

DOKUMENT

15 1998

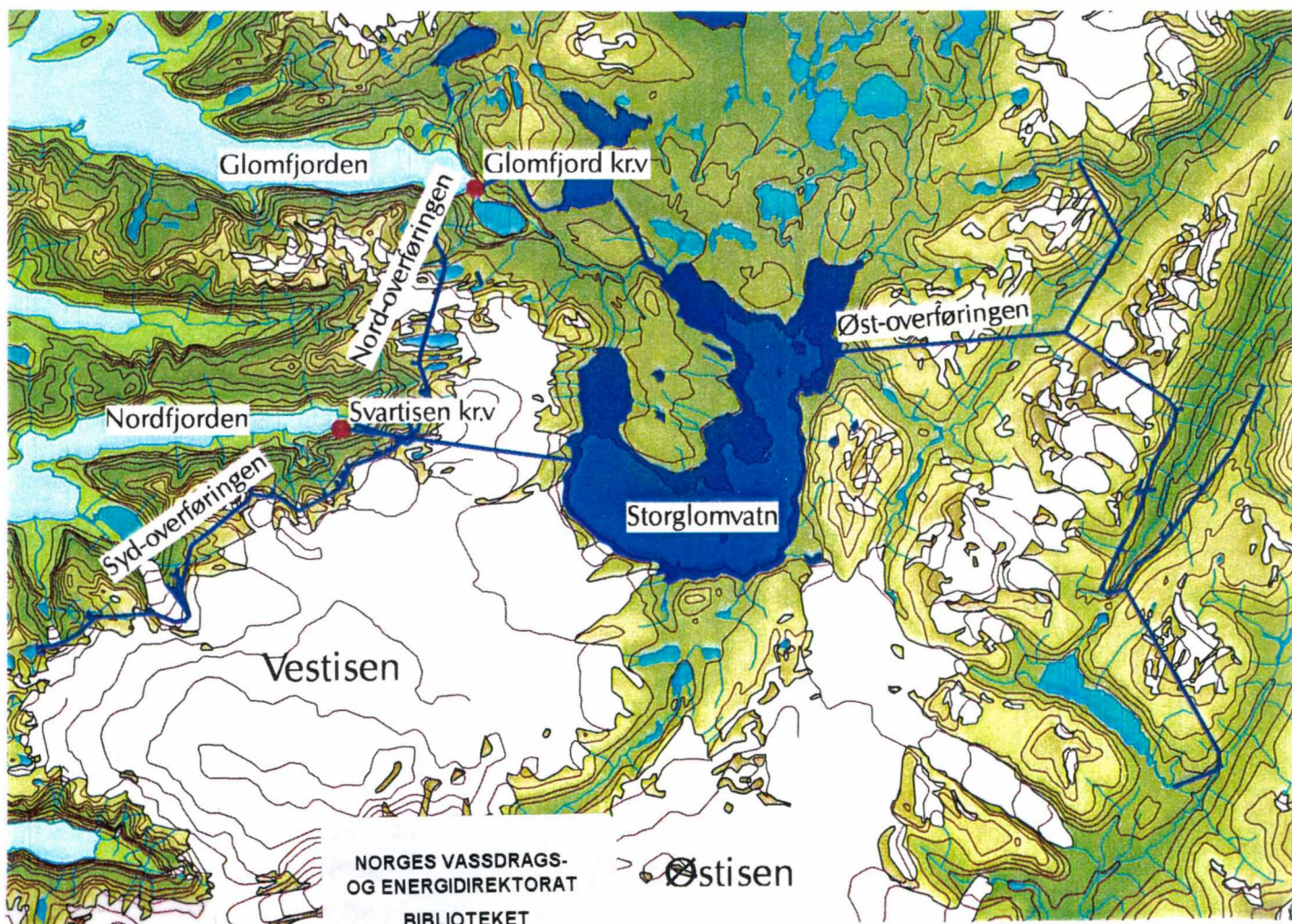


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

OPPDRAKSRAPPORT

Jim Bogen, Truls Erik Bønsnes og Hans Christian Olsen

Transport av finpartikulært materiale til Holandsfjorden og Nordfjorden



NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEKET

Østisen

Tittel: TRANSPORT AV FINPARTIKULÆRT MATERIALE TIL HOLANDSFJORDEN OG NORDFJORDEN	Dokument nr. 15 1998 Oppdragsrapport
Saksbehandler: Jim Bogen, Truls Erik Bønsnes og Hans Christian Olsen	Dato: 11/11 – 1998 Rapporten er : åpen
Oppdragsgiver: Statkraft SF	Opplag: 30

SAMMENDRAG

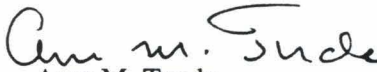
Rapporten presenterer resultater fra de av målestasjonene i Svartisen kraftverk som drenerer til Holandsfjorden/ Nordfjorden og sammenlikner disse med tilsvarende målestasjoner før kraftverket kom i drift. De etablerte målestasjonene i Svartisen kraftverk, Engabre kammer og Engabreelv er pålagt i henhold til vassdragsreguleringsloven, men er også velegnede til å overvåke sedimentkonsentrasjonene i fjorden. I tillegg er det foreslått noen nye målestasjoner for bedre å kunne spore sedimentkildene.

Den totale transporten til Holandsfjorden/ Nordfjorden er målt og beregnet til 6270 tonn under naturlige forhold (1987). På basis av data fra Engabreelva kan middelet for årene 1970 – 81 beregnes til 8360 tonn for samme fjordområde. I årene etter igangsetting av Svartisen kraftverk: 1995 – 1997 ble transporten ved kraftstasjonen målt til henholdsvis 30890 tonn, 29045 tonn og 5239 tonn. I 1997 var partikkelkonsentrasjonen noe lavere enn tidligere år, men antall driftsdøgn var også færre. Den organiske transporten var forholdsvis lav med hhv 1719 tonn, 1209 tonn og 342 tonn i de samme årene. En viktig faktor som medvirker til at sedimenttransporten nå oppfattes som forurensning, er at kornfordelingen på suspensjonsmaterialet har endret seg. Leirinnholdet i suspensjonsmaterialet, som ble tilført indre del av Nordfjorden, har økt fra 10 % under naturlige forhold til 50 - 60 % etter at kraftverket kom i drift. Kornfordelingen kan imidlertid variere i perioder og ligger nær den opprinnelige i perioden med stor tilførsel fra Engabreen.

Måling av siktedyp innerst i Nordfjorden viser en signifikant korrelasjon med suspensjonstransport i kraftverket på lokalitet 1 og H10. På lokalitet 1 gir en reduksjon i transport fra 200 tonn/ døgn til 10 tonn /døgn en økning i siktedypet fra 0.6 m til ca 4 m. På lokalitet 5 vil den samme endringen gi variasjon i siktedypet mellom 3m og 8m. På lokalitet H10 i utløpsoset av kraftverket vil en tilsvarende reduksjon i transport ikke føre til noen markert forbedring i siktedyp. Ved suspensjonstransport under 40 tonn/ døgn viser datamaterialet et siktedyp større enn 1m ved samme lokalitet. I ytre del av Holandsfjorden (lokalitet 6) gir transport opp mot 250 tonn/ døgn et siktedyp på rundt 4m. Spredningen i siktedyp har sannsynligvis sammenheng med at kornstørrelsen varierer når kildene forandres. Finfordelt materiale svekker lyset mer enn større partikler. På lange avstander fra kraftverket vil også vind, strøm og tilførsel fra andre kilder føre til at det ikke blir en direkte korrelasjon mellom siktedyp og suspensjonstransport i kraftverket. Relasjonene mellom transporten i kraftverket og siktedypet i fjorden vil sannsynligvis ikke endres mye i framtiden, hvis spredningsforholdene forblir de samme. Denne relasjonen kan dermed benyttes til å drøfte forventet utvikling i forskjellige situasjoner. Bidragene fra forskjellige sedimentkilder varierer gjennom året og endrer seg også med kraftverkets manøvrering. Første ordinære driftsår er 1999. Videreføring av pågående undersøkelser over noen år med normal drift kan vise hvordan kraftverket påvirker fjordsystemet i karakteristiske driftssituasjoner.

Emneord: suspensjonstransport,
sedimentkilder, vannkraftverk, vannkvalitet

Ansvarlig underskrift:


Arve M. Tvede
Seksjonssjef

1. INNLEDNING	3
2. MÅLINGER FØR KRAFTVERKET BLE SATT I DRIFT	3
3. MÅLINGER ETTER AT KRAFTVERKET BLE SATT I DRIFT	8
<i>1.1.1 Svartisen kraftverk</i>	<i>8</i>
<i>1.1.2 Engabre kammer</i>	<i>14</i>
<i>1.1.3 Engabreelv</i>	<i>17</i>
4. MILJØKONSEKVENSER OG FORVENTET UTVIKLING	17
5. OVERLØP	26
6. MÅLEPROGRAM OG TILTAK	26
REFERANSER	28

1. INNLEDNING

Svartisen kraftverk kom i drift i 1993. Etter et års drift av kraftverket, ble det observert stor sedimentbelastning og blakking av vannet i Nordfjorden og Holandsfjorden. Denne rapporten oppsummerer foreliggende målinger og vurderinger i tilknytning til 10 spørsmål som SFT har stilt til Statkraft i brev av 01.07.98. NVE ble tildelt ansvaret for å redegjøre for spørsmål som angår transporten av partikulært materiale før og etter kraftverket ble satt i drift. Samt en forventet fremtidig utvikling. Det spørres også etter tiltak og aktuelle undersøkelser som er nødvendige i tiden fremover for å følge med på utviklingen av miljøtilstanden i Holandsfjorden. NVE har tidligere undersøkt sedimentkildene i Storglomvatn (Olsen 1995 og Bogen m.fl. 1996).

Et oversiktskart over overføringstunneler og magasiner i Svartisen kraftverk og det gamle Fykan kraftverk i Glomfjord er vist i fig. 1. I NVEs terminologi brukes betegnelsen suspenderte sedimenter om det partikulære materialet som beveger seg som svevestoff i vassdragene og vannveiene til kraftverkene. Dette er i samsvar med den internasjonale terminologi på fagfeltet, se f. eks. Bogen, Walling og Day (1992). Ved målinger av glødetap skilles det mellom konsentrasjonen av organisk og minerogent materiale. Denne rapporten tar for seg målingene av den minerogene komponenten. Prøvetakingen omfatter kornstørrelser på partikler i sand- silt- og leirfraksjonen. Suspensjonstransporten beregnes ut i fra vannføringen og suspensjonskonsentrasjonen. Det gjøres løpende kornfordelingsanalyser av det suspenderte materialet. Kornfordelingsanalysene danner grunnlag for beregninger av restsuspensjon etter at vannet har beveget seg gjennom et magasin eller et klaringsbasseng. Analysene er også viktig for å spore sedimentkildene gjennom året.

2. MÅLINGER FØR KRAFTVERKET BLE SATT I DRIFT

I 1987 ble sedimenttransporten målt i tilknytning til en rekke planlagte inntak på Nord – Syd og Østoverføringen. Dette var en del av de tekniske forundersøkelsene til kraftverket. Målingene på Nord – Sydoverføringen gir et godt bilde av materialtransporten til Holandsfjorden /Nordfjorden slik det var før reguleringene ble iverksatt. Målingene i Frokosttindbekken, Dimdalen og Engabreelv er basert på ISCO automatprøvetaker med 4 prøver pr. døgn i perioden 29 mai – 17 september. Siste periode frem til slutten av oktober ble basert på manuell prøvetaking og estimering av transporten ved hjelp av vannføringsregistreringer. Prøvetakingen i Botteløyra ble utelukkende basert på manuell prøvetaking (Kjeldsen, Olsen og Bogen, 1988). Lokaliseringen av målestasjonene er vist på fig. 2.



0 10 km

Målestokk

Grunnlag: Statens kartverk N250
Temadata og utforming: NVE-XTEB 06.11.1998

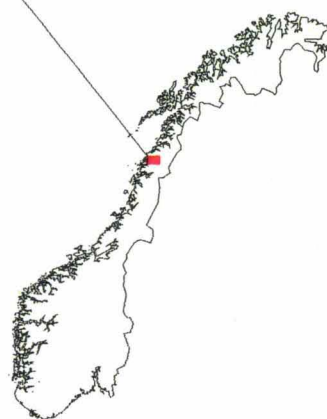


Fig. 1 Overføringstunneler og magasin i Svartisen Kraftverk.



Fig. 2 Målestasjoner og beregningspunkt for suspensjonstransport for beregninger av transport til Nordfjorden/Holandsfjorden før og etter Svartisen kraftverk kom i drift.

- **Frokosttindbekken (1).** Målestasjonen ble etablert innerst i Holandsfjorden ved Storfjord ca 20 m o.h. og fanger opp bekkene oppstrøms målepunkt 1. Konsentrasjonene varierte fra 0.1 mg/l til 431 mg/l. Total transport ut i Nordfjorden i måleperioden var på 600 tonn og tatt hensyn til øvrige breelver utgjorde transporten 1200 tonn.
- **Dimdalen (2).** Målestasjonen ligger i Dimdalselva, ca 25 m o. h. En ISCO automatprøvetaker tok fire prøver pr. døgn. Konsentrasjonene varierte fra 0.3 mg/l – 405 mg/l. Total transport ut i Nordfjorden var på 1600 tonn. Størstedelen av transporten er konsentrert i pulser med forholdsvis kort varighet, se fig. 3a og 3b.
- **Botteløyra (3).** Konsentrasjonene varierte fra 0.4 mg/l til 86.9 mg/l. Total transport ut i Holandsfjorden ble målt til 28 tonn.
- **Engabreelv (4) /utløp Engavatn (5).** Transporten i innløpet ble målt til 9300 tonn. Suspensjonstransporten ved utløpet av Engavatn ble ikke målt i 1987. Middelet for årene 1970 – 1981 viser at 17 % av materialet som ble tilført fra Engabreen fremdeles var i suspensjon ved utløpet. På basis av dette er transporten ut av vannet til Holandsfjorden beregnet til 1540 tonn i 1987. Konsentrasjonene i breelva varierte fra 3.1 mg/l til 593 mg/l.
- **Fonndalselv (6).** Inntakene i Fonndalen var utilgjengelige og vanskelige å måle. Suspensjonstransporten ble derfor beregnet ved å anta samme spesifikke erosjonsrate som Engabreen i perioden 1987 – 1993. Sedimentasjonen i Fonndalsvatnet ble beregnet ved Sundborgs metode (se Bogen m.fl 1996). Beregningene viste at Holandsfjorden ble tilført ca. 1900 tonn fra Fonndalselv.
- **Breene ved Storglomvatn.** Breene ved Storglomvatnet drenerte ikke til Holandsfjorden – Nordfjorden før utbyggingen av Svartisen kraftverk. Det naturlige utløpet var ned Fykanåga og ut i Glomfjorden. Sedimentproduksjonen til disse breene er beregnet til 103 000 tonn/år. (Bogen m. fl. 1996). I denne rapporten ble restsuspensjonen ved inntaket etter kraftverket ble satt i drift beregnet. Med de samme forutsetningene kan restsuspensjonen i Fykanåga fra disse breene før Svartisen - utbyggingen beregnes til 1380 tonn/år.
- **Suspensjonsmaterialets kornfordeling.** Kornfordelingen på suspensjonsmaterialet i Frokosttindbekken er vist i fig 7 og fig. 8. Kurvene fra Dimdalen, Botteløyra og Engabreen avviker ikke mye fra denne kurven, (se for øvrig Kjeldsen, m. fl.1988). I beregningene av restsuspensjonen fra Fonndalen og breene i Storglomvatn er det antatt at kornfordelingskurvene er lik de øvrige breene.

DIMDALEN 1987

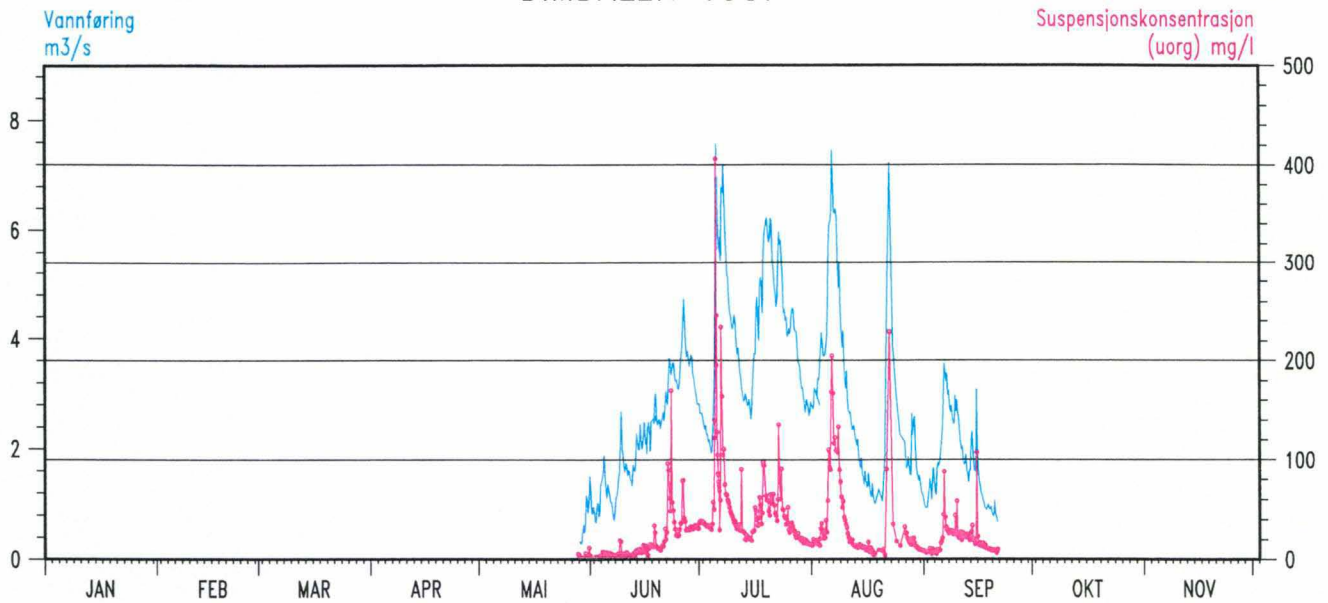


Fig. 3 Vannføring og minerogen suspensjonskonsentrasjon i Dimdalselv (lok 2), 1987.

STNR. 159 7 DIMDALEN 1987

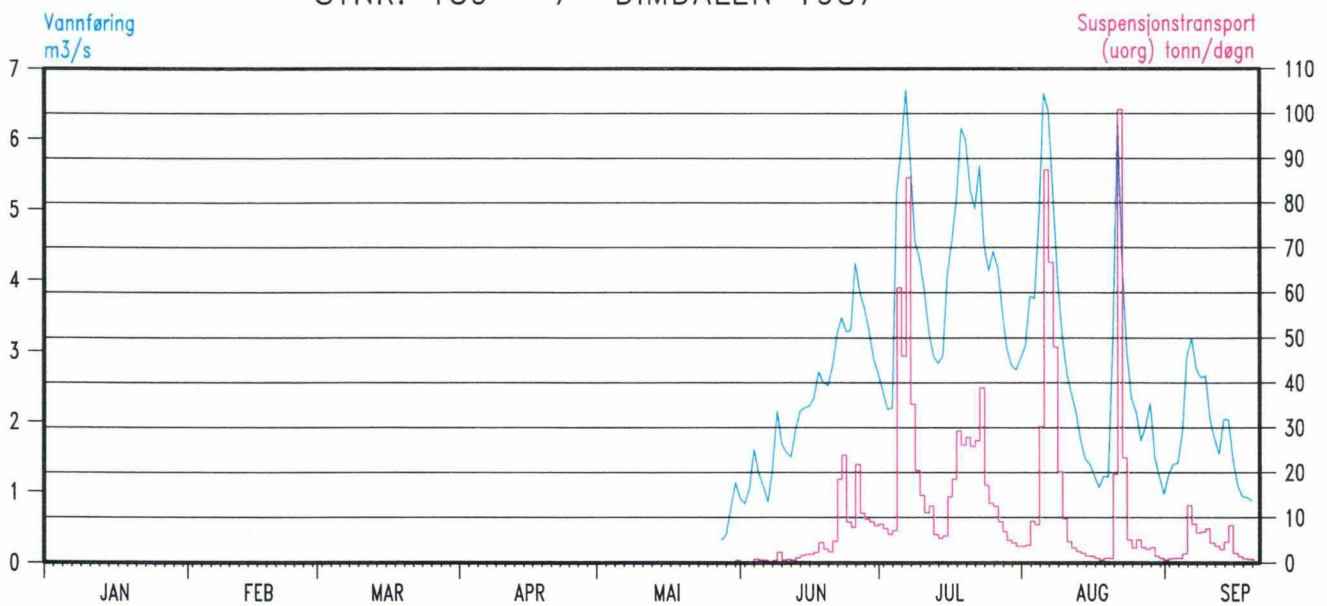


Fig. 3b Vannføring og minerogen suspensjonstransport i Dimdalselv (lok 2), 1987.

Tabell 1. Målinger av Suspensjonstransporten i elver med utløp til Nordfjorden/ Holandsfjorden. Målinger og beregninger er foretatt før Svartisen kraftverk ble satt i drift.

Lokalitet	Susp. Transp 1987 (tonn)	Maks. kons (mg/l)	Susp. Transp Beregnet. Midd. 1970 – 81 (tonn)
Frokostindbekken	1200	431.0	1600
Dimdalen	1600	405.0	2133
Botteløyra	28	86.9	37
Engabrevatn/utløp	1540		2053
Fonndalselv	1900		2533
Sum (avrundet)	6270		8360

Sedimenttransporten i smeltevannet fra isbreer varierer fra år til år. Det er imidlertid bare Engabreen som har blitt målt over en lengre periode. Ved å anta at transporten i de øvrige elver og bekker varierer på samme måte kan det beregnes et middel for samtlige 1970 – 1981.

3. MÅLINGER ETTER AT KRAFTVERKET BLE SATT I DRIFT

I tilknytning til kraftutbyggingen ble det etablert en rekke målestasjoner for suspensjonstransport. Langs Nord – Sydoverføringen ligger tre målestasjoner: Svartisen kraftverk og Engabre (ved inntak) og Engabreelv. Etter at kraftverket ble satt i drift i 1993, ledes vannet fra inntakene frem til kraftverket ved Storjord. Utslippet av sedimenter konsentreres da ved kraftstasjonen innerst i Nordfjorden. Det subglasiale inntaket under Engabreen ble imidlertid ikke satt i drift før juni 1994.

1.1.1 Svartisen kraftverk

Suspensjonstransporten som føres gjennom kraftstasjonen registreres ved en manuell avtapping av en vannprøve i undervannet på turbinen hver ukedag når kraftstasjonen er i drift. Det tas kornfordelingsanalyser av suspensjonsmaterialet hver uke.

Suspensjonstransporten ble målt til 30 900 tonn i 1995 og 28 850 tonn i 1996. I 1997 avtok transporten til 5200 tonn, men antall driftsdøgn var sterkt redusert i forhold til tidligere år. Midlere konsentrasjon avtok fra henholdsvis 25.7 mg/l og 22.9 mg/l i 1995 og 1996 til 9.0 mg/l i 1997, se fig 4a, fig 5a, fig 6a og tabell 2. Maksimalkonsentrasjonene var på 235 mg/l i 1995. I 1996 ble de høyeste konsentrasjonene målt til 514.2 mg/l under flomforhold. I tidsrommet 20/8 – 27/8. I 1997 ble det målt en maksimalkonsentrasjon på 213 mg/l den 4 august. I 1998 er maksimalkonsentrasjonen 110 mg/l etter en lang periode med driftsstans i

slutten av juli (fig. 7a). Foreløpige målinger frem til og med august er vist i tabell 2. Midlere transport pr. driftsdøgn var på 135.5 tonn i 1995, 117.1 tonn i 1996 og avtok til 40.9 tonn i 1997. De foreløpige tallene fra 1998 viser en fortsatt reduksjon. Avløpet pr. driftsdøgn har ikke avtatt i samme takt. Årsaken til reduksjonen i transport er antagelig å finne i to forhold: Kraftverket står om sommeren i lengre perioder i 1997 og 1998 slik at mesteparten av sedimenttransporten i den perioden føres til magasinet. I årene med stor transport, 1995 og 1996 er driftsvannføringen noe høyere i den perioden da breene bidrar med mest materiale. Vannstanden i magasinet øker i samme periode, men det er foreløpig ikke mulig å se noen entydig sammenheng.

Tabell 2. Vannføring og beregnet minerogen og organisk suspensjonstransport ved Svartisen kraftverk 1995 - 1997. Antall døgn er antall døgn i måleserien og tilhørende antall driftsdøgn i denne perioden.

ÅR	ANT. DØGN	DRIFTS DØGN	AVLØP		UORGANISK SEDIMENTTRANSPORT			ORGANISK SEDIMENTTRANSPORT		
			TOT mill m ³	PR DRIFTS DØGN mill m ³	TOT tonn	PR DRIFTS DØGN Tonn	KONS mg/l	TOT Tonn	PR DRIFTS DØGN Tonn	KONS mg/l
1995	340	228	1204.50	5.28	30890	135.48	25.7	1719	7.54	1.43
1996	365	248	1336.30	5.38	29045	117.12	21.7	1209	4.87	0.91
1997	364	128	583.53	4.56	5239	40.92	9.0	342	2.67	0.59
1998	240	122	583.64	4.78	3055	25.04	5.3			

Sammenliknes målingene i kraftverket med målingene i Frokosttindbekken før utbygging, så er det åpenbart at volumene på suspensjonstransporten har økt betraktelig i indre del av fjorden. Den høye suspensjonstransporten i 1995 og 1996 må sees i sammenheng med lav vannstand og erosjon i magasinet. Selv om suspensjonstransporten er redusert de siste tre årene og viser en positiv trend, er det ikke grunnlag for å konkludere om den videre utviklingen fordi disse årene har vært preget av lagring i magasinet. Data fra 1999 og utover vil gjenspeile en normal driftssituasjon. Det gjenstår derfor å se hvordan utviklingen blir.

SVARTISEN KR.V 1995

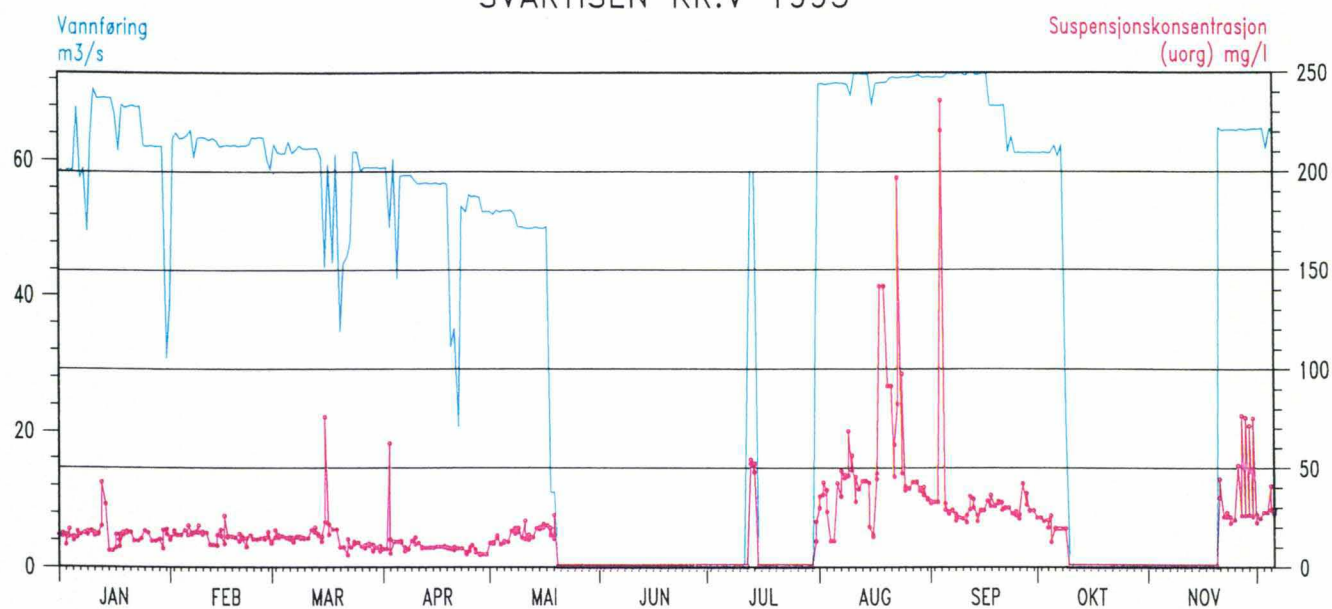


Fig. 4a Driftsvannføring og minerogen suspensjonskonsentrasjon i 1995.

STNR. 159 14 SVARTISEN KR.V 1995

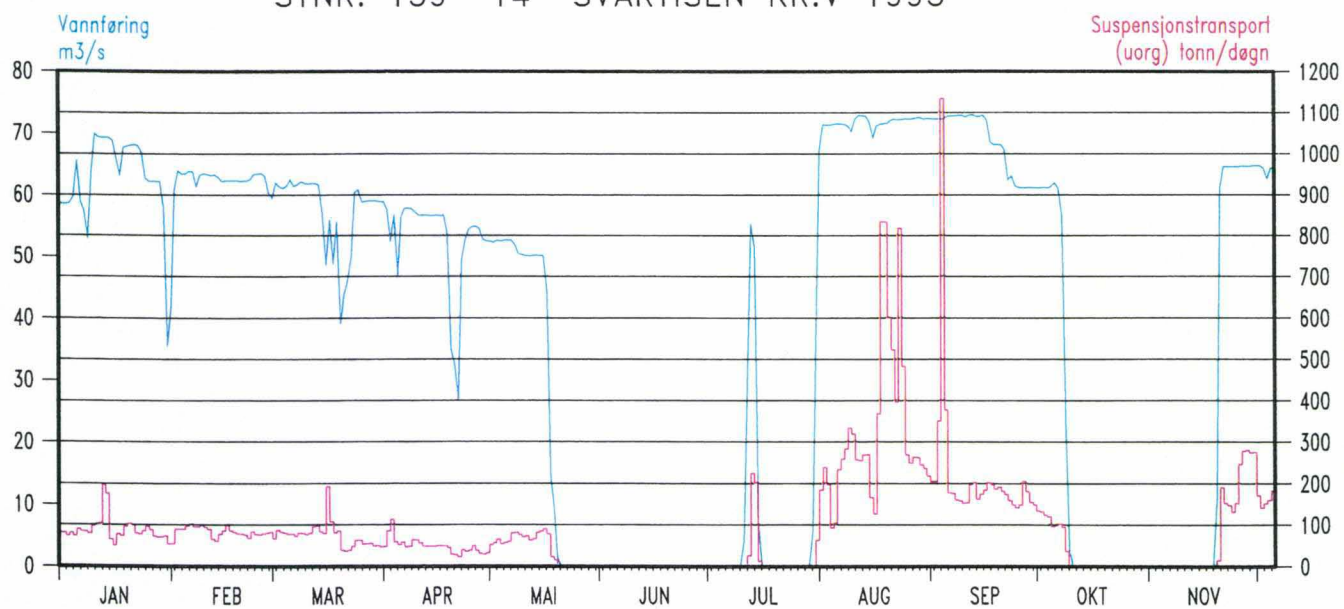


Fig. 4b Driftsvannføring og minerogen suspensjonstransport i 1995.

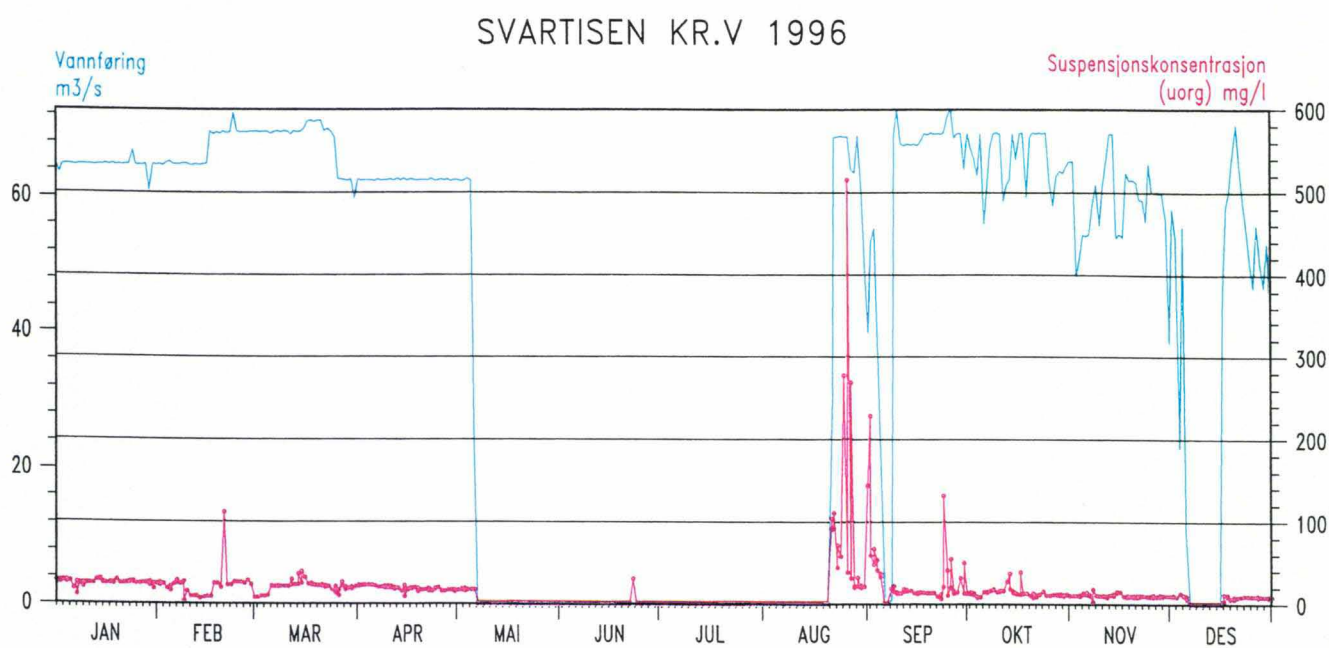


Fig. 5a Driftsvannføring og minerogen suspensjonskonsentrasjon i 1996.

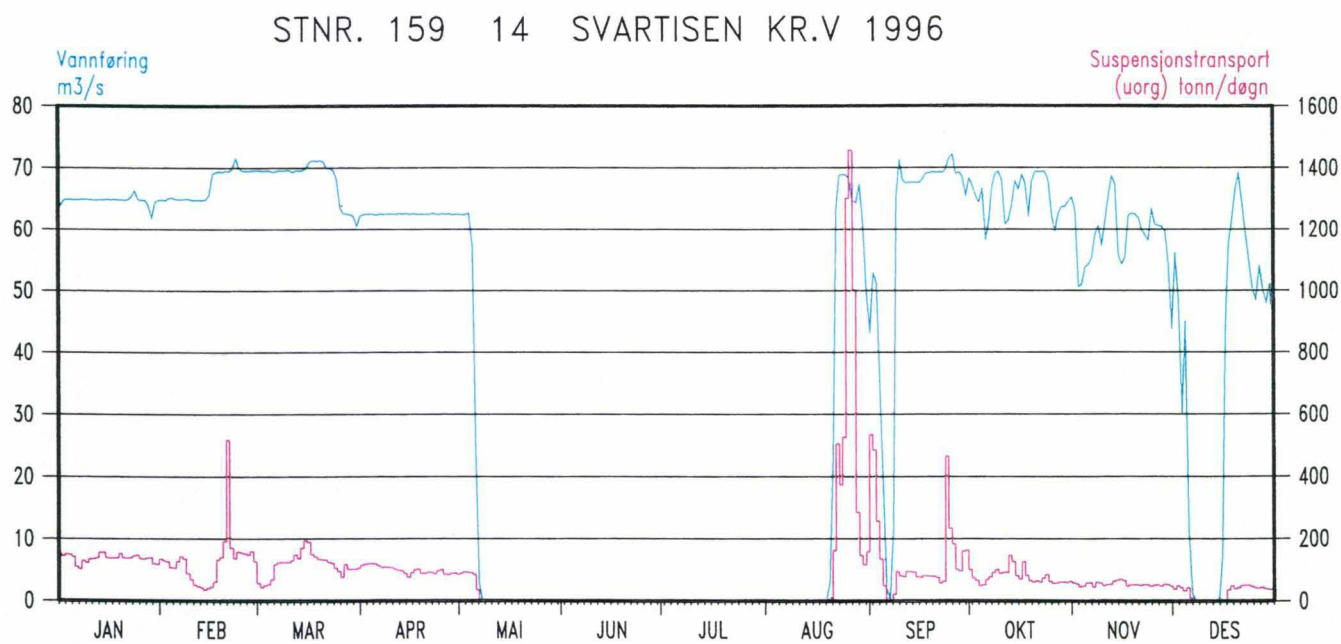


Fig. 5b Driftsvannføring og minerogen suspensjonstransport i 1996.

SVARTISEN KR.V 1997

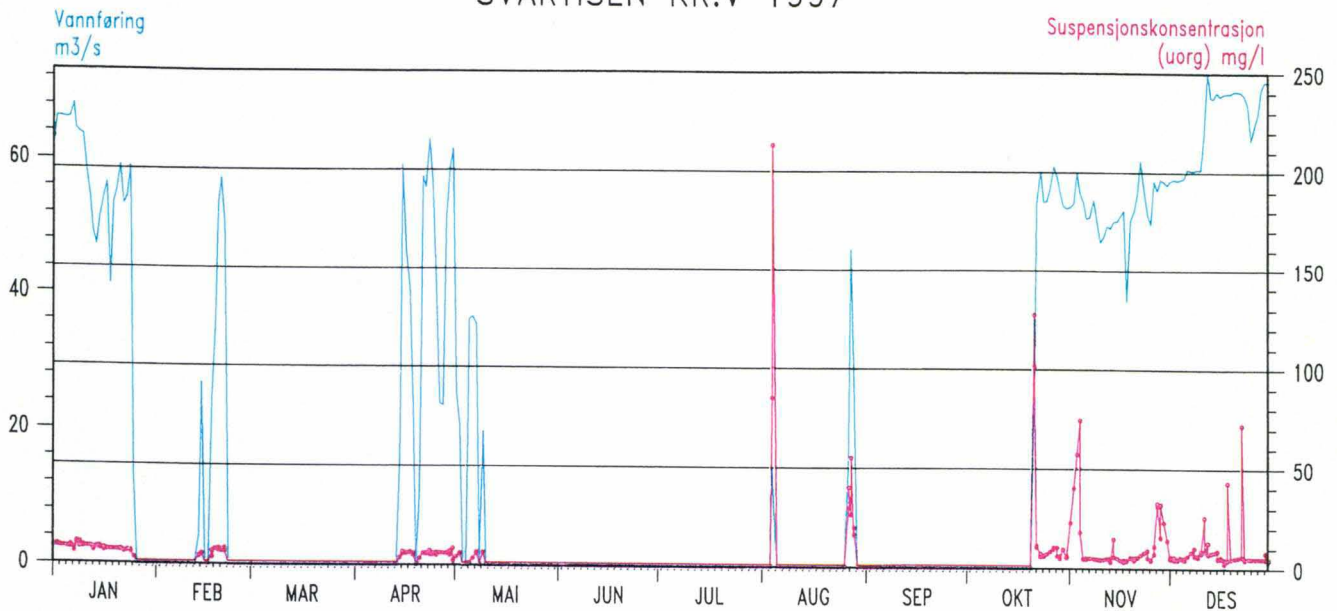


Fig. 6a Driftsvannføring og minerogen suspensjonskonsentrasjon i 1997.

STNR. 159 14 SVARTISEN KR.V 1997

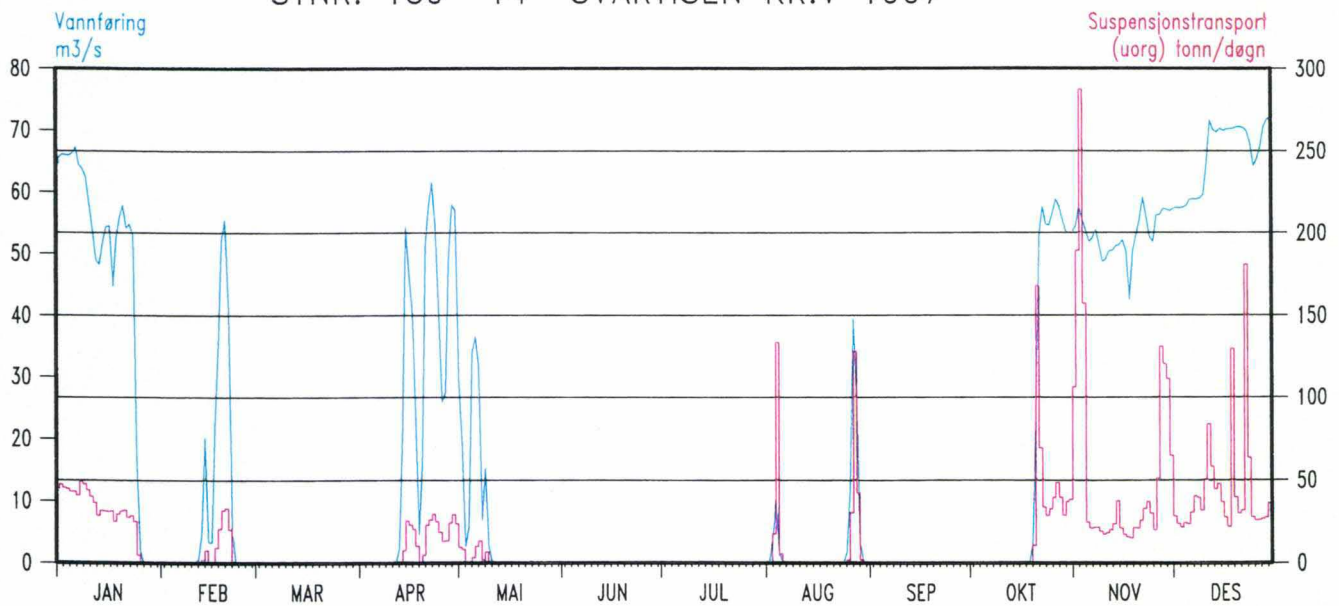


Fig. 6b Driftsvannføring og minerogen suspensjonstransport i 1997.

SVARTISEN KR.V 1998

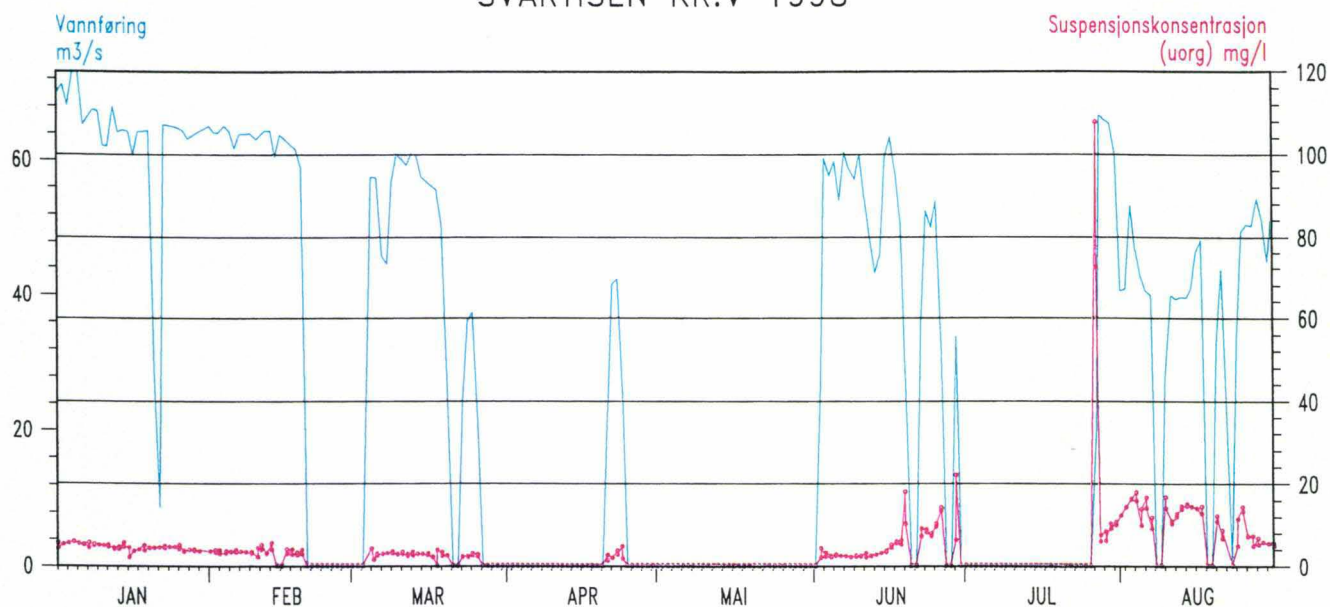


Fig. 7a Driftsvannføring og minerogen suspensjonskonsentrasjon i 1998.

STNR. 159 14 SVARTISEN KR.V 1998

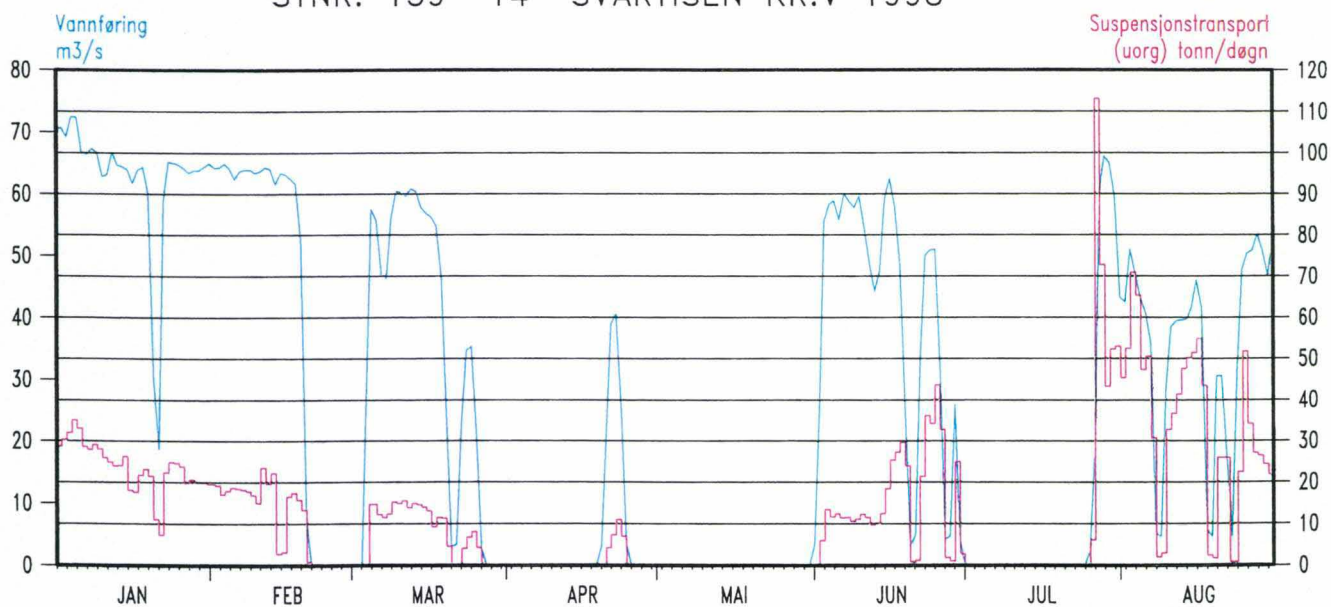


Fig. 7b Driftsvannføring og minerogen suspensjonstransport i 1998.

Suspensjonsmaterialets kornfordeling har endret seg betydelig i den perioden driftsvannet utelukkende kommer fra Storglomvatnet, fig 9. Kurvene fra denne perioden inneholder mellom 50% og 60% leire, mens kurven fra Frokosttindbekken viser bare 8% leire og et stort innslag av sand. I den delen av sesongen da det også kommer tilførsel fra Nord – Sydoverføringene er kornfordelingene av mer variabel karakter. Materialet i driftsvannet kommer i denne perioden både fra kilder langs Nord - Sydoverføringen og fra Storglomvatn. Kornfordelingen på suspensjonsmaterialet varierer sterkt fra uke til uke gjennom denne perioden, se fig. 8. Materialet som kommer fra bekkeinntakene og breinntakene på Nord – Sydoverføringen er ofte grovere enn materialet som kommer fra magasinet. Når de blander seg i forskjellig grad vil kornfordelingen variere.

Breene som drenerer ned til Storglomvatn bidrar også til transporten i Svartisen kraftverk i sommersesongen. Flere av disse breene kalver direkte i magasinet. Det er derfor ikke mulig å måle sedimenttransporten i smeltevannet på ordinær måte. Sedimenttilførselen ble beregnet av Bogen m. fl. 1996) til 103 000 tonn/år. Det ble også beregnet at 9300 tonn når frem til kraftverkets inntak og drenerer ned til Nordfjorden. Før Svartisen kraftverk kom i drift ble restsuspensjonen i Fykanåga og ut i Glomfjorden, beregnet til 1380 tonn. Hovedårsaken til økningen er at sedimentasjonsveiene er blitt forkortet, se fig. 10

1.1.2 Engabre kammer

Stasjonen måler sedimenttransporten i det subglasiale vanninntaket fra Engabreen og ligger ovenfor sedimentkammeret under breen. Inntaket under Engabreen er en av hovedkildene for sedimenttilførselen til kraftstasjonen. Før inntaket under Engabreen kom i drift, gikk transporten videre i det subglasiale dreneringssystemet frem til brefronten. Målestasjonen ble etablert i 1994. Det har vært visse tekniske vanskeligheter med driften av stasjonen.

Konsentrasjonene kan være svært høye i begynnelsen av avrenningssesongen. I 1995 ble maksimalkonsentrasjonen opp mot 5000 mg/l. En stor flom i august dette året ødela målestasjonen. Den ble imidlertid opprettet på ny. Forløpet i 1997 er vist i fig. 11. Hoveddelen av transporten er konsentrert til noen episoder med intens avrenning i sommermånedene. Når kraftstasjonen går, vil suspensjonstransporten føres gjennom kraftverket og ut i Nordfjorden. Hvis kraftverket står, vil transporten føres til magasinet. Suspensjonstransporten i Svartisen kraftstasjon er sammenstilt med transporten fra Sydoverføringen (Engabre – kammer)

Materialet i sedimentkammeret spyles ut en gang i året. Dette materialet føres inn under breen og for en stor del ut ved brefronten.

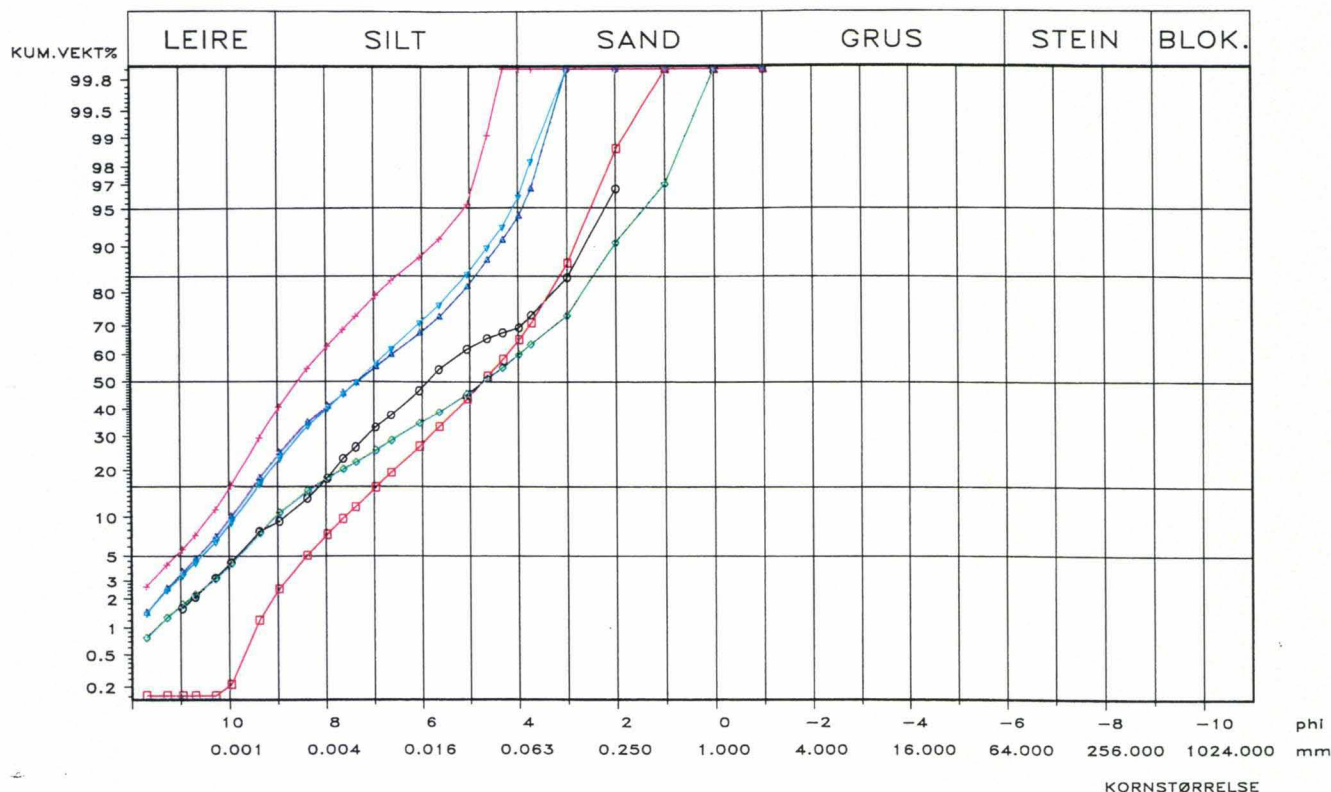


Fig. 8 Kornfordelingen på suspensjonsmaterialet i Svartisen kraftverk (SKR 010 – 014) fra juni juli og august 1996 sammenliknet med en prøve fra Frokosttindbekken før utbygging.

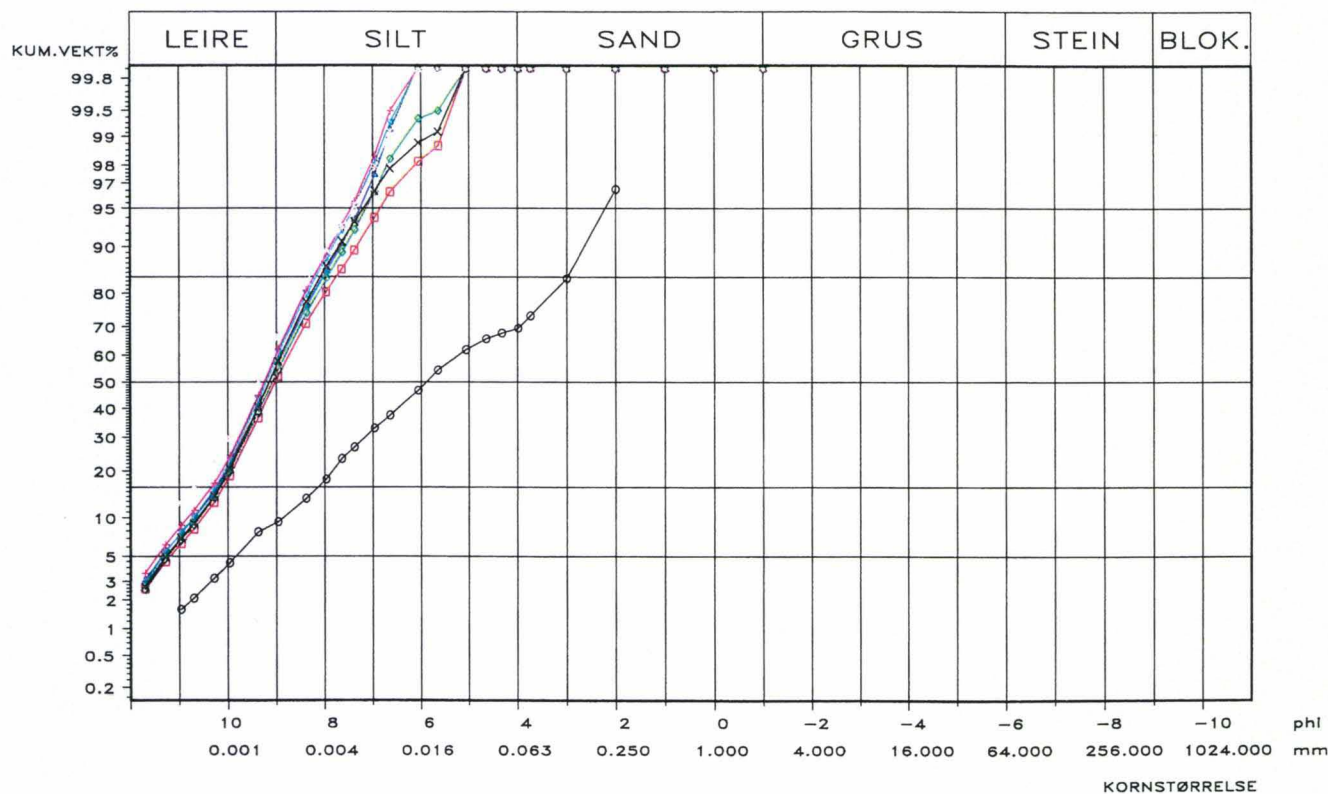
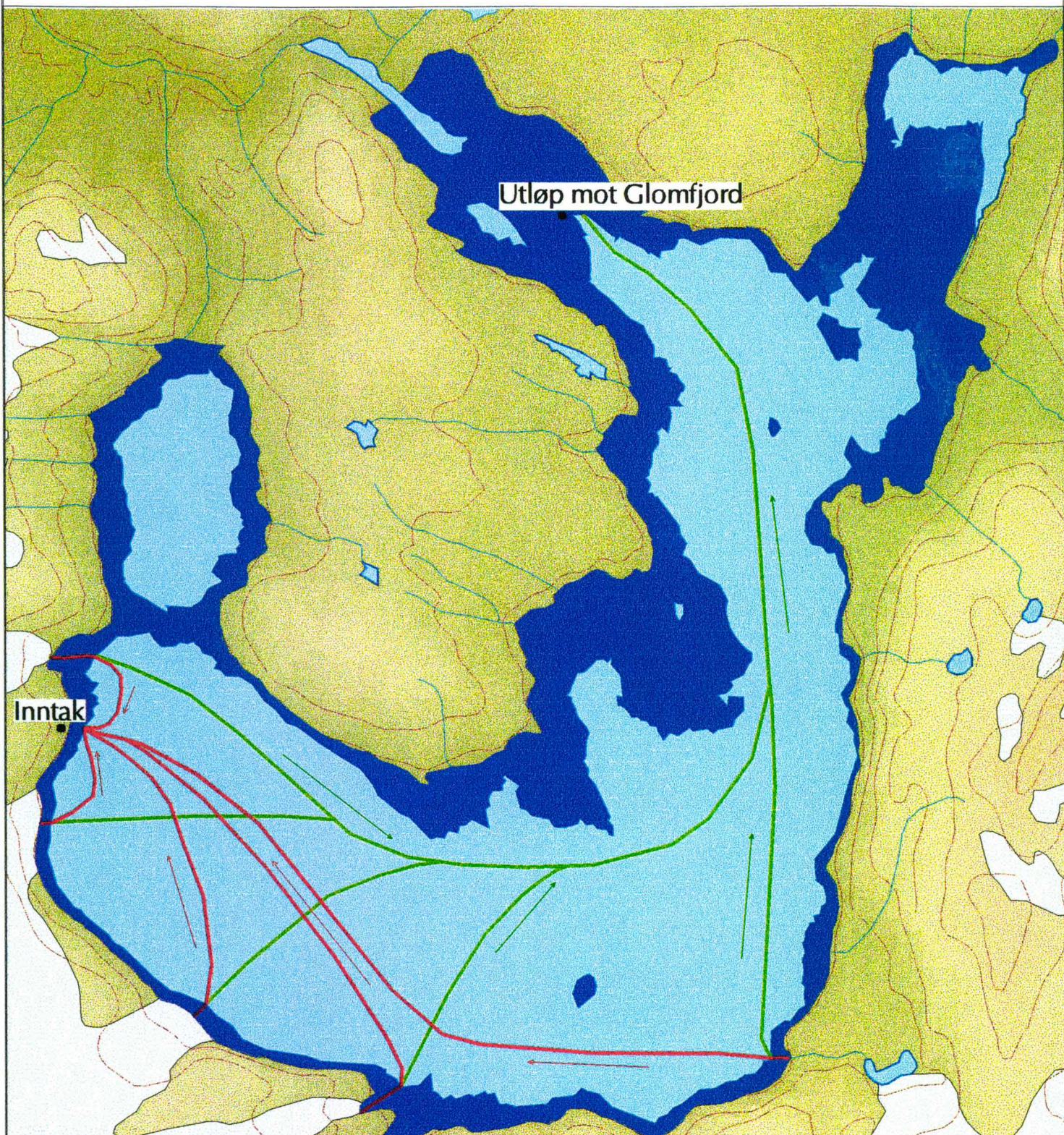


Fig. 9 Kornfordelingen på suspensjonsmaterialet i Svartisen kraftverk (SKR 001 – 007) fra månedene oktober – mai da driftsvannet bare kommer fra magasinet, sammenliknet med prøven fra Frokosttindbekken før utbygging.



Fig. 10 Sedimentasjonsveier for materiale fra breene i Storglomvatn før og etter Svartisen kraftverk ble satt i drift.



0 2.5 km

Målestokk

Sedimentasjonsvei uregulert

Sedimentasjonsvei regulert

Grunnlag: Statens kartverk N250
Temadata og utforming: NVE-XTEB 14.10.1998



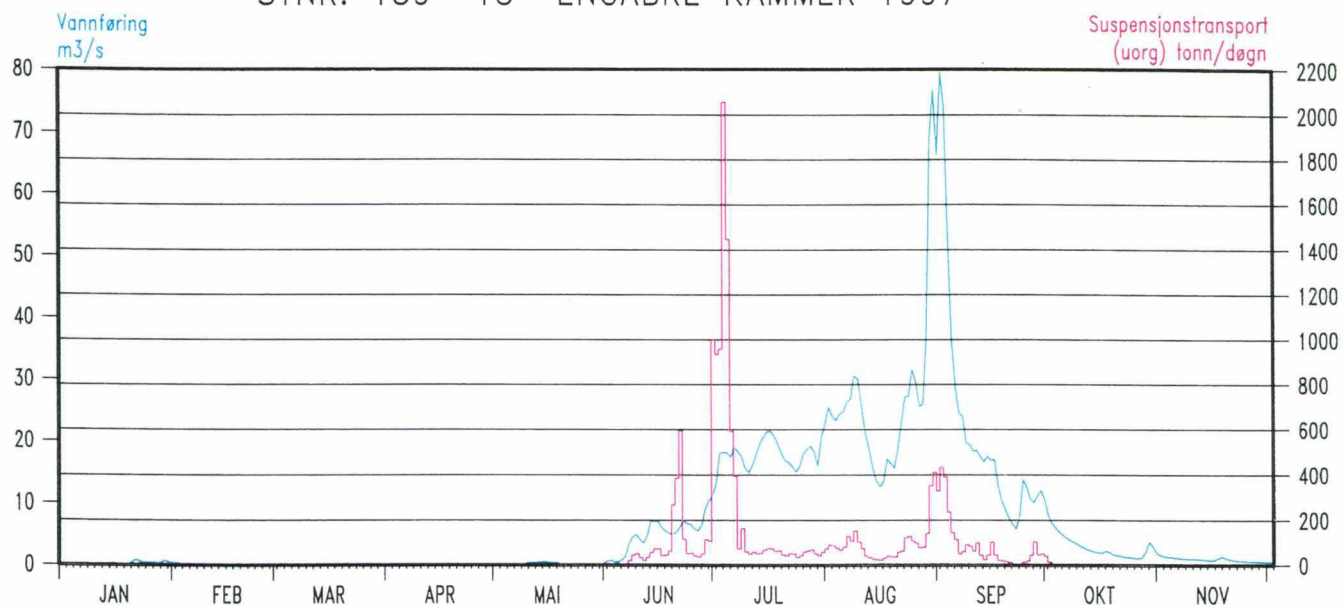
Stasjonen måler suspensjonstransporten i breelva fra Engabreen ved brefronten ovenfor innløpet i vannet. Målestasjonen har gått sammenhengende siden 1987 med unntak av deler av sesongen i 1988. Midlet for perioden 1987 – 1994 ligger nær transporten i 1987, ca 10 000 tonn/ år. Da kraftverket kom i drift ble vannføringen i breelva redusert betraktelig på grunn av overføringer direkte til kraftstasjonen. Det var forventet at transporten skulle avta tilsvarende, men etter 1994 har suspensjonstransporten derimot økt betraktelig. Transporten var i middel rundt 10 000 tonn / år i naturtilstanden og økte til mellom 40 000 og 100 000 tonn/ år i årene etter (fig. 12). Forholdet har sannsynligvis sammenheng med spylingen av sedimentasjonskammeret ved inntaket under Engabreen. Når kammeret spyles, blir det sannsynligvis dannet nye dreneringsveier under isen, som kan gi tilgang til andre sedimentkilder. Spylevannet og vann som drenerer i spylekanalene vasker ut mer materiale fra et større område enn smeltevannet gjorde i naturtilstanden.

4. MILJØKONSEKVENSER OG FORVENTET UTVIKLING

Sammenhengen mellom transportert mengde i kraftverket og siktedypet i Nordfjorden/ Holandsfjorden er presentert i figurene 14 - 17. På lokalitet H10 og lokalitet 1 i Nordfjorden er det en signifikant korrelasjon mellom siktedyp og suspensjonstransport i kraftverket. Lokalitetene er angitt på fig 13. Lokalitet H10 ligger ved utløpsoset av kraftverket. Det fremgår av kurven i fig. 14 at en reduksjon i transport fra 250 tonn/døgn til 100 tonn/døgn fører ikke til noen markert forbedring i siktedyp. Først ved suspensjonstransport under 40 tonn/døgn viser datamaterialet et siktedyp større enn 1m.

Kurven fra lokalitet 1 viser at en reduksjon i transport fra 200 tonn/ døgn til 10 tonn/ døgn gir en økning i siktedypet fra ca 0.6 m til ca 4 m, fig. 15. På lokalitet 5 i Holandsfjorden gir transport opp mot 200 tonn/døgn et siktedyp på rundt 3m. En reduksjon til 10 tonn/døgn gir 8 m siktedyp, se fig. 16. På lokalitet 6 er korrelasjonen dårligere, men siktedypet for en gitt døgntransport er bedre, fig. 17. Spredningen i siktedyp har sannsynligvis sammenheng med at kornstørrelsen forandres når kildene endres. Finfordelt materiale svekker lyset mer enn større partikler. Materiale fra Nord – Sydoverføringen vil dermed gi et større siktedyp enn materiale fra Storglomvatnet for samme transport. På lange avstander fra kraftverket vil også vind, strøm og tilførsel fra andre kilder føre til spredning av materialet og medføre at det ikke blir en direkte korrelasjon mellom siktedyp og suspensjonstransport i kraftverket.

STNR. 159 13 ENGABRE KAMMER 1997



STNR. 159 14 SVARTISEN KR.V 1997

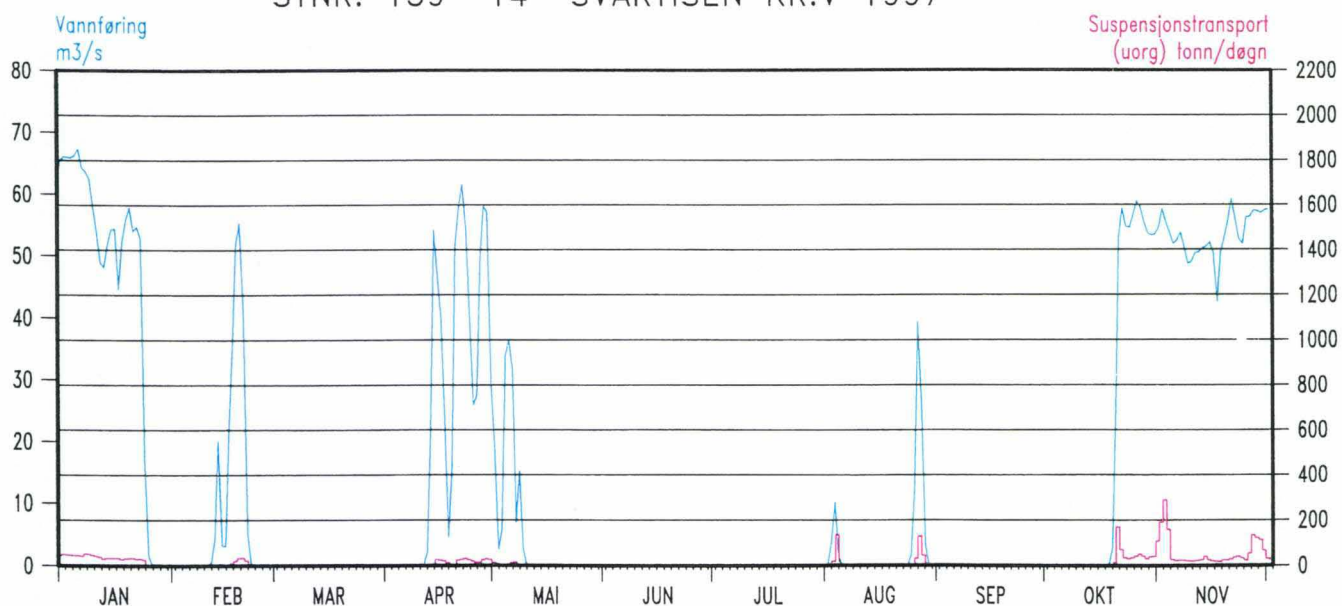


Fig. 11 Sedimenttransporten ved målestasjonen Engabre Kammer i 1997 sammenlignet med transport og driftsvannføring i Svartisen kraftstasjon i samme periode.

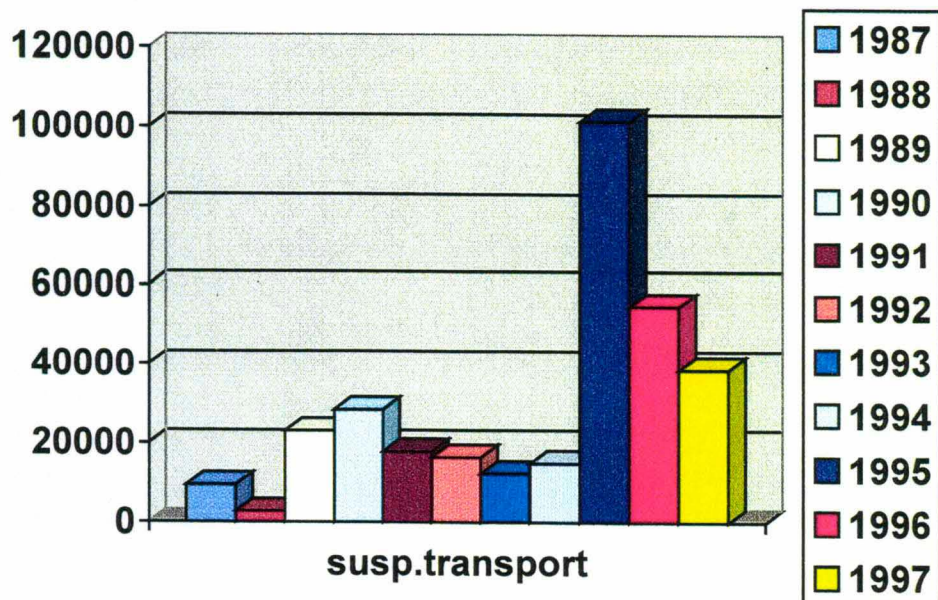
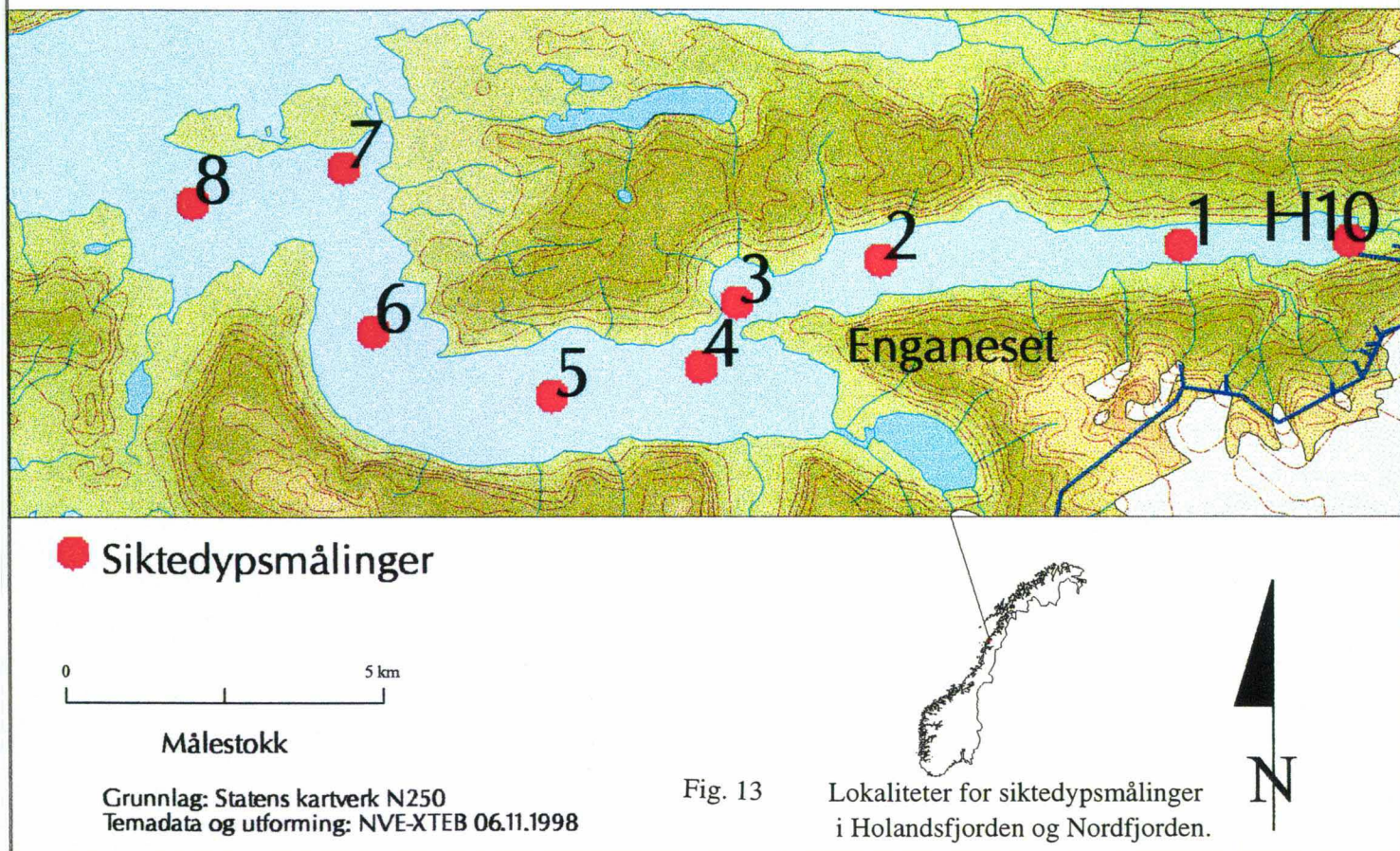


Fig. 12 Total årlig transport av minerogent materiale i Engabreen i årene 1987 – 1997.



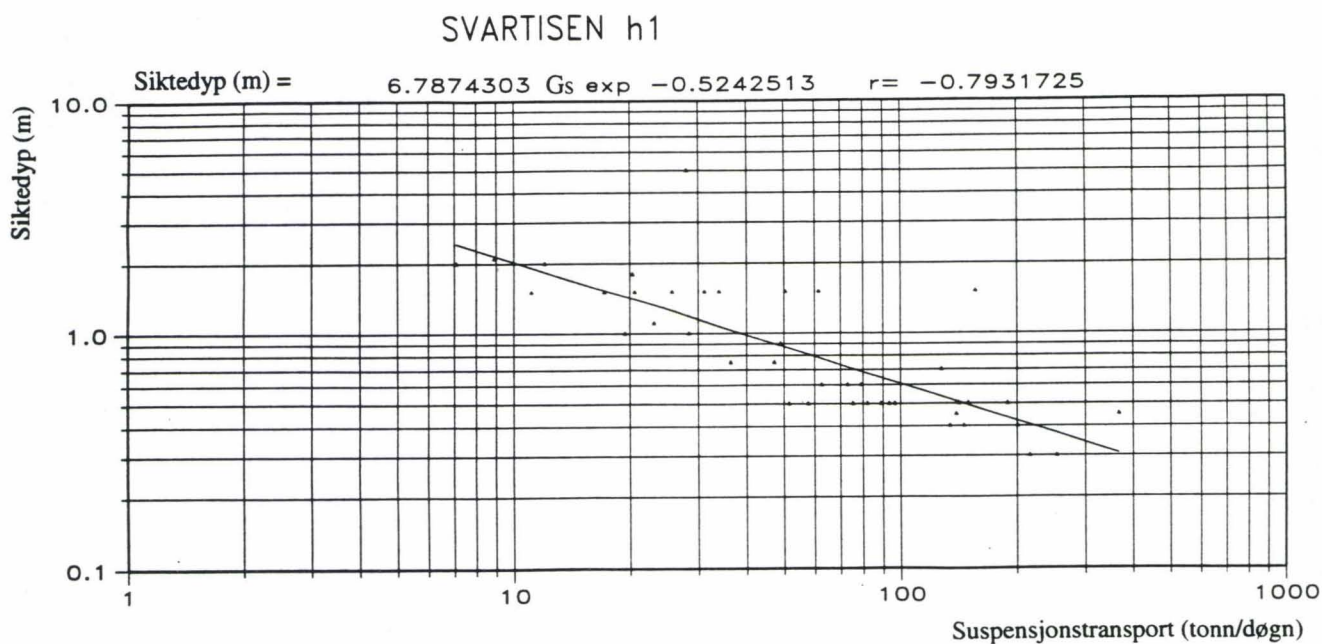


Fig. 14 Siktedyp ved lokalitet H10 innerst i Nordfjorden som funksjon av døgnlign suspensjonstransport i kraftverket.

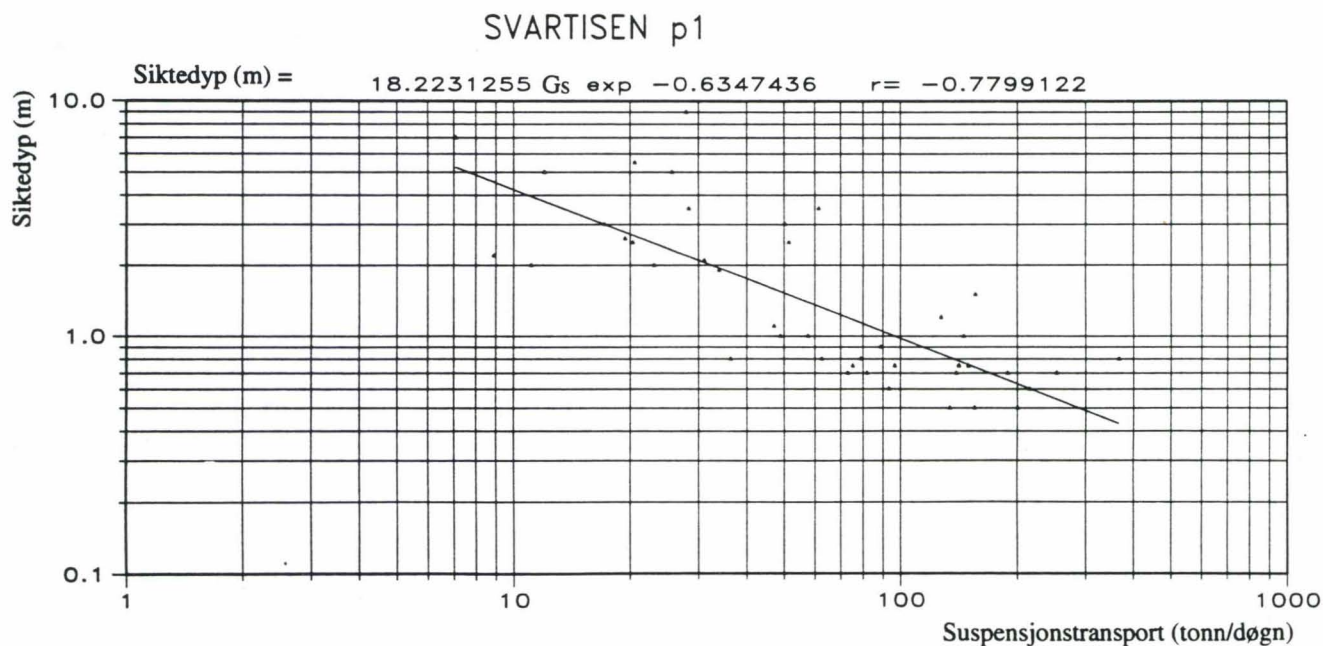


Fig. 15 Siktedyp ved lokalitet 1 i Nordfjorden som funksjon av døgnlign suspensjonstransport i kraftverket.

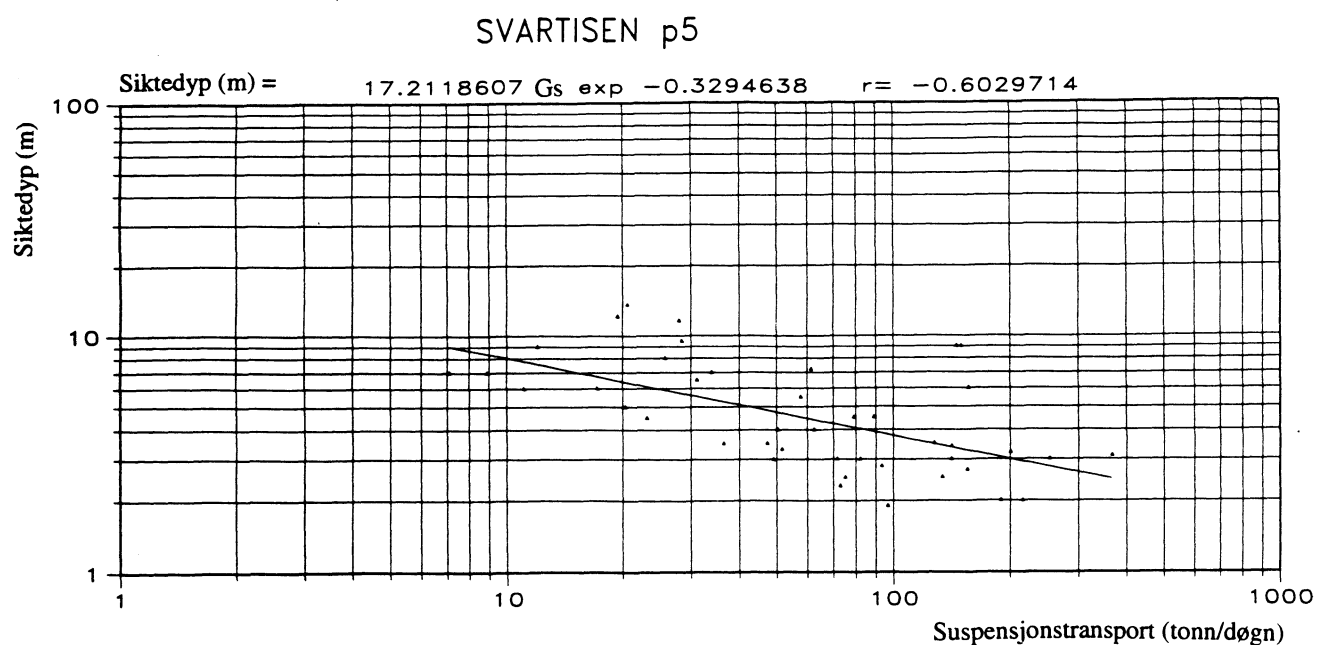


Fig. 16 Siktedyp ved lokalitet 5 i Holandsfjorden som funksjon av døgnlig suspensjonstransport i kraftverket.

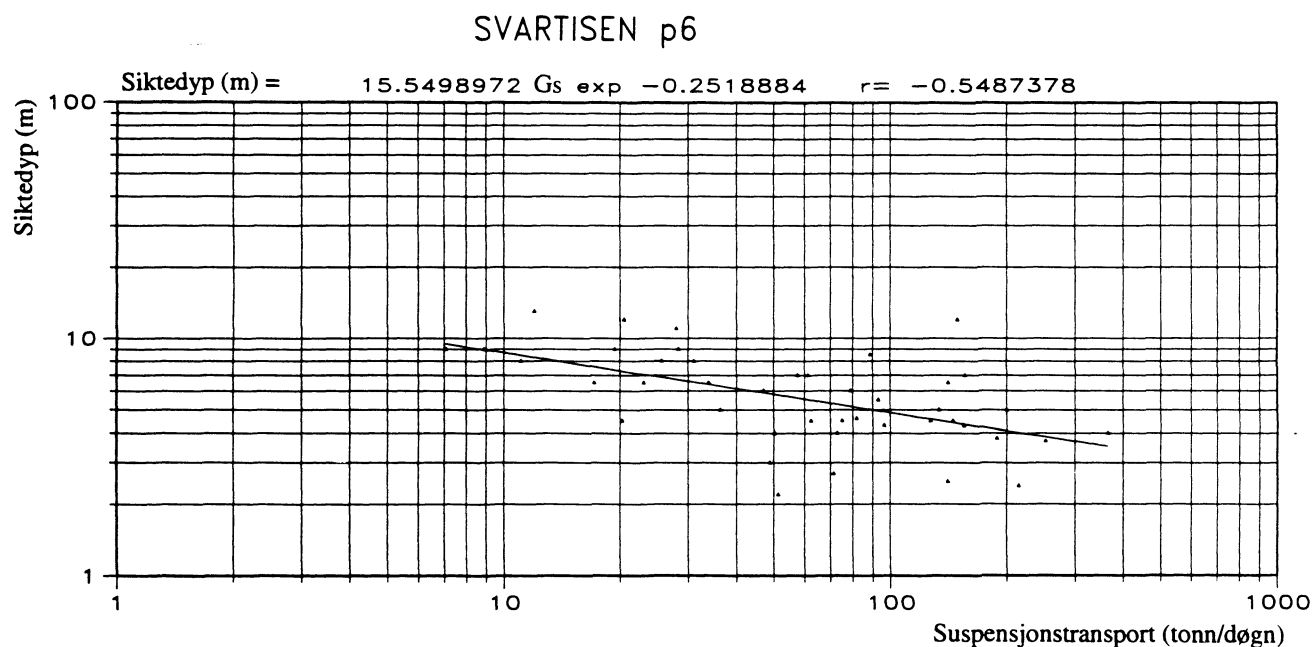


Fig. 17 Siktedyp ved lokalitet 6 i Holandsfjorden som funksjon av døgnlig suspensjonstransport i kraftverket.

Kurvene i fig. 14 - 17 er et godt utgangspunkt for å drøfte forskjellige tiltak. Relasjonene mellom transporten i kraftverket og siktedypet i fjorden vil sannsynligvis ikke endres i framtiden, hvis spredningsforholdene forblir de samme. Kurvene kan dermed benyttes til å drøfte forventet utvikling.

I planene for framtidig drift av kraftverket er det forventet høy vannstand i magasinet. Det er antatt at dette vil gi lavere konsentrasjoner i driftsvannet og forbedrede forhold. For å undersøke dette er suspensjonskonsentrasjonen i driftsvannet plottet mot magasinhøyde i fig. 18. De høyeste vannstandene viser lavest konsentrasjoner, men det ingen entydig sammenheng mellom magasinhøyde og konsentrasjon i driftsvannet. Hvis vi tar ut i perioder av året når Sydoverføringen har lavt tilsig, dvs. sen høst, vinter og vår, blir sammenhengene noe bedre, se fig. 19. Målinger som er gjort hittil viser at konsentrasjonene i kraftverket var lavere enn 10 mg/l når magasinet lå over kote 520. I tabell 2 er siktedypet beregnet ved hjelp av kurvene i fig. 14 - 17 ved forskjellig driftsvannføring og sedimenttransport.

Tabell 2. Forventet siktedyp etter relasjonen mellom suspensjonstransport ved kraftstasjon og siktedyp ved henholdsvis lokalitet H1 – H10 og H9. Transportert mengde er beregnet med suspensjonskonsentrasjon på henholdsvis 0.01 g/l og 0.02 g/l med forskjellig driftsvannføring.

0.01 g/l					
Driftsvannføring m ³ /s døgn	Susp.transp tonn/døgn	Forventet siktedyp (H10)	Forventet siktedyp P1	Forventet siktedyp P5	Forventet siktedyp P6
30	25.9	1.23	2.31	5.89	6.84
50	43.2	0.94	1.67	4.98	6.02
70	60.5	0.79	1.35	4.45	5.53
90	77.8	0.69	1.15	4.10	5.19
0.02 g/l					
30	51.8	0.86	1.49	4.69	5.75
50	86.4	0.66	1.08	3.96	5.06
70	121.0	0.55	0.87	3.55	4.65
90	155.6	0.48	0.74	3.26	4.36

Breene ved Storglomvatn og langs Nord – Sydoverføringen vil også bidra til sedimenttransporten i avsmeltningsperioden om sommeren. Det er derfor sannsynlig at sommerkonsentrasjonene vil ligge høyere enn i vinterhalvåret. Sommerkonsentrasjone i Storglomvatn bør undersøkes bedre. Foreløpig er det er bare målinger i nærheten av inntaket under to situasjoner: 13 juli 1995 og 7 september 1998, (tabell 3)

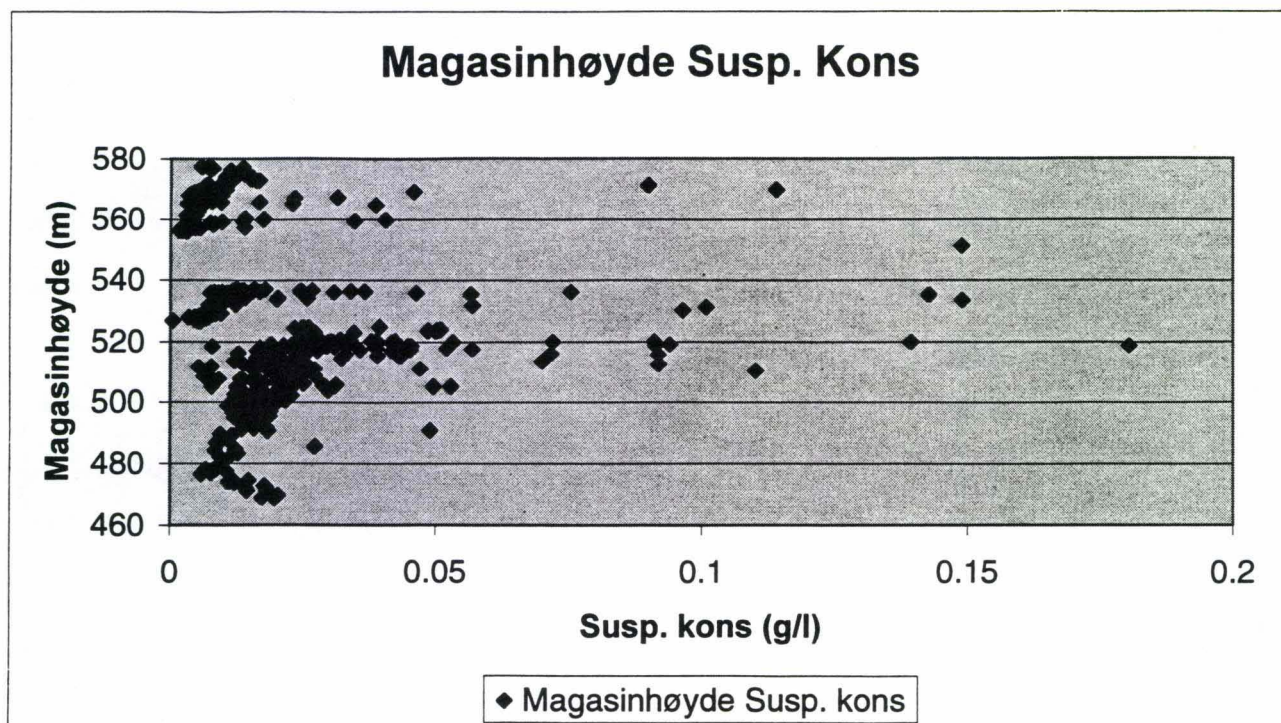


Fig. 18 Vannstand i Storglomvatn - magasinet vs konsentrasjonen av suspendert materiale i kraftverket (maks verdi 0.46 g/l).

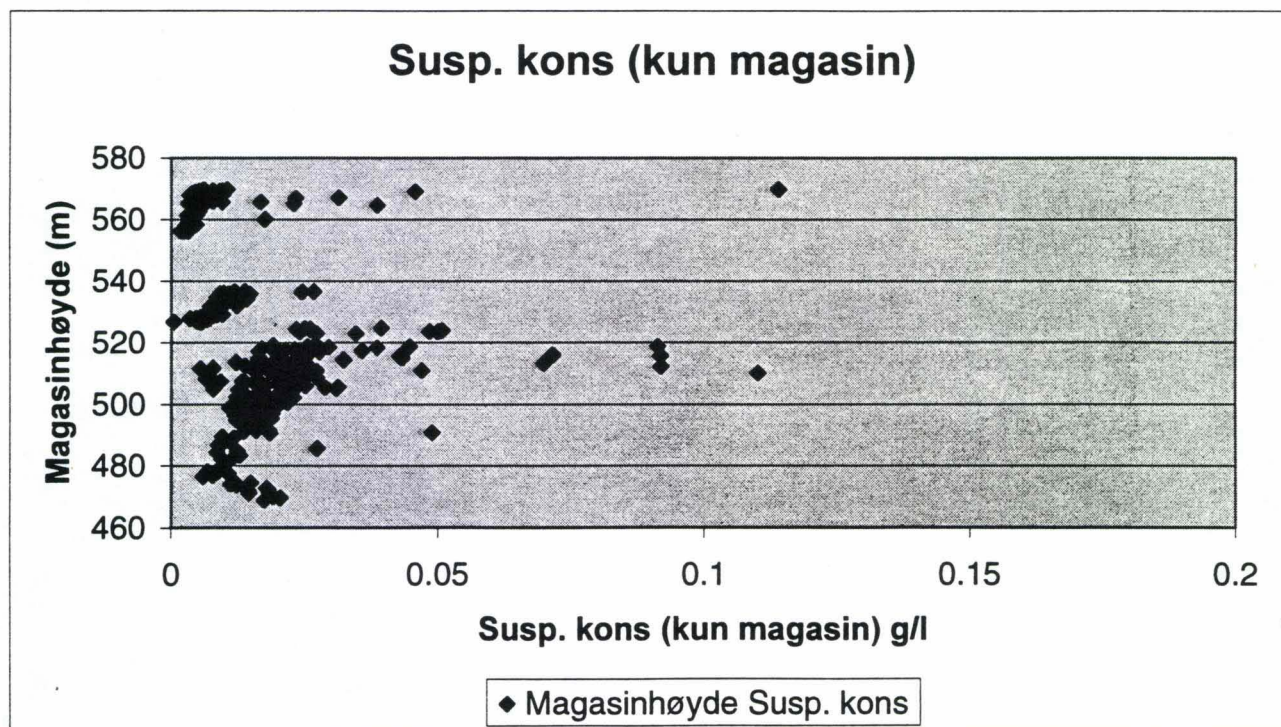


Fig. 19 Vannstand i Storglomvatn - magasinet vs konsentrasjonen av suspendert materiale i kraftverket i en periode da driftsvannet utelukkende kommer fra magasinet (maks verdi 0.46 g/l).

Tabell 3. Konsentrasjonen av suspendert materiale i et vertikalprofil ved inntaket i Storglomvatn i 1995 og 1998.

Dybdenivå (m)	13/7 – 1995 Susp. Kons (mg/l)	7/9 – 1998 Susp. Kons (mg/l)
0	-	3.9
10	47.4	5.5
20	63.0	19.2
30	57.4	7.3
40	70.6	12.1
50		8.5
60		5.4

De høye suspensjonskonsentrasjonene i magasinet sommeren 1995 har sammenheng med den lave magasin vannstanden, som førte til erosjon i bunnsedimentene.

I 1995 var konsentrasjonene høye. Vannstanden i magasinet lå på et lavt nivå (fig. 20), slik at det var et visst bidrag fra erosjon i bunnsedimentene. Breene rundt magasinet bidrar også mye på den tiden prøvene ble tatt. I 1998 ble prøvene innsamlet senere på året. Avrenningen fra breene er mindre og konsentrasjonen også noe lavere. I begge situasjoner er det en antydning til lavere konsentrasjoner mot overflaten.

Breene i Storglomvatn spiller en spesiell rolle i sedimentbudsjettet. Erosjonen i bunnsedimentene vil sannsynligvis avta med tiden på grunn av at magasinet vil ligge høyt slik at de ikke eksponeres for erosjon. Erfaringer viser også at forholdene stabiliseres etter hver nedtapping fordi massene eroderes og avtar i omfang. Bidraget fra breene som drenerer til Storglomvatn vil imidlertid ikke avta. Hvis vi regner at disse breene har samme erosjonsintensitet som Engabreen, så er den samlede sedimentproduksjon 103 000 tonn/år. Størstedelen av dette materialet sedimenterer i Storglomvatnet. Det er beregnet (Bogen, m. fl. 1996), at 9300 tonn når frem til inntaket og bidrar til høye sedimentkonsentrasjoner i i Nordfjorden/ Holandsfjorden. Det er mulig at partikkelkonsentrasjonen i magasinet har vært spesielt høy under den første magasinutfyllingen. Under hevingen av vannstanden kalver breene tilbake for å stabilisere seg med de nye forholdene. Under normale forhold frigjøres bare materiale langs de subglasiale dreneringsveiene. Under tilbakekalving vil imidlertid større mengder materiale frigjøres. Det burde derfor tas flere målinger av sedimentkonsentrasjonen i Storglomvatn ved inntaket.

Smeltevannet fra Engabreen og de øvrige breene langs Sydoverføringen går i noen situasjoner direkte til turbinen. Under normal drift er dette av størrelsesorden 15 000 tonn. I mange situasjoner føres det til Storglomvatn før det tappes til kraftverket. Det foretas imidlertid ingen registrering av hvor driftsvannet kommer fra. En sammenstilling av måledata fra vanninntaket under Engabreen med data fra Svartisen kraftstasjon viser at Sydoverføringen bidro lite til sedimenttransporten i kraftverket i 1997.

160.1.0 vannstand Storglómvatn ver.1 middehverfdir HYDAG_POINT Dagn-verðir

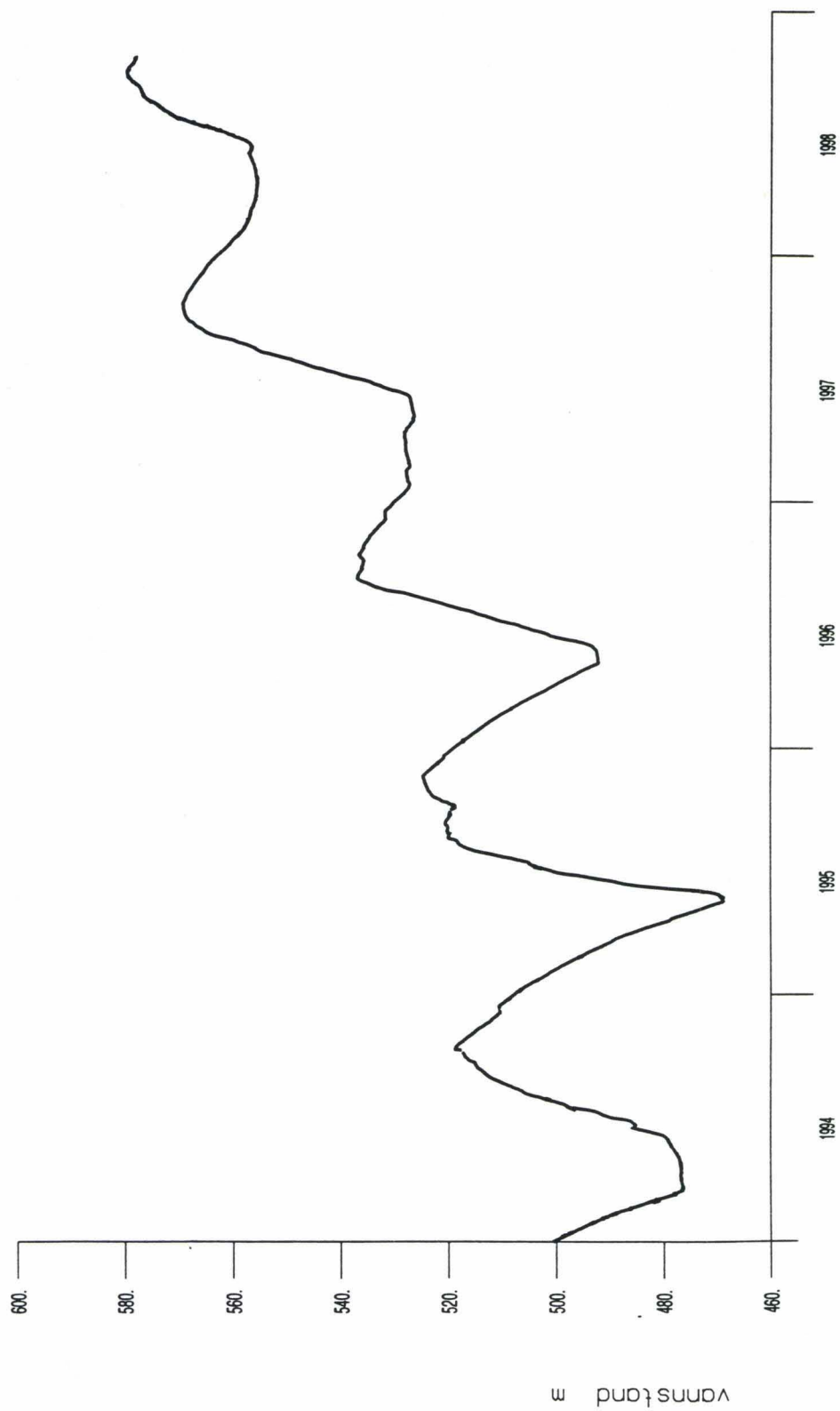


Fig. 20 Vannstanden i Storglómvatn – magasinet i årene 1994 – 1998.

Kraftverket var ikke i drift i den perioden da sedimenttransporten i Sydoverføringen var på det høyeste. Det sedimentbelastede vannet ble da ført rett til Storglomvatn. En stor del av materialet sedimenterte tydeligvis i magasinet eller i sandfangene. Under forhold med høy magasin vannstand vil driftsvannet fra Nord - Sydoverføringen føres rett til kraftstasjonen eller i overløp. Dette vil totalt sett føre til at større mengder sedimenter føres ut i Nordfjorden jfr. fig 11 som sammenligner transporten i Engabre kammer og Svartisen kraftverk i 1997.

5. OVERLØP

Overløp på Nord – Sydoverføringen inntreffer når kapasiteten på tunnelen blir for liten under flomtilstand, eller hvis luka ved Storjord er lukket. Det har aldri blitt tatt vannprøver under overløp, men personer som har iaktatt overløpene forteller om forhold som kan tyde på høye sedimentkonsentrasjoner. Under situasjoner med overløp, flommer vannet over ved inntakene. Utstrømningen starter ved inntaket nærmest kraftstasjonen og forflyttes syd- og nordover etter hvert som tunnelen fylles. Et overløp i august 1995 førte til betydelig erosjon i Dimdalen. Dette overløpet hadde sin årsak i et stort naturlig tilsig samtidig som at det ikke var mulig å magasinere fordi Storglomvassdammen var under konstruksjon.

Under overløp kan det bli erosjon på nye steder og rask utspyling av opplagret materiale. Situasjoner med overløp bør derfor undersøkes bedre.

6. MÅLEPROGRAM OG TILTAK

Denne rapporten har lagt vekt på å analysere de forskjellige sedimentkildene som bidrar til sedimenttransporten i Svartisen kraftverk og vise hvordan bidragene varierer med tiden og med forskjellig manøvrering av kraftverket.

De første årene har vært preget av situasjoner som vil forekomme mer sjelden under normal drift av kraftverket. Det bør derfor utføres målinger gjennom flere år med normal drift før det tas en avgjørelse om eventuelle tiltak. Nedenfor er det gitt en oversikt over de målestasjonene som anses viktige i denne sammenhengen. Det er også ført opp forslag til supplerende målinger.

Pågående målinger:

Målingene av sedimentkonsentrasjoner, sedimenttransport, sedimenttransportens kornfordeling og vannføring på stasjonene:

- Svartisen kraftverk
- Engabre kammer
- Engabreelv

Forslag til tilleggsundersøkelser:

- Det bør opprettes en målestasjon ved Engavatnets utløp.

Den sterke økningen i sedimenttransporten i Engabreelva gjør at det er viktig å registrere hvor mye materiale som kan tilføres fjorden fra Engabreelv. Breens raske fremvekst gjør situasjonen usikker. Det kan være flere faktorer enn spylingen som gjør at sedimenttransporten øker. I begynnelsen av dette århundre rykket også Engabreen sterkt frem. Rekstad målte i 1912 opp en liten innsjø foran breen og fant en erosjonsrate på 11 mm/år. Dette er betraktelig mer enn den som er beregnet i nyere tid på 0.168 mm/år, se Bogen (1996).

- Det bør gjøres rutinemessige målinger av partikkelkonsentrasjonen i en vertikal ved inntaket i Storglomvatnet.

Målingene i Storglomvatn skal kunne gi bedre opplysninger om når vannet i magasinet er en viktig sedimentkilde. Bunnsedimentene i Storglomvatn bidro med mye materiale under de første nedtappingene. På høyere vannstand kan situasjonen forbedre seg. Det mangler data på sommerforhold når vannstanden i magasinet ligger høyt. Breene som drenerer direkte til magasinet vil bidra på alle vannstander. Det er mulig at tilførselen har vært spesielt høy i forbindelse med oppfyllingen fordi breene da kalvet tilbake. Flere målinger i magasinet kan klarlegge dette.

Det burde også foreligge mer data på eventuelle vertikale konsentrasjonsforskjeller når magasinet ligger nær HRV ved kote 580. Slike data kan gi grunnlag for vurderinger av om forholdene kan forbedres hvis vannet tas inn fra overflaten og ikke ved LRV på kote 460 som nå.

- Registrering av hvor driftsvannet kommer fra.

Det er vanskelig å få full klarhet i hvordan manøvreringen av kraftverket påvirker fjorden så lenge det ikke registreres hvor driftsvannet kommer fra i enhver situasjon. Det bør derfor gjøres en måling av vannføring eller vanntrykk i tunnellen fra Storglomvatn og/eller Nord –Sydoverføringen.

Det bør gjøres noen kornfordelingsanalyser på grabbprøver fra bunnen av Nordfjorden-Holandsfjorden. Disse kan benyttes til å verifisere sedimentasjonsområdene for forskjellige partikkelfraksjoner.

REFERANSER

Bogen, J. Walling, D.E. & Day, T.(eds)1992 Erosion and sediment transport monitoring programmes in river basins. Proceedings of the Oslo symposium august 1992. IAHS publ 210, 538 p.

Bogen,J. Bønsnes,T.E., Elster,M.og Olsen H.C. 1996. Erosjon i Storglomvatn magasinet, Svartisen kraftverk, NVE rapport 37/96, 75s

Bogen, J. 1996, Erosion rates and sediment yield of glaciers. Annals of Glaciology, 22, p 48 – 52, International Glaciological Society.

Kjeldsen,O.,Olsen, H.C. og Bogen, J. 1988. Stor-Glomfjord. Sedimenttransportens volum, kornfordeling og mineralsammensetning. NVE, Hydrologisk avd. 6-88,54s.

Olsen, H.C. 1995 Stor- Glomfjordutbyggingen. Sedimenttransport og erosjonsproblemer under driften av Svartisen kraftverk 1994, 24s.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energiverk (NVE)
Adresse: Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo

I 1998 ER FØLGENDE DOKUMENT UTGITT:

- Nr 1 Kristin Kolseth: Avkastning på kapitalen i sentral-, regional- og distribusjonsnettet (7 s.)
- Nr 2 Eli Sæterdal: Punktbaserte marginale tap (29 s.)
- Nr 3 Inger Sætrang(red): Oversikt over vedtak i tvistesaker. *Andre* halvår i 1997 (10 s.)
- Nr 4 Ingebrigt Bævre: Vurdering av flom og isforhold i Surna (112.C) ved Bolme (13 s.)
- Nr 5 Hallgeir Elvehøy: Samanlikning av massebalanse på Hardangerjøkulen og Folgefonna (26 s.)
- Nr 6 Lars-Evan Pettersson: Flomforhold rundt Heddalsvatn (016.Z) (16 s.)
- Nr 7 Inger Sætrang(red): Oversikt over vedtak i tvistesaker. *Første* halvår i 1998 (10 s.)
- Nr 8 Beate Sæther: Strømningsanalyse og vurdering av sikringstiltak ved RiT-brua, Nidelva (123.A11) (10 s.)
- Nr 9 Tharan Fergus: Alternativ erosjonssikring - metoder og litteratur (16 s.)
- Nr 10 Begrenset
- Nr 11 Nils-Otto Kitterød, Hervé Colleuille, Tor Simon Pedersen, Elin Langsholt, Panagiotis Dimakis: Vanntransport i oppsprukket fjell - Numeriske simuleringer av vannlekkasjer i Romeriksporten ____ (42 s.)
- Nr 12 Eirik Traae: Vassdragstekniske vurderinger av "Tiltaksplan Måna - Øvre Rjukan" (9 s.)
- Nr 13 Knut Matre, Kristin Kolseth, Markedsrapport -marginer i kraftmarkedet 1997/husholdningsmarkedet 1998 (25 s.)
- Nr 14 Astrid Myrvang, Kristin Kolseth, Knut Matre: Oppsummering av høringsuttalelser med NVEs kommentarer, oktober 1998, Retningslinjer for måling og avregning av kraftomsetning og fakturering av nettenester (35 s.)
- Nr 15 Jim Bogen, Truls Erik Bønsnes og Hans Christian Olsen: Transport av finpartikulært materiale til Holandsfjorden og Nordfjorden (29 s.)



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

**NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIDIREKTORAT**



72026439