

Sedimenttransporten i Gråelva i perioden 1991-2000

Norges vassdrags- og energidirektorat

2001

Dokument nr 10

Sedimenttransporten i Gråelva i perioden 1991-2000

Oppdragsgiver: AfoU

Redaktør:

Forfatter: Truls Erik Bønsnes, Jim Bogen

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 50

Forsidefoto:

ISSN: 1501-2840

Sammendrag: Suspendert minerogen transport i 2000 er beregnet til 11 800 tonn. Dette er den laveste årstransporten som er målt siden starten i 1991. Det var riktignok svært liten avrenning i løpet av høsten i 2000, men maksimums konsentrasjonene av minerogent suspensjonsmateriale ellers i året er markert lavere enn det som er målt i tidligere år. Ved konsentrasjonsmålinger i sideelver i 1992 og 1994 var Luddubekken blant de sideelvene med høyest verdier sammenlignet med prøver tatt på samme dag andre steder i vassdraget. Døgnmiddel vannføringen i Gråelva ved Børstad under prøvetakingen i 1992 var relativt lav, opp til 1.0 m³/s i samtlige situasjoner, mens den lå på 2.8 m³/s i 1994. Ved tilsvarende målinger i 2000, viser resultatene at suspensjonskonsentrasjonene har sunket til et minimum. Vannføringen under prøvetakingen i 2000 var på ca 2.4 m³/s.

Emneord: Erosjon, suspensjonskonsentrasjon, transport, sikringsarbeider

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

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

April 2001

Innhold

Sedimenttransporten i Gråelva i perioden 1991-2000	1
Forord	4
Sammendrag	5
1. Bakgrunn	6
2. Metode	6
3. Områdebeskrivelse	6
4. Måleresultater i 2000	9
5. Kornfordeling 2000	13
6. Variabilitet og sedimentkilder, diskusjon	14
7. Referanser	21

Forord

I regi av NVE har det blitt utført et omfattende forbygnings og sikringsarbeid av norske vassdrag. I Gråelva ble det påvist store forekomster av kvikkleire som sto i fare for å rase ut. I 1992 ble det derfor iverksatt et omfattende sikringsarbeid langs elveløpet. Sikringsarbeidene pågår fremdeles i 2001. For å dokumentere virkningen av tiltakene på en kvantitativ måte, ble det iverksatt et måleprogram for sedimenttransport som skal pågå inntil alle sikringsarbeidene er sluttført. Prosjektet er finansiert av NVE-AFoU. Sverre Husebye var prosjektleder i den første fasen av prosjektet fram til 1999. Truls Erik Bønsnes har deretter overtatt prosjektlederansvaret.

Prosjektet er gjennomført i samarbeid med NVE-RM, ved Arnt Bjøru og Torger Wisth. Harald og Brit Randi Reberg har vært observatører for sedimentprøvetakingen siden oppstart i 1991.

Oslo, april 2001



Kjell Repp
avdelingsdirektør



Randi Pytte Asvall
seksjonssjef

Sammendrag

Denne rapporten gir en kortfattet oversikt over måleresultatene i 2000 og en sammenligning av total suspensjonstransport i perioden august 1991 til og med 2000.

Resultatene for 2000 omfatter perioden fra 1 januar til 31. desember. Suspensert minerogen transport er beregnet til 11 800 tonn. Totaltransport organisk materiale i samme periode er beregnet til 459 tonn. Dette er den laveste årstransporten som er målt siden starten i 1991. Det var riktignok svært liten avrenning i løpet av høsten i 2000, men maksimums konsentrasjonene av minerogent suspensjonsmateriale ellers i året er markert lavere enn det som er målt i tidligere år.

Ved konsentrasjonsmålinger i sideelver i 1992 og 1994 var Luddubekken blant de sideelvene med høyest verdier sammenlignet med prøver tatt på samme dag andre steder i vassdraget. Døgnmiddel vannføringen i Gråelva ved Børstad under prøvetakingen i 1992 var relativt lav, opp til $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ i samtlige situasjoner, mens den lå på $2.8 \text{ m}^3/\text{s}$ i 1994. Ved tilsvarende målinger i 2000, viser resultatene at suspensjonskonsentrasjonene har sunket til et minimum, se tabell 2 (målinger fra 17/6-2000). I usikrede sideelver som Vendalsbekken er suspensjonskonsentrasjonene fremdeles høye. Vannføringen ved Børstad under prøvetakingen 17. juni 2000 var på ca $2.4 \text{ m}^3/\text{s}$.

1. Bakgrunn

I 1992 ble det iverksatt forbygningsarbeider i Gråelva for å sikre de mest utsatte deler av elvestrekningen mot erosjon og utglidninger. Forbygningsarbeidene er gjennomført etappevis siden 1992 og var fremdeles ikke fullført ved utgangen av 2000. Anleggsarbeidene utføres av NVE – anlegg Region Midt Norge. Vassdraget er karakterisert ved aktiv erosjon og meget høy suspensjonstransport.

På bakgrunn av tidligere erfaringer (f. eks forbygningen av Helgaa i Værdal) var det grunn til å anta at sikringsarbeidene ville innvirke på sedimenttransporten i vassdraget. Det er imidlertid aldri blitt gjennomført undersøkelser som kan kvantifisere slike endringer. I 1991 ble det derfor iverksatt et måleprogram for sedimenttransport i Gråelva. Det ble etablert en målestasjon for vannføring og automatisk prøvetaking av suspensjonstransporten gjennom hele året. Måleprogrammet har pågått kontinuerlig siden starten i 1991 og pågår fremdeles.

Det blir dokumentert hvordan elveforbygninger virker inn på de fluviale prosessene i et vassdrag der sedimenter tilføres fra erosjonsprosesser i marin leire. Programmet ble startet før sikringsarbeidene ble iverksatt for å dokumentere naturlige forhold, og effekten av sikringsarbeidene gjennom anleggsperioden og fram til slutføring. Det vil også være av interesse å forsette en tid etter at sikringsarbeidene er avsluttet for å klarlegge hvordan vassdraget stabiliseres. Resultatene kan ha betydning for gjennomføringen av lignende anlegg andre steder i Norge. Det antas at resultatene også vil vise hvordan sedimenttransporten i vassdragene kan påvirkes for å forbedre vannkvaliteten. Kvantitative målinger av hvordan sikringstiltak virker er derfor en nødvendig forutsetning for å kontrollere effekten av tiltak.

2. Metode

Det er opprettet en helautomatisk målestasjon for suspensjonstransport og vannføring ved målestasjonen ved Børstad, se fig. 1. Prøvetakingsfrekvensen varierer mellom 1 og 4 prøver i døgnet, avhengig av vannføring og nedbør. Det tas også prøver for bestemmelse av kornfordelingen i suspensjonsmaterialet. Det er i tillegg foretatt manuelle målinger av sidebekker for å vurdere erosjon og sedimenttilførsel fra disse. Vannføringsmålinger ved Børstad utføres av VRM. Sediment prøvene analyseres ved Hydrologisk avdelings laboratorium i NVE.

3. Områdebeskrivelse

Gråelva ligger i Nord - Trøndelag fylke ca. 10 km øst for Stjørdal sentrum. Nedbørfeltet ligger nord for Stjørdalselva og har et areal som utgjør 47.6 km² ved målestasjonen ved Børstad (st. nr 124. 15), se fig. 1. I de øvre delene av feltet er det

barskog og noe jordbruksland, mens løvskog og dyrket mark dominerer i de lavereliggende områder.

Omlag 20.0 km² ligger under marin grense (MG). Jordsmonnet over MG (150 m o h.) består for det meste av moreneavsetninger med innslag av myr og bart fjell. Under MG er det tykke marine leiravsetninger avsatt under siste istid. Det antas at

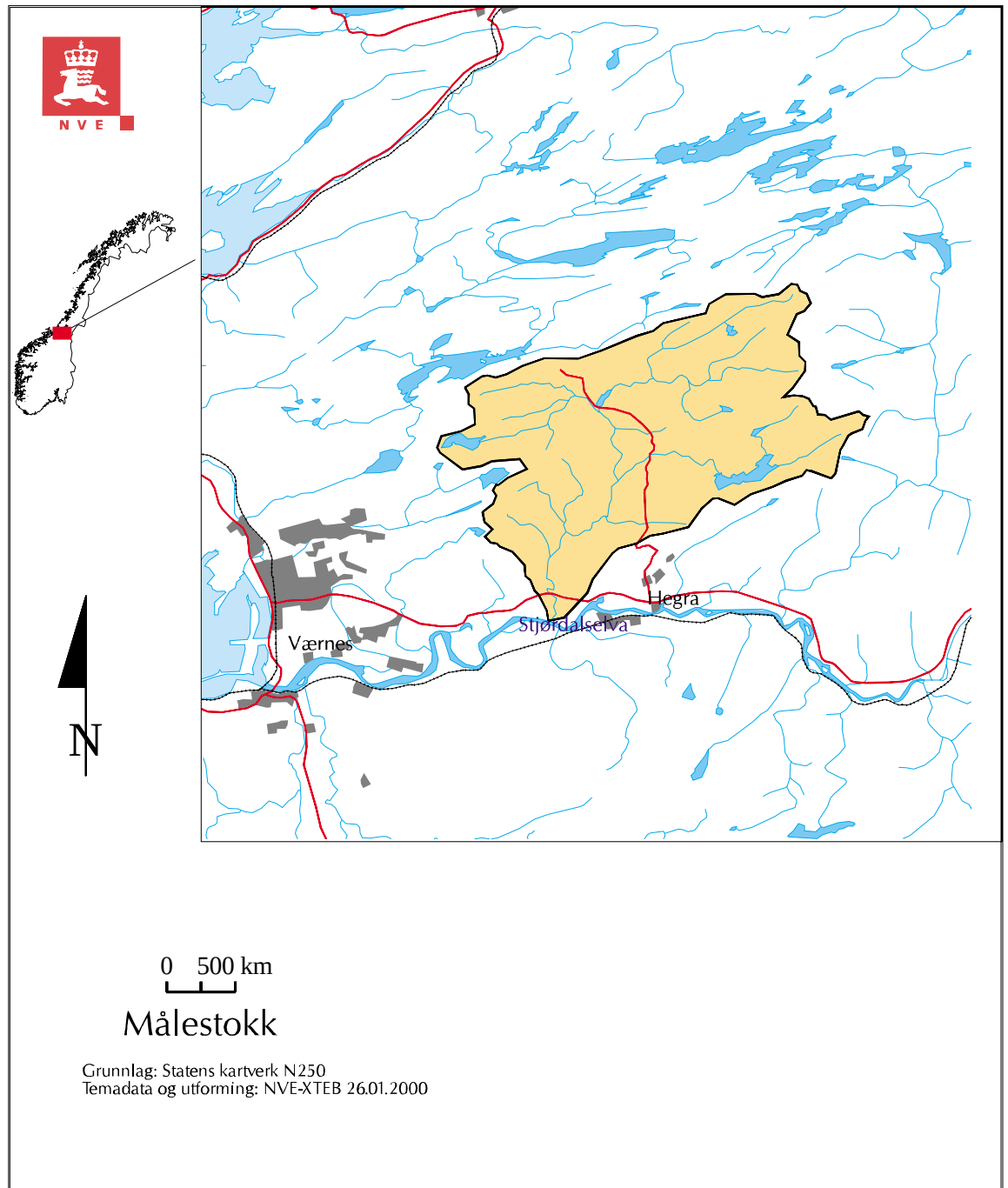


Fig. 1 Gråelvas nedbørfelt.

sedimenttransporten hovedsakelig stammer fra kilder i områdene under marin grense. (Sandersen 1993). Store arealer av den marine leiren består av kvikkleire, som noen steder ligger like under overflaten helt ned mot elveløpet. Leirområdet er i dag intenst ravinert og det har gjennom tidene blitt utløst en rekke store skred.

Marin leire har en lav effektiv porøsitet (ca. 5%) som fører til liten gjennomstrømning og infiltrasjon av vann. Derfor representerer leire et lite tilgjengelig grunnvannsmagasin selv om porøsiteten er på hele 55%. Overflateavrenningen gir dermed det største bidraget til avløpet. Under slike forhold er det kort responstid på avløpet, med markerte og kortvarige flomtopper. Dette kan leses ut fra vannføringsregistreringer ved stnr. 124. 15 Børstad. Raske vannføringsendringer og rask respons på nedbør forekommer en rekke ganger gjennom året. Innsjøene er små og er lokalisert høyt oppe i nedbørfeltet. Dette medfører at den naturlige selvreguleringen i feltet er lav. Lav magasineringskapasitet i form av et lite tilgjengelig grunnvannsmagasin og lav effektiv innsjøprosent i nedbørfeltet gir også en relativt kortvarig resesjonsperiode. Vannføringen stiger derfor raskt mot et maksimum og faller relativt raskt tilbake til et lavt nivå. Vannføringen i lavvannsperiodene ligger mellom 0.1 - 1.0 m³/s, mens flomvannføringene varierer fra 10.0 m³/s og opp til 35.5 m³/s. Sistnevnte registrering fant sted ved en vinterflom i januar 1992 og er den høyeste vannføringen som er målt ved denne avløpsstasjonen.

4. Måleresultater i 2000

Resultatene omfatter perioden fra 1. januar til 31. desember. Vannføringene er beregnet ved hjelp av ny vannføringskurve som er gjeldende fra 16 september 1999. Etter komplettering av måleserien er suspendert minerogen transport beregnet til 11800 tonn (perioder med kompletteringer i serien er markert med sorte sirkler i plottene på side 10). Totaltransport organisk materiale i samme periode er beregnet til 459 tonn. Dette er den laveste årstransporten som er målt siden starten i 1991. Det var riktignok svært liten avrenning i løpet av høsten i 2000, men maksimums konsentrasjonene av minerogent suspensjonsmateriale ellers i året er markert lavere enn det som er målt i tidligere år, se Bønsnes, Bogen og Husebye (2000).

Tabell 4.1.1. Totalt avløp og beregnet minerogent (uorganisk) og organisk suspensjonstransport for Gråelva 2000.

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
JAN	31	9.62	0.31	3780	122	393	155	5.01	16.2
FEB	29	4.44	0.15	551	19.0	124	26.8	0.93	6.04
MAR	31	4.55	0.15	932	30.1	205	37.7	1.22	8.28
APR	30	12.6	0.42	4050	135	320	129	4.30	10.2
MAI	31	3.79	0.12	215	6.95	56.8	11.7	0.38	3.08
JUN	30	2.18	0.07	207	6.89	94.8	14.0	0.47	6.40
JUL	31	2.19	0.07	108	3.50	49.5	9.20	0.30	4.20
AUG	31	4.73	0.15	1880	60.7	398	68.1	2.20	14.4
SEP	30	1.18	0.04	17.3	0.58	14.7	2.96	0.10	2.51
OKT	31	0.60	0.02	2.41	0.08	4.00	1.23	0.04	2.04
NOV	30	0.46	0.02	1.42	0.05	3.12	0.70	0.02	1.53
DES	31	0.85	0.03	6.90	0.22	8.07	1.89	0.06	2.21
TOT	366	47.2	0.13	11800	32.1	249	459	1.25	9.71

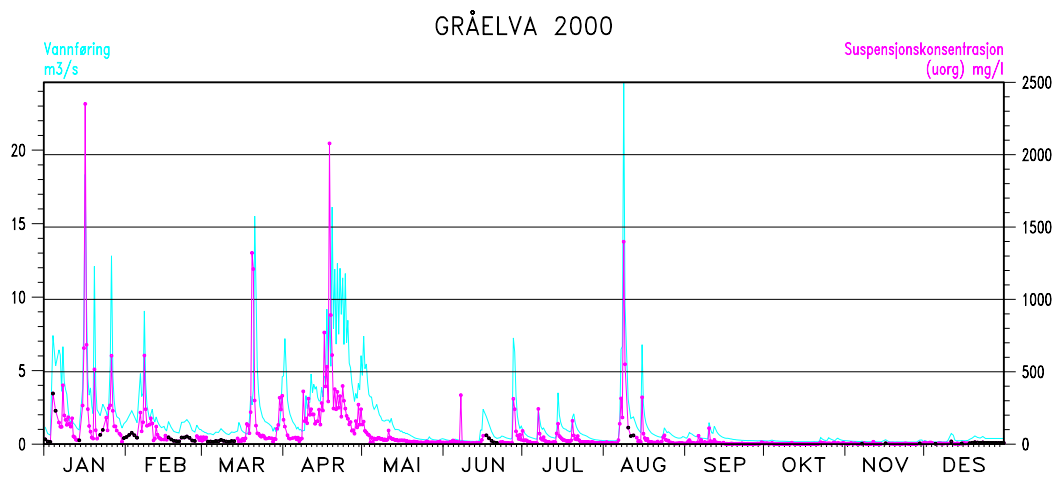


Fig. 2. Suspensjonskonsentrasjon minerogent materiale 2000 (svarte symboler er simulerte verdier).

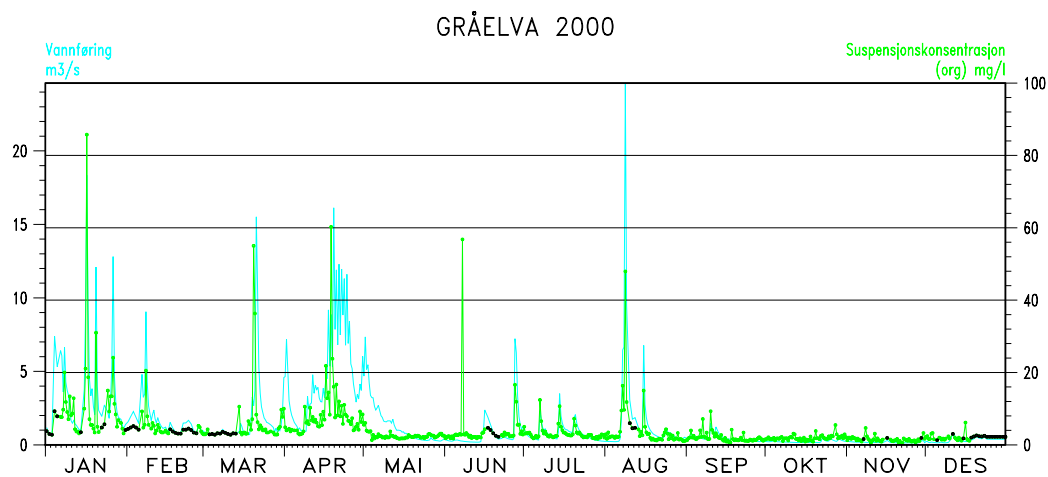


Fig. 3. Suspensjonskonsentrasjon organisk materiale 2000 (svarte symboler er simulerte verdier).

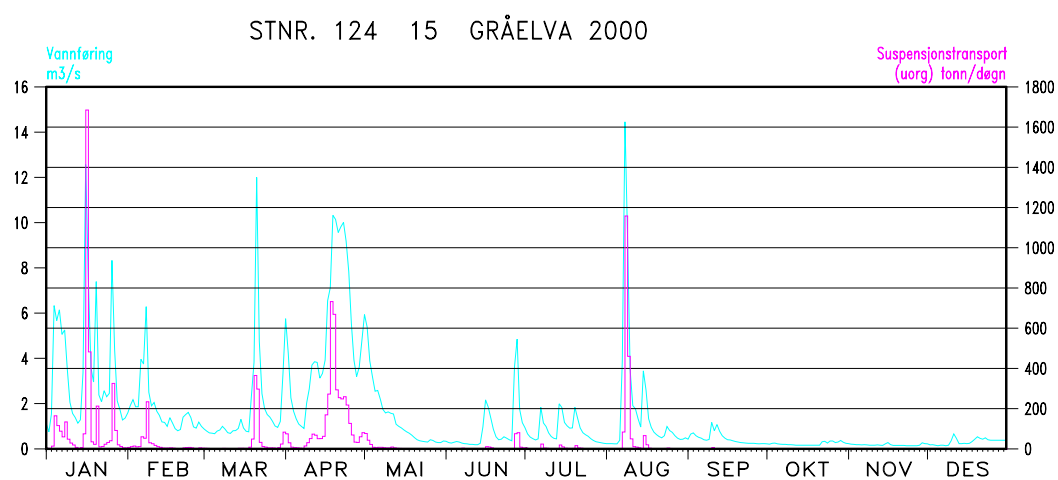


Fig. 4. Suspensjonstransport minerogent materiale 2000.

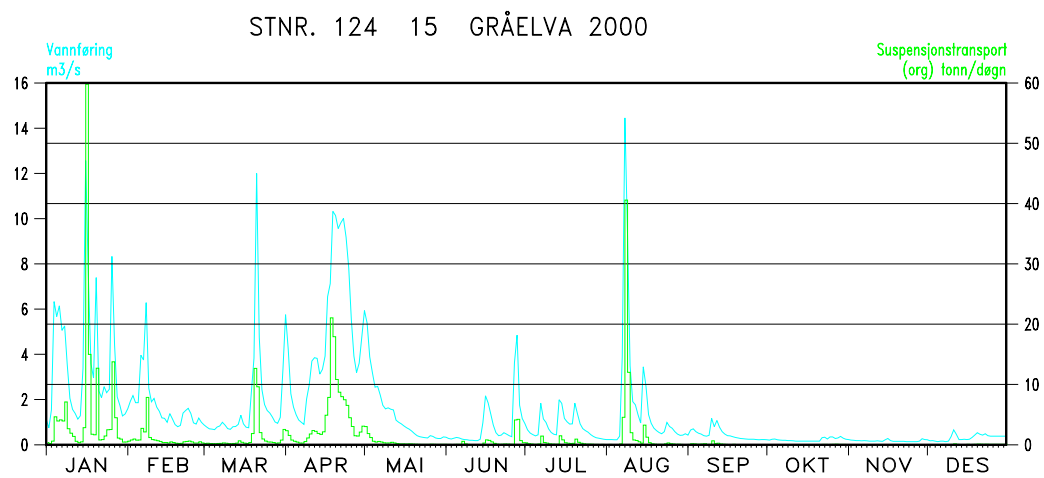


Fig. 5. Suspensjonstransport organisk materiale 2000.

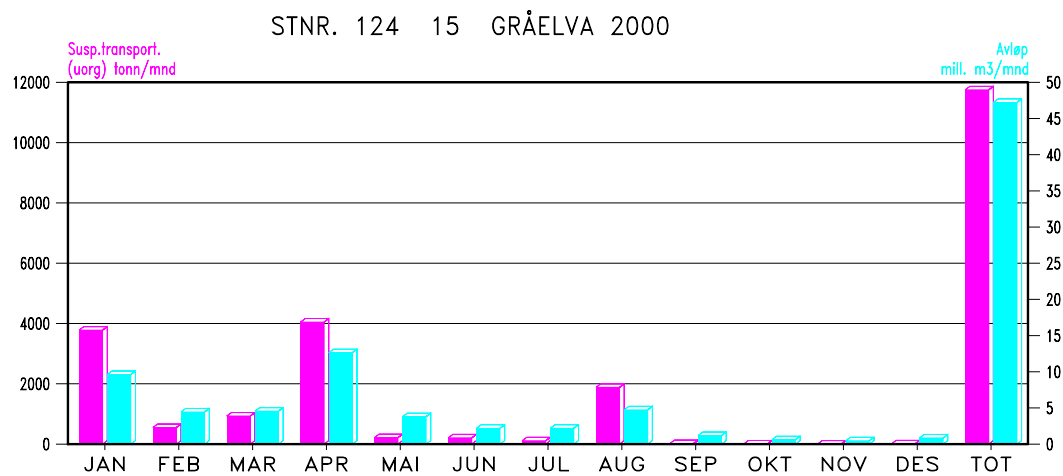


Fig. 6. Månedlig avløp og suspensjonstransport minerogent materiale 2000.

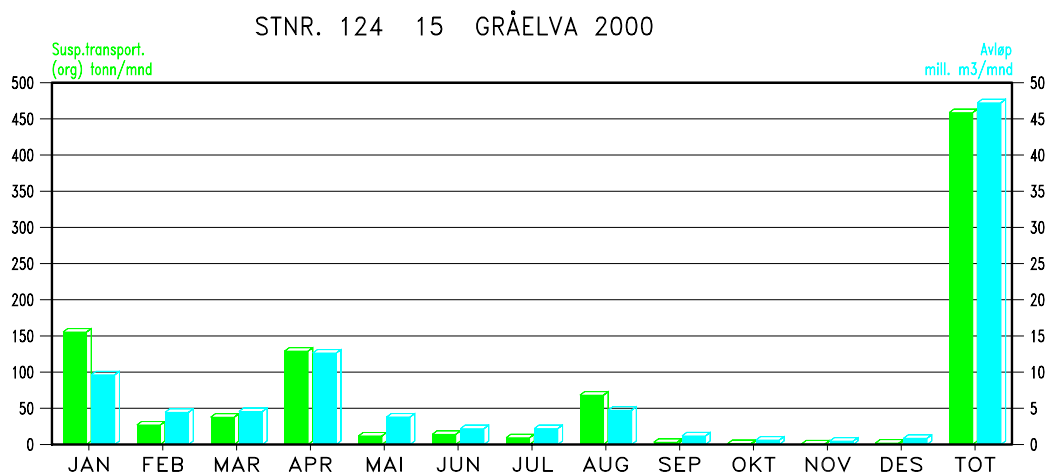


Fig. 7. Månedlig avløp og suspensjonstransport organisk materiale 2000.

5. Kornfordeling 2000

Korfordelingsprøvene for 2000 som presenteres nedenfor er tatt i perioden januar til august. Det er materiale i silt og leire fraksjonen som utgjør størst andeler av suspensjonsmaterialet i 2000. Materiale i siltfraksjonen dominerer, hvor innholdet i gjennomsnitt i 2000 var på 70.0%. Gjennomsnittet for leire var på 25.3%. Sandinnholdet var relativt lavt, 3.1 %. Alle prøveresultatene fra 1999 er også tatt med her, se fig. 9. Disse viser en større andel sand enn det som ble presentert tidligere på grunnlag av færre prøver. Kornfordelingskurver for 2000 er presentert i fig. 8.

I løpet av perioden 1991 til 1996 er det en tendens til en økning av materialet i sand fraksjonen. I 1996 utgjør sand 8.9% av suspensjonsmaterialet. I 1997 er det imidlertid igjen en reduksjon til 2.2%. Andel materiale i leirfraksjonen har hatt en fallende tendens i samme periode, med en liten økning i 1997. Silt fraksjonen derimot ser ut til å variere mer vilkårlig fra år til år. I 1998 er sandinnholdet i gjennomsnitt på det samme som i perioden 1991 – 1993. Foreløpig er det ikke registrert vesentlige endringer i kornfordelingen av suspensjonsmaterialet i Gråelva som følge av sikringsarbeidene.

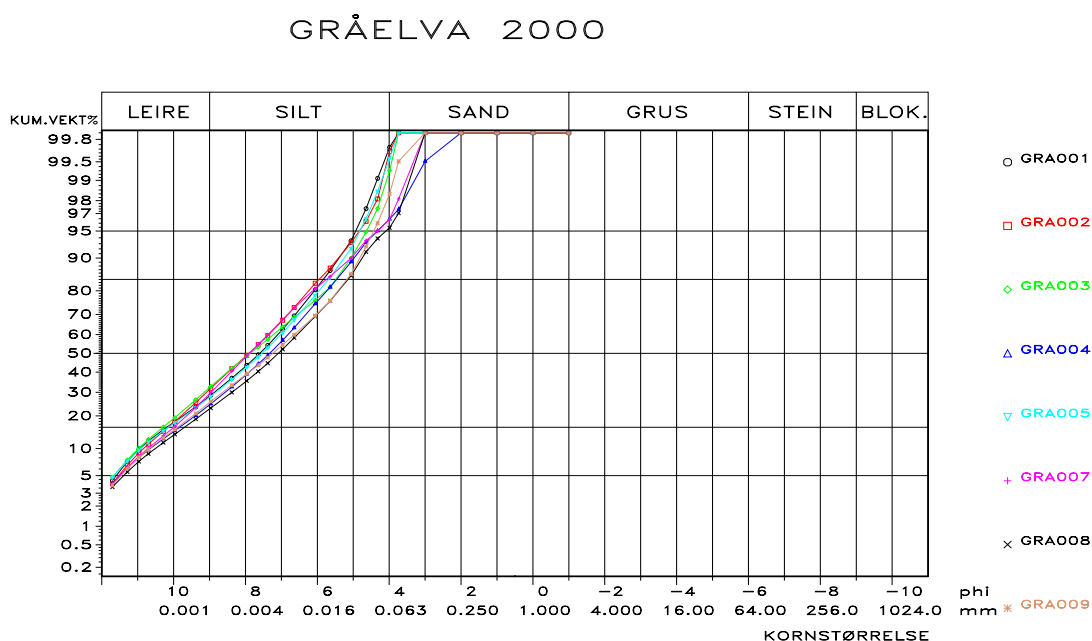


Fig. 8. Kornfordeling fra åtte prøver i Gråelva 2000.

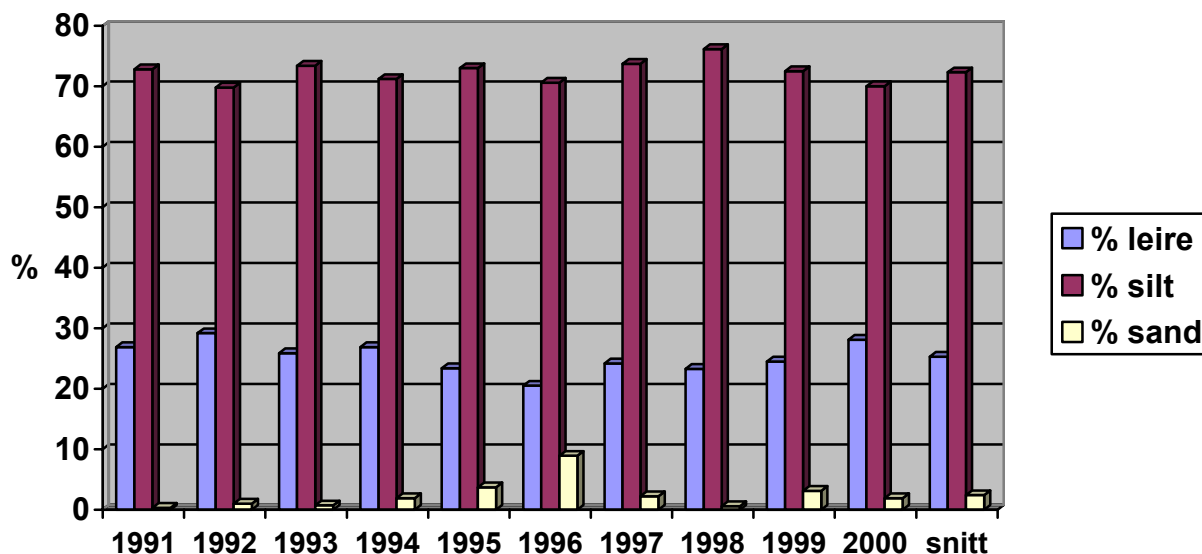


Fig. 9. Gjennomsnittlig kornfordeling i perioden 1991 til 2000.

6. Variabilitet og sedimentkilder, diskusjon

Resultatene fra måleperioden august 1991 til 2000 viser en nedgang i transportert materiale, se fig. 10. Den avtagende trenden ble imidlertid avbrutt av en økning i 1997 for så igjen å falle til et lavere nivå. I perioden avtar transporten sterkt, fra 160 000 tonn i 1992 til 16 000 tonn i 1996, for så å øke igjen til 100 000 tonn i 1997. I 1998 var det imidlertid en reduksjon til 45 000 tonn. Dette er allikevel høyere enn i 1995 og 1996. Totaltransporten for hele 1999 var på 25 700 tonn. I 2000 ble det registrert en ytterligere nedgang til 11 800 tonn. Det var riktignok svært liten avrenning i løpet av høsten i 2000, men maksimums konsentrasjonene av minerogent suspensjonsmateriale ellers i året er markert lavere enn det som er målt i tidligere år.

Når ikke sedimenttransporten reduseres direkte i takt med erosjonsforbygningene, så kan dette ha sammenheng med den naturlige variasjonen i sedimenttransporten som finnes i alle vassdrag. Flomhyppighet og nedbørforhold varierer til dels sterkt gjennom sesongen og fra år til år. Denne variasjonen vil kunne overskygge effekten av forbygninger. For å få en bedre oversikt over de enkelte faktorenes betydning må effekten av den naturlige variabiliteten analyseres. Siden det er påvist en signifikant korrelasjon mellom vannføring og suspensjonskonsentrasjon, kan analyser av vannføringen være tilstrekkelig til å klargjøre værforholdenes betydning, Bønsnes,

Bogen og Husebye, (2000). Slike vurderinger viser at den lave transporten i 1996 for en stor del skyldes få flomsituasjoner dette året. Den høye transporten i 1997 kan forklares med mange flomsituasjoner. Den ekstremt høye transporten i 1992 har sammenheng med hyppige vinterflommer dette året. Suspensjonstransporten under den høyeste flommen i januar 1992 var på ca. 83000 tonn. Totalt i januar 1992 ble det målt en transport på 102000 tonn.

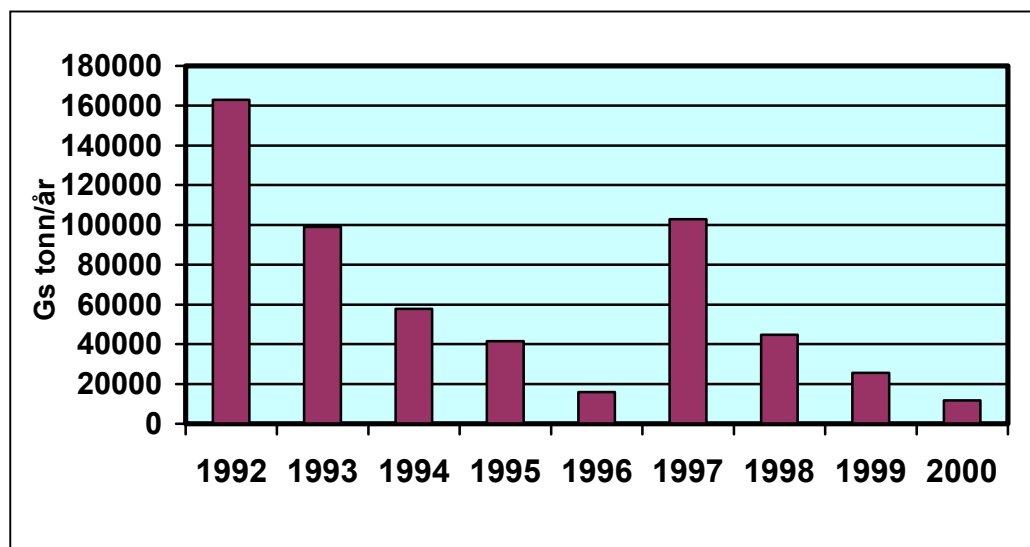


Fig. 10. Suspensjonstransport i Gråelva i perioden 1992–2000.

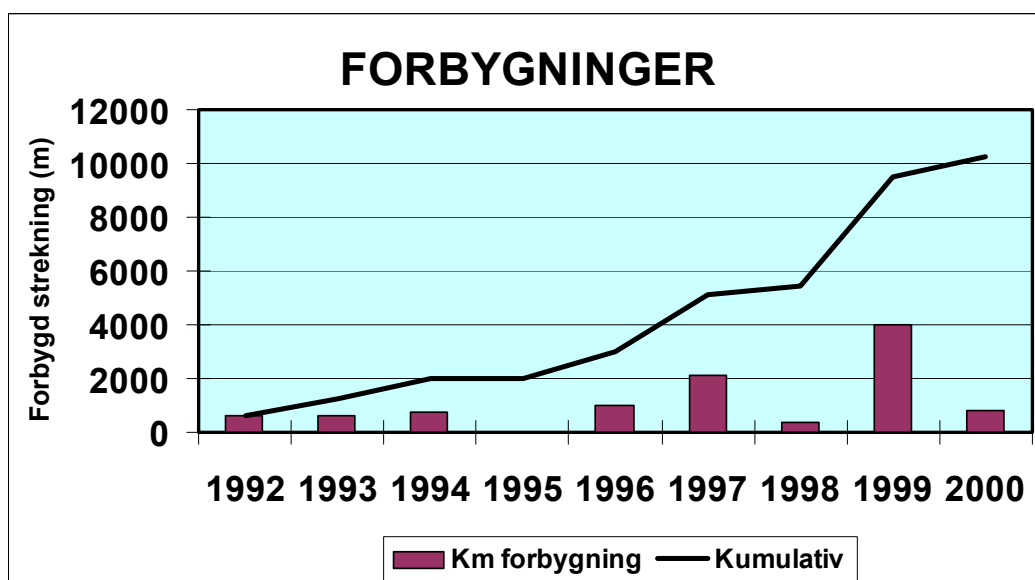


Fig. 11. Lengde på sikrede strekninger i Gråelva i perioden 1992 – 2000.

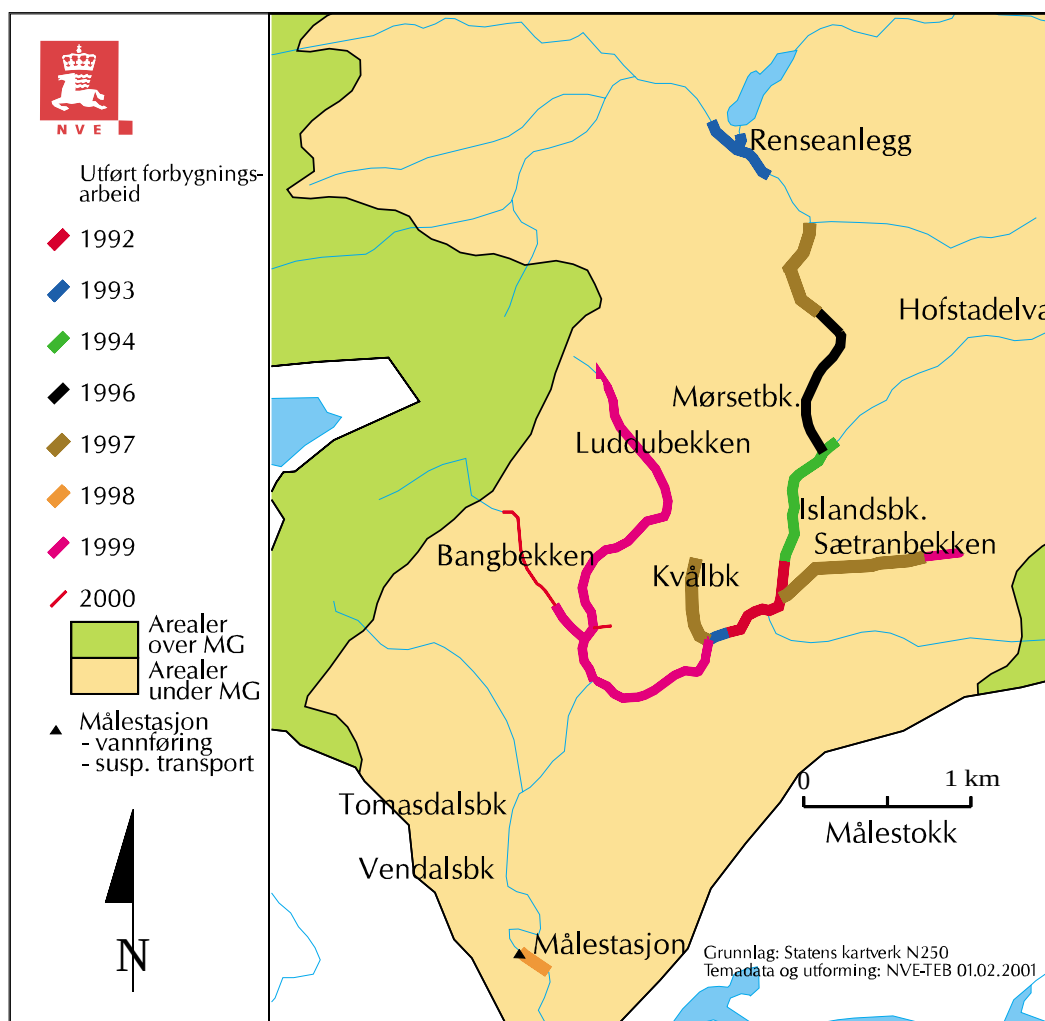


Fig. 12. Strekninger med utført forbygningsarbeid ved utgangen av 2000.

Tabell 6.1 Antall flomsituasjoner: 1. totalt/2. vinter/3. sommer (noe korrigert etter Bønsnes, Bogen og Husebye 2000).

Terskel-verdi./ Minimum (m ³ /s)	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
5.6/ 4.2	7/5/2	4/1/3	9/1/8	5/2/3	1/1/0	9/3/6	7/4/3	7/4/3	8/5/3
4.6/ 3.5	8/6/2	7/1/6	12/3/9	9/3/6	5/1/4	11/4/7	10/6/4	10/6/4	9/6/3
3.7/ 2.8	11/7/4	14/5/9	13/3/10	10/3/7	6/1/5	15/5/10	14/9/5	15/8/7	11/4/7

Det er i det følgende utført en analyse som omfatter en enkel klassifisering av antall flommer med vannføring over en definert terskel. I analysen er det satt som krav at vannføringen må falle under en gitt verdi mellom flommene for å sikre at hver enkelt flom er uavhengig av den foregående. Terskel og minimumsverdiene er utledet fra middelflommen og bestemmes ved hjelp av statistiske metoder. Det er også av samme grunn nødvendig med et minimums tidsintervall mellom hver episode. Dette tidsintervallet er satt til 1. døgn, noe som kan synes lavt. Målingene viser imidlertid at det kan være relativt høy suspensjonskonsentrasjon i påfølgende flomtopp, selv om denne kommer forholdsvis raskt etter den foregående. Det er antallet hendelser med høy transportmengde som er bestemmende for den årlige totaltransporten.

Det er gjort tester med tre ulike vannføringsnivåer og tilhørende minimumsverdier mellom flommene. Analysen er foretatt på det totale antall situasjoner innenfor hvert enkelt år. Det er skilt mellom vinter og sommersituasjoner. Vinterperioden er definert til å vare fra 1. desember til 15. april. Det er benyttet døgnmiddelvannføringer i analysen.

Resultatene av analysene er vist i fig. 13 a, b, c og tabell 6.1 med vannføringer over tre definerte terskelnivåer. Analysene viser at den lave transporten i 1996 for en stor del skyldes få flomsituasjoner dette året. Den høye transporten 1997 kan forklares med mange flomsituasjoner. Den ekstremt høye transporten 1992 har sammenheng med de mange vinterflommene dette året. Den store flommen i januar ga en spesielt høy transport, ca 80 000 tonn i løpet av en uke.

I perioden 1992 til 1996 viser resultatene en sammenheng mellom en reduksjon i antall flommer og den fallende suspensjonstransporten i samme periode. Etter den markerte økningen i suspensjonstransport i 1997, har det igjen vært en reduksjon fram til og med 2000. I denne perioden har det imidlertid vært et like stort antall flommer som i den første perioden med høy transport (1992-1994).

Dette viser at den naturlige variabiliteten fortsatt er tilstede, noe som økningen i transport i 1997 og tildels 1998 viser. Det er imidlertid sannsynlig at yttergrensene for det nye sedimentregimet ligger vesentlig lavere enn før sikringsarbeidet startet. I 1999 og spesielt i 2000 ble det registrert en betydelig nedgang i suspensjonstransporten. Antall situasjoner med flomvannføring ligger til tross for dette nesten på samme nivå som i 1998. Antall forbygde kilometer har imidlertid økt betydelig siden 1998. Dette viser at erosjonsforbygningene har hatt en reduserende effekt på sedimenttransporten. Det viser også at det er nødvendig med måleserier av en viss lengde for å dokumentere endringer i et sedimentregime med stor naturlig variabilitet.

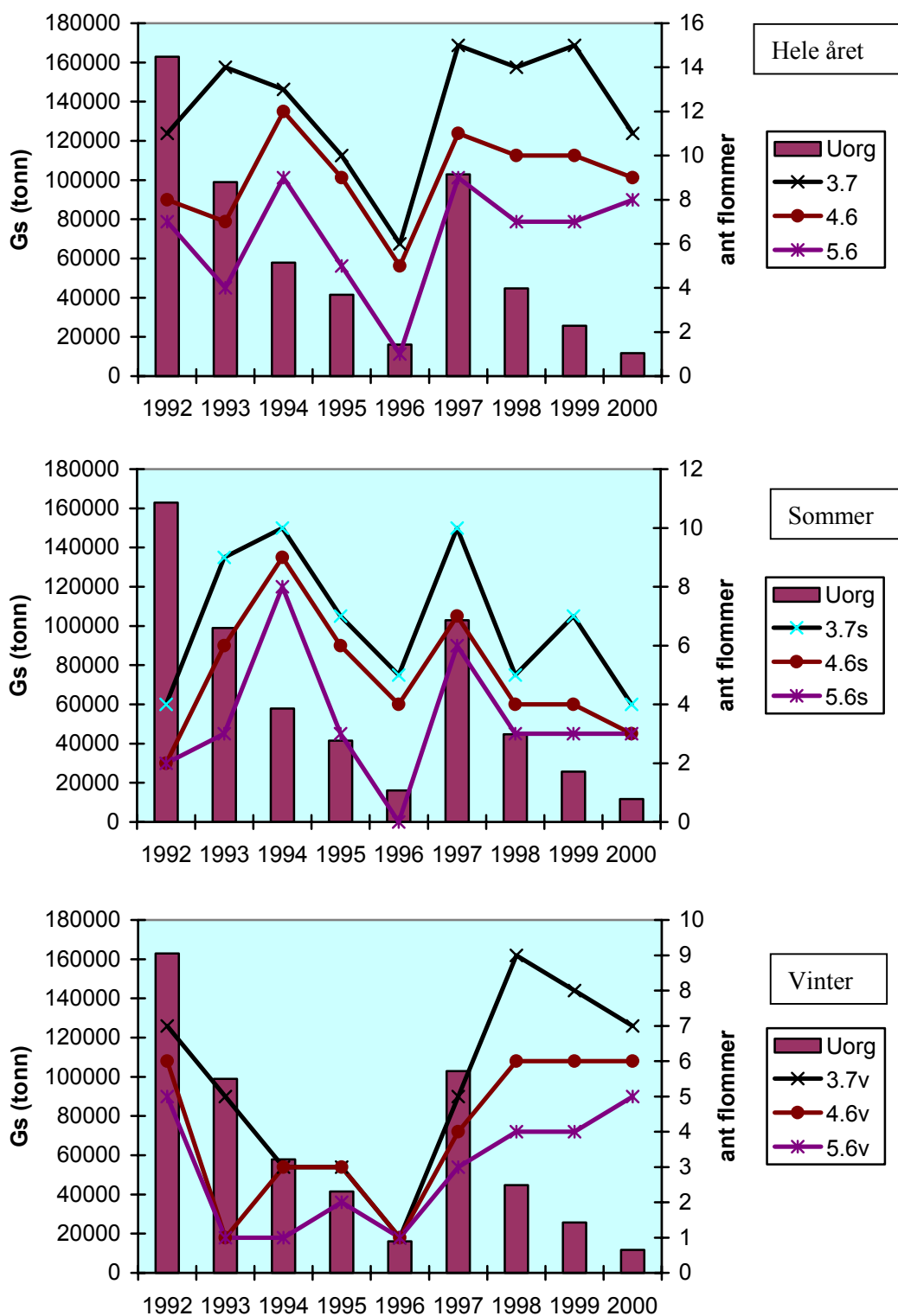


Fig. 13 a, b, c Total årlig suspensjonstransport og antall flommer i hvert år. Antall flommer over 3.7, 4.6 og 5.6 m³/s for henholdsvis hele året og bare sommer og vintersituasjoner (noe korrigert etter Bønsnes, Bogen og Husebye 2000).

Tabell 6.2 Uorganisk suspensjonskonsentrasjon av kampanjeprøver i Gråelvas nedbørfelt i 1992.

lokalitet/ kons (g/l)	4.7.1992 (g/l)	12.7.1992 (g/l)	19.7.1992 (g/l)	17.8.1992 (g/l)	15.10.1992 (g/l)
Isco Børstad	0.0624			0.0709	
Nystykket	0.0569	0.0502	0.1903		
Vendalsbekken				0.3512	0.4597
Bangbekken				0.1224	0.1389
Luddubekken				0.5814	0.0964
Svedjan	0.0941	0.0250	0.0923		
Skogstad	0.0182	0.0757	0.2189		
Anleggsveien				0.0639	0.1575*
Islandsbekken					0.0070
Hofstadelva				0.0025	
Mørset bru	0.0127	0.0103	0.0678	0.0389	0.0310
Husbyn	0.0131	0.0463	0.0423		
Gråelva v/rens.anlg				0.0629	0.0406
Rømodalen	0.1475	0.3735	0.1618	0.0124	0.0316

* sannsynligvis effekt av anleggsarbeid

Tabell 6.3 Uorganisk suspensjonskonsentrasjon av kampanjeprøver i Gråelvas nedbørfelt i 1994 og 2000.

lokalitet/ kons g/l	31.8.1994 (g/l)	17.6.2000 (g/l)
Isco Børstad	0.1835	
Nystykket	0.0518	0.0335
Vendalsbekken	0.0388	0.1482
Bangbekken	0.1378	
Luddubekken	0.1633	0.0049
Svedjan		
Skogstad	0.0348	0.0077
Anleggsveien	0.0231	0.0183
Islandsbekken	0.0189	0.0092
Hofstadelva		0.0053
Mørset bru	0.0321	0.0108
Husbyn		0.0193
Gråelva v/rens.anlg	0.0042	0.0113
Lundbk. v/rens.anlg	0.0173	0.0179

Sedimenttransporten ved målestasjonen ($G_{S_{total}}$) kan betraktes som en sum av tilførsel fra løpserosjon ($G_{S_{løp}}$) overflateavrenning ($G_{S_{overflate}}$) og bidrag fra anleggsvirksomhet ($G_{S_{anlegg}}$).

$$G_{S_{total}} = G_{S_{løp}} + G_{S_{overflate}} + G_{S_{anlegg}}$$

$G_{\text{overflate}}$ er i første rekke tilførselen fra jordbruksarealer. Dette bidraget er lite, selv om det kan variere fra år til år. Maksimalt 15 km² av Gråelvas nedbørfelt består av fulldyrkede jordbruksområder. Regnes maksimalt 300 tonn/ km² som en maksimaltilførsel under normale forhold, fås et maksimumsbidrag fra jordbruket på 4500 tonn/ år. Erosjonen på jordbruksområder under vinterflommer med tele er sannsynligvis større. Bidraget fra anleggsvirksomheten er sannsynligvis liten og begrenset til enkelte perioder med stor aktivitet i elveløpet. Elveløpserosjon gir det største bidraget fordi den også utløser skred og utglidninger som tilfører store mengder sedimenter. Sedimenttilførsel fra elveløpserosjonen avhenger av antall løpemeter som er eksponert for erosjon. Etter hvert som forbygningene ferdigstilles vil bidraget fra $G_{\text{sløp}}$ reduseres.

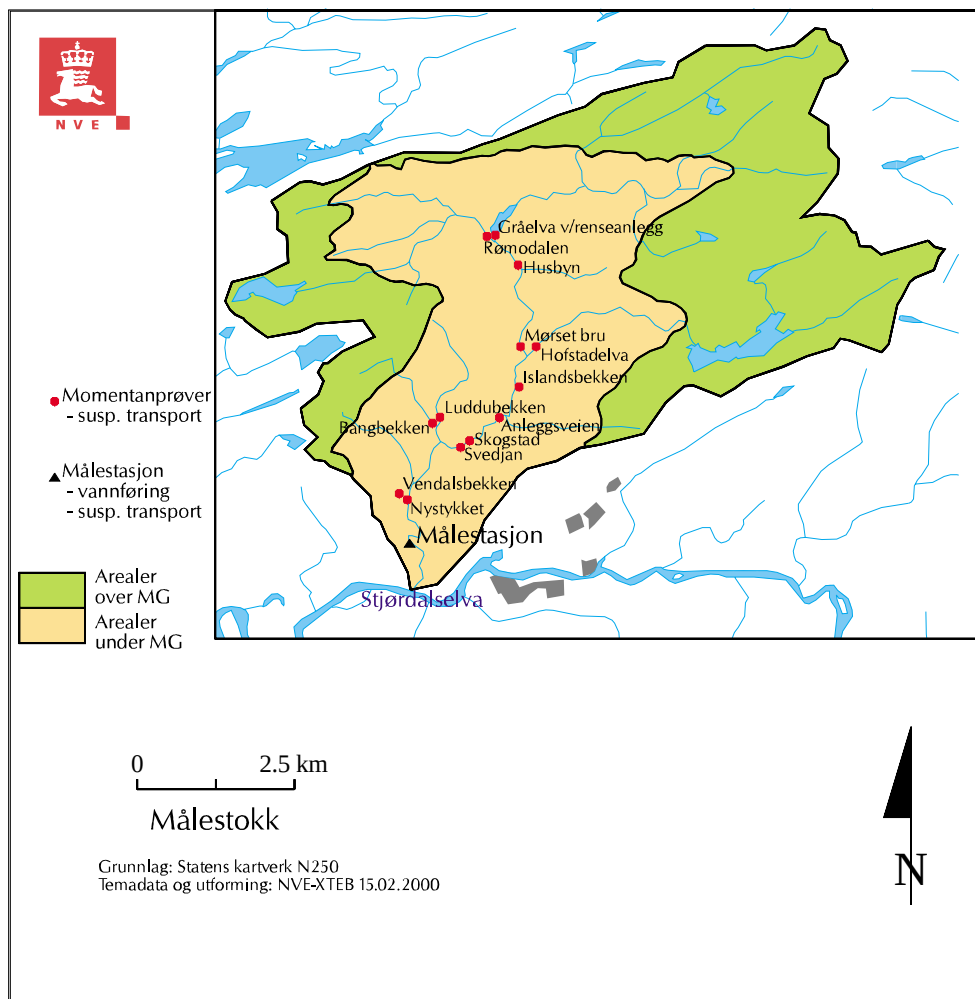


Fig. 14 Lokaliteter for kampanjemålinger.

Viktige sedimentkilder nedstrøms sikringsområdet har sannsynligvis også bidratt til at suspensjonstransporten var relativt høy både i 1997 og 1998. På dette tidspunktet var

viktige sedimentkilder som Luddubekken og Bangbekken (Sandersen 1993) ennå ikke sikret. Dette arbeidet ble først ferdigstilt i 1999. Sandersen (1993) klassifiserer også Tomasdalsbekken og Vendalsbekken som viktige kildeområder. Ved utgangen av 1999 var heller ikke disse sikret. Kampanjemålinger fra 1992 og 1994 viser også betydelige sedimentkonsentrasjoner i disse områdene, faktisk de høyeste blant alle prøvelokalitetene. Ved konsentrasjonsmålingene i 1992 og 1994 var Luddubekken blant de sideelvene med høyest verdier sammenlignet med prøver tatt på samme dag andre steder i vassdraget, se tabell 6.2. Døgnmiddel vannføringen ved Børstad under prøvetakingen i 1992 var relativt lav, opp til $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ i samtlige situasjoner, mens den lå på $2.8 \text{ m}^3/\text{s}$ i 1994. Ved tilsvarende målinger i 2000, viser resultatene at suspensjonskonsentrasjonene har sunket til et minimum, se tabell 6.3 (målinger fra 17/6-2000). I usikrede sideelver som Vendalsbekken er suspensjonskonsentrasjonene fremdeles høye. Vannføringen ved Børstad under prøvetakingen 17. juni 2000 var på ca $2.4 \text{ m}^3/\text{s}$.

7. Referanser

Bønsnes, T.E, Bogen, J., Husebye, S. 2000. Effekten av erosjonsikring på sedimenttransporten i Gråelva, Nord-Trøndelag. NVE – Rapport 12, 2000, 88s.

Sandersen, F. 1993. Gråelva, Stjørdal. Kartlegging av sedimentkilder og estimat av sedimentbudsjett. NGI rapport 1993.

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

Utgitt i Dokumentserien i 2001

- Nr. 1 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Jostedøla (076.Z). Flomsonekartprosjektet (42 s.)
- Nr. 2 Hilleborg K. Sorteberg: Operasjonell snøinformasjon (40 s.)
- Nr. 3 Ola Kjeldsen (red.): Sikkerhet ved hydrologisk arbeid (61 s.)
- Nr. 4 Erik Holmqvist: Flomberegning for Hornindalsvassdraget. Flomsonekartprosjektet (19 s.)
- Nr. 5 Lars Evan Pettersson: Flomberegning for Nea-Nidelvvassdraget. Flomsonekartprosjektet (26 s.)
- Nr. 6 Inger Sætrang: Statistikk over tariffer i regional- og distribusjonsnettet 2001 (54 s.)
- Nr. 7 Trond Taugbøl, Jan Henning L'Abée-Lund: Physical habitat restoration in canalised watercourses – possibilities and constraints (90 s.)
- Nr. 8 Turid-Anne Drageset: Flomsonekartprosjektet. Flomberegning for Drammenselva (012.Z) (29 s.)
- Nr. 9 Inger Sætrang: Oversikt over vedtak og utvalgte saker. Tariffer og vilkår for overføring av kraft i 2000 (16 s.)
- Nr. 10 Truls Erik Bønsnes, Jim Bogen: Sedimenttransporten i Gråelva i perioden 1991-2000 (21 s.)