk suspensjonsmateriale. 38% av den organiske og 45.5% av den uorganiske suspensjonstransporten ble ført ut under vårflommen (fig. 12, tab. 12).

STØYTFLOSS

29 april - 20 oktober 1990

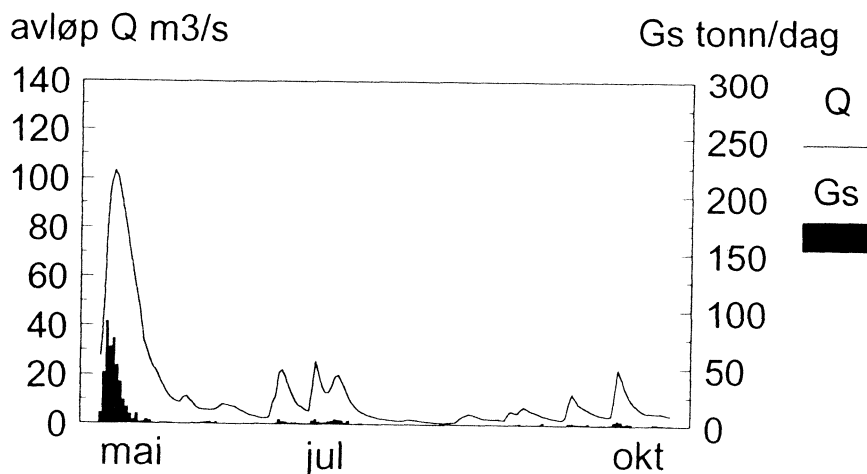


Fig. 11. Transport av uorganisk materiale (tonn/døgn) og vannføring (m^3/s) i målesesongen 1990, ved Støytfooss bru.

KOLBJØRNSHUS

29 april - 28 oktober 1990

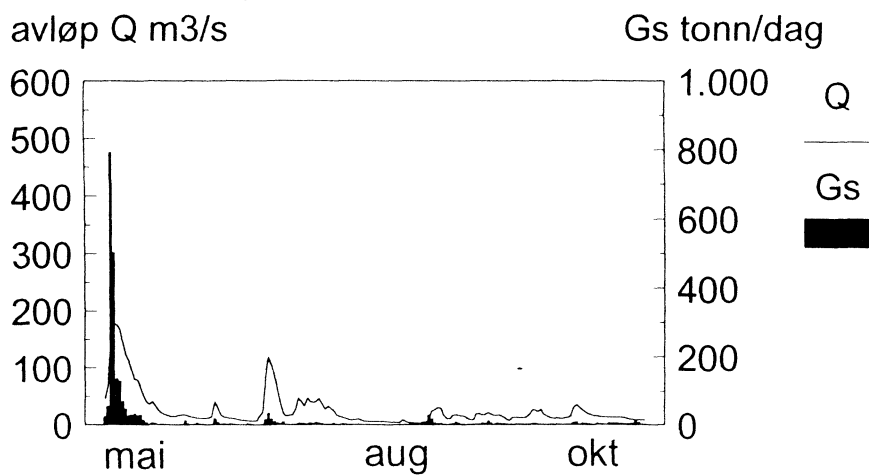


Fig. 12. Transport av uorganisk materiale (tonn/døgn) og vannføring (m^3/s) i målesesongen 1990, ved Kolbjørnhus.

MND	ANT. DØGN	AVLØP		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	2	6.5	3.26	53.3	26.64	7.68	29.1	14.56	4.47
MAI	31	100.0	3.23	377.9	12.19	3.80	188.4	6.08	1.88
JUN	30	20.5	0.68	21.2	0.71	1.04	43.6	1.45	2.13
JUL	31	23.1	0.75	37.6	1.21	1.63	35.0	1.13	1.51
AUG	31	5.9	0.19	2.1	0.07	0.35	18.2	0.59	3.09
SEPT	30	14.4	0.48	14.7	0.49	1.02	28.7	0.96	2.00
OKT	20	14.6	0.73	20.9	1.04	1.43	18.6	0.93	1.27
TOT	175	185.0	1.06	527.7	3.02	2.86	361.6	2.07	1.96

Tabell 11. Vannføring og beregnet uorganisk og organisk suspensjonstransport ved Støytffoss bru i 1990.

MND	ANT. DØGN	AVLØP		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	2	10.0	5.24	78.2	39.07	7.46	28.4	14.17	2.85
MAI	31	156.8	5.03	1870.8	59.74	11.88	394.3	12.72	2.52
JUN	30	72.6	2.42	141.4	4.65	1.92	104.5	3.48	1.44
JUL	31	58.3	1.88	67.9	2.20	1.17	79.1	2.55	1.36
AUG	31	29.3	0.95	104.2	3.35	3.53	58.8	1.90	2.01
SEPT	30	42.2	1.41	72.7	2.43	1.72	33.7	1.14	0.81
OKT	28	38.3	1.37	107.0	3.33	2.43	72.8	2.60	1.90
TOT	183	407.5	2.22	2442.2	13.16	5.91	771.6	4.22	1.90

Tabell 12. Vannføring og beregnet uorganisk og organisk suspensjonstransport ved Kolbjørnshus i 1990.

5.4.2 Kornfordeling

Ved Støytffoss bru ble det tatt 12 prøver for bestemmelse av suspensjonsmaterialets kornfordeling. Resultatene viser at sandinnholdet i prøvene varierte fra 3% til 23%. Leirinnholdet varierte mellom ca. 10% og 40%. Alle prøvene inneholdt over 50% silt. Sandinnholdet i prøvene var lavt (1.7-6.6%) bortsett fra i en prøve som hadde et sandinnhold på 22.5%, gjennomsnittlig 26% leire. 68% silt og 6% sand (tab. 13).

Kornfordelingen av suspensjonsmaterialet ser ut til her vesentlig å være bestemt av kornfordelingen i kildematerialet. Variasjoner i vannføring synes å ha liten innflytelse på variasjonene i innhold av sand, silt og leire i prøvene.

Dato	Kl.	Vannf. (m ³ /s)	% leire	% silt	% sand
29/4	1550	26.3	31.7	64.1	4.2
12/5	1300	37.1	21.3	75.4	3.3
26/5	1500	11.4	26.8	68.3	4.8
9/6	1200	6.7	24.1	74.2	1.7
23/6	1300	2.2	19.9	57.6	22.5
8/7		15.2	10.4	86.6	3.0
22/7	1400	2.8	32.4	61.0	6.6
5/8	1200	1.4	34.3	60.0	5.7
19/8	1400	4.5	38.4	57.3	4.3
2/9	1300	5.2	21.3	75.4	3.3
16/9	1400	2.4	28.0	66.3	5.8
30/9	1300	4.0	24.2	70.1	5.7

Tabell 13. Prosentvis innhold av sand, silt og leire i suspensjonsprøver i Etna ved Støytffoss bru i 1990.

5.5 Suspensjonstransporten 1991

5.5.1 Støytffoss bru, volum

Målingene av suspenderte uorganiske partikler ved Støytffoss bru i Etna ga i 1991 en beregnet totaltransport på 234 tonn i perioden 3. mai - 12. oktober. Dette er den laveste transporten som er registrert i de årene det er foretatt målinger i Etna. Svært lave prøvevolum var et problem denne målesesongen. Mange døgn har konsentrasjonene vært så lave og prøvevolumene så små at konsentrasjonene ikke er målbare ved standard analyse. Den beregnede totaltransporten er derfor trolig et underestimat.

Den lave suspensjonstransporten i 1991 kan til en viss grad forklares ved lave vannføringer. Høyeste døgnmiddelvannføring under vårflommen var lavere enn 50 m³/s.

Hele 73% av transporten av uorganisk materiale fant sted under vårflommen, i mai måned. Gjennomsnittskonsentrasjonen av suspenderte partikler var høyest i mai (tab. 1). Det er likevel ingen god samvariasjon mellom vannføring og konsentrasjon av uorganiske partikler. De to høyeste enkeltmålinger av suspensjonskonsentrasjonen er foretatt i slutten av september ved vannføringer lavere enn 2 m³/s.

De lave sedimentkonsentrasjonene og den lave vannføringen gjennom hele målesesongen, samt lave prøvevolumer er årsaken til den lave sedimenttransporten dette året (fig. 13, tab. 14).

Transporten av organisk suspensjonsmateriale ved Støytffoss bru var i 1991 beregnet å være mer enn dobbelt så stor som transporten av uorganisk materiale, 486 tonn. Størrelsen på transporten av organisk materiale er noe større enn i 1990, men ikke spesielt stor sammenliknet med de andre årene hvor det er foretatt målinger.

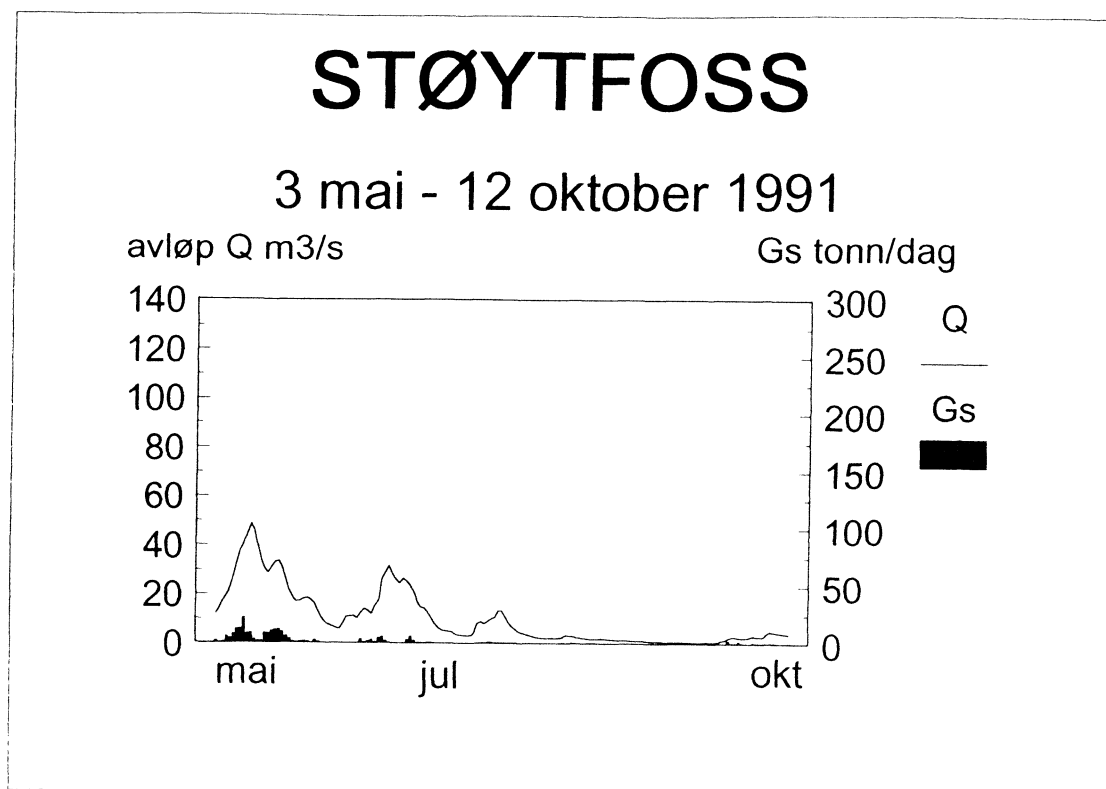


Fig. 13. Transport av uorganisk materiale (tonn/døgn) og vannføring (m³/s) i målesesongen 1991, ved Støytfooss bru.

Transporten av organisk materiale var i likhet med transporten av uorganisk materiale først og fremst knyttet til de større flomtoppene, i mai og juni, og en mindre topp i september/oktober.

MND	ANT. DØGN	AVLØP		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
MAI	29	68.76	2.37	171.10	5.90	2.49	259.14	8.94	3.77
JUN	30	42.25	1.41	34.49	1.15	0.82	122.94	4.10	2.91
JUL	31	19.09	0.62	10.62	0.34	0.56	38.36	1.24	2.01
AUG	31	5.48	0.18	6.03	0.19	1.10	14.69	0.47	2.68
SEPT	30	2.99	0.10	6.56	0.22	2.18	22.20	0.74	7.42
OKT	12	3.89	0.32	5.77	0.48	1.48	29.06	2.42	7.46
TOT	163	142.47	0.87	234.58	0.87	1.65	486.39	2.98	3.41

Tabell 14. Vannføring og beregnet uorganisk og organisk suspensjonstransport ved Støytfooss bru 1991.

5.5.2 Kolbjørnshus, volum

Transporten av uorganisk suspensjonsmateriale var ved Kolbjørnshus i 1991, 1915 tonn (tab. 15). Dette er langt lavere enn i tidligere år. Vannføringsdataene viser generelt lav vannføring i 1991-sesongen. I tilknytning til vårflommen i mai måned gikk hele 78% av suspensjonstransporten. De høyeste måleverdiene ble forøvrig registrert på synkende vannføring. I løpet av tre døgn, 27.-29 mai, gikk 63% av transporten i 1991-sesongen (fig. 14, tab. 15).

Ellers i mai var sedimentkonsentrasjonene lave, dvs. lavere enn 10 mg/l. Generelt for hele målesesongen er at sedimentkonsentrasjonene holder seg lave, bortsett fra enkelte topper i de tre første månedene, mai, juni og juli. Toppene ser ut til å ha liten sammenheng med endringer i vannføring.

Transporten av organisk materiale var lav også i 1991, 615 tonn. Omlag 70% av den organiske materialtransporten gikk i mai og juni i 1991 (tab. 15). Transporten av organisk materiale er i vesentlig grad knyttet til vannføringstoppene.

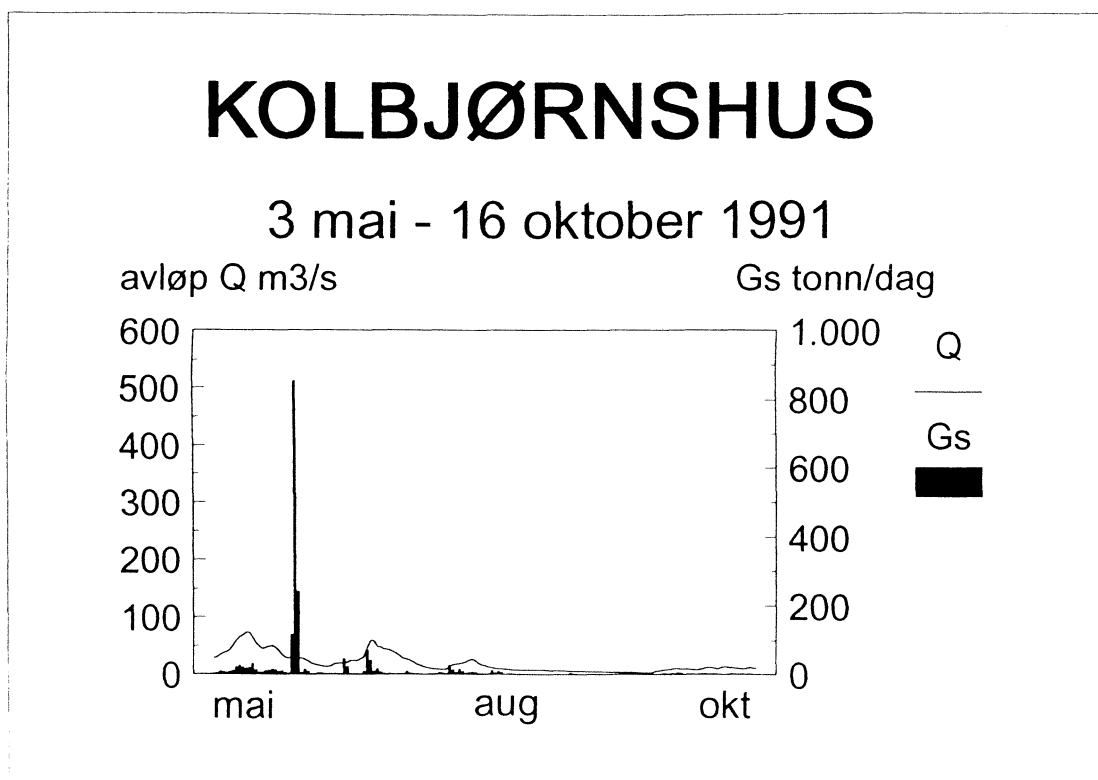


Fig. 14. Transport av uorganisk materiale (tonn/døgn) og vannføring (m^3/s) i målesesongen 1991, ved Kolbjørnshus.

MND	ANT. DØGN	AVLØP		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
MAI	29	111.95	3.86	1503.00	51.83	13.43	201.71	6.96	1.80
JUN	30	77.56	2.59	196.20	6.54	2.53	224.22	7.47	2.89
JUL	31	42.36	1.37	147.84	4.77	3.51	94.63	3.05	2.23
AUG	31	17.27	0.56	19.36	0.62	1.12	26.69	0.86	1.55
SEPT	30	16.33	0.54	33.74	1.12	2.06	29.96	0.99	1.82
OKT	16	15.63	0.98	14.68	0.92	0.94	37.77	2.36	2.42
TOT	167	281.09	1.68	1914.82	11.47	6.82	614.71	3.68	2.19

Tabell 15. Vannføring og beregnet uorganisk og organisk suspensjonstransport ved Kolbjørnshus 1991.

5.5.3 Dokka kraftverk, volum

Transporten av suspendert materiale ved utløpet av Dokka kraftverk ble målt i fire perioder, 4. mai - 3. juni, 10. juni - 5. juli, 15. juli - 24. juli og 24. september - 28. oktober 1991 (tab. 16). Innenfor disse periodene forekom korte avbrudd i prøvetakningen og i vannføringsregistreringene. Manglende suspensjonsverdier er estimert ved interpolasjon og regresjon. Vannføringsdata er også estimert ved interpolasjon.

Totaltransporten av uorganisk materiale er totalt i alle periodene beregnet til 43 tonn. Totaltransporten av organisk materiale er noe høyere, 189 tonn. Dette er svært lave tall sammenliknet med transporten ved de andre stasjonene. Det ble ikke målt konsentrasjoner av uorganisk materiale høyere enn 8 mg/l. Stasjonen ligger langt nede i utløpstunnellen, slik at mesteparten av materialet er sedimentert oppstrøms prøvetakningsstasjonen.

PERIODE	ANT. DØGN	AVLØP		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
I: 4/5-3/6	31	65.86	2.12	20.90	0.67	0.32	83.66	2.70	1.27
II: 13/6-4/7	20	39.55	1.98	11.27	0.56	0.13	52.48	2.62	1.33
III: 15/7-24/7	10	15.71	1.57	0.00	0.00	0.00	10.22	1.02	0.65
IV: 24/9-28/10	35	54.13	1.55	11.02	0.31	0.20	42.78	1.22	0.79
Tot	96	175.25	1.83	43.19	0.45	0.20	189.14	1.97	1.04

Tabell 16. Vannføring og beregnet uorganisk og organisk suspensjonstransport ved Dokka kraftverk 1991.

De høyeste sedimentkonsentrasjonene og den største transporten av uorganisk og organisk materiale gikk i periode I.

Resultatene fra målingene i periode II og IV er presentert i tabell 16. I periode III er det ikke registrert transport av uorganisk materiale i det hele tatt.

5.5.4 Kornfordeling

Det er tatt 10 prøver som er analysert på kornfordeling ved Støyt foss bru, og 4 ved prøvestasjonen ved Dokka kraftverk. Resultatene er presentert i tabell 17.

Det er ingen samvariasjon mellom endringer i kornfordeling og i vannføring. Sammenliknes resultatene fra de to prøvetakningslokalitetene, er det tydelig at andelen av sand er høyere og innholdet av leire lavere i prøvene tatt ved utløpet av kraftstasjonen enn ved Støyt foss bru (tabell 17).

Gjennomsnittlig inneholdt prøvene fra Støyt foss bru 6% sand, 62,9% silt og 31,1% leire. Prøvene fra utløpet av Dokka kraftverk inneholdt gjennomsnittlig 19,4% sand, 63,7% silt og 16,9% leire.

Prøve nr	Dato	% leire	% silt	% sand	Vannf. (m ³ /s)
Et2	16/5	43.9	53.8	3.8	33.1
Et3	13/6	38.8	57.8	3.4	13.2
Et4	27/6	34.3	59.3	6.4	24.1
Et5	11/7	41.4	56.3	2.3	3.3
Et6	25/7	34.5	62.2	3.3	8.0
Et1	3/8	33.2	63.0	3.8	2.2
Et11	9/8	28.8	66.3	4.9	2.6
Et12	22/8	11.4	73.6	15.0	1.8
Et13	5/9	20.6	73.1	6.3	0.9
Et14	19/9	24.3	63.8	11.9	0.8
Et7	23/5	15.3	66.2	18.5	26.4
Et8	14/6	20.3	66.7	13.0	14.5
Et9	25/7	11.5	54.9	33.6	8.8
Et10	13/11	20.5	66.9	12.6	

Tabell 17. Prosentvis innhold av sand, silt og leire i vannprøver tatt ved Støyt foss bru og i utløpstunnellen til Dokka kraftverk.

5.6 Suspensjonstransport, 1992

5.6.1 Støytfooss bru, volum

Vannføringen var i 1992 totalt 252 mill. m³ ved Etna Vm. og 518 mill. m³ ved Kolbjørnshus. Suspensjonstransportens volum ved Støytfooss bru er beregnet til 1037 tonn uorganisk og 345 tonn organisk materiale i perioden 5. mai - 9. oktober. Mer enn 90% av det uorganiske materialet ble transportert under vårflommen i mai (tab. 18).

Hele 70% av den organiske suspensjonstransporten fant sted i mai under vårflommen og 20% ble transportert i en periode med høyere vannføring i august og september (tab. 18 , fig. 15).

Vannføring og sedimenttransport var svært lav i store deler av juni og hele juli i 1992.

MND	ANT. DØGN	AVLØP		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
MAI	27	124.5	4.61	966.2	35.78	7.76	250.1	9.26	2.01
JUN	30	11.4	0.38	17.1	0.57	1.51	13.5	0.45	1.17
JUL	31	2.2	0.07	1.6	0.05	0.74	3.3	0.11	1.52
AUG	31	33.4	1.08	34.7	1.12	1.04	42.8	1.38	1.29
SEPT	30	42.1	1.40	16.9	0.56	0.40	29.1	0.97	0.69
OKT	9	6.4	0.71	0.4	0.05	0.07	6.5	0.72	1.00
TOT	158	220.0	1.39	1036.9	6.56	4.71	345.3	2.19	1.57

Tabell 18. Vannføring og beregnet uorganisk og organisk suspensjonstransport ved Støytfooss bru i Etna 1992.

Det er liten sammenheng mellom endringer i vannføring og i konsentrasjoner av suspenderte partikler. 19. juli ble det beregnet en gjennomsnittlig konsentrasjon av suspenderte uorganiske partikler på 14.4 mg/l (enkeltprøver hadde enda høyere konsentrasjoner) ved en vannføring på bare 0.7 m³/s. Slike konsentrasjonsøkning uten sammenheng med vannføringsøkning, kan være resultat av naturlige hendelser, f.eks. utrasninger, eller resultat av menneskelige inngrep, f.eks. anleggsarbeide. Dette gir imidlertid ikke så store utslag på transporten av sedimenter. Sesongens høyeste konsentrasjonsverdi ble imidlertid målt til nesten 25 mg/l, 8. mai, ved en vannføring på 26.6 m³/s.

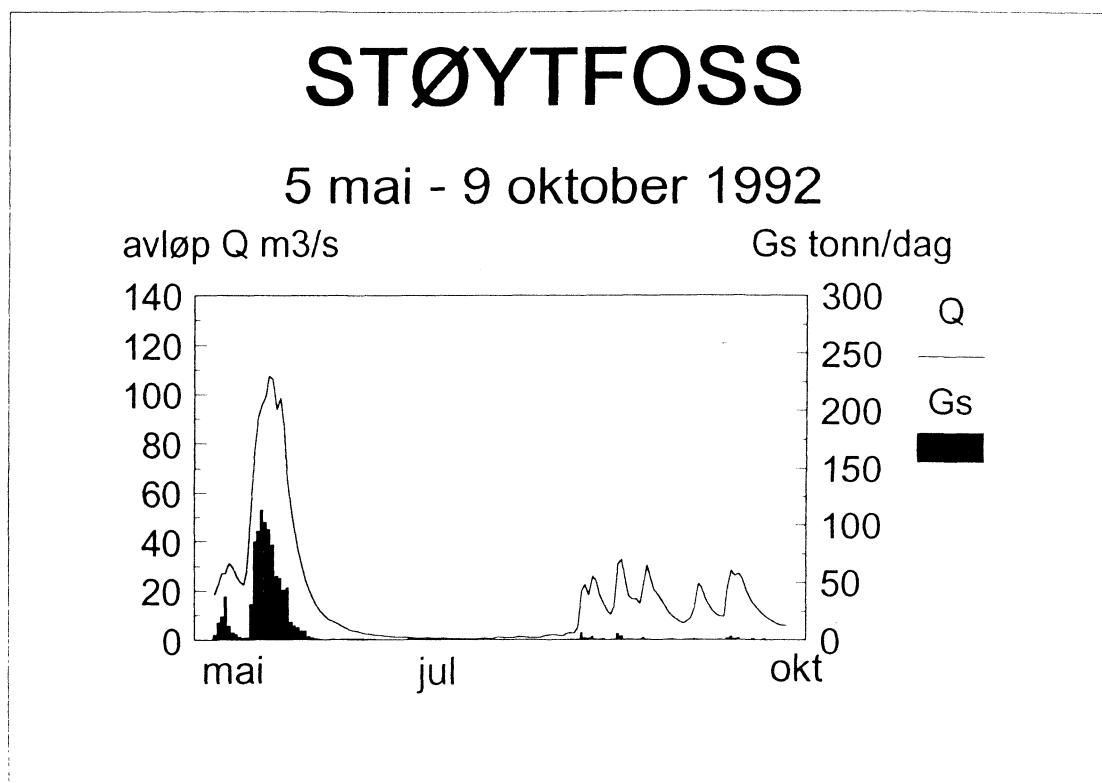


Fig. 15. Transport av uorganisk materiale (tonn/døgn) og vannføring (m³/s) i målesesongen 1992, ved Støytfooss bru.

5.6.2 Kolbjørnshus, volum

I måleperioden 6. mai - 9. oktober ble det ved Kolbjørnshus transportert 1492 tonn uorganisk suspensjonsmateriale og 1007 tonn organisk suspensjonsmateriale (tab. 19). Nesten 80% av det uorganiske materialet ble transportert i mai under vårflommen. Både vannføring og suspensjonstransport var høyest 21. juni, 227 tonn uorganisk og 130 tonn organisk materiale ble transportert ved et avløp på totalt 13 mill. m³ dette døgnet (fig. 16).

Det er store variasjoner i de målte konsentrasjonene av uorganisk suspensjonsmateriale gjennom målesesongen. Høyest målte sedimentkonsentrasjon og høyest målte vannføring inntreffer samtidig, men ellers er det ingen markert sammenheng mellom vannføring og konsentrasjon av suspendert materiale.

MND	ANT. DØGN	AVLØP		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
MAI	27	191.9	7.11	1175.1	43.52	6.12	565.8	7.11	20.95
JUN	30	24.4	0.81	57.2	1.91	2.34	48.1	0.82	1.60
JUL	31	9.2	0.30	12.1	0.39	1.31	21.4	0.30	0.69
AUG	31	62.7	2.02	85.9	2.77	1.37	127.0	2.01	4.10
SEPT	30	93.9	3.13	161.3	5.38	1.72	198.4	3.13	6.61
OKT	9	16.1	1.78	0.2	0.02	0.01	46.6	1.80	5.17
TOT	158	398.3	2.52	1491.8	9.44	3.75	1007.3	2.52	6.37

Tabell 19. Vannføring og beregnet uorganisk og organisk suspensjonstransport ved Kolbjørnshus i 1992.

KOLBJØRNSHUS

5 mai - 9 oktober 1992

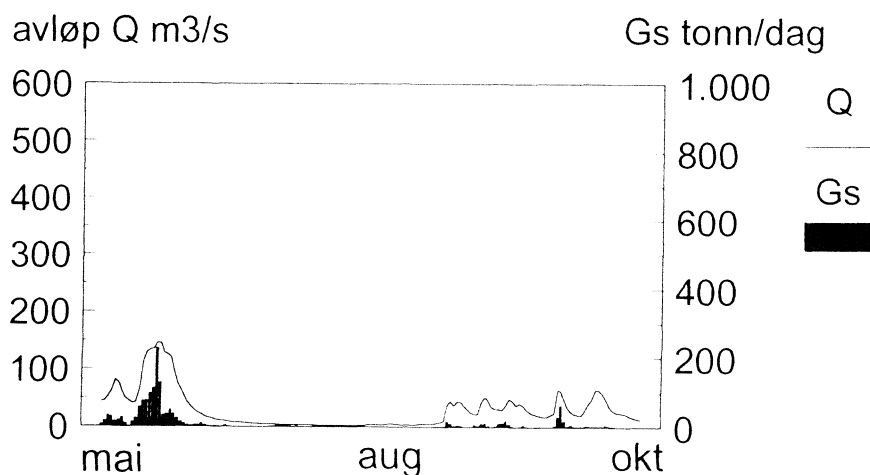


Fig. 16. Transport av uorganisk materiale (tonn/døgn) og vannføring (m³/s) i målesesongen 1992, ved Kolbjørnshus.

5.6.3 Dokka kraftverk, volum

Målingene er delt inn i tre perioder, 21. januar - 19. mars, 30. mars - 27. mai og 18. august - 2. oktober. I de to første periodene er det foretatt kun spredte målinger. For å kunne gjøre transportberegninger er det foretatt lineær interpolasjon mellom målepunktene. I den siste perioden er

det foretatt døgnlige prøvetaking med automatisk prøvetaker (ISCO).

Følgende volumer ble målt:

21.1 - 19.3: 21 tonn uorganisk, 40 tonn organisk materiale
 30.3 - 27.5: 96 tonn uorganisk, 87 tonn organisk materiale
 18.8 - 2.10: 4 tonn uorganisk, 50 tonn organisk materiale

Konsentrasjonene av uorganisk suspensjonsmateriale var svært lave ved alle målingene, dvs. mindre enn 4 mg/l.

5.6.4 Kornfordeling

Det ble i måleperioden tatt opp 12 prøver til kornfordeling i Etna ved Støytffoss bru og 13 prøver ved stasjonen i utløpstunnelen til Dokka kraftverk (tab. 20). Resultatene viser at ved Støytffoss er leirinnholdet i prøvene 15 - 45% (gj.sn. 33%), siltinnholdet 54 - 81% (gj.sn. 64%) og sandinnholdet er 1 - 9% (gj.sn. 3%). I utløpet fra Dokka kraftverk er leirinnholdet 15 - 44% (gj.sn. 24%), siltinnholdet 52 - 80% (gj.sn. 68%) og sandinnholdet 1 - 24% (gj.sn. 8%).

Prøve nr.	Tidspunkt dato, kl.	Vannføring m ³ /s	Kornfordeling		
			% Leire	% Silt	% Sand
ET5	0505 1500	18.4	28	67	5
ET6	1605 1400	75.4	15	73	12
ET7	2805 1400	36.6	22	74	4
ET8	0806 1400	6.3	40	58	2
ET9	2006 0830	1.8	33	65	2
ET10	0207	1.0	45	54	1
ET11	1607 1800	0.5	42	57	1
ET12	2807 1500	1.5	42	56	2
ET13	0808 1300	1.9	21	70	9
ET14	2008 1400	14.6	30	64	6
ET15	0109 1400	30.7	25	69	6
ET16	0710 1400	6.4	15	81	4
ET17	0701	19.6	29	69	2
ET18	2101	23.5	33	50	17
ET19	0302	21.0	44	52	4
ET20	2303		15	74	11
ET21	2104	12.4	19	57	24
ET1	0505 1330	34.0	20	76	4
ET2	2105 1030	39.2	28	67	5
ET3	0506	1.5	27	69	4
ET4	2909 1200	27.6	25	67	8
ET22	3010 1230	11.3	41	58	1
ET23	1711 1200	18.3	19	65	16
ET24	0412 1000	11.5	18	68	14
ET25	2112 1930	18.2	18	80	2

Tabell 20. Kornfordelingen av suspensjonsmaterialet i vannprøver fra Støytffoss bru (ET5 - ET16) og fra utløpstunnelen til Dokka kraftverk (ET1 - ET4 og ET17 - ET25).

5.7 Suspensjonstransporten 1993

5.7.1 Støytfooss bru, volum

Transporten av uorganisk og organisk suspensjonsmateriale ble målt i perioden 23. april til 20. oktober i Etna ved Støytfooss bru. Ved Støytfooss bru var transporten av uorganisk materiale 587 tonn og organisk materiale 313 totalt tonn og avløpet var 193 mill. m³ i måleperioden (tab. 21).

Transporten var høyest i august, 382 tonn uorganisk- og 103 tonn organisk materiale. Totalavløpet var da 61.5 mill. m³. Det innebærer at 65% av den uorganiske transporten, 33% av den organiske transporten og 32% av avløpet foregikk i august. Høyest konsentrasjon av uorganiske partikler ble imidlertid målt 4. mai til 69 mg/l ved en vannføring på bare 2.9 m³/s (fig. 17, 18). Høyest konsentrasjon av organisk materiale ble målt 4. september til 12.5 mg/l ved en vannføring på kun 6.2 m³/s (fig. 19).

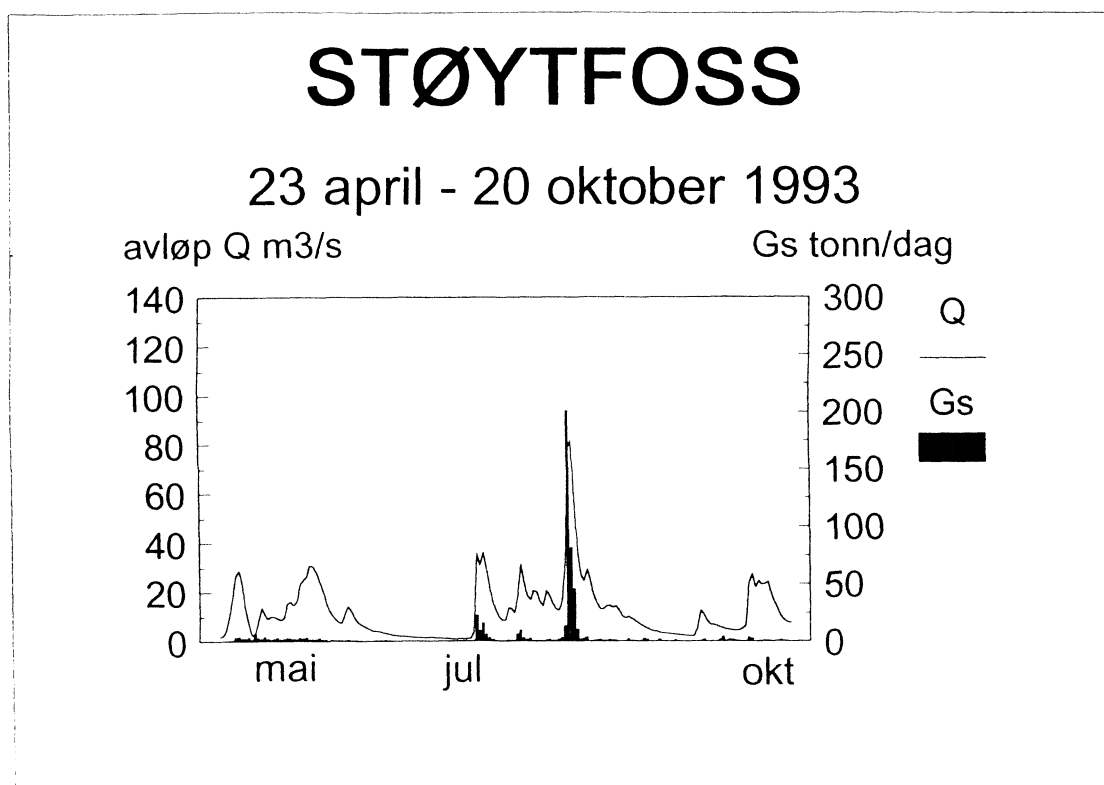


Fig. 17. Transport av uorganisk materiale (tonn/døgn) og vannføring (m³/s) i målesesongen 1993, ved Støytfooss bru.

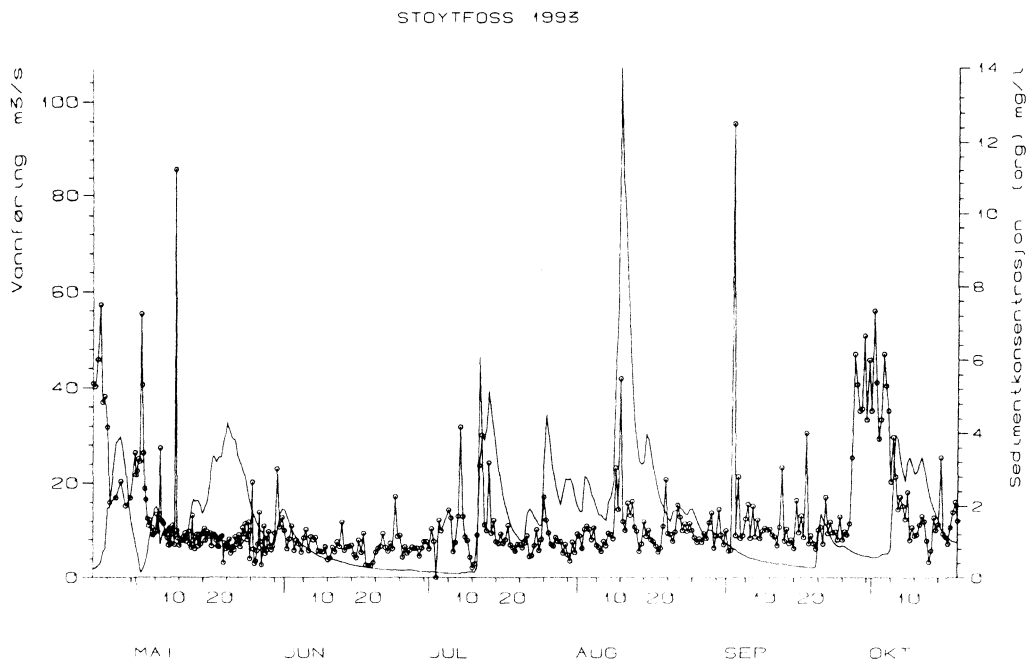


Fig. 18. Konsentrasjon av uorganisk suspensjonsmateriale (mg/l) og vannføring (m^3/s) i målesesongen 1993, ved Støytfooss bru.

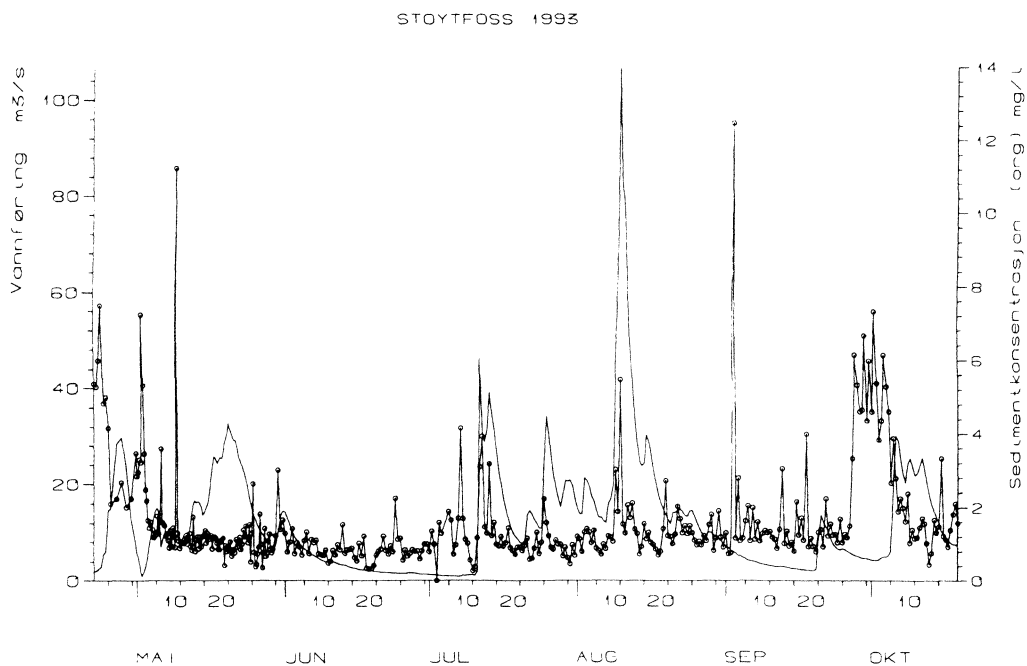


Fig. 19. Konsentrasjon av organisk suspensjonsmateriale (mg/l) og vannføring (m^3/s) i målesesongen 1993, ved Støytfooss bru.

MND	ANT. DØGN	AVLØP		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	8	9.94	1.24	11.07	1.38	1.10	27.15	3.39	2.73
MAI	31	39.08	1.26	66.34	2.14	1.70	48.22	1.56	1.23
JUN	30	11.21	0.37	9.23	0.31	0.83	11.98	0.40	1.07
JUL	31	33.99	1.10	86.04	2.78	2.52	48.88	1.58	1.44
AUG	31	61.50	1.98	381.79	2.32	6.22	102.56	3.31	1.67
SEP	30	13.36	0.45	17.13	0.57	1.29	25.19	0.84	1.89
OKT	20	24.08	1.20	15.67	0.78	0.65	49.43	2.47	2.05
1993	181	193.17	1.07	587.27	3.24	3.04	313.40	1.73	1.62

Tabell 21. Vannføring og beregnet uorganisk og organisk suspensjonstransport ved Støytffoss bru i Etna 1993.

5.7.2 Kolbjørnshus volum

Transporten av uorganisk og organisk suspensjonsmateriale ble målt i perioden 20. april til 21. oktober 1993 i Dokka ved Kolbjørnshus.

Ved Kolbjørnshus ble transporten av uorganisk materiale beregnet til 2995 tonn og transporten av organisk materiale til 1633 tonn totalt med et avløp på 708 mill. m³ i måleperioden (tab. 22).

Transporten ved Kolbjørnshus var størst i mai, 1627 tonn uorganisk materiale og 800 tonn organisk materiale. Totalavløpet for mai måned ble beregnet til 260 mill. m³. Dvs. at 54% av den uorganiske transporten, 49% av transporten av den organiske transporten, samt 37% av avløpet foregikk i mai. Høyeste enkeltkonsentrasjon av uorganisk materiale denne målesesongen ble imidlertid målt 19. oktober, 31 mg/l ved en vannføring på 22.3 m³/s (fig. 19, 20). Høyest konsentrasjon av organisk materiale ble målt 8. juni til 10.6 mg/l ved en vannføring på 9.9 m³/s (fig. 17).

MND	ANT. DØGN	AVLØP		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	10	46.95	4.70	349.85	34.99	7.24	158.00	15.80	7.24
Mai	31	260.41	8.40	1626.88	52.48	6.28	800.24	25.81	6.28
JUN	30	24.32	0.81	51.36	1.71	2.12	46.06	1.89	2.12
JUL	31	78.25	2.52	85.29	2.75	1.08	114.62	1.46	1.08
AUG	31	194.83	6.28	549.01	17.71	2.82	333.83	1.71	2.82
SEP	30	35.13	1.17	54.71	1.82	1.56	45.64	1.30	1.56
OKT	21	68.32	3.26	278.35	13.25	4.07	134.68	1.97	4.07
1993	184	708.21	3.85	2995.44	16.28	4.23	1633.08	2.31	4.23

Tabell 22. Vannføring, uorganisk og organisk suspensjonstransport ved Kolbjørnshus i Etna/Dokka i 1993.

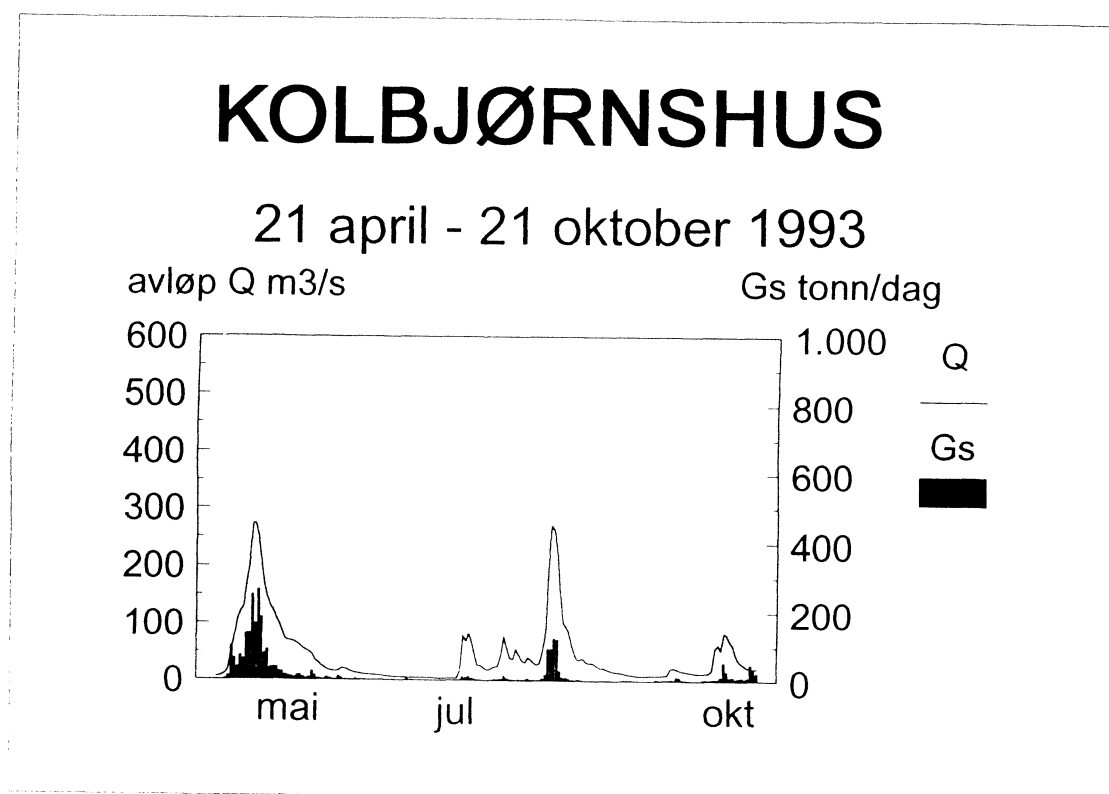


Fig. 20. Transport av uorganisk materiale (tonn/døgn) og vannføring (m³/s) i målesesongen 1993, ved Kolbjørnshus.

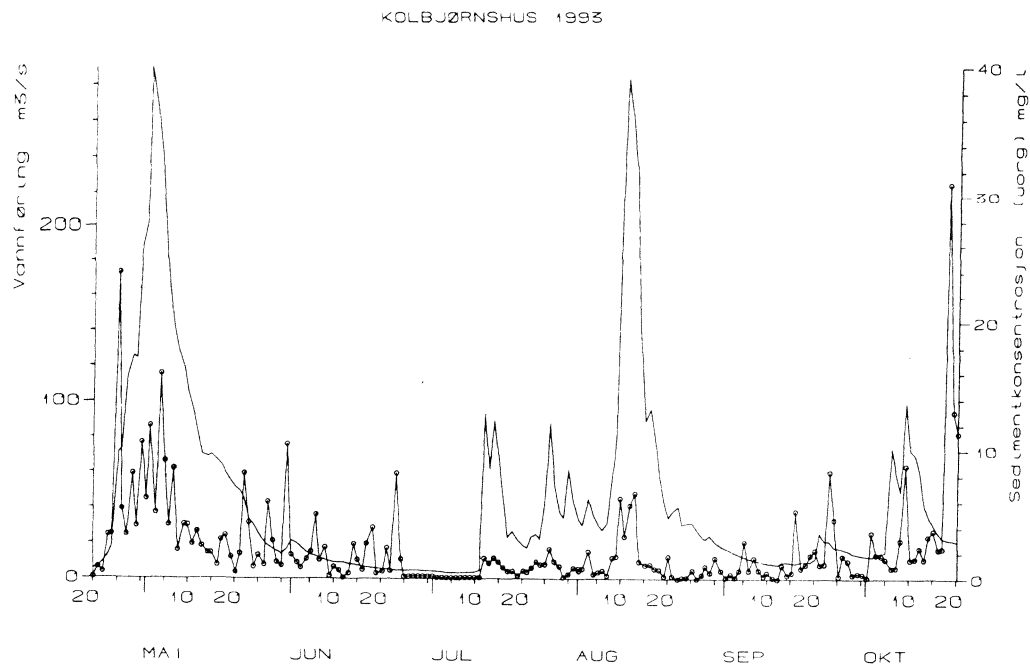


Fig. 21. Konsentrasjon av uorganisk suspensjonsmateriale (mg/l) og vannføring (m^3/s) i målesesongen 1993, ved Kolbjørnshus.

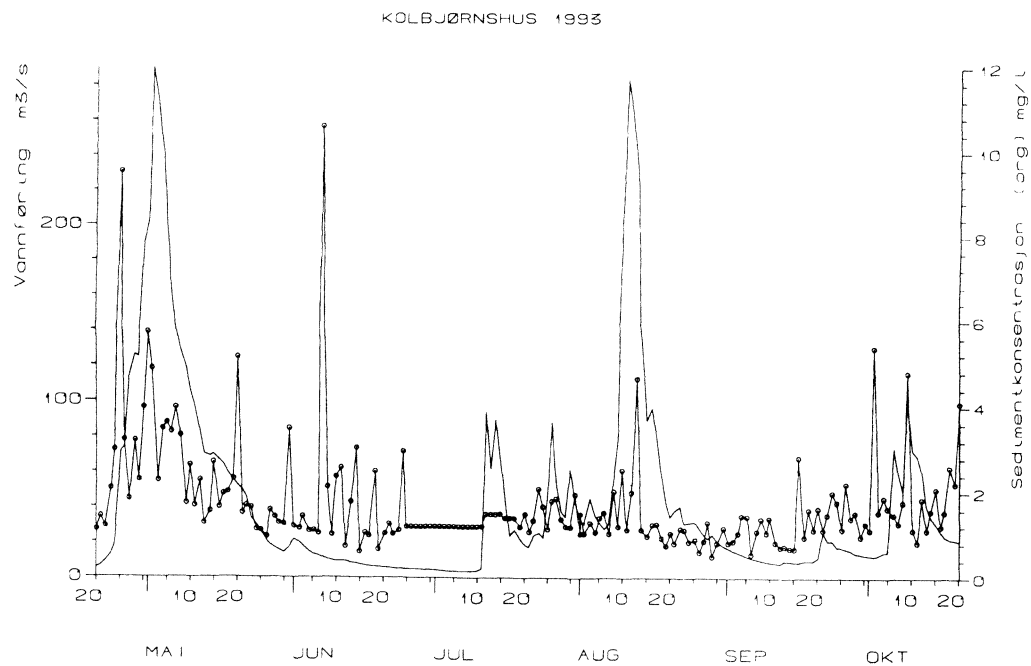


Fig. 22. Konsentrasjon av organisk suspensjonsmateriale (mg/l) og vannføring (m^3/s) i målesesongen 1993, ved Kolbjørnshus.

5.7.3 Dokka kraftverk, volum

Suspensjonstransporten i utløpstunnellen fra Dokka kraftverk er beregnet i perioden 19. april til 21. oktober i 1993. Det ble kun tatt prøver når kraftstasjonen var i drift. Avbruddsperiodene er satt til 0 for å kunne beregne transport i måleperiodene (tab. 23).

Konsentrasjonene av uorganisk materiale var lave gjennom hele måleperioden. Høyeste konsentrasjon av uorganiske partikler ble målt 4. mai til 7.5 mg/l ved en vannføring på 32.4 m³/s. I resten av målesesongen var konsentrasjonene lavere enn 4 mg/l.

Høyeste konsentrasjon av organisk materiale ble 14. juli målt til 5.1 mg/l ved en vannføring på 16.9 m³/s. Ellers var konsentrasjonene av organiske partikler lavere enn 3 mg/l denne målesesongen.

Generelt er sedimentkonsentrasjonene så lave at det er liten sammenheng mellom endringer i vannføring og sedimenttransport.

MND	ANT. DØGN	AVLØP		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	10	20.0	2.00	19.1	1.91	0.94	24.0	2.40	1.23
MAI	26	57.3	2.20	42.3	1.63	0.56	38.6	1.48	0.65
JUN	20	27.5	1.38	19.3	0.96	0.68	25.1	1.26	0.91
JUL	18	26.5	1.47	14.4	0.80	0.53	38.7	2.15	1.42
AUG	20	49.5	2.48	31.7	1.58	0.65	45.4	2.27	0.96
SEP	17	26.8	1.58	14.0	0.82	0.67	19.2	1.13	0.71
OKT	21	53.7	2.56	21.2	1.01	0.35	41.2	1.96	0.79
1993	132	261.2	1.98	161.9	1.24	0.62	232.2	1.76	0.95

Tabell 23. Vannføring og beregnet uorganisk og organisk suspensjonstransport ved utløpet av Dokka kraftverk.

5.7.4 Kornfordeling

Det ble tatt opp 16 prøver til bestemmelse av kornfordelingen av suspensjonsmaterialet i Etna ved Støytfooss bru i 1994. Prøvene inneholdt i gjennomsnitt 18.5% leire, 73.5% silt og 8,2% sand. Prøven som er tatt 11. august med en vannføring opp mot 100 m³/s har derimot høyest innhold av sand og lavest innhold av leire. Prøvene som er tatt på lav vannføring har i alt vesentlig lavt sandinnhold (tab. 24).

DATO	KL	Vannf. m ³ /s	% leire	% silt	% sand
27.04	1230	14.9	31.94	65.53	2.61
8.05	1230	9.8	10.65	73.21	16.13
14.05	1230	15.9	11.04	71.21	17.57
20.05	1200	25.5	15.57	64.64	19.70
26.05	1200	16.1	18.11	79.17	2.60
31.05	1300	7.1	25.58	72.82	1.58
12.06	1600	4.0	19.34	78.14	2.31
24.06	1500	1.6	28.43	68.72	2.93
6.07	1200	0.9	24.70	73.22	1.97
18.07	1000	17.1	20.64	71.43	7.82
30.07		15.4	20.95	65.72	13.05
11.08	1500	106.8	9.28	64.39	26.31
23.08	1500	14.6	16.32	78.57	5.10
4.09	1400	5.9	13.76	83.14	3.09
16.09		2.6	16.10	83.29	0.59
9.10	1300	22.5	13.40	79.12	7.56

Tabell 24. Kornfordelingen av suspensjonsmaterialet ved Støytross bru.

18 prøver ble analysert mhp. kornfordelingen av suspensjonsmaterialet i utløpstunnellen fra Dokka kraftverk. Prøvene inneholdt i gjennomsnitt 13.2% leire, 80.7% silt og 5.5% sand (tab. 25).

DATO	Kl.	Vannf. m ³ /s	% leire	% silt	% sand
14.01	1400	-	23.67	64.07	11.98
26.01	1230	-	24.26	68.90	7.01
15.02	1330	-	9.80	83.52	6.57
2.03	1300	-	14.76	70.91	5.32
15.03	1000	-	12.92	79.23	7.64
29.03	1215	-	8.97	86.60	4.51
26.04	1000	20.1	8.95	89.32	1.62
10.05	1230	36.5	8.32	87.34	4.33
28.05	1230	15.6	10.84	78.85	10.38
7.06	1230	17.9	18.38	77.79	3.71
22.06	0800	14.5	13.85	81.04	5.09
6.07	0800	0.0	23.51	73.96	2.42
22.07	0800	24.5	8.61	85.13	6.34
3.08	1000	14.7	17.08	79.99	2.92
18.08	0800	37.7	12.84	83.43	3.43
18.09	0918	0.0	9.17	84.33	6.39
11.10	1000	41.3	5.35	90.22	4.42
21.10	1300	33.0	6.96	88.48	4.54

Tabell 25. Kornfordelingen av suspensjonsmaterialet ved utløpet av Dokka kraftverk 1993.

6. SEDIMENTASJON PÅ DELTAET I RANDSFJORDEN

1987

Sedimentasjonen på Etna-Dokkas delta i Randsfjorden ble målt med sedimentfeller tilsvarende beskrevet av Håkansson (1976). Fig. 23 viser lokaliseringen av fellene. Sedimentasjonen er målt i to perioder i 1987; 25. juni til 20. august og 20. august til 19. oktober.

Ikke alle sedimentfellene ble funnet igjen i begge periodene. Vannstandsvariasjoner (total reguleringshøyde: 3 m) kan være årsak til dette.

Tabell 26 gir oversikt over materialmengden som er sedimentert i fellene i de to periodene.

I periode I (25. juni - 20. august) var det lav sommervannføring i mesteparten av perioden. Transporten og sedimentasjonen av suspenderte partikler var også lav.

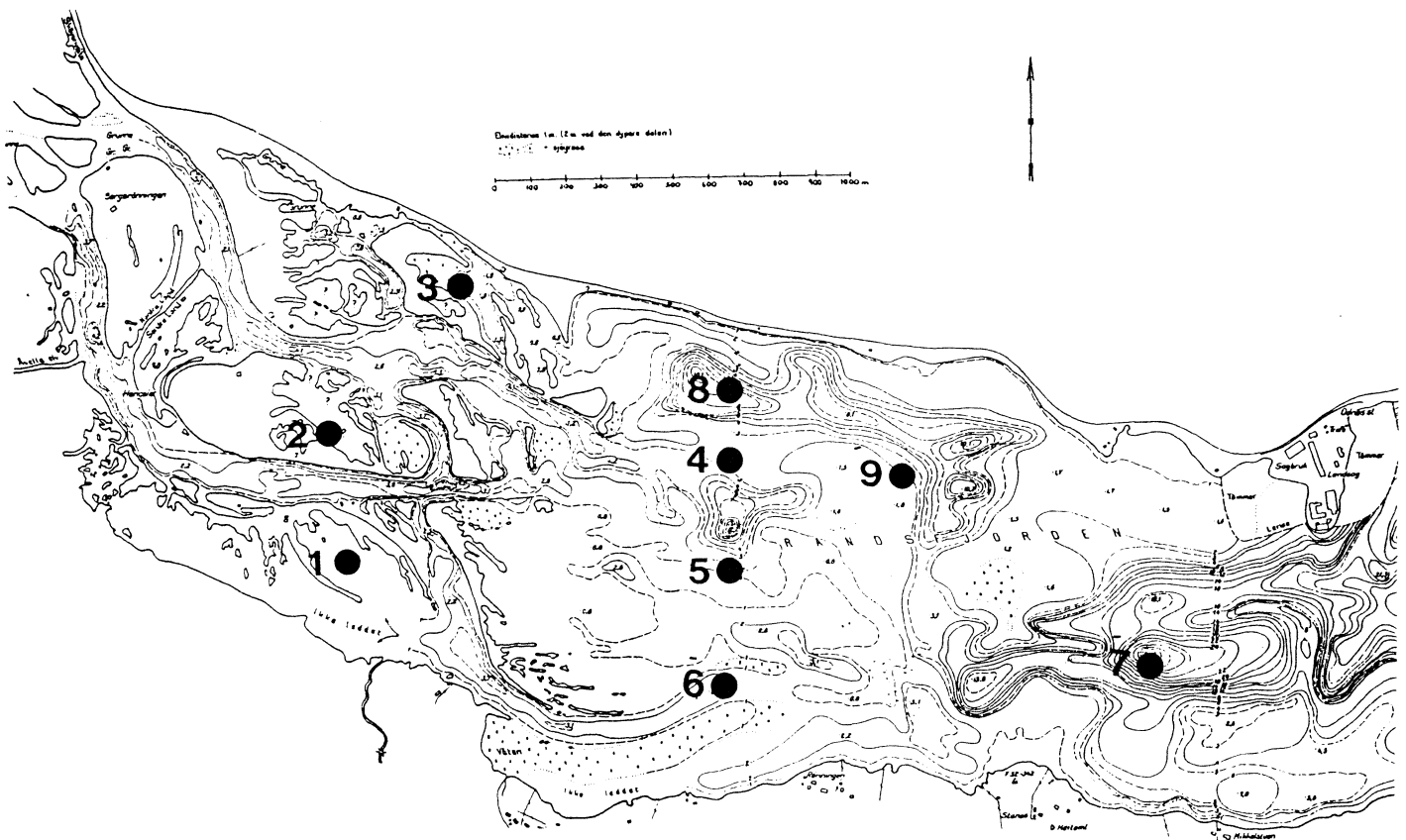


Fig. 23. Lokaliseringen av sedimentfeller i deltaområdet i Randsfjorden.

Periode:	I: 25/6 - 20/8		II: 20/8 - 19/10	
Fellenr.	veid vekt (g)	spes. vekt (g/m ² dg)	veid vekt (g)	spes. vekt (g/m ² dg)
1	0.5	0.01	ikke funnet	-
2	6.5	0.10	150.5	2.23
3	0.5	0.01	127.0	1.88
4	17.0	0.27	227.0	3.36
5	1.0	0.02	ikke funnet	-
6	536.0 (mye org.)	8.47	66.0	1.00
7	1.0	0.02	57.0	0.84

Tabell 26. Materiale sedimentert i felle 1-7 i de to måleperiodene.

På lave vannføringer strømmen over deltaet hovedsakelig konsentrert i to løp nær innløpet.

I felle 1 og 3 var sedimentasjonen svært lav fordi disse fellene var blitt liggende i bakevjer med liten sedimenttilførsel.

Felle 2 var plassert mellom de to hovedløpene og mottok relativt stor sedimenttilførsel.

Felle 4 var plassert der de to hovedløpene møtes, hvor sedimentasjonen er høy.

Felle 6 inneholdt mye organisk materiale. Den høye sedimentasjonen er trolig et flak med sjøgress eller mose som er blitt fanget opp i fellen. Fellen er plassert rett ved en slik gresstange.

Den lave sedimentasjonen i felle 5 er vanskelig å forklare. En mulig forklaring er at deltaet er morfologisk relativt uregelmessig bl.a. pga. en rekke "hull", trolig dødisgroper (Engen, 1981). Strømhastigheten i disse "hullene" er høy, noe som demper sedimentasjonen.

I periode II var vannføringen høyere enn i sommermånedene og kuliminerte med en storflom i midten av oktober.

To av de syv fellene ble ikke gjenfunnet i denne perioden. Forskjellen i sedimentasjon ved felle 2 og 3 er mindre enn på lav vannføring fordi innstrømningen ikke er konsentrert til hovedløpene ved høyere vannføring.

Sedimentasjonen er likevel høyest i felle 4 der de to hovedløpene løper sammen og strømningsprofilen ekspanderer. Felle 6 og 7 er plassert til side for eller utenfor området med høyest akkumulasjon. Sedimentasjonen avtar utover og mot sidene av hovedstrømmen.

1988

Sedimentasjonen på Etna-Dokkas delta i Randsfjorden ble målt med sedimentfeller på samme måte som i 1987. Ni feller ble utlagt 14. juni. Den 27 oktober ble de hentet opp, men to feller (nr. 6 og 9) ble ikke funnet. De syv øvrige hadde da stått ute i 135 døgn, mot 116 døgn i 1987. Tabell 27 gir en oversikt over materialemengder og prosenter.

Felle nr.	Total 1988	vekt 1987	% uorg.	% org.	% leire	% silt	% sand	g/m ²
1	7.7	-	84.5	15.5	11.0	69.0	20.0	61
2	142.1	157.0	89.5	10.5	8.0	80.0	12.0	1131
3	24.7	127.5	89.6	10.4	11.0	87.6	1.4	197
4	59.3	244.0	86.8	13.2	8.5	86.5	5.0	472
5	384.9	-	86.8	13.2	11.0	62.0	27.0	3064
7	55.5	58.0	80.5	19.5	15.5	76.5	8.0	442
8	70.0	-	88.4	11.6	9.0	71.0	20.0	557

Tabell 27. Materiale sedimentert i felle 1-7 i de to måleperiodene.

1989

Sedimentasjonsmålingene ble i 1989 utført av NINA. Resultatene viste størst sedimentasjon på deltaet under vårflommen. Den relativt lave sedimentasjonen generelt gjennom sesongen var sammenfallende med den lave suspensjonstransporten målt ved Kolbjørnshus. Siktedypsmålingene viste også et større siktedyp i 1989 enn i de to foregående sesongene. Samtlige kornfordelingsprøver besto av leire, silt og sand. Overflateprøvene (0 - 2.5 cm) har et svært varierende sandinnhold. Kornfordelingene av alle prøvene tatt innenfor dybdeintervallet 0 - 10 cm viste at sandinnholdet varierte ganske mye fra stasjon til stasjon. Allikevel hadde stasjonene med lavest sandinnhold i overflateprøvene også det laveste sandinnholdet i de stratigrafisk dypere prøvene. Det var en meget svak sammenheng mellom sandinnhold og avstand fra elveløpet. Prøvene med lavest sandinnhold tilhørte stasjoner som ligger mer distalt fra elvemunningen, men det forekom også høyt sandinnhold i prøver fra mer distale stasjoner.

7. VURDERING AV SEDIMENTTRANSPORTEN I ÅRENE 1987-1993

Den overveiende delen av suspensjonstransporten i vassdraget foregår i tilknytning til flomsituasjoner.

Hvorvidt sedimenttransporttoppene kulminerer før, samtidig med eller eventuelt rett etter vannføringstoppene, avhenger av flere faktorer. Kildematerialets tilgjengelighet og sammensetning,

vannets hastighet og turbulens, om materialet stammer fra løpserosjon eller skråningserosjon, er noen av disse faktorene. Tidspunktet for prøvetakingen vil ha betydning i de tilfeller hvor transporten bestemmes ut fra en prøve i døgnet, fordi suspensjonstransporten ikke fordeles jevnt utover døgnet.

Tabell 28 og 29 viser vannføring, uorganisk og organisk suspensjonstransport i henholdsvis Etna/Dokka ved Kolbjørnshus og Etna ved Støytfooss bru, i målesesongene, årene 1987 til 1993. Fig. 24 viser total årstransport av uorganisk materiale i perioden 1987-1993 ved Støytfooss og Kolbjørnshus. I 1987 og 1988 var suspensjonstransporten høy ved begge stasjonene. Transporttallene for store deler av 1987-sesongen i Etna er imidlertid ikke direkte sammenliknbare med transporttallene for de senere årene fordi målingene fra 30.4 - 1.9 ble foretatt ved Elvang bru flere km nedstrøms den nåværende stasjonen ved Støytfooss bru.

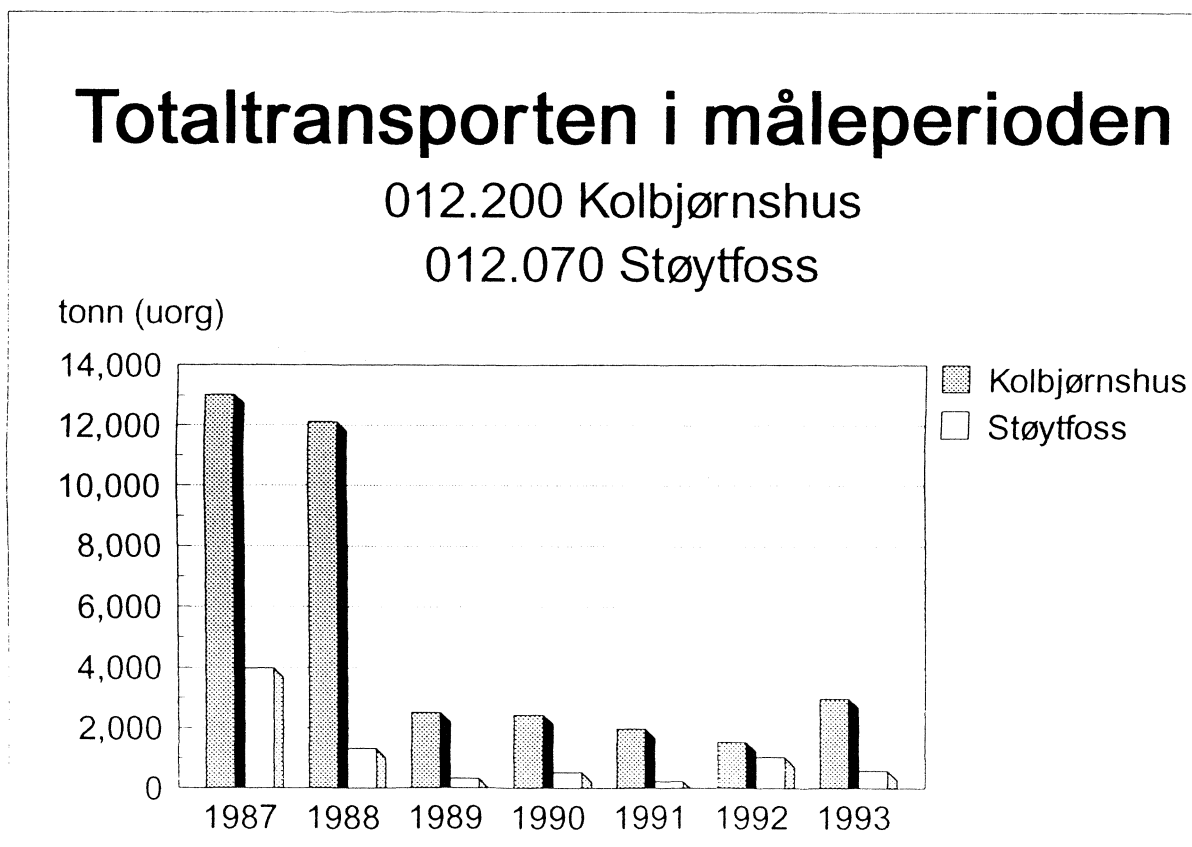


Fig. 24. Total årstransport (tonn) av uorganisk materiale i årene 1987-1993.

Tabellene viser at den årlige suspensjonstransporten sank betydelig i 1989. Ved Kolbjørnshus har dette en direkte sammenheng med en vesentlig reduksjon i vannføring bl.a. som følge av reguleringen. Transporten var spesielt høy i 1987 og 1988, sannsynligvis som følge av anleggsarbeide i vassdraget. Suspensjonstransporttallene ved Kolbjørnshus målt i 1978 og 1979 var henholdsvis 8700 tonn ved et årsavløp på 1043 mill m³ og 7600 tonn ved et årsavløp på 1220 mill m³ (Engen, 1981). Dette kan tyde på at reduksjonen i vannføring f.o.m. 1989 er den vesentligste årsaken til den sterke reduksjonen i sedimenttransporten.

Anleggsarbeidet i forbindelse med utbyggingen av Dokkavassdraget strakte seg fra 1986 til høsten-89. I magasinområdet er det utført skogrydding og store løsmasseområder er blottlagt. Høsten 1988 startet arbeidet med fyllingen av magasinet. En stor erosjon og avrenning fra de snauhogde områdene kan også være med å forklare de høye suspensjonstallene i 1987 og 1988. I 1989-sesongen var hovedparten av magasinet fylt og de snauhogde magasinområdene var dekket av vann. Magasinet fungerer som et sedimentasjonsbasseng for tilførselselven. Dette er en medvirkende forklaring på hvorfor suspensjonstransporten avtok vesentlig etter 1988.

Kornfordeling, Støytross bru 1987-1993

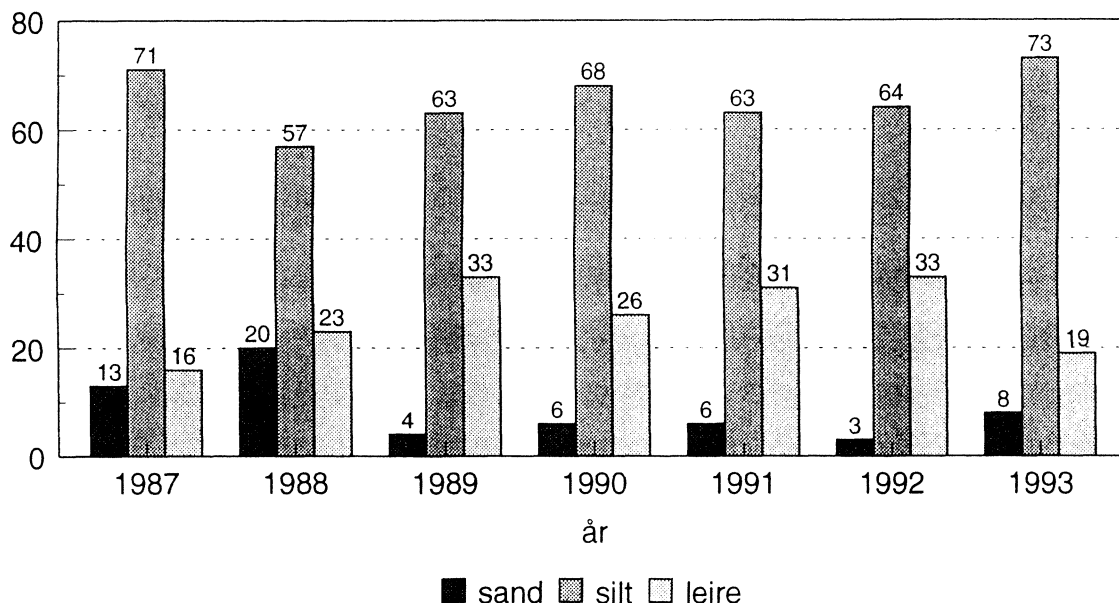


Fig. 25. Gjennomsnittlig innhold av sand, silt og leire (%) i årene 1987-1993.

Sedimenttransporten i Etna skyldes hovedsakelig erosjon fra punktkilder. De høye verdiene som ble målt i 1987 og 1988 skyldes antagelig åpning av slike kilder. Oktober 1987 og i mai 1988 hadde de høyeste flomtoppene i hele måleperioden. Under de påfølgende årene uten større flommer er kildene stabiliserte og lukket med en redusert sedimenttransport som resultat.

Transporten av organiske partikler var ved Støytvoss bru høy i 1987 og 1988. I årene 1989-1993 var transporten jevnt lav. Ved Kolbjørnshus var også transporten av organisk materiale langt høyere i 1987 og 1988 enn i årene etter. Ved denne stasjonen kan variasjonene i organisk sedimenttransport i større grad enn ved stasjonen i Etna relateres til vannføring.

ÅR	PERIODE	AVLØP		UORGANISK SEDIMENTTRANSPORT			ORGANISK SEDIMENTTRANSPORT		
		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
1987	3.4-6.11	1451	7.59	13018	68.16	8.99	4179	21.88	8.99
1988	20.4-2.10	1500	9.04	11275	67.92	7.51	3258	19.63	2.17
1989	21.4-14.10	573	3.24	2505	14.15	4.37	1012	5.72	1.76
1990	29.4-28.10	407	2.22	2408	13.16	5.91	772	4.22	1.89
1991	3.5-16.10	281	1.68	1915	11.47	6.82	615	3.68	2.19
1992	5.5-9.10	398	2.52	1492	9.44	3.75	1007	2.52	6.37
1993	21.4-21.10	708	3.85	2995	16.28	4.23	1633	2.31	4.23

Tabell 28. Årlig vannføring og beregnet uorganisk og organisk transport ved Kolbjørnshus, i perioden 1987-1993.

ÅR	PERIODE	AVLØP		UORGANISK SEDIMENTTRANSPORT			ORGANISK SEDIMENTTRANSPORT		
		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
1987	30.4-1.9	396.91	3.20	2976	24.00	7.51	954	7.69	2.40
	1.9-31.10	140.96	2.20	890	15.47	7.02	776	12.12	5.51
1988	19.4-2.10	412.94	2.50	1363	8.26	3.30	1162	7.04	3.20
1989	21.4-14.10	572.67	0.78	325	14.15	2.39	312	1.79	2.29
1990	29.4-20.10	184.94	1.06	528	3.02	2.86	362	2.07	1.96
1991	3.5-12.10	142.47	0.87	235	0.87	1.65	486	2.98	3.41
1992	5.5-9.10	220.00	1.39	1037	6.56	4.71	345	2.19	1.57
1993	23.4-20.10	193.17	1.07	587	3.24	3.04	313	1.73	1.62

Fig. 29. Årlig vannføring og beregnet uorganisk og organisk transport ved Støytvoss bru, i perioden 1987-1993.

Analyser av kornfordelingen til suspensjonsmaterialet viser en dominerende siltfraksjon (>50%) og et noe høyere gjennomsnittlig innhold av sand i 1987 og 1988 enn i de senere årene. Årene 1987 og 1993 hadde høyest gjennomsnittlig innhold av silt og lavest innhold av leire i måleperioden (fig 25).

Fra og med 1991 er suspensjonstransporten målt også i utløpstunnellen fra Dokka kraftverk i perioder hvor kraftverket er i drift. Det er målt svært lave konsentrasjoner og dermed lave transportvolumer i alle de tre årene det er foretatt målinger. I 1991 inneholdt kornfordelingsprøvene fra stasjonen ved utløpstunnellen fra Dokka kraftverk mer sand og mindre leire enn tilsvarende prøver tatt ved Støytfoss bru. I de to påfølgende årene er imidlertid prøvematerialet fra de to stasjonene ikke vesensforskjellig sett over en tidsperiode.

I 1987 og 1988 ble sedimentasjonsintensiteten på deltaet målt ved hjelp av sedimentfeller. Det ble registrert en viss økning i sedimentasjonsintensitet fra 1987 til 1988. Sedimentasjonsmålinger foretatt i 1989 av NINA, viser en reduksjon i sedimentasjonsintensitet sammenliknet med de to foregående årene. Dette samsvarer godt med reduksjonen i vannføring og transport av suspenderte partikler som inntraff i 1989.

8. LITTERATUR

Elster, M.

1988: Etna-Dokkas delta i Randsfjorden, sedimenttilførsel og sedimentasjon. VHB-notat nr. 17/88, NVE Vassdragsdirektoratet.

Elster; M. og Fagerlund, K. H.

1990: Sedimenttilførsel til Dokkas delta i Randsfjorden. I: Kroken, A. og Faugli, P. E. Etterundersøkelser i Dokka. V-publikasjon nr. 43. NVE, Vassdragsdirektoratet.

Elster, M.

1991: Suspensjonstransport i Etna-Dokka 1990. HM-notat nr. 36/91, NVE.

Elster, M.

1992: Sedimenttransport til Dokkas delta i Randsfjorden 1991. HM- notat nr. 19/92, NVE.

Elster, M.

1993: Sedimenttransport i Etna-Dokkavassdraget (vassdr. nr. 012.EDZ) 1992. HM-notat nr. 11/93, NVE.

Engen, I. K.

1981: Sedimenttransport og formutvikling - Etna-Dokkavassdragets nedre deler. H.oppg. naturgeogr., Geogr. inst. Univ. Oslo.

Fagerlund, K .H.

1990: ETNA-DOKKA sedimenttransport. VHB-notat nr. 21/90, NVE Vassdragsdirektoratet.

Gotschalk, L., Lundager-Jensen, J., Lundquist, D., Solantie, R. og Tollan, A.

1978: Hydrologiska regioner i Norden. Nordic Hydrological Conference and Second Nordic IHP Meeting. Hanasaari Cultral Centre.

Hougsnæs, R. og Bogen, J.

1988: Analysemetodikk i sedimentlaboratoriet. VHB-notat nr. 16/88. NVE, Vassdragsdirektoratet.

Håkansson, L.

1976: A bottom sediment trap for recent sedimentary deposits. Limn. Oceanogr. 21, 70-74.

Olsen, H. C.

1989: ETNA-DOKKA sedimenttransport 1988. VHB-notat nr. 20/89. NVE, Vassdragsdirektoratet.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energiverk (NVE)

Adresse: Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo

I 1995 ER FØLGENDE PUBLIKASJONER UTGITT:

- Nr 1 Magnus Køber og Inger Sætrang: Pris på elektrisk kraft til husholdninger 1995. (4 s.)
- Nr 2 Håkon Egeland og Hans Otnes: Lokal kraftsystemplanlegging. (11 s.)
- Nr 3 Jarl Øvstedal (red.): Stjørdalsvassdraget med Gråelva - En naturfaglig kunnskapsoppsummering. Referat fra fagmøte den 21. og 22. juni 1994. (91 s.)
- Nr 4 Ollianne Eikenæs og Steinar Pettersen: Prosjekt differensiert forvaltning av verna vassdrag. Sluttrapport fra utprøvingsfasen. (46 s.)
- Nr 5 Margrethe Elster: Sedimentundersøkelser i Etna-Dokka 1987-1993. (44 s.)