

Sedimenttransport i svenska vattendrag exempel från 1967-1994



Sedimenttransport i svenska vattendrag exempel från 1967-1994

Maja Brandt

© SMHI 1996

Citera oss gärna och använd materialet, men ange källan.

Tryckeri: CA-Tryck AB Norrköping 1996

ISSN 0283-7722

Issuing Agency Swedish Meteorological and Hydrological Institute S-601 76 Norrköping Sweden		Report number SMHI HYDROLOGY No. 69
		Report date February 1996
Author (s) Brandt, Maja		
Title (and Subtitle) SEDIMENT TRANSPORT IN SWEDISH RIVERS Examples from 1967-1994		
Abstract A network for sediment transport observations in Sweden was started in 1966-1967. In 1994 the programme was discontinued due to budget cuts. Data exists for 36 stations in different rivers spread throughout Sweden. Observations have been made at 9 stations for the entire period and at 16 stations for more than 10 years. The purpose of the network has been to collect physical data from different Swedish watercourses in order to determine the transport of suspended material and dissolved matters, to analyse the annual variations of concentrations and transport, and to follow any possible long-term changes. The following physical water quality parameters were measured: concentration of suspended inorganic and organic matter, concentration of dissolved matter, turbidity, conductivity, colour, pH and water temperature. The transport of suspended and dissolved matter are calculated. The effect of climate, different physiography, geology and land use on the physical water quality parameters are exemplified with results from the stations.		
Key words sediment transport, physical water quality parameters, Sweden		
Supplementary notes	Number of pages 19	Language Swedish
ISSN and title ISSN 0283 - 7722		
Report available from: SMHI S-601 76 Norrköping Sweden		

Förord

”Sedimenttransport i svenska vattendrag - exempel från 1967 - 1994” är framtagen inom Analysenheten på affärsområde Samhälle vid SMHI.

Många års provtagning inom sedimenttransportnätet ligger till grund för denna bearbetning. Ett tack till alla er som tagit dessa prover, analyserat, stansat och bearbetat analysresultaten.

Månads- och årsvärden på halter och transporter finns bearbetade och lagrade för alla stationer. Dessa kan beställas från SMHI. I denna rapport redovisas delar av detta material.

Norrköping i februari 1996

Maja Brandt

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
2. Beskrivning av nätet	1
3. Resultat	6
3.1 Långsiktiga förändringar	9
3.2 Klimatets inverkan på sedimenttransporten	11
3.3 Effekter av sjöar, geologi och markanvändning	14
3.4 Mänsklig påverkan	16
4. Referenser	17

1. Inledning

Arbetet med ett sedimenttransportnät startades vid Naturgeografiska institutionen vid Uppsala Universitet 1966. Det var ett led i Internationella Hydrologiska Dekaden, IHD (1965-1974). Nätet utvecklades och leddes av Bengt Nilsson tills 1975, då det överfördes till SMHI.

Sedimenttransportnätet, även benämnt materialtransportnätet, lades ner 1994 på grund av besparingsskäl och föreliggande rapport är en redovisning av de data som samlats in under åren 1967-1994.

Syftet med nätet var att samla in fysikaliska basdata från olika svenska vattendrag för att kunna bestämma transporten av suspenderat material och lösta ämnen, för att återspegla de årliga variationerna i halter och i transport samt för att följa eventuella långsiktiga förändringar.

Bengt Nilsson (1971 a, b) har sammanställt metodik och resultat från åren 1967-1969 för 16 stationer. En sammanställning och generalisering av data från nätet för åren 1967-1979 utfördes av Maja Brandt (1982) och ytterligare bearbetning finns i Brandt (1990).

2. Beskrivning av nätet

Data finns från 36 stationer i 26 olika vattendrag. I nio av dessa stationer har provtagning och bearbetning skett från 1967 tills nätets nedläggning 1994. I sexton andra stationer har mätningar skett i mer än tio år. Stationernas läge framgår av figur 1 och avrinningsområdenas storlek, mätår och kommentarer av tabell 1. I slutet av 1970-talet tillkom sex stationer, som även ingick i nätet för Fältforskningsområdena, FFO.

Mätplatserna var spridda i Sverige för att ta hänsyn till olika regionala särdrag (klimat, geologi, markanvändning etc). De låg i vattendrag som har större avrinningsområde än 300 km² med undantag för FFO-stationerna med avrinningsområden mellan 4 och 21 km². Flertalet stationer var belägna i stora vattendrag nära mynningen i havet eftersom ett syfte var att beräkna transporten till havet. Många av dessa vattendrag är reglerade.

Följande fysikaliska vattenkvalitets parametrar har mätts och analyserats: halt suspenderat oorganiskt och organiskt material, lösta ämnen, grumlighet, ledningsförmåga, färg och pH. Dessutom mättes vattentemperaturen av observatören vid mättillfället. Färg har mätts från 1978.

Vattenproverna togs i de stora vattendragen med en speciella provtagare (Nilsson 1969), som samlar in vatten från ytan till botten i den mätvertikal i vattendraget, som genom mätningar befunnits vara representativ för vattendraget vid mätplatsen. I regel skedde provtagningen från en bro. I de små togs vattenproven manuellt genom att sänka ner en vattenflaska vid mätöverfallet för vattenföringsstationen. Provtagningsfrekvensen varierade under året. Under många år togs prover varannan dag vid kraftiga flöden, en gång i veckan för övrigt utom under islagd tid med provtagning var 14:e dag. Under senare år skedde provtagning i södra Sverige varje vecka och i norra Sverige varje vecka sommartid och varannan vecka vintertid. Vid FFO-stationerna togs dock prov bara en gång per månad i samband med den ordinarie kemiprovtagningen samt några extraprover vid vår- och höstflöden.



Figur 1. Stationskarta för sedimenttransportnätet.

Tabell 1

Stationsnamn	Nr	Älv	Avrinningsområde km ²	Mätår
Övertorneå ¹	1	1 Torneälven	38 250	1976-94
Pello ¹	2	1 Torneälven	33 154	1966-74
Kalix ²	27	4 Kalixälven	18 068	1969-77
Brattlandet	29	4 Kalixälven	17 878	1979-82, 1987-94
Norriån ³	19	7 Rörån, Råneälven	706	1969-94
Harads ⁴	18	9 Luleälven	22 064	1967-76
Gäddvik ⁴	21	9 Luleälven	25 241	1976-81
Bölebyn	17	13 Piteälven	11 093	1967-94
Renströmsgruvan ⁵	3	20 Skellefteälven	10 550	1967-77
Skellefteå ⁵	25	20 Skellefteälven	11 675	1977-83
Maltbränna ⁶	4	28 Vindelälven	9 882	1967-81
Torrböle	5	30 Öreälven	2 880	1967-94
Rundvik ⁷	20	32 Lögdeälven	1 608	1976-83
Nyland ⁸	6	38 Ångermanälven	31 700	1967-80
Skyttmon	7	40 Ammerån, Indalsälven	2 463	1967-94
Norrsjön	34	42 Tivsjöån, Ljungan	15	1980-83
Kassjöån ⁹	35	42 Kassjöån, Ljungan	165	1969-73
Njurunda ⁹	24	42 Ljungan	12 615	1976-82
Funäsdalen	8	48 Ljusnan	340	1967-94
Vikbyn	9	53 Dalälven	25 950	1967-94
Älvkarleby	26	53 Dalälven	28 959	1976-94
Tärnsjö ¹⁴	33	54 Stalbobäcken, Tämnrån	14	1982-83
Bergshamra	31	61 Hargsån, Norrström	21	1980-94
Stormyra	30	61/62 Stormyrabäcken	4	1980-94
Nolsjön	32	67 Mossån, Motala ström	18	1980-94
Ryttarbacken ¹⁵	28	68 Hestadbäcken, Söderköpingsån	8	1980-94
Emsfors ¹⁰	10	74 Emån	4 446	1967-94
Mörnum	23	86 Mörrumsån	3 360	1976-94
Klippan ¹¹	11	96 Rönne å	952	1967-94
Åsbro	12	105 Viskan	2 160	1967-94
Agnesberg ¹²	13	108 Göta älv	48 144	1967-80
Ormo ¹²	15	108 Nordre älv, Göta älv	48 209	1967-81
Härjevad ¹³	14a	108 Lidan, Göta älv	1 022	1969-71, 1980-94
Ruta kvarn ¹³	14b	108 Lidan, Göta älv	700	1967-68
Edsforsen	16	108 Klarälven	8 560	1967-94

Kommentarer till tabell 1

Mätåren anger de år som fullständiga årsblanketter finns från. Mätningar kan finnas från delar av året före och efter de angivna åren.

1. Torneälven: Stationen Pello (mätning från färja) flyttades i juli 1975 till Övertorneå.
2. Kalixälven: Stationen Kalix lades ner p g a att den var påverkad av havsvatten.
3. Rörån: Årsblanketter saknas för 1974-75.
4. Luleälven: Stationen Harads nedlagd sedan stationen hamnat mellan två vattenkraftmagasin. Stationen Gäddvik nedlagd efter översyn av nätet (1981). Troligen påverkad av havsvatten.
5. Skellefteälven: Stationen Renströmsgruvan flyttad till Skellefteå för att komma närmare mynningen. Stationen Skellefteå nedlagd efter översyn av nätet (1981 besparingsskäl).
6. Vindelälven: Mätningar vid stationen Maltbränna utfördes från färja. Stationen nedlagd efter översyn av nätet (1981 besparingsskäl).
7. Lögdeälven: Stationen Rundvik nedlagd p g a att mätningarna (vid ena sidan) inte bedömdes helt representativa samt att förstärkningsarbete utfördes uppströms mätplatsen.
8. Ångermanälven: Stationen Nyland nedlagd p g a aktiv deltauppgbyggnad vid mätplatsen och ej väl fungerande provtagning.
9. Ljungan: Stationen Kassjöån mättes under IHD-perioden. Stationen Njurunda bedömdes ha dålig mätplats och nedlagdes vid översyn (1981).
10. Emån: Transportberäkningar saknas på årsblanketterna 1974-75.
11. Rönne å: Mätstation inom Klippans industriområde (föroreningsrisk?).
12. Göta älv: Stationerna Agnesberg och Ormo var belägna nedströms förgreningen av Göta älv före älven når havet. Mätningarna vid Agnesberg togs från färja, men när den upphörde att gå, saknades bra provtagningsplats. Ormo var påverkad av havsvatten periodvis.
13. Lidan: Stationen i Lidan var först belägen vid Ruta kvarn i anslutning till ett kraftverk, som påverkade mätplatsen med ojämn drift. Den flyttades då till ett kraftverk vid Härjevad 5 km nedströms Ruta kvarn (1969) och därifrån till Brokvarn 5 km ytterligare nedströms (1982).

FFO-stationer: Mätningarna startade under 1977-79 med månadsvis provtagning, som senare utökades under vår- och höstflöde.

14. Tämnrån: Tärnsjö nedlagd p g a ej representativ mätplats vid damm.
15. Söderköpingsån: Stationen Ryttaarbacken har även benämnts Skärkind.

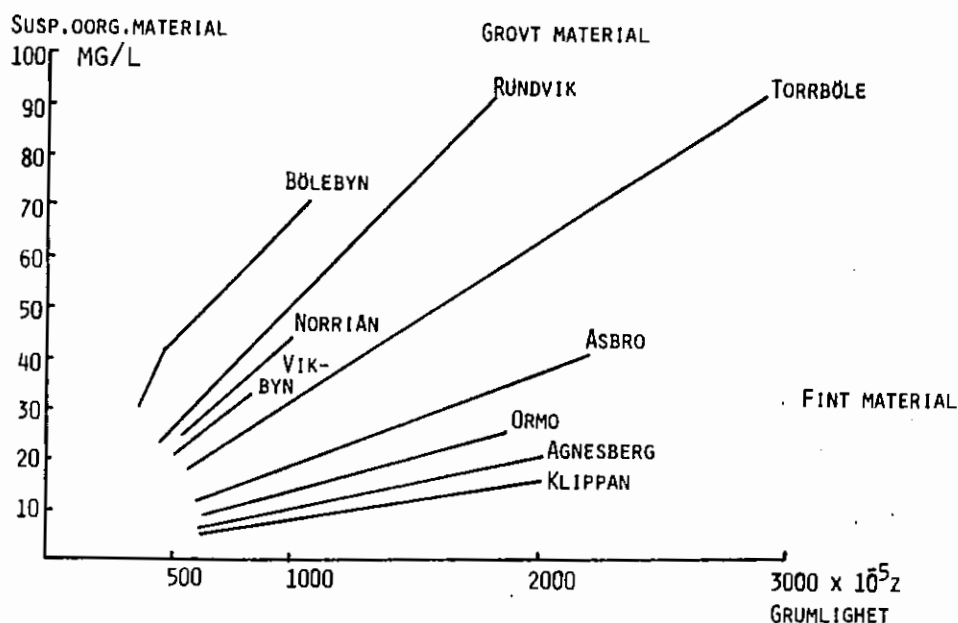
Med suspenderat material menas partiklar som hålls svävande i strömmande vatten. Partiklarna frigörs från marken genom ytavspolning och erosion i vattendragets botten och sidor. Grovt material kan vid tillräcklig hög vattenhastighet rulla och glida längs botten, s k bottentransport. Inga mätningar eller beräkningar har utförts av bottentransporten inom sedimenttransportnätets ram. Totala mängden suspenderat material har bestämts genom filtrering genom ett membranfilter med porstorlek 0,05µm och vägning efter torkning i 105° C. Mängden oorganiskt material har därefter bestämts genom glödning i 550° C i två timmar.

Den totala mängden ämnen som befinner sig i jonform i vattnet benämns lösta ämnen och har bestämts genom vägning efter filtrering och indunstning. Mängden oorganiska lösta ämnen har analyserats genom glödning.

Grumligheten, som är ett mått på det vita ljusets spridning i ett vattenprov, har bestämts med en Sigrist-fotometer i Z-enheter. Vattnets ledningsförmåga har analyserats med en konduktivitetmätare. pH har analyserats på laboratorium samt färg i mg Pt/l genom jämförelse med standardlösningar. Analysmetoderna beskrivs mer i detalj i Nilsson (1971 a).

En jämförelse mellan analyserna av lösta ämnen och ledningsförmåga vid de olika stationerna visade att det fanns ett bra samband vid stationerna Funäsdalen, Skyttmon, Klippan, Åsbro och Härjevad, medan övriga visade dåliga eller inga tydliga samband (FFO-stationerna har inte studerats). Genomgående varierade ledningsförmågan betydligt mindre än halt lösta ämnen.

Sambanden mellan suspenderat material och grumlighet var svaga. I figur 2 återfinns regressionslinjer i de fall de var möjliga att dra.



Figur 2. Generaliserade samband mellan grumlighet och suspenderat oorganiskt material för några av sedimenttransportnätets stationer.

Dagliga vattenföringsuppgifter har hämtats från närliggande station. Saknades vattenföringsstation nära mätplatsen har vattenföringen beräknats utifrån närliggande referensstationer.

Samtliga analysresultat och dagliga vattenföringsvärden från de olika stationerna har lagrats på magnetband. Alla beräkningar av transporter och månadsmedelhalter har beräknats utifrån dygnsvärden för att fånga upp inverkan av varierande vattenföringar. För dygn när inga analyser har utförts, har transport suspenderat organiskt material och lösta ämnen beräknats genom att haltvärden har interpolerats fram och multiplicerats med rådande vattenföring.

Transport suspenderat oorganiskt material har däremot beräknats med ett regressionsförfarande, som utnyttjar ett logaritmiskt samband mellan uppmätt transport och vattenföring månadsvis. Vid de månadsvisa regressionsberäkningarna av suspenderat oorganiskt material har prover från de senaste tre åren utnyttjats.

Utifrån de interpolerade dygnsvärdena har månads- och årsmedelhalt beräknats av suspenderat oorganiskt och organiskt material, lösta ämnen, ledningsförmåga, grumlighet, färg och pH. Månads- och årsvärden finns lagrade digitalt och i årsblanketter för respektive station. Den angivna vattentemperaturen bygger på interpolation från de mätningar som finns och är relativt osäker. I några fall har värden från älvtemperaturnätet lagts in och från det nätet kan säkrare vattentemperaturdata hämtas.

3. Resultat

Månads- och årsmedelhalter samt transporter av suspenderat och löst material finns lagrat i årsblanketter för varje station (exempel, se tabell 2). Ingen grumlighet, ledningsförmåga, färgtal och pH anges under månader när vattenanalyser saknas. Transporterna har dock beräknats med linjär interpolation respektive med regressionssamband.

En sammanställning och försök till generalisering av sedimenttransportnätets mätdata gjordes för åren 1967-1979 (Brandt 1982). Karakteristiska kvartalsvisa värden såsom maximi- och minimivärden, medelvärden, standardavvikelse, variationskoefficient och medelfel beräknades för suspenderat totalt och oorganiskt material, lösta ämnen, ledningsförmåga och färg för de olika mätstationerna. Eftersom provtagningsfrekvensen varierade kraftigt under året beräknades ej varaktighet och medianvärden. Resultaten sammanställdes i tabeller för varje mätstation och i kartor med kvartalsvisa medelvärde. Medelvärde av totalt suspenderat material och av lösta ämnen för åren 1967-1979 redovisas i kartform i figur 3 och 4. Variationerna i medelvärdena av totalt suspenderat material i södra Sverige är relativt små under året. I mellersta och norra Sverige är de det också bortsett från kvartal 2, när vårflödet i vissa vattendrag ger markant högre halter.

Halterna vid FFO-stationerna, som har betydligt mindre avrinningsområden ($3-21 \text{ km}^2$), är inte redovisade i kartorna. Halt suspenderat material och lösta ämnen avviker markant vid flera av stationerna jämfört med halterna i närliggande större områden. Det gäller främst Bergshamra (huvudsakligen jordbruksområde), Stormyra (kuperad skogs- och hällmark) och Rytta-backen (främst jordbruksområde). De små områdena har betydligt högre halter suspenderat material och under lågvattenperioderna högre halt lösta ämnen. I de små FFO-områdena dominerar markanvändningen på sedimenttransportförhållandena, medan vid sedimenttransportnätets övriga stationer med betydligt större avrinningsområden ($350-50\,000 \text{ km}^2$) har klimatet, fysiografin och geologin större betydelse. Det innebär att uppmätta halter och analysvärden inte generellt kan överföras från ett litet avrinningsområde till ett stort.

S M H I

UPPGIFTER FRÅN MATERIALTRANSPORTNÄTET

STATION: 10 EMSFORS

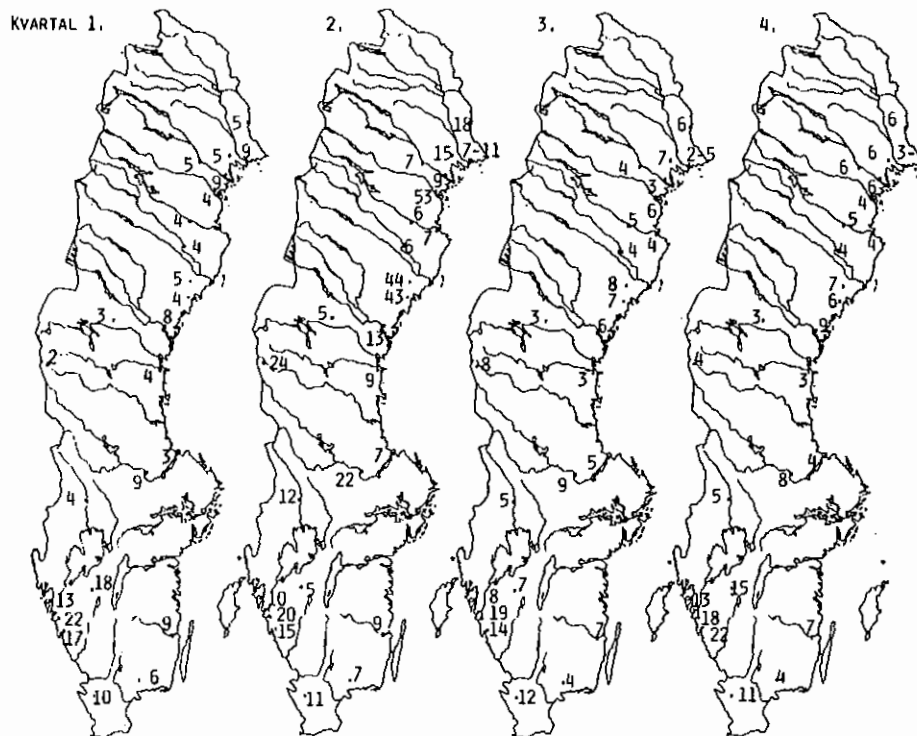
VATTENDRAG: EMÅN

ÅR: 1967

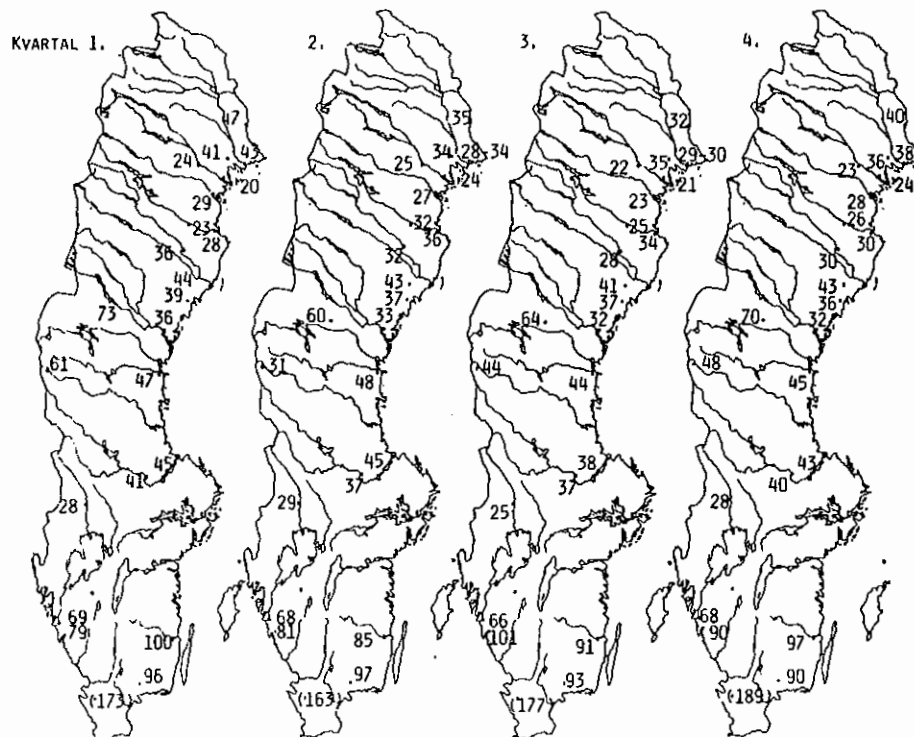
AVRINNINGSOMRÅDE: 4446 KM2
 STATIONEN STARTADE ÅR: 1966
 STATIONENS KOORDINATER: 633522 153921

MÅNAD	MEDEL- VATTEN- FÖRING	<<< VATTENFÖRINGSVÄGD MEDELKONCENTRATION >>>							VATTEN- TEMP.	< TRANSPORTERADE MÄNGDER >			
		SUSPENDERAT TOTALT	MATERIAL DÄRAV		LÖST- MATERIAL	GRUM LIGHET	LEDNINGS FÖRMÅGA	FÄRG TAL		SUSPENDERAT TOTALT	MATERIAL DÄRAV		LÖST MATERIAL
	M3/S	MG/L	OORG MG/L	ORG MG/L	MG/L	Z	MS/M	MG/L	C	TON	OORG. TON	ORG. TON	TON
1	30	7.2	2.7	4.5	98.1	100	10.3		6.9	582	222	360	7937
2	41	9.6	3.0	6.6	100.4	160	10.3		6.8	958	297	661	10057
3	110	14.7	10.1	4.6	86.0	220	8.5		6.7	4337	2976	1361	25459
4	93	7.9	4.4	3.5	75.4	130	8.2		6.8	1900	1061	839	18198
5	42	9.8	4.7	5.2	88.7	130	8.7		6.9	1108	525	583	10007
6	21	7.5	4.2	3.3	98.8	160	9.6		7.0	405	227	178	5357
1	9	9.9	4.6	5.3	100.4	200	10.3		6.9	233	107	126	2358
8	9	10.2	3.9	6.2	88.8	120	10.3		6.9	247	95	152	2158
9	12	5.9	2.5	3.4	98.8	110	10.5		6.8	181	76	105	3008
10	25	7.1	3.0	4.1	88.4	170	10.7		6.9	473	201	272	5900
11	38	7.3	3.2	4.0	89.2		10.1		7.0	713	316	397	8762
12	25	7.0	2.6	4.4	89.4		10.8		7.0	475	179	296	6047
HELA ÅRET	38	9.7	5.2	4.4	87.8					11612	6282	5330	105248

Tabell 2. Exempel på årsblankett.



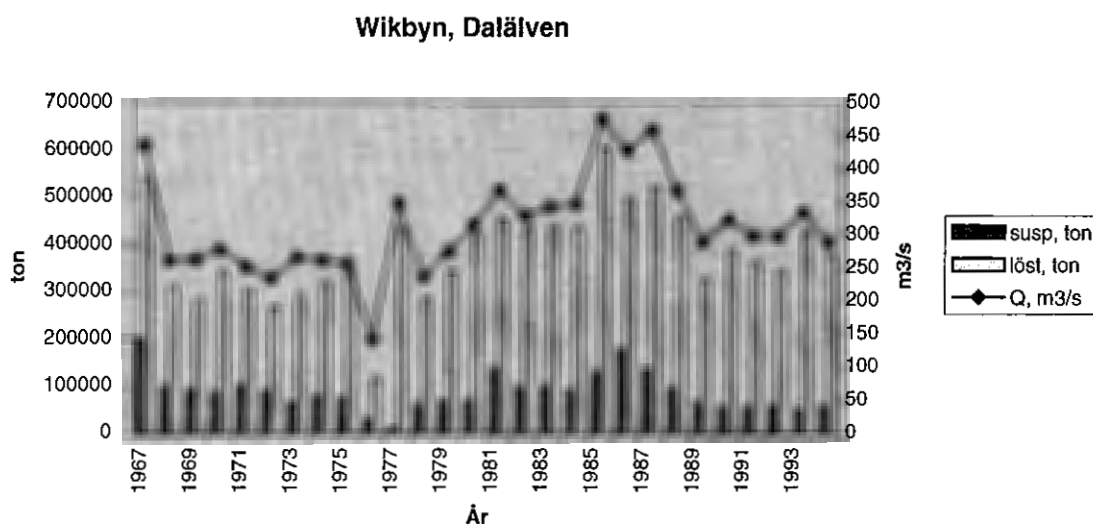
Figur 3. Medelvärde av totalt suspenderat material (mg/l) kvartalsvis för 1967-1979.



Figur 4. Medelvärde av lösta ämnen (mg/l) kvartalsvis för 1967-1979.

3.1 Långsiktiga förändringar

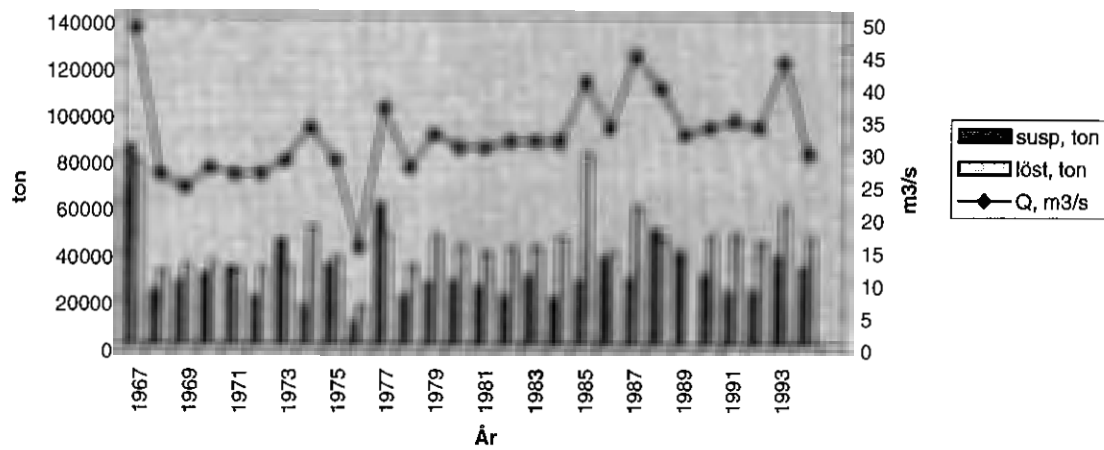
Transporten av löst material har analyserats med avseende på trender, eftersom en ökning av transport av organiskt material (mätt som KMnO_4 -konsumtion) har rapporterats för Dalälven under de senaste 20 åren (Forsberg och Löfgren, 1988). Ökningen ansågs bero på en ökning av löst humus i vattnet (Forsberg, 1988). En icke-parametrisk signifikanstest, Seasonal Kendall test (Hirsch et al., 1982, Hirsch and Slack, 1984), användes för att testa trender vid stationer som mätts under åren 1967-1987. Testen är okänslig för säsongsvariationer. En trend i transporten av ämnen kan orsakas av förändringar i avrinning eller i koncentration eller i en kombination av de två. Utifrån analysen kunde en ökning av halten av lösta ämnen inte bekräftas, medan transporten hade en positiv trend (1967-1987), som torde bero på en ökning i avrinningen under 1980-talets senare del (Brandt 1990). Figur 5 redovisar transporten av suspenderat och löst material samt vattenföringen vid Vikbyn i Dalälven för åren 1967-1994, där man kan se att transporterna väl följer vattenföringen.



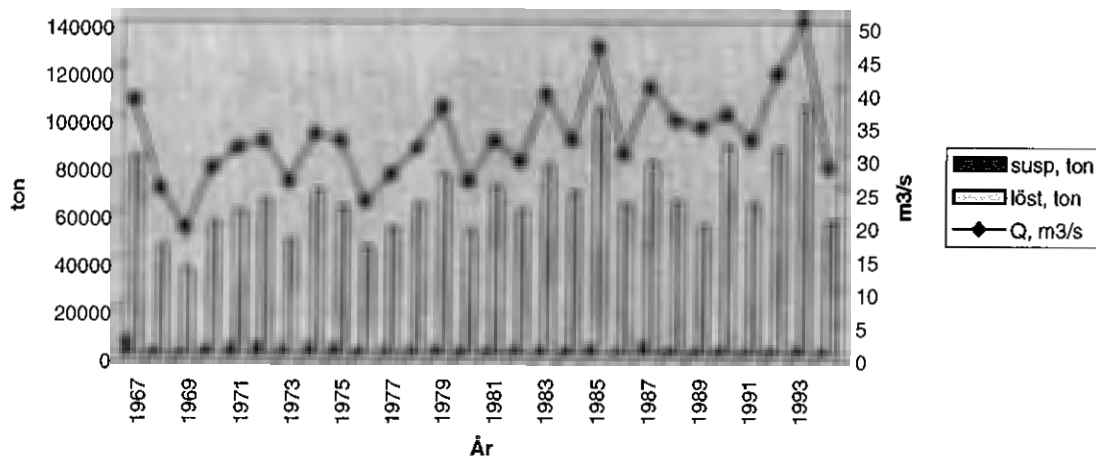
Figur 5. Vattenföring, transport av suspenderat material och lösta ämnen 1967-1994 för Vikbyn, Dalälven.

I figur 6 redovisas transporten av totalt suspenderat material och lösta ämnen under åren 1967-1994 för tre mätstationer spridda i landet. Avrinningsområdena är ca 2 000 km² för samtliga tre. Av diagrammen framgår att transportförhållandena av suspenderat material respektive lösta ämnen varierar i olika delar av landet. Vid Torrböle, Öreälven, är transporterna av suspenderat och lösta ämnen relativt jämförbara (halten lösta ämnen var onormalt höga under vårflödet 1989 och årstransporten detta år har utelämnats i diagrammet). I Skyttmon, Ammerån, är transporten av suspenderat material mycket liten, medan transporten av lösta ämnen är stor på grund av kalkrik mark. Även för Åsbro domineras transporten av lösta ämnen, vilket är typiskt för södra Sverige.

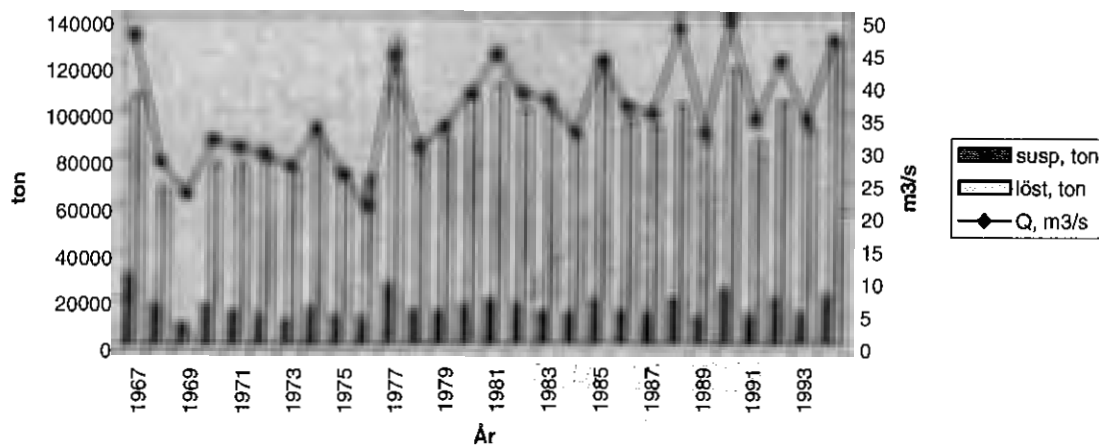
Torrböle, Öreälven



Skyttmon, Ammerån



Åsbro, Viskan



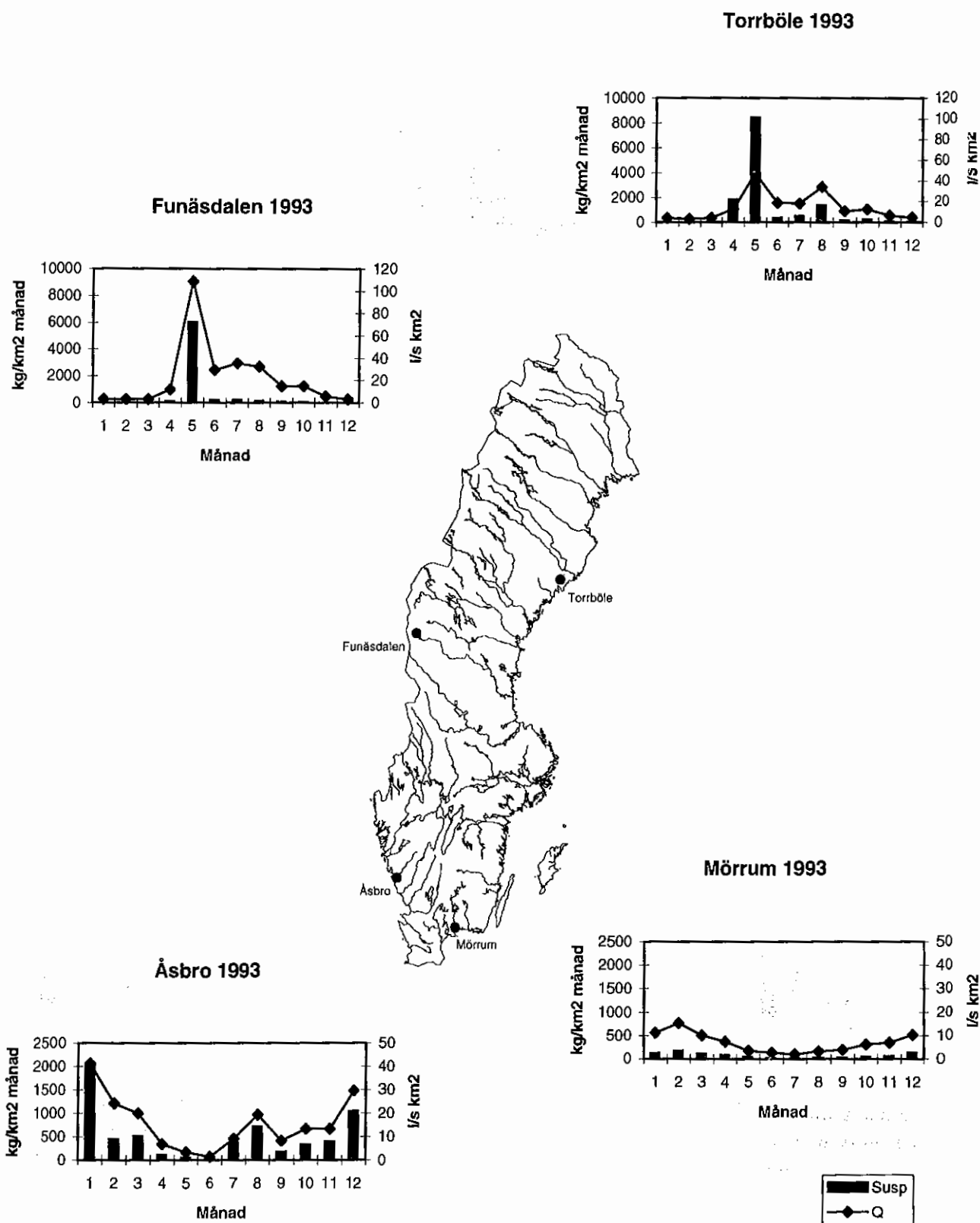
Figur 6. Vattenförling, transport av suspenderat material och lösta ämnen 1967-1994 för stationerna Torrböle, Skyttmon och Åsbro.

3.2 Klimatets inverkan på sedimenttransporten

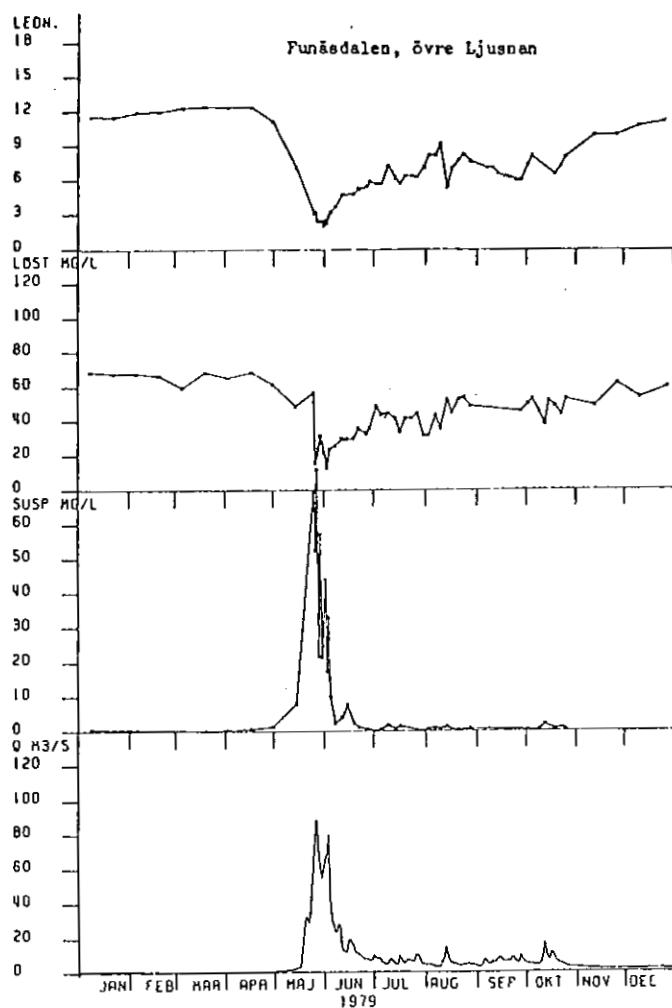
Säsongens variationer i sedimenttransporten i större vattendrag styrs till stor del av klimatet. Detta exemplifieras av figur 7 med månadstransport och avrinning för fyra områden 1993. De utvalda stationerna illustrerar olika hydrologiska regimer i Sverige med lågvatten under vintern i norr följt av vårflöden orsakad av snösmältning och vinterflöden i södra Sverige med lågvatten under sommaren. Avrinningen i sydvästra Sverige är betydligt högre än på sydostsidan på grund av de förhärskande västvindarna och mer nederbörd på västsidan. Halterna av suspenderat material är dessutom genomgående lägre vid Mörrum än vid Åsbro. I samband med flöden ökar halterna markant vid Torrböle på grund av lättroderbart material vid vattendraget.

I norra Sverige magasineras större delen av vinterns nederbörd som snö. När lufttemperaturen stiger på våren, smälter snön och ger upphov till kraftiga vårflöden. I figur 8 återges hur detta påverkar avrinningsförhållandena vid Funäsdalen i övre delen av Ljungan. Ledningsförmågan och halten löst material sjunker drastiskt, medan mängden suspenderat material ökar vid vårflödet.

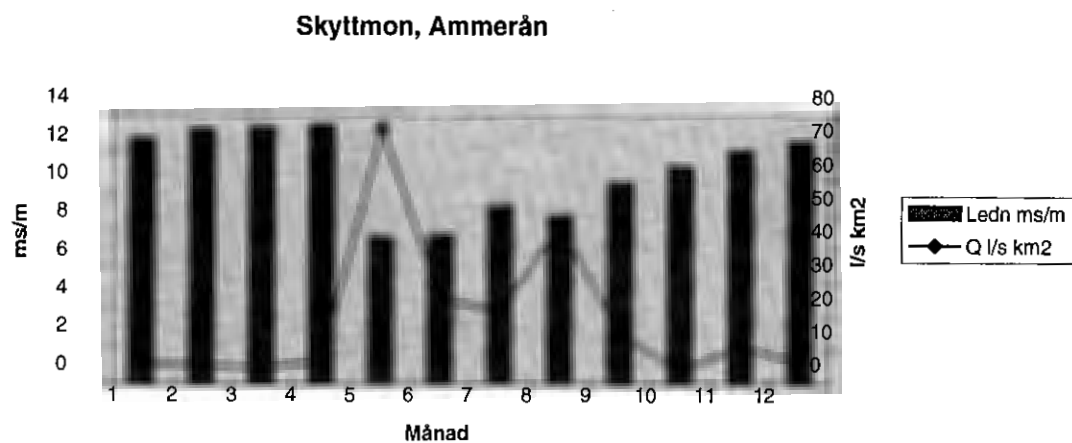
Vattnets väg till vattendraget har betydelse för transporten av olika lösta ämnen. Det är tydligt i t ex Skyttmon, som är belägen i ett kalkrikt område. Under vintern utgörs avrinningen av i första hand grundvatten med hög ledningsförmåga. Under snösmältningen och höstflödena blandas detta vatten upp med ytligare avrunnet vatten med lägre ledningsförmåga och halter lösta ämnen (figur 9).



Figur 7. Avrinning, månadstransport av suspenderat material vid fyra stationer i Sverige. Obs! Skallorna är olika för de sydliga och nordliga stationerna.



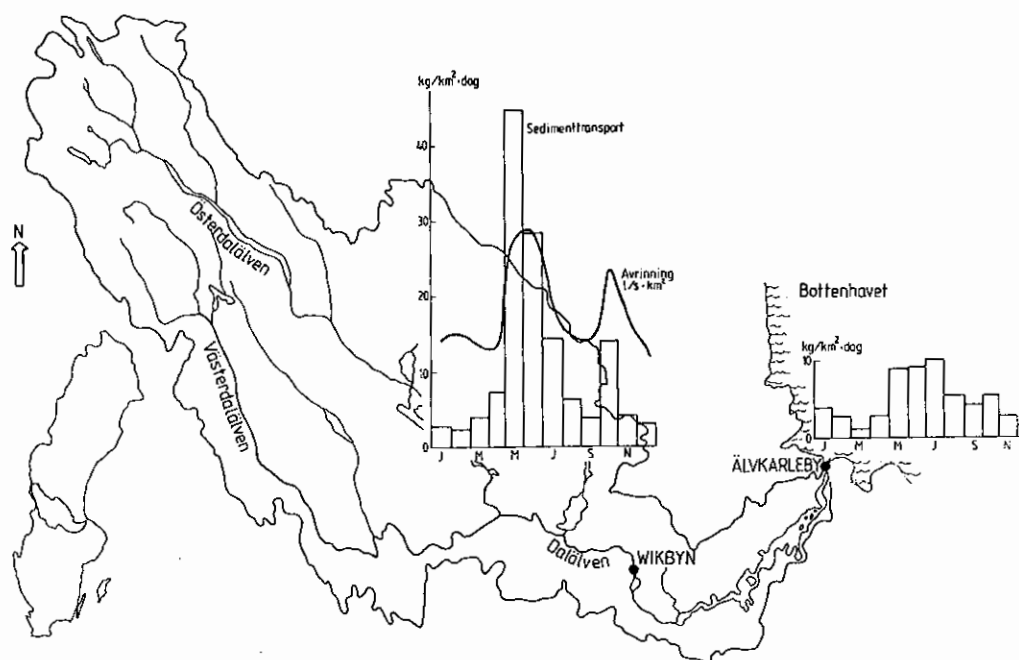
Figur 8. Snösmältningens inverkan på halt suspenderat material, lösta ämnen och ledningsförmåga vid Funäsdalen.



Figur 9. Avrinning och ledningsförmåga vid Skyttmon 1993.

3.3 Effekter av sjöar, geologi och markanvändning

Som nämnts ovan är halten suspenderat material normalt lägre i stora vattendrag än i små. I stora områden sedimenterar det suspenderade materialet i sjöar och i lugnflytande partier. Sedimenttransportnätet har två stationer i Dalälven - Vikbyn och Älvkarleby. För dem kan man urskilja effekten av det stora sjösystemet uppströms mynningsstationen vid Älvkarleby (figur 10). För åren 1976-1988 var den årliga transporten av suspenderat material vid Älvkarleby 60% av den i den uppströms belägna stationen vid Vikbyn samtidigt som avrinningen var 10% mer vid Älvkarleby.

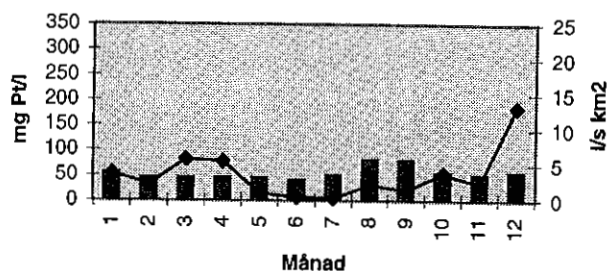


Figur 10. Månadstransport av suspenderat material 1987 i Dalälven, vilket illustrerar depositionen i sjösystemet uppström Älvkarleby.

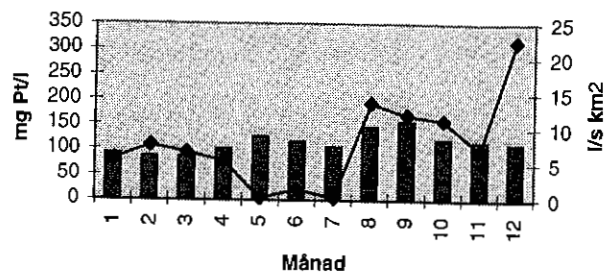
Geologi, jordart, morfologi och markanvändning påverkar också sedimenttransporten. Det är ofta en interaktion mellan jordart och markanvändning. De svenska skogarna växer t ex i regel på morän, medan odlad mark återfinns på finare sediment och lerjordar. I de små områdena Bergshamra, Stormyra samt Nolsjön skiljer sig t ex ledningsförmåga och färg (figur 11 och 12). Skogs- och myrområdet Nolsjön har högt färgtal, medan Stormyra som består av häll- och skogsmark har lägre tal och det jordbruksdominerade Bergshamra har lägst. När det däremot gäller ledningsförmågan har Bergshamra betydligt högre värden liksom halt löst material.

Några av norrlandsstationerna har mycket låga halter suspenderat oorganiskt material (i regel < 3 mg/l) även under vårflödet, t ex Maltbränna i Vindelälven (oreglerad), Harads i Luleälven (reglerad), medan andra har höga halter, t ex Torrböle i Öreälven, Bölebyn i Piteälven samt Rundvik i Lögdeälven. Vindelälven rinner genom stora sjöar nära fjällkedjan och sedan genom flacka skogs- och myrmarker, medan reliefen är större i skogsälvarna Öreälven och Lögdeälven med glaciofluviala lättroderbara slänter längs vattendragen (se exempel figur 13).

Bergshamra 1993



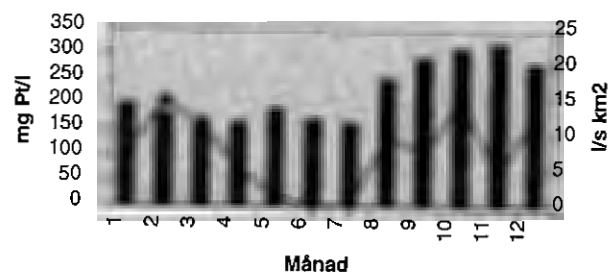
Stormyra 1993



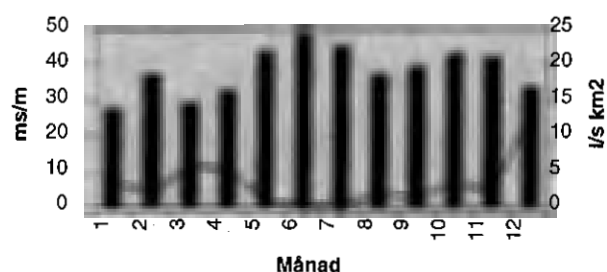
Figur 11. Avrinning och färgtal i tre små avrinningsområden med olika markanvändning.

*Bergshamra främst jordbruk,
Stormyra häll- och skogsmark,
Nolsjön skogs- och myrmark.*

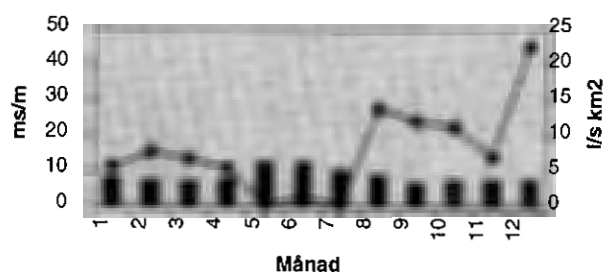
Nolsjön 1993



Bergshamra 1993

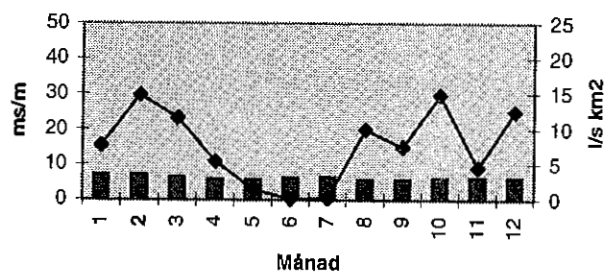


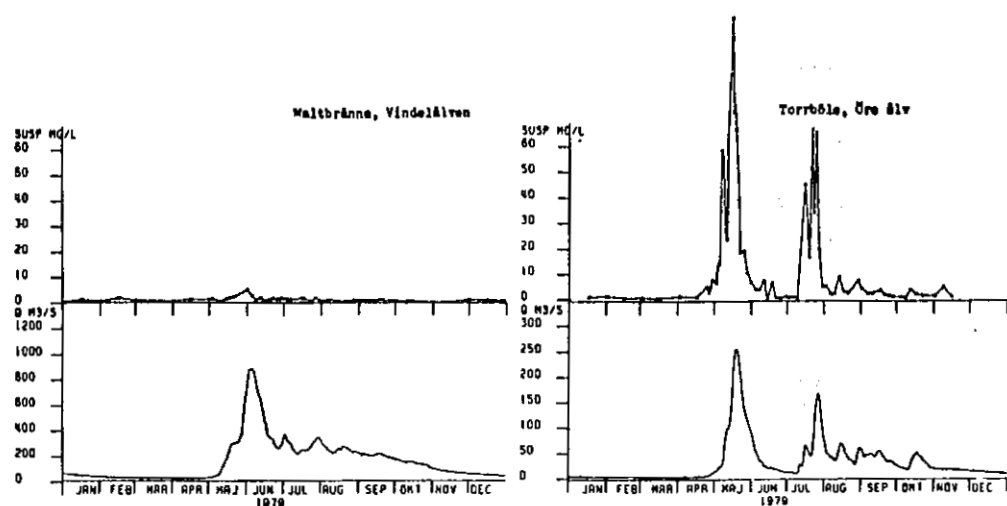
Stormyra 1993



Figur 12. Avrinning och ledningsförmåga i tre små avrinningsområden med olika markanvändning.

Nolsjön 1993



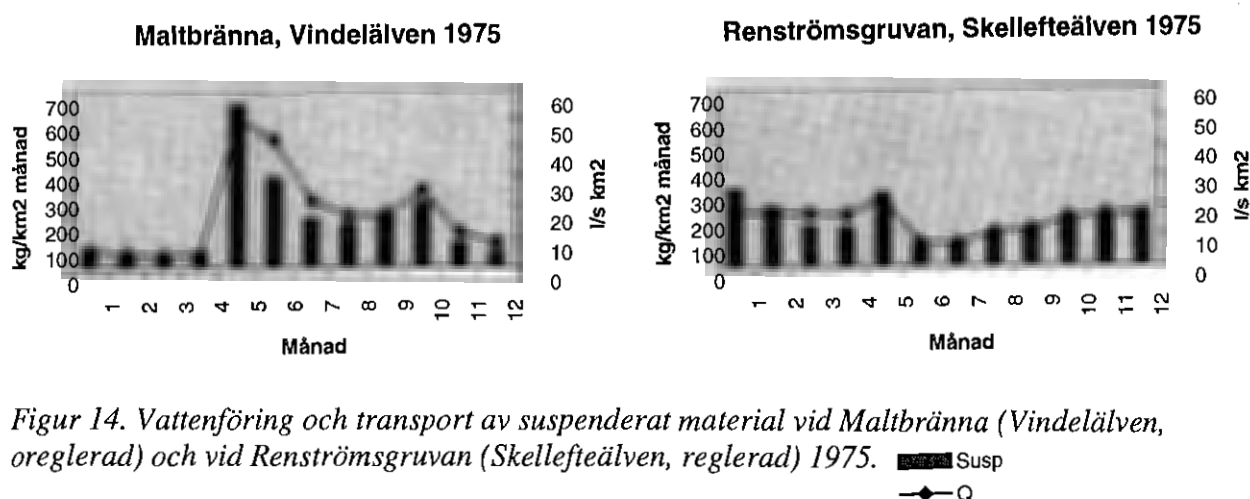


Figur 13. Halt suspenderat material och vattenförling vid de två oreglerade mätstationerna Maltbränna (Vindelälven) och Torrböle (Öreälven) med olika tillgång på eroderbart material.

3.4 Mänsklig påverkan

De flesta större vattendrag i norra och centrala Sverige är reglerade för vattenkraftproduktion. Regleringen innebär att vår- och sommarflöden delvis magasineras och att vattenmängden ökas under senhöst och vinter för att producera elenergi. I magasinerna sedimenterar material och den fluviala erosionen avtar i vattendraget när flödena och vattenhastigheten minskar. Figur 14 visar avrinningen och månadstransporten av suspenderat material 1975 i den reglerade Skellefteälven och i den oreglerade Vindelälven.

Vattenkraftutbyggnaden var som intensivast under perioden 1950-1960 och vi saknar jämförelsedata för tiden före och efter utbyggnaden. Nilsson (1976) har uppskattat materialtransportminskningen på grund av kraftverksutbyggnaden till 50-60% efter regleringen i de tre stora älvarna - Umeälven, Ångermanälven och Indalsälven.



Figur 14. Vattenförling och transport av suspenderat material vid Maltbränna (Vindelälven, oreglerad) och vid Renströmsgruvan (Skellefteälven, reglerad) 1975. ■ SUSP ◆ Q

4. Referenser

Brandt, M. (1982)

Sedimenttransport i svenska vattendrag. Sammanställning och generalisering av data från sedimenttransportnätet. SMHI, RHO 33, 67 s.

Brandt, M. (1990)

Generation, transport and deposition of suspended and dissolved material - Examples from Swedish rivers. *Geografiska Annaler* 72A, 3-4: 273-283.

Forsberg, C. (1988)

Nytt hot mot Sveriges vatten. Artikel i *Dagens Nyheter*, Debatt, 1 sept 1988.

Forsberg, C. och Löfgren, S. (1988)

Dalälvens vatten 1965-86. Vattenkvalitet och ämnestransport. Länsstyrelsen i Kopparbergs län, Naturvårdsenheten, N 1988:2, 50 s.

Hirsch, R.M. and Slack, J.R. (1984)

A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependency. *Water Resources Research*, 20 (6): 727-734.

Hirsch, R.M., Slack, J.R. and Smith, R.A. (1982)

Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research*, 18 (1): 107-121.

Nilsson, B. (1969)

Development of a depth-integrating water sampler. UNGI Rapport nr 2, Uppsala, 18 s.

Nilsson, B. (1971a)

Sedimenttransport i svenska vattendrag. Ett IHD-projekt. Del 1. Metodik. UNGI Rapport nr 4, Uppsala, 98 s.

Nilsson, B. (1971b)

Sedimenttransport i svenska vattendrag. Ett IHD-projekt. Del 2. Avrinningsområden, stationer och resultat 1967-69. UNGI Rapport nr 16, Uppsala, 250 s.

Nilsson, B. (1976)

The influence of man's activities in rivers on sediment transport. *Nordic Hydrology*, 7: 145-160.

SMHIs rapporter

SMHI ger ut sex rapportserier. Tre av dessa, R-serierna, är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Publiceras sedan

RMK (Rapport Meteorologi och Klimatologi)	1974
RH (Rapport Hydrologi)	1990
RO (Rapport Oceanografi)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985

SMHI Reports Hydrology (RH)

1. Sten Bergström, Per Sandén and Marie Gardelin (1990)
Analysis of climate-induced hydrochemical variations in till aquifers.
2. Maja Brandt (1990)
Human impacts and weather-dependent effects on water balance and water quality in some Swedish river basins.
3. Joakim Harlin (1992)
Hydrological modelling of extreme floods in Sweden.
4. Sten Bergström (1992)
The HBV model - its structure and applications.
5. Per Sandén and Per Warfvinge (1992)
Modelling groundwater response to acidification.
6. Göran Lindström (1993)
Floods in Sweden - Trends and occurrence.
7. Sten Bergström and Bengt Carlsson (1993)
Hydrology of the Baltic Basin. Inflow of fresh water from rivers and land for the period 1950 - 1990.
8. Barbro Johansson (1993)
Modelling the effects of wetland drainage on high flows.
9. Bengt Carlsson och Håkan Sanner (1994)
Influence of river regulation on runoff to the Gulf of Bothnia. Gulf of Bothnia Year 1991.
10. Göran Lindström, Marie Gardelin and Magnus Persson (1994)
Conceptual modelling of evapotranspiration for simulations of climate change effects.

SMHI Hydrologi (H)

1. Bengt Carlsson (1985)
Hydrokemiska data från de svenska fältforskningsområdena.
2. Martin Häggström och Magnus Persson (1986)
Utvärdering av 1985 års vårfloödesprognoser.
3. Sten Bergström, Ulf Ehlin, SMHI, och Per-Eric Ohlsson, VASO (1986)
Riktlinjer och praxis vid dimensionering av utskov och dammar i USA. Rapport från en studieresa i oktober 1985.
4. Barbro Johansson, Erland Bergstrand och Torbjörn Jutman (1986)
Skåneprojektet - Hydrologisk och oceanografisk information för vattenplanering - Ett pilotprojekt.
5. Martin Häggström (1986)
Översiktlig sammanställning av den geografiska fördelningen av skador främst på dammar i samband med septemberflödet 1985.
6. Barbro Johansson (1986)
Vattenföringsberäkningar i Södermanlands län - ett försöksprojekt.
7. Maja Brandt (1986)
Areella snöstudier.
8. Bengt Carlsson, Sten Bergström, Maja Brandt och Göran Lindström (1987)
PULS-modellen: Struktur och tillämpningar.
9. Lennart Funkquist (1987)
Numerisk beräkning av vågor i kraftverksdammar.
10. Barbro Johansson, Magnus Persson, Enrique Aranibar and Robert Llobet (1987)
Application of the HBV model to Bolivian basins

11. Cecilia Ambjörn, Enrique Aranibar and Roberto Llobet (1987)
Monthly streamflow simulation in Bolivian basins with a stochastic model.
12. Kurt Ehlert, Torbjörn Lindkvist och Todor Milanov (1987)
De svenska huvudvattendragens namn och mynningspunkter.
13. Göran Lindström (1987)
Analys av avrinningsserier för uppskattning av effektivt regn.
14. Maja Brandt, Sten Bergström, Marie Gardelin och Göran Lindström (1987)
Modellberäkning av extrem effektiv nederbörd.
15. Håkan Danielsson och Torbjörn Lindkvist (1987)
Sjökarte- och sjöuppgifter. Register 1987.
16. Martin Häggström och Magnus Persson (1987)
Utvärdering av 1986 års vårlödesprognoser.
17. Bertil Eriksson, Barbro Johansson, Katarina Losjö och Haldo Vedin (1987)
Skogsskador - klimat.
18. Maja Brandt (1987)
Bestämning av optimalt klimatstationsnät för hydrologiska prognoser.
19. Martin Häggström och Magnus Persson (1988)
Utvärdering av 1987 års vårlödesprognoser.
20. Todor Milanov (1988)
Frys förluster av vatten.
21. Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval and Maria Elvira Vega (1988)
Application of the HBV model to the upper Río Cauca basin.
22. Mats Moberg och Maja Brandt (1988)
Snökartläggning med satellitdata i Kultsjöns avrinningsområde.
23. Martin Gotthardsson och Sten Lindell (1989)
Hydrologiskt stationsnät. Svenskt Vattenarkiv.
24. Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval y Maria Elvira Vega (1989)
Aplicacion del modelo HBV a la cuenca superior del Río Cauca.
25. Gun Zachrisson (1989)
Svåra islossningar i Torneälven. Förslag till skadeförebyggande åtgärder.
26. Martin Häggström (1989)
Anpassning av HBV-modellen till Torneälven.
27. Martin Häggström and Göran Lindström (1990)
Application of the HBV model to six Centralamerican rivers.
28. Sten Bergström (1990)
Parametervärden för HBV-modellen i Sverige. Erfarenheter från modellkalibreringar under perioden 1975 - 1989.
29. Urban Svensson och Ingemar Holmström (1990)
Spridningsstudier i Glan.
30. Torbjörn Jutman (1991)
Analys av avrinningsens trender i Sverige.
31. Mercedes Rodriguez, Barbro Johansson, Göran Lindström, Eduardo Planos y Alfredo Remont (1991)
Aplicacion del modelo HBV a la cuenca del Río Cauto en Cuba.
32. Erik Arnér (1991)
Simulering av vårlöden med HBV-modellen.
33. Maja Brandt (1991)
Snömätning med georadar och snötaxeringar i övre Luleälven.
34. Bent Göransson, Maja Brandt och Hans Bertil Wittgren (1991)
Markläckage och vattendragstransport av kväve och fosfor i Roxen/Glan-systemet, Östergötland.
35. Ulf Ehlin och Per-Eric Ohlsson, VASO (1991)
Utbyggd hydrologisk prognos- och varningstjänst. Rapport från studieresa i USA 1991-04-22--30.
36. Martin Gotthardsson, Pia Rystam och Sven-Erik Westman (1992)
Hydrologiska stationsnät/Hydrological network. Svenskt Vattenarkiv.
37. Maja Brandt (1992)
Skogens inverkan på vattenbalansen.
38. Joakim Harlin, Göran Lindström, Mikael Sundby (SMHI) och Claes-Olof Brandesten (Vattenfall Hydropower AB) (1992)
Känslighetsanalys.
39. Sten Lindell (1993)
Realtidsbestämning av arealnederbörd.
40. Svenskt Vattenarkiv (1995)
Vattenföring i Sverige. Del 1. Vattendrag till Bottenviken.
41. Svenskt vattenarkiv (1995)
Vattenföring i Sverige. Del 2. Vattendrag till Bottenhavet.

42. Svenskt Vattenarkiv (1993)
Vattenföring i Sverige. Del 3. Vattendrag till
Egentliga Östersjön.
43. Svenskt Vattenarkiv (1994)
Vattenföring i Sverige. Del 4. Vattendrag till
Västerhavet.
44. Martin Häggström och Jörgen Sahlberg (1993)
Analys av snösmältningsförlopp.
45. Magnus Persson (1993)
Utnyttjande av temperaturens persistens vid
beräkning av volymprognoser med HBV-modellen
46. Göran Lindström, Joakim Harlin och
Judith Olofsson (1993)
Uppföljning av Flödeskommitténs riktlinjer.
47. Bengt Carlsson (1993)
Alkalinitets- och pH-förändringar i Umeälven
orsakade av minimitappning.
48. Håkan Sanner, Joakim Harlin and Magnus
Persson (1994)
Application of the HBV model to the Upper Indus
River for inflow forecasting to the Tarbela dam.
49. Maja Brandt, Torbjörn Jutman och Hans
Alexandersson (1994)
Sveriges vattenbalans. Årsmedelvärden 1961-1990
av nederbörd, avdunstning och avrinning.
50. Svenskt Vattenarkiv (1994)
Avrinningsområden i Sverige. Del 3. Vattendrag
till Egentliga Östersjön och Öresund.
51. Svenskt Vattenarkiv (1994)
Översvämningskänsliga områden i Sverige 1990.
52. Åsa Evremar (1994)
Avdunstningens höjdberoende i svenska
fjällområden bestämmd ur vattenbalans och med
modellering.
53. Magnus Edström och Pia Rystam (1994)
FFO - Stationsnät för fältforskningsområden 1994.
54. Zhang Xingnan (1994)
A comparative study of the HBV model and
development of an automatic calibration scheme.
55. Svenskt Vattenarkiv (1994)
Svenskt dammregister - Södra Sverige.
56. Svenskt Vattenarkiv (1995)
Svenskt dammregister - Norra Sverige.
57. Martin Häggström (1994)
Snökartering i svenska fjällområdet med
NOAA-satellitbilder.
58. Hans Bertil Wittgren (1995)
Kvävetransport till Slätbaken från Söder-
köpingsåns avrinningsområde.
59. Ola Pettersson (1995)
Vattenbalans för fältforskningsområden.
60. Barbro Johansson, Katarina Losjö, Nils Sjödin,
Remigio Chikwanha, Joseph Merka (1995)
Assessment of surface water resources in the
Manyame catchment - Zimbabwe.
61. Behzad Koucheiki (1995)
Älvtemperaturers variationer i Sverige under en
10-årsperiod.
62. Svenskt Vattenarkiv (1995)
Sänkta och torrlagda sjöar.
63. Malin Kanth (1995)
Hydrokemi i fältforskningsområden.
64. Mikael Sundby, Rickard Lidén, Nils Sjödin,
Helmer Rodriguez, Enrique Aranibar (1995)
Hydrometeorological Monitoring and Modelling
for Water Resources Development and Hydropower
Optimisation in Bolivia.
65. Maja Brandt, Kurt Ehlert (1996)
Avrinningen från Sverige till omgivande hav.
66. Sten Lindell, Håkan Sanner, Irena Nikolushkina,
Inita Stikute (1996)
Application of the integrated hydrological modelling
system IHMS-HBV to pilot basin in Latvia.
67. Sten Lindell, Håkan Sanner, Irena Nikolushkina, Inita
Stikute (1996) Application of the integrated hydro-
logical modelling system IHMS-HBV to pilot basin in
Estonia.
68. Sara Larsson, Rikard Lidén (1996)
Stationstäthet och hydrologiska prognoser.



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 NORRKÖPING. Tel 011-15 80 00. Telefax 011-17 02 07

ISSN 0283-7722