

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

O - 217

EN UNDERSØKELSE AV GLÅMA I ØSTFOLD

Delrapport 5

Sammenfattende del

Saksbehandler: Cand.real. R. T. Arnesen
Rapporten avsluttet august 1970

INNHALDSFORTEGNELSE:

	Side:
FORORD	5
1. INNLEDNING	7
2. BESKRIVELSE AV GLÅMA	10
2.1 Hydrologiske forhold	10
2.2 Geologiske forhold	12
2.3 Arealfordeling og aktivitet i nedbørfeltet	15
3. GLÅMA I ØSTFOLD	17
3.1 Geografiske forhold	17
3.2 Den aktuelle undersøkelse	20
3.2.1 Hydrologiske forhold	20
3.2.2 Meteorologiske forhold	20
3.3 Arealutnyttelse og bosetning	24
3.4 Industri	24
3.4.1 Virkning av avløpsvann	24
3.4.2 Industrien i Glåmas nedbørfelt i Østfold	30
4. KJEMISKE UNDERSØKELSER	32
4.1 Prøvetakings- og analyseprogram	33
4.2 De enkelte analysekomponenter	33
4.3 Presentasjon av kjemiske analyseresultater	37
4.4 Diskusjon av kjemiske resultater	49
5. RESULTATER FRA DEN BAKTERIOLOGISKE UNDERSØKELSE	53
6. BIOLOGI	54
6.1 Bakgrunn	54
6.2 Generelt om de biologiske undersøkelser	55
6.3 De biologiske undersøkelsesresultater	56
6.4 Sammendrag og diskusjon av de biologiske undersøkelsesresultater	56
6.4.1 Vegetasjon i plankton og begroinger	56
6.4.2 Forekomst av høyere planter	67
6.4.3 De fiskeribiologiske forhold	69
6.5 Noen konklusjoner av de biologiske undersøkelser	70
7. HYDRODYNAMISK BESKRIVELSE AV ESTUAROMRÅDET	71
7.1 Innledning	71
7.2 Glåmas estuarområde som resipient for avløpsvann	80
7.3 Avløpsvannets initialfortynning	82
7.4 Eksempel på teknisk utnyttelse av estuarets fortynningsmuligheter	83
8. SAMMENFATTENDE DISKUSJON	87
9. PRAKTISKE KONKLUSJONER	92

TABELLFORTEGNELSE:

	Side:
1. Hydrologiske data	10
2. Arealfordeling i Glåmas nedbørfelt	15
3. Månedlige middelveidier ved Solbergfoss/Langnes 1964 - 1969	21
4. Nedbør og temperaturforhold ved Sarpsfossen 1965 - 1967	22
5. Glåmas nedbørfelt nedenfor Øyeren	24
6. Fysisk-kjemiske undersøkelser. Stasjoner og prøve- takingsdatoer	35
7. Observasjoner fra Askim vannverk. Middelveid, standard- avvik og ekstremalverdier beregnet månedsvis	42
8. Sammenlikning mellom observasjoner fra Melløs og fra Glåma ovenfor Sarpsfossen	44
9. Middelveidier for månedlige analyseresultater fra Sarpsborg mek. verksted, Torp, Fredrikstad bru og Titan Co.	45
10. Sammenlikning av middelveidier for analyseresultater fra Østerelva og Vesterelva	45
11. Sammenlikning av observasjoner fra Vestvatn og Glåma. Middelveidier for Vestvatn og for Askim, Furuholmen og Sarpsfossen	48
12. Fremtredende bestanddeler i sestonprøver fra nedre Glåma (Øyeren - Fredrikstad) i tiden mai 1965 - desember 1966	57
13. Fremtredende arter i benthossamfunnene i nedre Glåma (Øyeren - Fredrikstad) i perioden mai 1965 - august 1966	58
14. Viktige arter i Glåmas høyere vegetasjon	59
15. Fisk, rundmunn og kreps i Glåma nedenfor Øyeren	61
16. Kvantitativt viktige arter i seston. Glåma ved Solbergfoss, 11. - 13/11 1967	64
17. Forholdet mellom saltvanns- og ferskvannstransport mot sjøen	80

FIGURFORTEGNELSE:

	Side:
1. Oversiktskart over Glåma med sidevassdrag og nedbørfelt	11
2. Kvartærgeologisk kart av Glåmas nedbørfelt	13
3. Kartskisse over Glåma i Østfold	18
4. Daglige vannføringer ved Solbergfoss i tiden 1/1-64 - 31/12-68	23
5. Utslipp av kommunalt avløpsvann til Glåma i Østfold	25
6. " " " " Fredrikstadorrådet	26
7. " " " " Sarpsborgområdet	27
8. Stasjonsplassering ved innsamling av prøver for kjemisk-fysiske og bakteriologiske analyser	34
9. Kjemiske analyseresultater for Øyeren	38
10. " - " - " "	39
11. Middelerdi for månedlige observasjoner. Askim vannverk, Furuholmen, Sarpsfossen	40
12. Middelerdi for månedlige observasjoner. Askim vannverk, Furuholmen, Sarpsfossen	41
13. Månedlige observasjoner fra Visterflo, gjennomsnitt fra forskjellige dyp	46
14. Månedlige observasjoner fra Visterflo, gjennomsnitt fra forskjellige dyp	47
15. Middelerdier for månedlige observasjoner fra 1 m dyp Øyeren - Titan Co.	50
16. Middelerdier for månedlige observasjoner fra 1 m dyp Øyeren - Titan Co.	51
17. Planktonforholdene i Glåmavassdraget. Masseforekomst av kiselalgen <i>Fragilaria crotonensis</i> ved Solbergfoss, innsamlet 24. august 1967	65
18. Vegetasjonsbelter i Glåmas øvre del, skjematisk	68
19. Observert strømmingssituasjon i Glåmas estuar ved $Q = 448 \text{ m}^3/\text{sek}$	73
20. Observert strømmingssituasjon i Glåmas estuar ved $Q = 1246 \text{ m}^3/\text{sek}$	74
21. Utstrømmende vannmengde (sjøvann + ellevann)	76
22. Glåmas estuarområde. Observert forhold mellom transport av ferskvann og saltvann	78
23. Glåmas estuarområde. Forhold mellom ferskvannføring og sprangsjiktets beliggenhet	79
24a. Froudes tall	85
24b. Tetthetsdifferanse mellom avløpsvann og saltvannskilen	85

F O R O R D

26. oktober 1964 forela Norsk institutt for vannforskning et programforslag om en undersøkelse av Glåma nedenfor Øyeren, for kommunene som ligger langs vassdraget på denne strekningen. Av de 16 kommuner som ligger til Glåma, var det bare to som ikke ønsket å delta i undersøkelsen, nemlig Spydeberg og Råde.

Den økonomiske side av undersøkelsen ble ordnet ved at kommunene dekket den største del av utgiftene etter en spesiell fordelingsnøkkel, mens enkelte av de største industribedriftene ga spesielle tilskudd til arbeidet.

I begynnelsen av 1965 ble det dannet et arbeidsutvalg med byingeniør J. Røed som formann, som har vært kontaktleddet mellom NIVA og oppdragsgiverne i den tiden undersøkelsene har pågått.

De praktiske undersøkelsene kom i gang i løpet av 1965 og ble avsluttet i september 1967. Utarbeidelse av rapportene om undersøkelsen har tatt lang tid. En av grunnene til dette er det arbeid som NIVA måtte påta seg i forbindelse med utredninger for Østlandskomiteén fra 1966 til sommeren 1968. Dette arbeidet var av et slikt omfang at instituttets arbeid ble betydelig forskjøvet på en rekke områder, noe som også gjelder Glåmaundersøkelsen.

I utredningen for Østlandskomiteén fikk Glåmavassdraget en bred omtale. Det materialet som ble samlet i forbindelse med utredningen, har vært til stor hjelp ved utarbeidelse av den foreliggende rapport.

I den foreliggende Delrapport 5 - Sammenfattende Del - har vi, som en forenkling, unnlatt å benytte henvisninger til original litteratur. I de enkelte delrapporter er slike litteraturhenvisninger benyttet i den grad det har vært nødvendig av faglige hensyn. En mer omfattende litteraturoversikt finnes i Delrapport 1, Generelle Del.

De kjemiske undersøkelser er gjennomført under ledelse av cand. real. Rolf Tore Arnesen.

De biologiske undersøkelser ble ledet av avdelingssjef Olav Skulberg. Algematerialet er bearbeidet av cand. real. Tor Saugestad, den høyere vegetasjon er undersøkt av stud. real. Bjørn Rørslett og fiskefaunaen av cand. real. Magne Grande.

Siv. ing. Kari Ormerod har vært ansvarlig for de bakteriologiske undersøkelser, men de fleste bakteriologiske analyser er utført hos stads-veterinær Rolf Thorsen, Sarpsborg.

Undersøkelsen av vannutskiftningen i estuarområdet er utført med avdelingssjef Terje Simensen som ansvarlig leder.

Den formelle saksbehandler for undersøkelsen av Glåma i Østfold har ved NIVA vært cand. real. Rolf Tore Arnesen.

Blindern, august 1970

Kjell Baalsrud
Instituttetsjef

1. INNLEDNING

Det foreligger en rekke kryssende interesser for utnyttelsen av Glåma på strekningen fra Øyeren til Fredrikstad. Kommuner, industri og jordbruk ønsker å benytte elven både som vannkilde og som resipient for avløpsvann. Glåmas betydning som transportvei har lenge vært stor. Fløting av tømmer og skipsfarten til Sarpsborg er eksempler på dette. Både lokalbefolkning og turister ønsker naturlig nok å utnytte Glåma som rekreasjonsområde. Interessen for fiske og småbåttrafikk er stor, og gir tydelig uttrykk for hvilken vekt denne brukerinteressen må gis. Dersom vi dessuten tar med Hvalerøyene som ligger utenfor munningsområdet, må rekreasjonsinteressen vurderes meget høyt, både i lokal og nasjonal sammenheng. Disse øyene er blant Østlandsområdets viktigste feriesteder.

I Glåmas nedre del og spesielt omkring Hvalerøyene, er fisket en viktig næringsvei, og Glåmas innvirkning på fisket er av stor betydning.

På strekningen fra Øyeren til Fredrikstad finner vi fem store kraftverk, som også er interessert i vannkvaliteten i elven.

Det er vanskelig å vurdere alle bruksinteressene kvantitativt mot hverandre, men det er mulig å gi et tallmessig inntrykk av Glåmas betydning som vannkilde. Av de ca. 120.000 personer som i 1967 bodde i nedbørfeltet, mottok nærmere 110.000 personer vann fra kommunale vannverk med Glåma som hovedvannkilde. Uttaket av vann gjennom de kommunale vannverk var ca. 50.000 m³/døgn. Industrien langs elven er i høy grad avhengig av en god vannforsyning, og selv om det ikke foreligger eksakte data om dette vannforbruket, kan det anslås til mer enn 1/2 million m³/døgn.

Både når det gjelder utnyttelse av elven som vannkilde og som resipient for kommunalt og industrielt avløpsvann, vil utviklingen gå i en slik retning at disse utnyttelsesmåter stadig står i sterkere motsetning til hverandre. I utredningen for Østlandskomiteéen 1967 - Østfold fylke, er det regnet med en befolkning på ca. 160.000 personer i dette området i år 2000. Andre beregningsgrunnlag gir tall helt opp til 190.000 personer.

Industriens utvikling avhenger av en rekke faktorer, og det er vanskelig å gi noen vurdering av dens stilling i tiden fremover. I løpet av de senere år er det reist nye storbedrifter og foretatt utvidelser i bestående bedrifter som i betydelig grad har øket belastningen på Glåma som resipient. Den senere tids utvikling tyder på at områdene langs Glåma fra Øyeren til utløpet fortsatt vil være et av Norges ledende industriområder i sterk vekst.

Denne viktige del av Norge er i dag og kanskje i enda større grad i fremtiden henvist til Glåma som vannkilde, og til dels som eneste resipient for avløpsvann. På en slik bakgrunn er det klart at det fra mange hold vises interesse for den kvalitet vannmassene i Glåma til enhver tid har. Av stor betydning er det også å fastslå en eventuell tendens til endring av vannkvaliteten, slik at nødvendige tiltak kan gjennomføres så tidlig som mulig.

Målsetningen med den foreliggende undersøkelse er omtalt i NIVA's forslag til undersøkelsesprogram av 26. oktober 1964, og i det følgende er det gjengitt utdrag av programmet:

"2. Undersøkelsens formål og motivering

Et inngående kjennskap til naturforhold og forurensningspåvirkning av Glåma danner et nødvendig grunnlag for ingeniørmessige og andre tiltak i Østfold som har sammenheng med bruken av vassdraget.

Undersøkelsen vil beskrive vassdragets nåværende tilstand og de ulike elvestrekningene fra Øyeren og ut til havet. Forhold i elven som er resultat av forurensningspåvirkninger, vil så vidt mulig bli kartlagt.

Arbeidet vil gi mulighet for vurdering av:

Om det i dag kan konstateres skadevirkninger for drikkevannsforsyninger, vannforsyning til industrien, fiske, rekreasjonsliv og annen utnyttelse av vassdraget, og om forholdene nødvendigvis gjør tiltak mot forurensningene.

Hvilke utslipp av forurensninger som betyr mest, og om disse kan reduseres ved interne rens tiltak, bedre innblanding i resipienten, eller på annen måte.

Uten kunnskap om hvordan denne allsidige bruk innvirker på Glåmas tilstand, og dermed influerer de ulike interesser, kan forholdene utvikle seg i en retning som distriktene ikke er tjent med. Undersøkelsen som er foreslått, vil kunne danne et utgangspunkt for en regional planlegging som kan møte slike vanskeligheter i tide. Målsettingen for vassdragets utnyttelse vil alltid befinne seg i en tilstand av utvikling, men det er kunnskap om forholdene i Glåma som må danne bakgrunn for denne diskusjon og de avgjørelser som etterhvert må tas."

For øvrig henvises til programmets pkt. 5. UNDERSØKELSESPROGRAM. Arbeidet med undersøkelsen er her delt opp i 6 underpunkter:

- 5.1. Forundersøkelser,
- 5.2. Fysisk-kjemiske undersøkelser,
- 5.3. Biologiske undersøkelser,
- 5.4. Bakteriologiske undersøkelser,
- 5.5. Hydrauliske og andre undersøkelser av teknisk karakter vedrørende utslippene,
- 5.6. Estuarundersøkelser.

Undersøkelsen er i hovedtrekkene gjennomført etter det oppsatte program, og resultatene er samlet i følgende delrapporter:

- Delrapport 1: Generell del (5.1.)
- Delrapport 2: Kjemiske og bakteriologiske forhold (5.2., 5.4.)
- Delrapport 3: Biologiske forhold (5.3.)
- Delrapport 4: Vannutskiftning i estuasområdet (5.5., 5.6.)
- Delrapport 5: Sammenfattende del.

Tallene i parentes viser til de betegnelser som er benyttet i programforslaget.

I en undersøkelse av så vidt stort omfang har det etter hvert som arbeidet skred frem, vært nødvendig å foreta enkelte endringer i forhold til det oppsatte program. Disse endringer som har vært bestemt dels av faglige, dels av praktiske grunner, vil stort sett fremgå av de enkelte delrapporter.

2. BESKRIVELSE AV GLÅMA

2.1 Hydrologiske forhold

Glåma er vårt største vassdrag, og av Norges samlede landareal utgjør nedbørfeltet hele 13%. Figur 1 viser et oversiktskart over nedbørfeltet, og i tabell 1 er en del data om vassdraget samlet. Under innsamling av data om hydrologiske og geografiske forhold i vassdraget har det vist seg at det i litteraturen er stor uoverensstemmelse mellom de data som er angitt. I det følgende er derfor offisielle kilder som Statistisk Årbok, publikasjoner fra Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen o.l. benyttet. Der slike tall ikke har vært tilgjengelige, er data som ble skaffet til veie i forbindelse med NIVA's utredning for Østlandskomiteén i 1967, benyttet.

Tabell 1. Hydrologiske data.

Nedbørfeltets samlede areal	41.767 km ²
Gjennomsnittlig vannføring ¹⁾	686 m ³ /sek
Alminnelig lavvannsføring ¹⁾	114 m ³ /sek
Største vannføring ¹⁾	3.432 m ³ /sek
Største kjente vannføringer (1789) ca.	4.700 m ³ /sek
(1860)	4.200 m ³ /sek

1) Observasjoner ved Langnes i perioden 1911 - 1950.

Undersøkelsen av Glåma som danner grunnlag for den foreliggende rapport, omfatter bare delen fra Øyeren til utløpet i havet. Det er likevel nødvendig å gi en kort beskrivelse av vassdragets totale nedbørfelt som bakgrunn for en mer inngående behandling av det undersøkte elveavsnitt.

Heller ikke når det gjelder Glåmas utspring, gir litteraturen entydige opplysninger; men en rekke mindre innsjøer på Rørosvidda danner til sammen tilsigene til innsjøen Rien 762 m.o.h. Først etter utløpet fra Rien er det vanlig å kalle elven Glåma. Fra Rien renner Glåma mot sør ned i Aursunden, som er regulert med en regulerings høyde på 5,9 m mellom kotene 684,1 og 690 m.o.h. Ved utløpet av Aursunden er midlere vannføring i Glåma 20 m³/sek. På strekningen ned til Elverum får

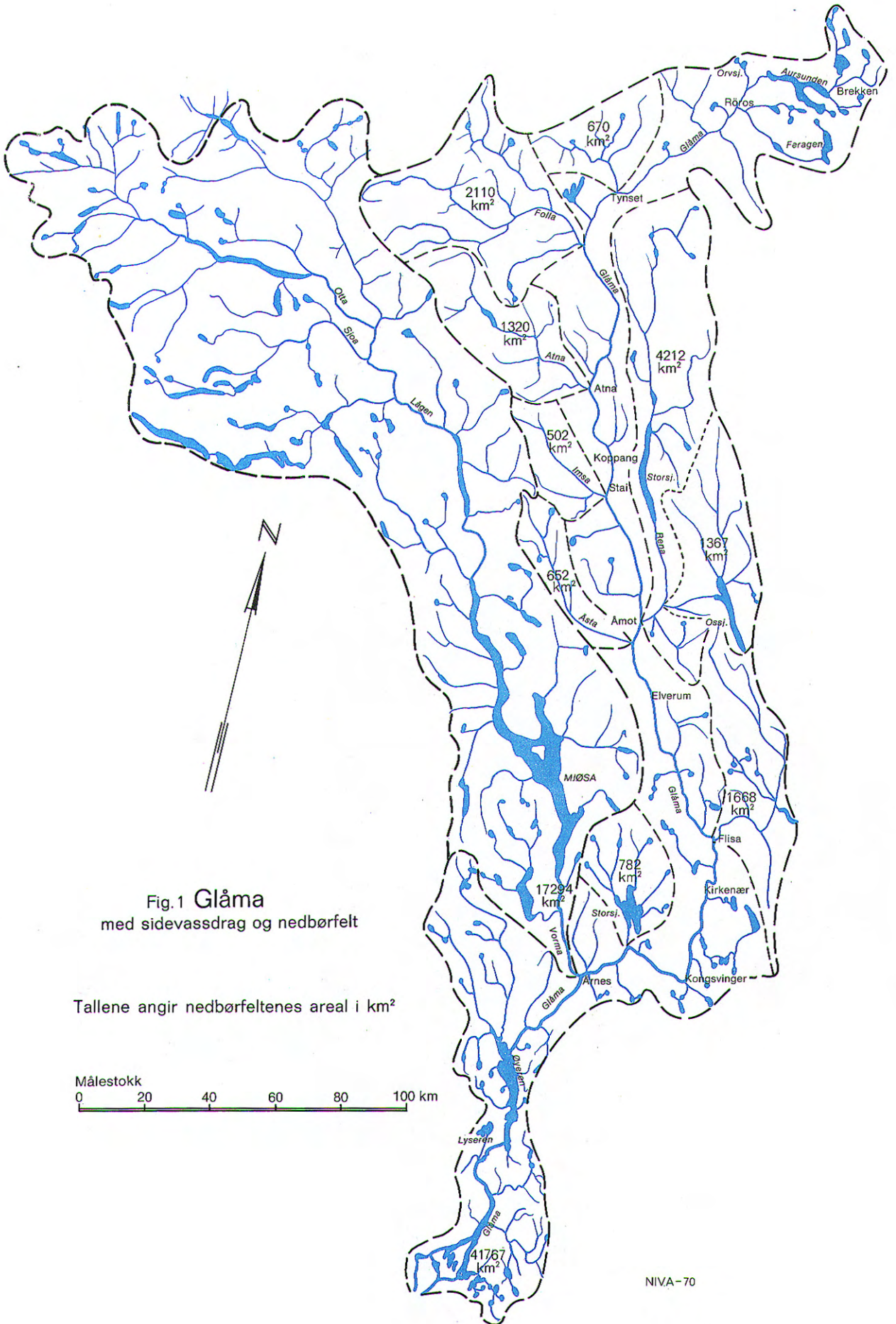
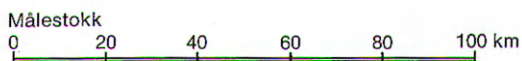


Fig.1 Glåma med sidevassdrag og nedbørfelt

Tallene angir nedbørfeltens areal i km²



Glåma en rekke større og mindre tilløp. Spesielt kan nevnes Folla med en midlere vannføring på $28 \text{ m}^3/\text{sek}$ ved Alvdal, og Atna med midlere vannføring på $24 \text{ m}^3/\text{sek}$ ved innmunning i Glåma.

Rena er den største tilløpselven til Glåma i Østerdalen med en midlere vannføring på $60 \text{ m}^3/\text{sek}$ før samløpet. På strekningen fra Elverum til Arnes er det Flisa med midlere vannføring på $23 \text{ m}^3/\text{sek}$ og Oppstadelva fra Storsjøen i Odalen som utgjør de viktigste tilløp.

Glåmas nedbørfelt ved Nestangen før samløpet med Vorma er 20.670 km^2 , og den midlere vannføring er $320 \text{ m}^3/\text{sek}$. Vorma - Lågenvassdraget har et nedbørfelt på 17.294 km^2 og en midlere vannføring på $332 \text{ m}^3/\text{sek}$. Når Glåma renner inn i Øyeren ved Fetsund, har den en middelvannføring på noe over $650 \text{ m}^3/\text{sek}$. En kort beskrivelse av Øyeren og tilløpselvene fra Øyerens lokale nedbørfelt er gitt i pkt. 3.

På grunn av fallforholdene i Østerdalen er mulighetene for effektiv regulering av vassdraget her små. Dette fører til at det er store forskjeller mellom flomvannføringer og lavvannføringer i Glåma. Til tross for de relativt omfattende reguleringer som er gjennomført i Gudbrandsdalen, og det store magasin Mjøsa representerer, har det i de senere år vært flere flomperioder som har gitt alvorlige skader bl.a. i områdene rundt Øyeren.

2.2 Geologiske forhold




Figur 2 viser en enkel skisse av løsavsetningenes karakter i den del av vassdraget som kalles Glåma. I det følgende er det gitt en kort beskrivelse av de geologiske forhold i nedbørfeltet.

I Rørosområdet og i Nord-Østerdalen ned til Alvdal består berggrunnen vesentlig av sterkt omdannede kambro-siluriske sedimentbergarter. Skiferen er flere steder gjennombrutt av kaledonske intruvisbergarter (gneiser, gabbro og serpentiner). På overgangen mellom skifer og intrusivbergartene ligger de største kisleforekomstene i området. (Røros og Folldal).

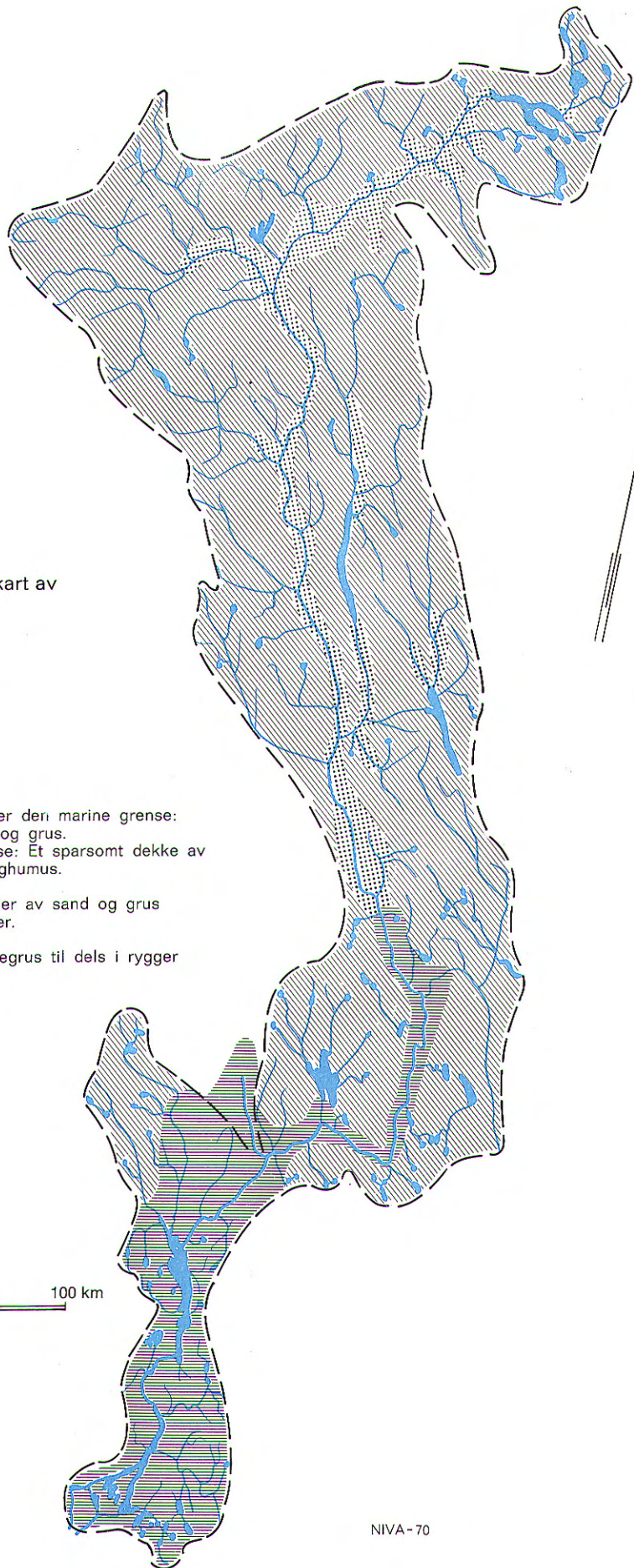
Landskapet er stort sett karakterisert av flate fjellvidder med avrundede topper på ca. 1.000 m.o.h. , hvor berggrunnen er dekket av sand- og grusavleiringer. I dalene ligger store løsmasser med sand og grus.

Fig. 2 Glåma
Kvartærgeologisk kart av
Glåmas nedbørfelt

Tegnforklaring:

-  Marine avleiringer under den marine grense:
Leire og til dels sand og grus.
Over den marine grense: Et sparsomt dekke av
bregrus og til dels lynghumus.
-  Innsjø- og elveavleiringer av sand og grus
til dels i rygger og åser.
-  Breavleiringer. Mest bregrus til dels i rygger
og hauger.

Målestokk
0 20 40 60 80 100 km



Berggrunnen i Midtre Østerdalen fra Alvdal-området til Åsta-området består hovedsakelig av sparagmittformasjoner. Landskapet er preget av slake åser og avrundede fjell. Berggrunnen er også her dekket av sandholdig bregrus, og i dalene finnes elveavleiringer av sand og grus.

Fra Åsta til samløpet med Vorma tilhører Glåmas nedbørfelt det sørøstnorske grunnfjellområdet som består av gneiser og gneisgranitter. Løsavsetningen i denne del av nedbørfeltet består i stor utstrekning av sandholdig bregrus; men østover mot svenskegrensen er det store områder med torvjord (lynghumus). I dalen ned til Braskereidfoss er det innsjøavleiringer i form av sand og grus, mens det lengre ned er marin sand og grusavleiringer med spredte områder av leire. Den marine grense ligger her ca. 190 - 200 m.o.h. Landskapet preges av slake, skogkledde åser.

Vorma og Lågens nedbørfelt er i nord bygd opp av høyfjell bestående av gneis og gabbro. Den midtre delen av nedbørfeltet består stort sett av sparagmitter som går opp i høyder på over 2.000 m.o.h. (Rondane).

Rundt Mjøsa er berggrunnen i den nordlige del bygd opp av sparagmitter og i den midtre del av kambro-siluriske sedimentbergarter. Lengre sør er det i øst grunnfjell og i vest eruptive dypbergarter. Nedbørfeltet er i likhet med Glåmas, i det vesentligste dekket av sandholdig bregrus og med innsjø- og elveavleiringer av sand og grus i dalen over den marine grense. Rundt den nordlige del av Mjøsa er det store områder med leirholdig bregrus, og under den marine grense som ved Minnesund ligger på ca. 200 m.o.h., er det langs Vorma mektige havavleiringer av sand, grus og leire.

I Glåmas nedbørfelt fra samløpet med Vorma til utløpet ved Fredrikstad består berggrunnen hovedsakelig av grunnfjell.

Den marine grense ligger i området mellom 208 m.o.h. ved Ullensaker, og rundt 170 m.o.h. ved Fredrikstad. Store deler av nedbørfeltet her ligger derfor under den marine grense, og løsavsetningene består i hovedsaken av leire. Sør for Hurdalssjøen forekommer store avsetninger av sand og grus.

Over den marine grense i dette området er berggrunnen vesentlig dekket av et tynt lag med bregrus. Rundt Øyeren og ellers er det et sparsomt dekke av bregrus og lynghumus.

Sør for Vorma renner Glåma gjennom åpne landskaper og har ikke lenger noe egentlig dalføre. Landskapet er flatt med skogkledde åser.

2.3 Arealfordeling og aktivitet i nedbørfeltet

I tabell 2 er det samlet noen tall for arealfordelingen i Glåmas nedbørfelt. Den prosentvise arealfordeling i nedbørfeltet er på mange måter svært lik fordelingen i landet for øvrig; men særlig skog og dyrket mark har en større andel enn for Norge sett under ett.

Tabell 2. Arealfordeling i Glåmas nedbørfelt

Nedbørfeltets samlede areal	41.767 km ²
Dyrket mark	5%
Skog	34%
Myr	5%
Vann	4%
Befolkningstetthet	12 personer/km ²

I nedbørfeltet bor det i alt 510 - 520.000 mennesker, og en rekke industribedrifter har utslipp av avløpsvann til vassdraget. Når det gjelder utslipp fra industri og befolkning i vassdraget nedenfor Øyeren, vil det bli mer detaljert behandlet i neste avsnitt.

Befolkningen er fordelt stort sett på følgende måte:

I Glåmas nedbørfelt ovenfor samløpet med Vorma	93.000 pers.
I Gudbrandsdalslågens og Vormas nedbørfelt	205.000 "
I nedbørfeltet nedenfor samløpet mellom de to elvene og ovenfor utløpet av Øyeren	100.000 "
" I Glåmas nedbørfelt nedenfor Øyeren bor det	120.000 "

Industrien i de fjerne deler av nedbørfeltet kan ikke behandles detaljert i denne undersøkelsen; men den følgende oversikt gir i noen grad et tallmessig uttrykk for industriens betydning. Det er her først og fremst bedrifter av betydning i forbindelse med vannforurenslinger som er nevnt.

Glåmas nedbørfelt ovenfor Vorma:

I denne del av nedbørfeltet er industrivirksomheten ofte knyttet til landbruket. Det er 16 meierier og ett slakteri her samt to fellesanlegg for halmluting. Det finnes én papp- og kartongfabrikk med tresliperi i denne del av vassdraget. For øvrig er industriens betydning i Glåmas nedbørfelt ovenfor samløpet med Vorma relativt liten, men bergverkssentre som Røros og Folldal kan nevnes. I tillegg finnes noe industri, bl.a. i Elverum, Kongsvinger og Årnes.

Den organiske belastning fra industrien i Glåma ovenfor samløpet med Vorma er i Østlandsrapporten anslått til ca. 32.000 person-ekvivalenter.

Gudbrandsdalslågen, Mjøsa og Vorma:

Industrien i den øvre del av nedbørfeltet er særlig knyttet til landbruket og landbruksprodukter. I alt i nedbørfeltet finnes mer enn 20 meierier og ysterier, ca. 15 fellesanlegg for halmluting, 4 slakterier av noen størrelse samt en rekke fabrikker som behandler animalske og vegetabiliske næringsmidler. Disse siste bedriftene er særlig knyttet til jordbruksbygdene omkring Mjøsa, og utslippene foregår enten direkte til Mjøsa, eller til elver og bekker som utgjør de lokale tilløp til Mjøsa. Det kan nevnes: Frukt- og grønn-sakkonserverfabrikker, potetmelfabrikker, brennerier, potetkokerier osv.

En viktig industrigruppe er treforedlingsindustrien, dvs. cellulose, papir, wallboard o.l. I nedbørfeltet for Lågen-Mjøsa-Vorma ligger det tre cellulosefabrikker, den ene også med papirproduksjon, samt en papp- og kartongfabrikk med tresliperi. Dessuten finnes to wallboardfabrikker i dette området. Industrien for øvrig er hovedsakelig knyttet til jern- og metallbearbeiding, mens konfeksjonsindustri, trevare- og møbelindustri o.l. som normalt skaper små forurensningsproblemer, har betydning for virksomheten i området.

Den samlede organiske belastning fra industriutslipp til Gudbrandsdalslågen, Mjøsa og Vorma er i Østlandsrapporten anslått å tilsvare mer enn 520.000 personekvivalenter. I dette tallet er konserverfabrikker, brennevins-, potetmelfabrikker o.l. ikke tatt med.

Industriens betydning for tilførsel av forurensningskomponenter for øvrig er det vanskelig å vurdere; men det må antas at en rekke bedrifter har utslipp av syrer, baser, metallsalter og andre spesielle stoffer.

Øyerens lokale nedbørfelt:

I Øyerens lokale nedbørfelt er industrien en viktig del av næringsgrunnlaget, og det ligger en rekke store bedrifter her. Spesielt finnes flere bedrifter innen jern og metall, videre en bedrift med produkter innen treforedlingsbransjen, samt en kjemisk industribedrift av betydelig størrelse. Ellers finnes næringsmiddelfabrikker, to fellesanlegg for halmluting, samt en del bedrifter som ikke har spesielle utslipp av avløpsvann,- f.eks. tekstilindustri, konfeksjons- og trikotasjeindustri, trevare- og snekkerbedrifter.

3. GLÅMA I ØSTFOLD

3.1 Geografiske forhold

Figur 3 viser en kartskisse av Glåma-vassdraget i Østfold. Det naturlige utgangspunkt ved en beskrivelse av denne del av Glåma er Øyeren. Øyeren er behandlet i flere rapporter og publikasjoner tidligere, og det er ikke hensiktsmessig å gå i detaljer her. En oversikt over rapporter og publikasjoner om Øyeren og Glåma er gitt i Delrapport 1 - Generell del. Den er ca. 33 km lang, har en overflate ca. 85 km^2 og et største dyp på 70,5 m. Vannstanden i Øyeren kan variere relativt meget, noe som skyldes den store vannføringen i vassdraget og det trange utløpet ved Mørkfoss. Dersom den midlere vannføringen ved utløpet av Øyeren, ca. $690 \text{ m}^3/\text{sek.}$, legges til grunn, vil vannmassenes oppholdstid i Øyeren, som har et totalvolum på $1.121,15 \text{ mill. m}^3$, teoretisk være ca. 19 døgn. I stagnasjonsperiodene vil det stort sett bare være vannmassene ovenfor det termiske sprangsjiktet som skiftes ut, og den teoretiske oppholdstid blir da bare omkring 7 dager. Denne egenskap ved Øyeren kan ha betydning i mange situasjoner.

I tillegg til Glåma har Øyeren to tilløp av betydning - Nitelva og Leira. Begge disse elvene renner gjennom tettbebyggelse og industriområder, og er resipienter for avløpsvann. Spesielt sterkt

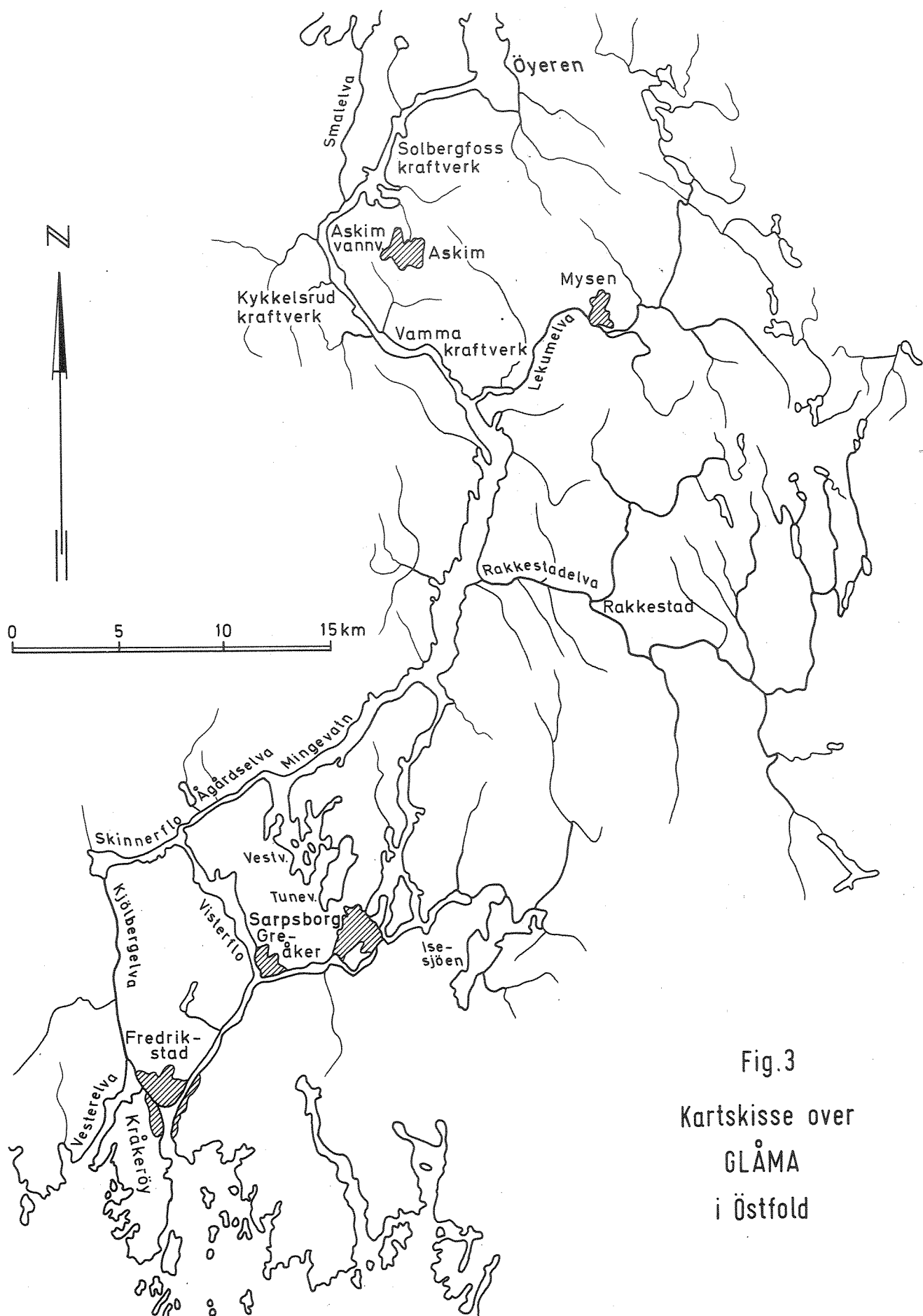


Fig.3
 Kartskisse over
 GLÅMA
 i Østfold

belastet på denne måten er Nitelva som renner gjennom Lillestrøm. Leira er som navnet antyder, sterkt belastet med leirpartikler store deler av året på grunn av de spesielle forhold i nedbørfeltet.

Fra Øyeren rant Glåma tidligere igjennom en rekke fosser fra Mørkfossen til Solbergfoss. (Samlet fallhøyde 21,5 m). Dammen ved Solbergfoss kraftverk bringer nå vannstanden her i høyde med vannstanden i Øyeren. Nedenfor Solbergfoss opptar Glåma Smalelva eller Lysernelva. (Nedbørfelt: 43 km². Beregnet middelvannføring: 0,6 m³/sek). Fossen ved Kykkelsrud er også utnyttet til kraftverk, og en dam her bringer normal vannstand opp til 74 m.o.h. og en fallhøyde på 19 m. Ved Vamma bringer nok en dam vannspeilet i samme høyde som avløpet fra Kykkelsrud. Fallet ved Vamma på 27,5 m er utnyttet i Vamma kraftverk som er det største i Glåma.

Videre renner Glåma igjennom Grønsund hvor den opptar Lekumelva eller Mysenelva. (Nedbørfelt: 266 km². Beregnet middelvannføring: 4 m³/sek). Her vider Glåma seg sterkt ut, er stilleflytende og i enkelte partier nesten innsjøpreget. Rakkestadelva (nedbørfelt: 460 km². Beregnet middelvannføring: 7,4 m³/sek) som er Glåmas største tilløp på strekningen nedenfor Øyeren, munner ut i Glåma her. Ved Furuholmen deler Glåma seg i to løp. Det ene - hovedløpet - er forholdsvis rasktflytende og passerer Sarpsborg ved Sarpsfossen. (Fallhøyde 20 m). Det andre løpet er mer innsjøpreget og passerer Mingevatn, Vestvatn og Visterflo og renner igjen sammen med Glåmas hovedløp ved Greåker. Mellom Vestvatn og Visterflo heter elva henholdsvis Ågårdselva og Sollielva. Fra Sollielva går et elveløp til Skinnerflo, som mot sør fortsetter i den delvis gjen-grodde Kjølbergelva som igjen munner ut i Vesterelva ved Fredrikstad. Gjennom Mingevatn - Vestvatn går det bare flom- og tømmervann. Nord for Sarpsfossen danner Glåma det 4 km lange sideløpet Nipa. Til Nipa renner Iselva. (Nedbørfelt: 169 km². Beregnet middelvannføring: 2,9 m³/sek).

Nedenfor Sarpsfossen finnes Glåmas estuarområde, der elvevannet og sjøvannet møtes og på grunn av tetthetsforskjeller gir spesielle strømningforhold. Den endelige avslutning av Glåma mot havet er det vanskelig å angi, men Glåmas innvirkning på sjøområdene utenfor Fredrikstad strekker seg ofte meget langt.

3.2 Den aktuelle undersøkelse

Undersøkelsene som danner grunnlaget for den foreliggende rapport, er utført i løpet av en periode på vel 2 år (juni 1965 - september 1967). Innenfor denne tidsrammen har det foregått en rekke forskjellige delarbeider som til sammen utgjør den samlede undersøkelsen. For å kunne se undersøkelsesperioden i sammenheng med de generelle forhold i Glåma er det nødvendig å vurdere aktuelle hydrologiske, meteorologiske og andre betingelser sammen med de som er normale for vassdraget.

3.2.1 Hydrologiske forhold

I tabell 3 er månedlige middelvannføringer ved Solbergfoss for hvert år i perioden 1964 - 1968 samlet, sammen med de tilsvarende middelvannføringer for tidsrommet 1955 - 1964. I figur 4 er de daglige vannføringsobservasjoner i samme periode tegnet sammen med de månedlige middelverdier for det samme tidsrom. Det vil føre for langt å gi noen inngående analyse av dette materialet; men ved en enkel sammenlikning synes vannføringen i hele undersøkelsesperioden ikke å skille seg spesielt fra det normale. Det synes imidlertid som om vannføringen i perioden august 1966 til august 1967 gjennomgående var noe høyere enn normalt. Etter vinteren og våren 1967 var vannføringene spesielt høye, slik at den lavvannsperiode som normalt inntreffer før flommen, ikke gav særlige lave vannføringer.

6. juni 1967 var vannføringen i Glåma ved Solbergfoss $3.543 \text{ m}^3/\text{sek}$, og det oppsto betydelige flomskader i Øyerenområdet dette året. Fordi året 1966/1967 ble valgt som det mest intense undersøkelsesår, har de høyere vannføringer dette året medført at hovedundersøkelsen ikke omfatter noen typisk lavvannsperiode i Glåma.

3.2.2 Meteorologiske forhold

Middelnedbør og middeltemperatur ved Sarpsborg fra hver enkelt måned i undersøkelsesperioden er valgt som parameter for å beskrive de meteorologiske forhold. I tabell 4 er disse verdier satt opp sammen med normalverdiene beregnet på grunnlag av observasjoner fra perioden 1944 - 1968.

Heller ikke for meteorologiske forhold er det grunn til noen inngående analyse av resultatene, og for undersøkelsesperioden sett under ett, er det

Tabell 3. Månedlige middelvannføringer ved Solbergfoss/Langnes 1964 - 1969.

Måned	År							Middel for 1955 - 1964
	1964	1965	1966	1967	1968	1969		
Januar	381	429	334	482	473	406	395	
Februar	362	435	336	462	422	379	380	
Mars	320	381	346	563	428	309	354	
April	372	526	283	561	728	475	419	
Mai	799	1111	1976	1437	1334	1289	1094	
Juni	1007	1507	1389	2447	1382	1103	1182	
Juli	1001	944	541	961	950	405	1060	
August	653	719	829	677	432	401	817	
September	903	1296	571	618	428	379	784	
Oktober	1361	597	598	1048	360	463	747	
November	546	424	636	975	423	388	581	
Desember	414	363	468	459	403	383	408	
Middel for året	678	728	692	891	647	532	685	

Tabell 4. Nedbør og temperaturforhold ved Sarpsfossen 1965 - 1967.
(Normal beregnet på grunnlag av observasjonsperioden 1944 - 1968).

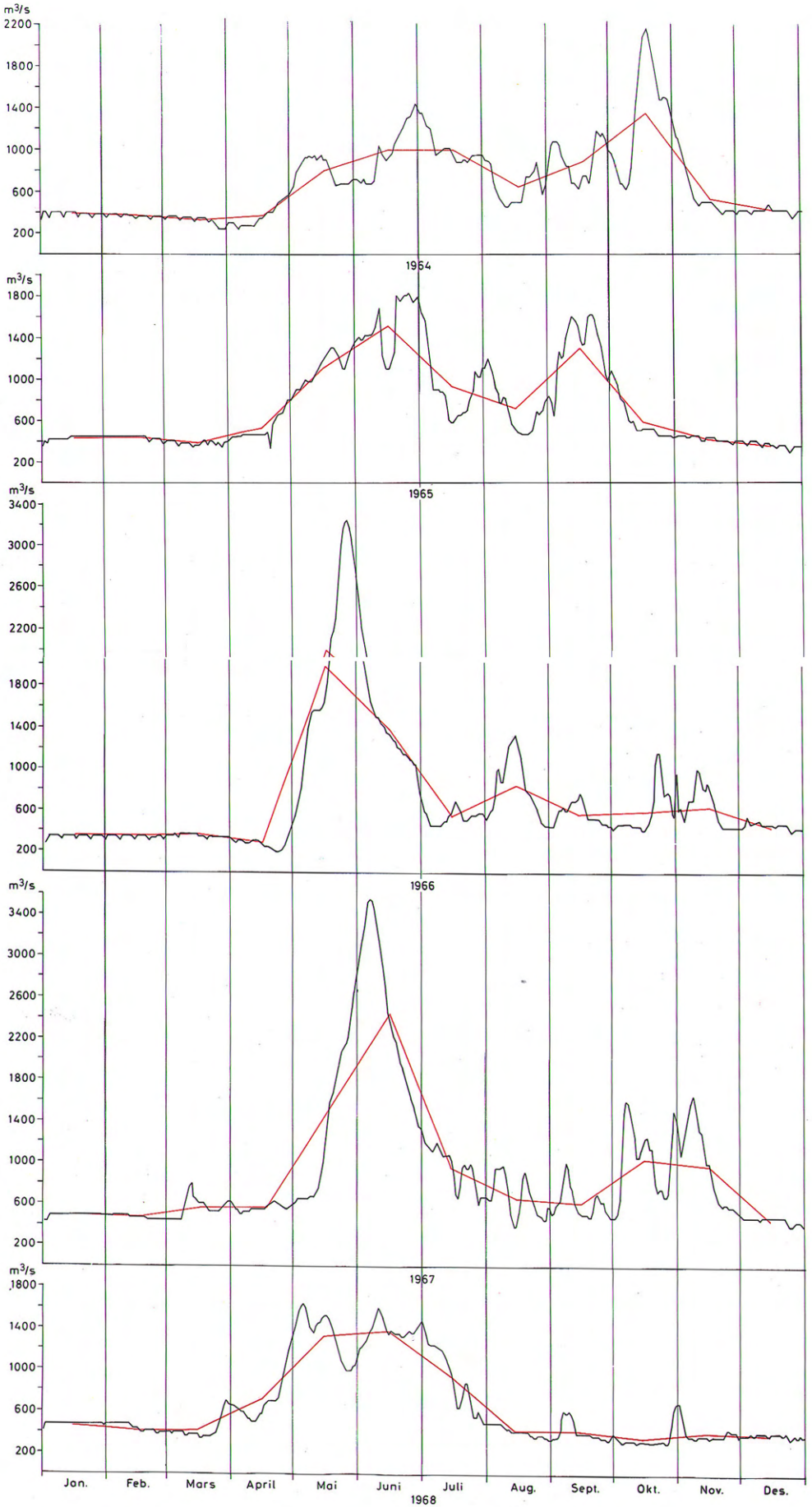
Måned	Temperatur °C			Sum nedbør mm				
	1965	1966	1967	Normal	1965	1966	1967	Normal
Januar	- 3,8	- 8,4	- 6,7	- 5,7	77,9	36,8	41,2	54,5
Februar	- 6,3	- 11,7	- 3,8	- 8,5	5,6	75,3	74,1	39,9
Mars	- 3,4	- 1,2	+ 2,1	- 2,8	30,2	54,4	85,7	30,7
April	+ 3,0	+ 0,3	+ 3,9	+ 3,0	74,1	38,3	32,6	49,3
Mai	+ 6,9	+ 7,4	+ 8,6	+ 8,8	72,9	73,5	108,5	57,0
Juni	+ 11,6	+ 15,2	+ 12,8	+ 13,6	114,4	40,8	76,6	76,1
Juli	+ 12,5	+ 15,5	+ 16,4	+ 15,6	92,8	51,9	56,6	75,6
August	+ 11,4	+ 13,0	+ 15,2	+ 14,3	118,1	108,6	73,4	102,8
September	+ 9,6	+ 9,7	+ 11,7	+ 10,1	204,2	59,7	84,1	93,4
Oktober	+ 5,1	+ 5,8	+ 7,1	+ 5,2	24,6	108,7	238,9	96,4
November	- 4,0	+ 1,2	+ 3,6	0,2	39,5	123,0	114,7	86,5
Desember	- 7,8	- 2,3	- 4,3	- 2,9	59,9	133,4	62,6	75,0
Middel for året	+ 2,95	+ 3,8	+ 5,6	+ 4,3	914,2	904,4	1049,0	837,2

Fig. 4

Daglige vannføringer ved Solbergfoss i tiden 1/1-64 – 31/12-68

Daglig vannføring —

Midlere vannføring —



små avvik fra normalen. Månedene februar og mars i 1967 var imidlertid relativt varme og nedbørrike, noe som er i full overensstemmelse med de høye vannføringer i Glåma dette året.

3.3 Arealutnyttelse og bosetning

I nedbørfeltet for Glåma nedenfor Øyeren bodde det i 1967 som tidligere nevnt ca. 120.000 personer.

Hovednæringen i området er industri og jordbruk. Tabell 5 viser at dyrket mark utgjør en betydelig del av det samlede areal.

Tabell 5. Glåmas nedbørfelt nedenfor Øyeren

Areal	ca. 1.640 km ²
Befolkningstetthet	" 79 pers./km ²
% dyrket mark	27,3
% skog	42,2

Tabellen viser at nesten 70% av arealet er "produktivt land", - et meget høyt tall sett i forhold til Norge totalt.

Figurene 5, 6 og 7 gir en oversikt over de fleste utslipp av kommunalt avløpsvann. Det fremgår klart av figurene at, bortsett fra utslippene fra tettstedene Askim, Mysen til Lekumelva og Rakkestad til Rakkestad-elva, er slike utslipp særlig å finne i området fra Sarpsfossen til utløpet i havet.

3.4 Industri

Industri er en viktig næringsvei i den del av Glåmas nedbørfelt som ligger i Østfold. Dette gjelder spesielt byene Sarpsborg og Fredrikstad og deres nabokommuner, men også i Askim, Mysen og Rakkestad har industrien stor betydning.

3.4.1 Virkning av avløpsvann

Utslipp av forurenset avløpsvann fra industribedrifter er mer knyttet til enkelte grupper av industri enn til andre. I det følgende er det gitt en generell oversikt over virkningen av avløpsvann fra en del

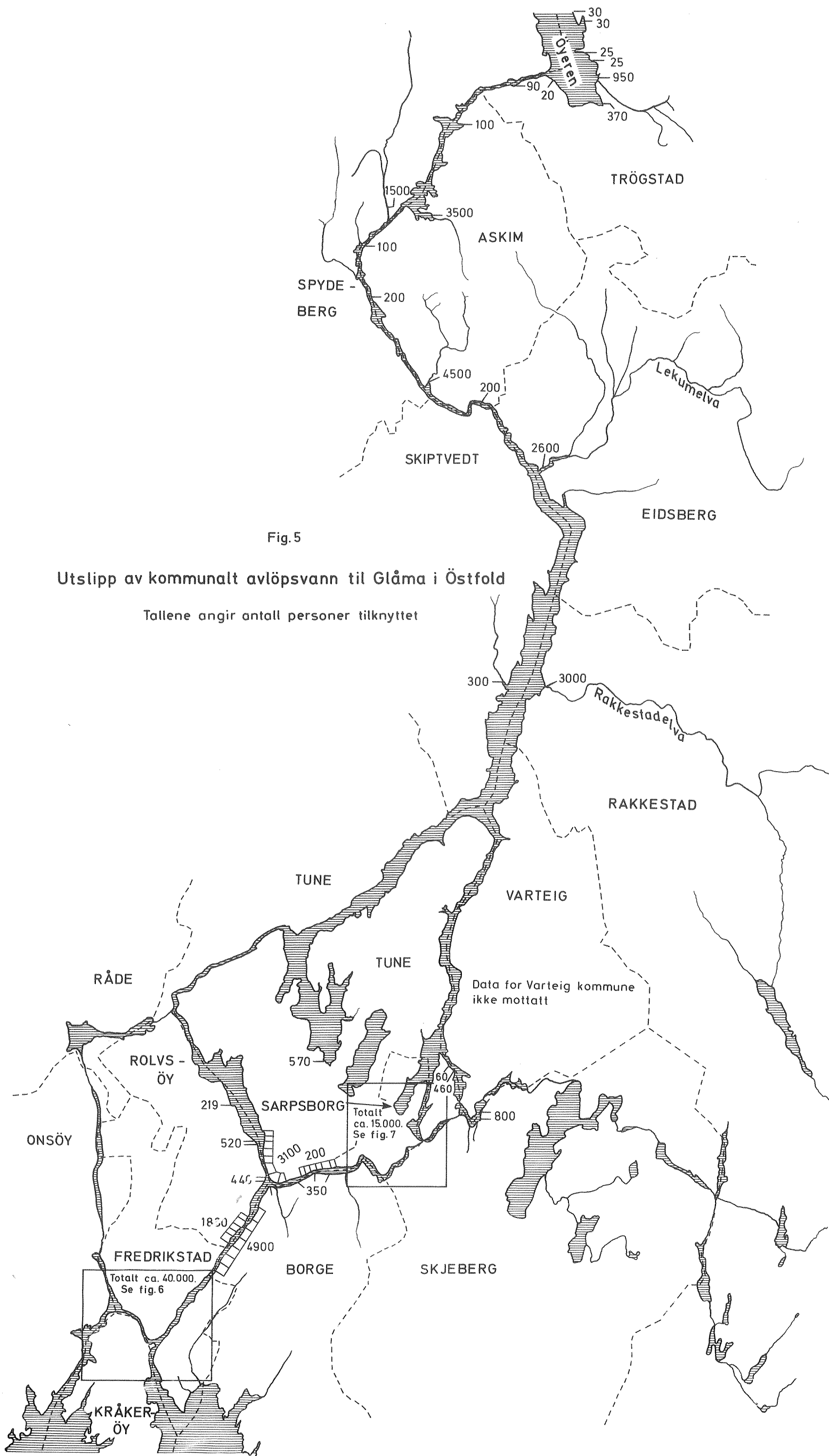


Fig.5

Utslipp av kommunalt avløpsvann til Glåma i Østfold

Tallene angir antall personer tilknyttet

Totall ca. 15.000.
Se fig.7

Data for Varteig kommune
ikke mottatt

Totall ca. 40.000.
Se fig.6

Fig. 6
 Utslipp av kommunalt avløpsvann
 Fredrikstadorrådet
 Tallene angir antall personer tilknyttet

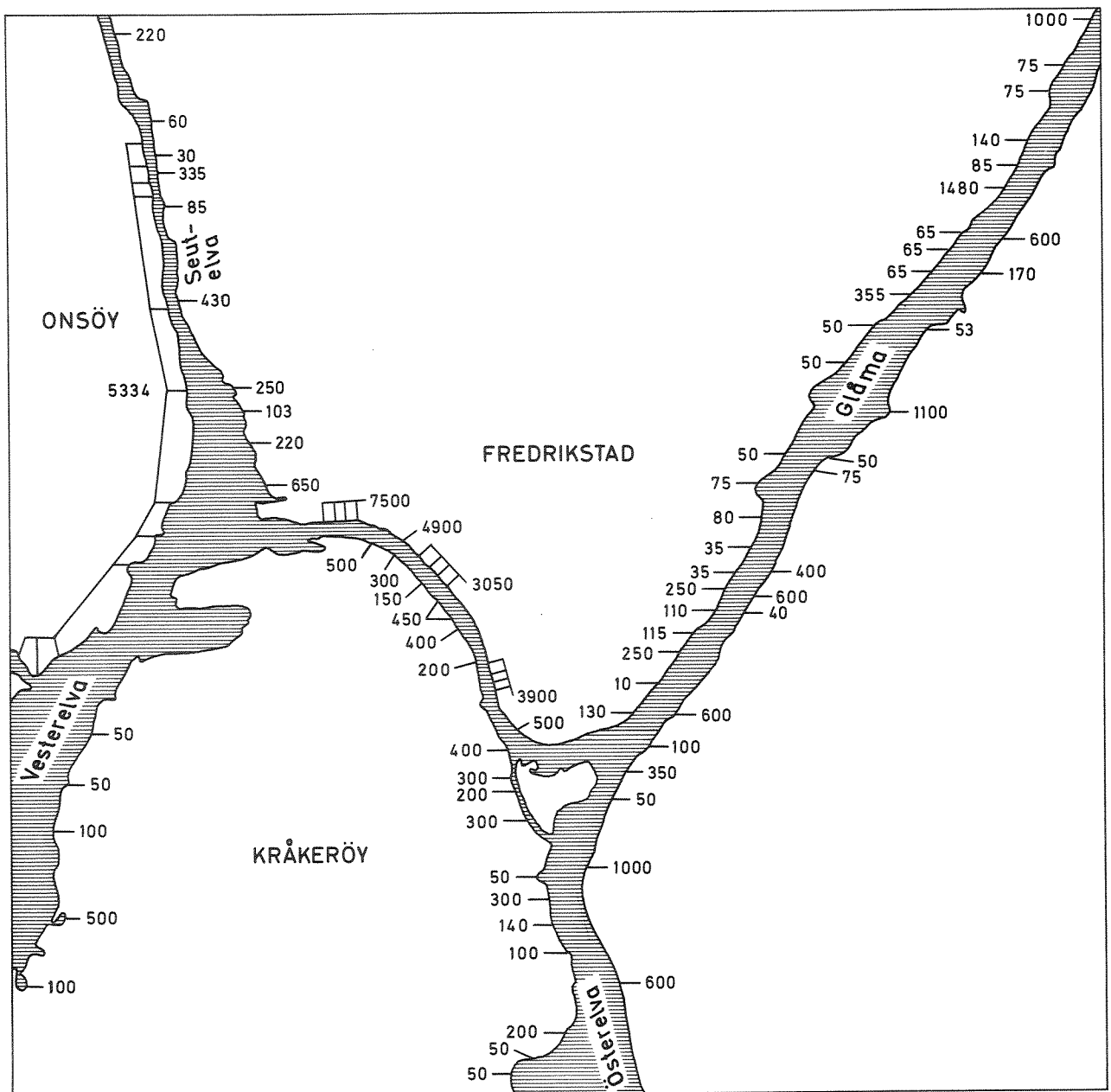
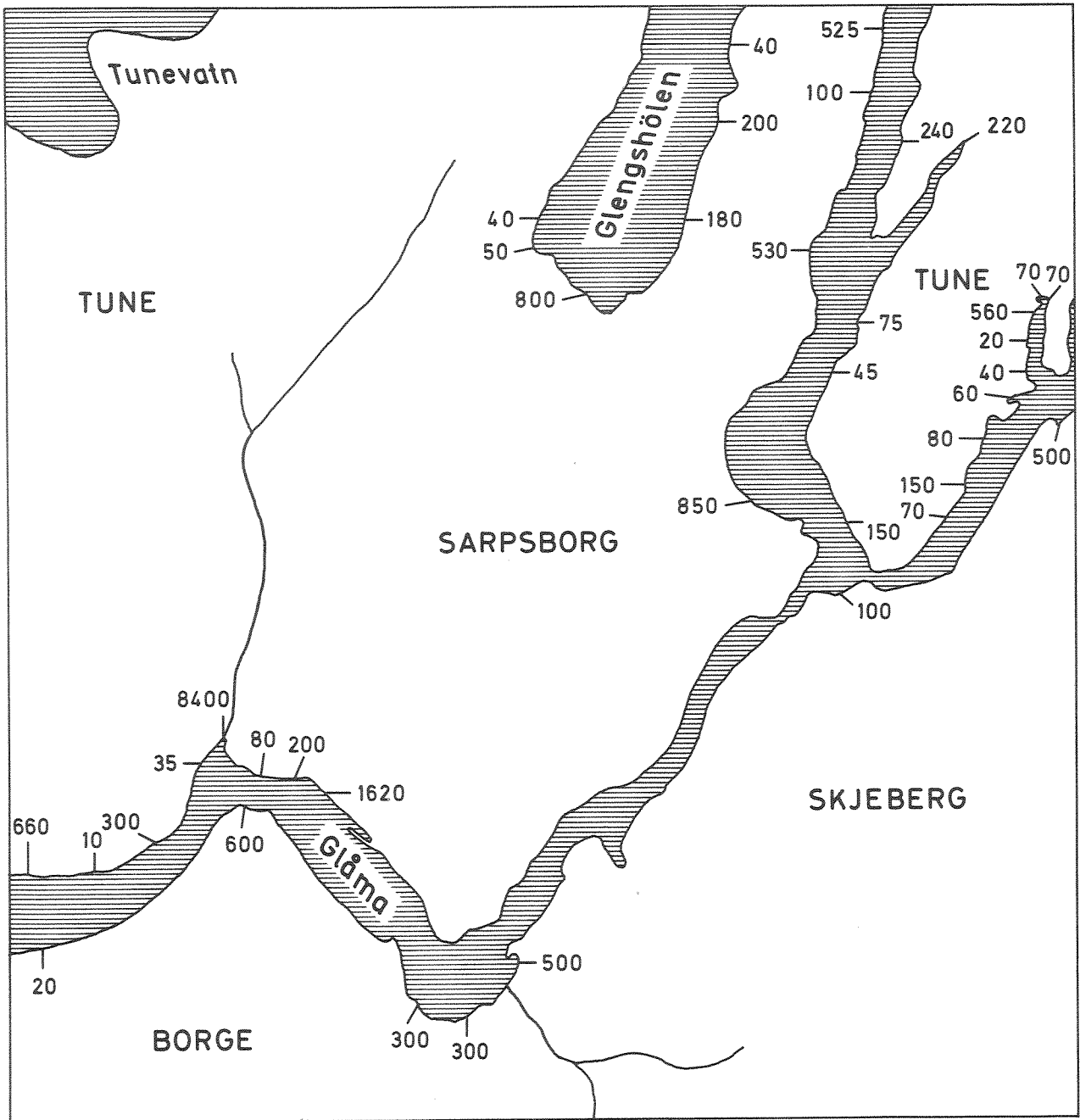


Fig. 7

Utslipp av kommunalt avløpsvann

Sarpsborgområdet

Tallene angir antall personer tilknyttet



industri typer. For å forenkle fremstillingen er det brukt følgende gruppeinndeling etter avløpsvannets innhold av forurensningskomponenter.

1. Avløpsvann med innhold av organisk stoff.
2. Avløpsvann med innhold av plantenæringsstoffer.
3. Avløpsvann som inneholder uønskede komponenter fra hygienisk synspunkt.
4. Avløpsvann som medfører giftvirkninger.
5. Avløpsvann som påvirker resipientens utseende og lukt.

Høyt innhold av organisk stoff fører i norske vassdrag først og fremst til vekst av heterotrofe organismer - sopp, bakterier og protozoer. Slik begroing kan i mange tilfeller dekke elvebunnen og gi vassdraget et lite tiltalende utseende. De praktiske konsekvenser er at fisket i elven vanskelig gjøres, yngleplasser for fisk ødelegges, og fiskens generelle livsvilkår endres. Vannets utnyttelse til vannforsyningsformål kompliseres. Det skapes driftsvanskeligheter i vannverkene, og vannkvaliteten nedsettes. Også for kraftverkene kan slik begroing skape problemer.

I stillestående eller sakteflytende vann kan store mengder organisk stoff gi oksygenmangel, og sulfiddannelse med luktulempen og giftvirkning.

Organisk stoff tilføres vassdraget gjennom de kommunale kloakkutslipp og ved utslipp fra industri, - celluloseindustri, slakterier, meierier og annen næringsmiddelindustri. Av annen industri som kan ha utslipp av organisk stoff, er garverier, spesielle typer av kjemisk- og tekstilindustri, samt halmlutingsanlegg.

Avløpsvann som inneholder plantenæringsstoffer - spesielt fosfor- og nitrogenforbindelser - fører til øket plantevekst. I denne sammenheng er planktoniske alger viktige - særlig i innsjøpregede områder og i munningsområdet. Plantenæringsstoffer kommer fra kommunale kloakkutslipp, men også industrien kan ha slike utslipp, f.eks. fra enkelte bedriftstyper innen kjemisk industri og fra bedrifter som arbeider med fosfatering. Avrenning fra jordbruksområder kan også ha høye konsentrasjoner av plantenæringsstoffer.

Samtidig høye konsentrasjoner av organisk stoff og av plantenæringsstoffer gir som regel spesielt uheldige forhold i en resipient.

Med hygienisk uønskede komponenter menes her stoffer som på noen måte kan skape problemer for vannforsyninger. Bakterier og virus hører naturligvis med blant de hygienisk uønskede komponenter; men også stoffer som kan medføre giftvirkninger eller smaks- og luktulempet, regnes som regel med i denne gruppen.

Avløpsvann som inneholder slike komponenter, er først og fremst kommunalt avløpsvann når det gjelder bakterier og virus. Blant annet fra enkelte typer av kjemisk industri kan det foregå utslipp av stoffer som kan gi smaksulempet. Her er fenoler velkjente eksempler.

Når det gjelder giftige stoffer, er det normalt konsentrasjonen som er avgjørende for virkningen. Muligheten for skadevirkninger etter lang tid og ved akkumulering, gjør det imidlertid vanskelig å vurdere mange utslipp fra industrien.

Det er kjent at enkelte stoffer kan akkumuleres i organismer, f.eks. fisk, slik at det kan medføre en viss risiko å spise fisken. Eksempler her er kvikksølvforbindelser som kan komme fra utslipp fra treforedlingsbedrifter og kloralkalifabriker. Pesticider som f.eks. DDT, kan forholde seg på samme måte.

Det er først og fremst giftvirkningen på fisk og andre akvatiske organismer som vurderes i denne sammenheng. Aktuelle stoffer er da salter av kobber, bly, sink osv., dessuten cyanider, syrer og baser og i enkelte tilfeller spesielle organiske forbindelser. Eksempler på utslipp av slike komponenter er avløpsvann fra enkelte metallforarbeidende industribedrifter samt fra enkelte fabriker innen kjemisk industri.

Avløpsvann som påvirker resipientens utseende, er vann som enten inneholder høye konsentrasjoner av partikler eller fargede komponenter. Slikt avløpsvann kan endre livsvilkårene i vassdraget, men ofte er det virkningen på vassdragets utseende som har størst betydning.

Fargede utslipp har spesielt papirfabriker, tekstilfabriker med fargerier o.l., mens partikulært materiale slippes ut fra en rekke typer av industri-

bedrifter, f.eks. fra kjemisk industri, gruveindustri, porselensindustri o.l. Fiber fra cellulose- og papirindustri er viktig i denne sammenheng. Erosjon og utvasking av skog og myrområder er naturlige prosesser som kan gi tilsvarende virkninger i vassdraget.

3.4.2 Industrien i Glåmas nedbørfelt i Østfold

En utredning som i detalj beskriver avløpsvannet fra hver enkelt bedrift i det aktuelle området, ville kreve en meget stor arbeidsinnsats. Først og fremst av økonomiske grunner ville en slik utredning føre for langt i denne sammenheng. Det er likevel utført et visst arbeid for å vurdere betydningen av en del industriutslipp. Arbeidet er dels gjort ved besøk på bedriftene og dels ved beregninger basert på publiserte produksjonstall.

Det er stort sett ikke funnet grunn til å trekke frem enkeltbedrifter ved vurdering av industriens bidrag til forurensningsbelastningen i Glåma. I det følgende er det imidlertid gitt en kort oversikt over industri i nedbørfeltet. Oversikten er stilt sammen for å gi en enkel karakteristikkk av industrien i området. De navngitte bedrifter utgjør ikke noen fullstendig liste, og det må presiseres at enkelte av de nevnte bedrifter neppe har utslipp av forurenset avløpsvann av betydning for forurensningssituasjonen i Glåma.

Det er flere store treforedlingsbedrifter i den nedre del av Glåma-vassdraget. A/S Borregaard, Sarpsborg, Greåker Cellulosefabrik A/S, Tune, og And. H. Kiær & Co Ltd., Borge, er bedrifter som fremstiller cellulose og papir. I tillegg finnes det noen mindre papirfabrikker nedenfor Sarpsborg.

En rekke industribedrifter er særlig knyttet til landbruket, f.eks. fellesanlegg for halmluting, meierier, slakterier o.l. I nedbørfeltet finnes 6 halmlutingsanlegg med en samlet lutet halmmengde på ca. 3000 tonn i 1967. De 7 meieribedrifter som finnes i dette området, omsatte i 1967 til sammen ca. 32 millioner liter melk, mens nær 10 millioner liter melk gikk til produksjon av ost, smør og tørrmelk.

Av større næringsmiddelindustri for øvrig kan nevnes Brødrene Helle, Spydeberg, Borgar Fabrikker A/L, Fredrikstad, Ringstad Slakteri, Rakkestad, Stabburet A/S, Fredrikstad, og Østfold Slakteri, Sarpsborg. Ellers finnes det i samtlige kommuner på denne strekningen av Glåma mindre bedrifter i næringsmiddelbransjen. Som eksempler kan nevnes bryggeriene i Sarpsborg og Fredrikstad, samt Brynildsens Fabrikker A/S, Fredrikstad.

Langs Glåma på strekningen fra Sarpsborg til Fredrikstad er det flere betydelige fabrikk innen kjemisk industri. For denne gruppen av bedrifter er variasjonen i produkter og produksjonsmetoder stor, og det er vanskelig å sammenlikne deres betydning i forurensningssammenheng.

Av store fabrikk kan nevnes:

A/S Borregaard, Sarpsborg, som fremstiller organiske og uorganiske kjemikalier. (Alkoholer, aldehyder, organiske syrer, vanilin, dispergeringsmidler, klor, natronlut, svovelsyre, saltsyre osv.).

DE-NO-FA og Lilleborg fabrikk, Fredrikstad, som produserer spise fett og fórmel.

Titan Co. A/S, Fredrikstad, som lager titandioksyd av ilmenitt.

Unger Fabrikk A/S, Fredrikstad, med produksjon av sulfonsyrer, alkylarylsulfonater og emulgeringsmidler.

Ellers finnes det mange mindre bedrifter innen kjemisk industri langs Glåma nedenfor Øyeren. Norgas A/S acetylenfabrikk i Fredrikstad og Norsk Fett- og Limindustri i Onsøy er eksempler på slike bedrifter.

Innen jern- og metallforarbeidende industri er det et stort antall bedrifter fordelt langs hele den aktuelle strekningen av Glåma. Blant de større bedriftene på dette feltet er:

A/S Fredrikstad mek. verksted, Kråkerøy. (Skip, maskiner o.l.),
Glommens mek. verksted A/S, Kråkerøy. (Skip, mek. verksted),
Sarpsborg mek. verksted A/S, Tune. (Skips- og plateverksted, dieselmotorer).

K. Pettersens sønner A/S, Tune. (Komfyrer, kjøleskap o.l.)
Norsk lettmetall A/S, Askim. (Motorisert hageredskap)
A/S Simo barnevognfabrikk, Fredrikstad. (Barnevogner)
Norsk Zinkvalseverk A/S, Borge. (Sinkplater og sinkanoder)
Høiax A/S, Fredrikstad. (Elektriske vannvarmere).

Disse bedriftene er nevnt som eksempler på bedrifter innen denne industrigren. Fordi det også her har stor betydning hvilke prosesser som benyttes ved produksjonen, kan selv meget små bedrifter ha større betydning enn de store bedriftene med hensyn til forurensningsvirkningen.

En del bedrifter som ikke tilhører noen av de nevnte grupper, er så vidt store at de likevel bør nevnes i en industrioversikt som denne:

A/S Askim Gummivarefabrikk, Askim. (Gummifottøy, bildekk o.l.)
A/S Hafslund - Karbidfabrikken, Skjeberg. (Kalsiumkarbid, ferrosilicium)
A/S Panco, Onsøy. (Plastartikler)
Norsk Teknisk Porselensfabrikk, Fredrikstad. (Teknisk porselen)
Real Penselfabrikk, Fredrikstad. (Pensler, koster, børster).

4. KJEMISKE UNDERSØKELSER

Enkeltstående kjemiske analyseresultater har ofte liten verdi ved beskrivelsen av et vassdrag, fordi slike data bare gir øyeblikksbilder av situasjonen. For å gi de kjemiske analyseresultatene større vekt, er det derfor nødvendig å ha et relativt stort antall observasjoner. Prøvetaking gjennom lengre tidsperioder gir mulighet for å vurdere årstidsvariasjoner. Variasjonsbredden for tallmaterialet gir mulighet for å bedømme hvor verdifulle enkeltobservasjonene er. Dette har betydning dersom det innsamlede materialet skal brukes som grunnlag for et kontrollprogram. Ved siden av å fastslå årstidsvariasjoner og den generelle vannkvalitet i Glåma, har de kjemiske undersøkelsene hatt til hensikt å konstatere eventuelle forandringer i vannkvaliteten fra elveavsnitt til elveavsnitt. Alle disse hensyn har gjort det nødvendig med et stort datamateriale.

I det følgende vil det bare bli gitt et sammendrag av resultatene. Samtlige enkeltobservasjoner og detaljerte diskusjoner av materialet finnes i Delrapport 2: "Kjemiske og bakteriologiske forhold".

4.1 Prøvetakings- og analyseprogram

En samlet oversikt over prøvetakingssteder og prøvetakingsforhold er gitt i tabell 6. Prøvestedenes plassering er vist i figur 8.

Analyseprogrammet for de hyppige prøver fra Askim vannverk, Sarpsborg vannverk og Ringeverven, Fredrikstad, var: Surhetsgrad (pH), spesifikk elektrolytisk ledningsevne, farge etter filtrering, samt turbiditet før og etter filtrering.

De øvrige prøver som er samlet inn i forbindelse med undersøkelsen, er analysert etter følgende program:

Surhetsgrad (pH), spesifikk elektrolytisk ledningsevne, farge (filtrerte og ufiltrerte prøver), turbiditet (filtrerte og ufiltrerte prøver), kjemisk oksygenforbruk (dikromattall), tørrstoff og gløderest av suspendert materiale, fosfater, kalsium, magnesium, bundet og fri ammonium, nitrat, sulfat. Rutinemessig er det for prøver fra bestemte stasjoner foretatt bakteriologiske undersøkelser.

31. august og 1. september 1966 ble det gjennomført en korttidsundersøkelse. Prøver ble da samlet inn med halvtimes intervaller i tiden kl. 07.00 - 22.00. Blandprøver fra hver dag ble analysert etter det mest omfattende programmet.

4.2 De enkelte analysekomponenter

I det følgende er det gitt en kort beskrivelse av betydningen av den enkelte analysekomponent.

pH er et mål for vannets surhetsgrad, og angis ved en logaritmisk skala der 7,0 definisjonsmessig angir at vannet er nøytralt. Ved overskudd av sure komponenter får vannet lavere pH-verdi, og ved overskudd av

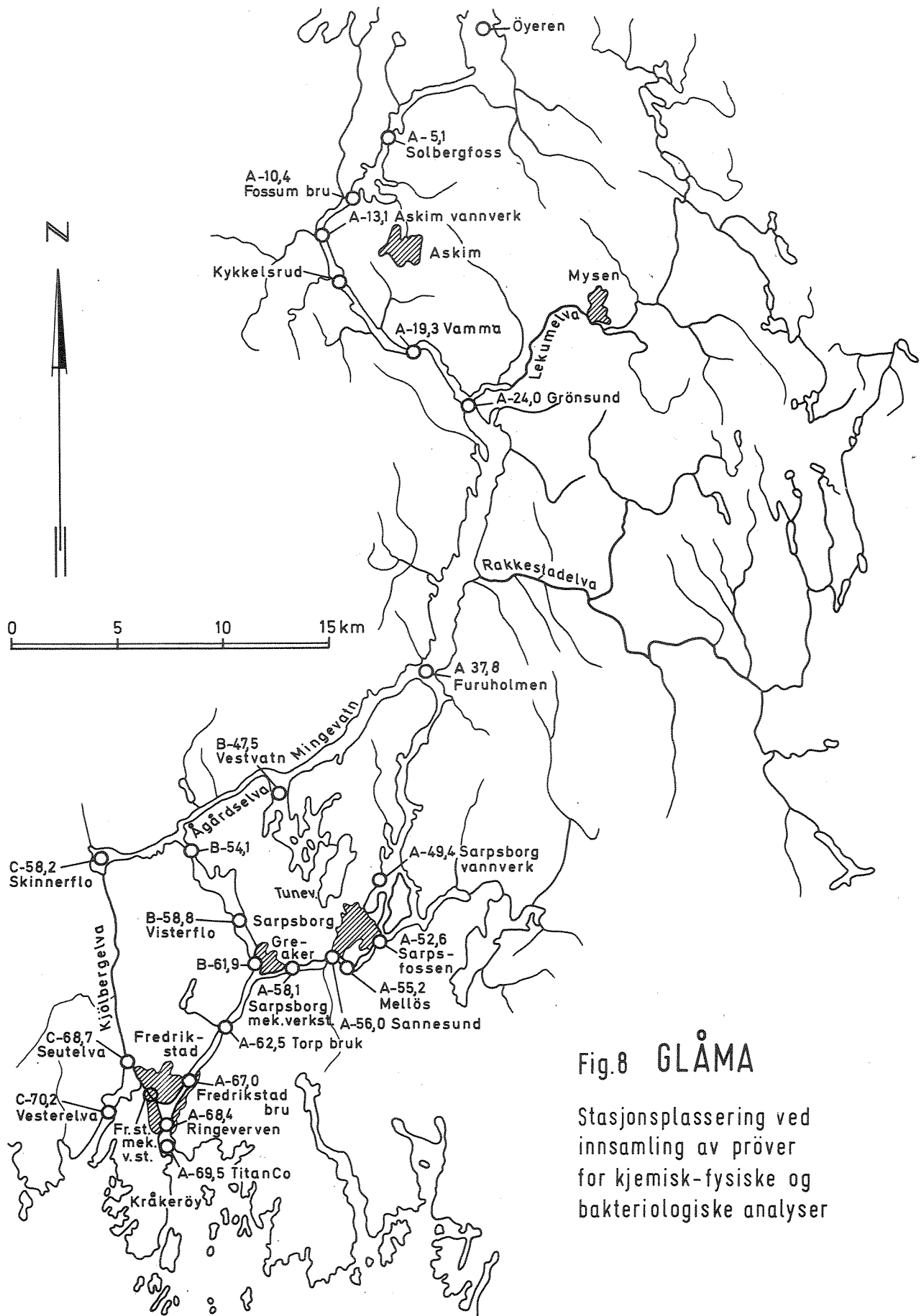


Fig.8 GLÅMA

Stasjonsplassering ved innsamling av prøver for kjemisk-fysiske og bakteriologiske analyser

Tabell 6. Fysisk-kjemiske undersøkelser. Stasjoner og prøvetakingsdatoer.

Stasjons- betegnelse	3-5/5 1966	8-9/8 1966	31/8 og 1/9 1966	14/9 og 13/10 1966	12 - 1966	10/11 1966	13 - 14/12 1966	10 - 11/1 1967	13 - 14/2 1967	7-9/3 1967	10 - 11/4 1967	9-10/5 1967	12 - 14/6 1967	3-4/7 1967	14 - 15/8 1967
Øyeren				x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Solbergfoss Kraftverk	A - 5,1		K												
Fossum bru	A - 10,4	x								x					
Askim vannverk	A - 13,1	(Prøver 2 ganger pr. uke 31/5 1965 - 11/9 1967		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vamma	A - 19,3	x													
Lekumelva	-	x								x					
Grønsund	A - 24,0	x													
Rakkestadelva	-	x								x					
Furuholmen	A - 37,8	x	K	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sarpsborg vannverk	A - 49,4	Prøver 2 ganger pr. uke 27/5 1965 - 11/9 1967													
Sarpsfossen	A - 52,6	x	K	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Melløs	A - 55,2	x	K	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Sannesund	A - 56,0	x													
Sarpsborg mek. verksted	A - 58,1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Torp bruk	A - 62,5	x	x	K	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fredrikstad bru	A - 67,0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ringeverven	A - 68,4	Prøver 2 ganger pr. uke 28/5 1965 - 15/6 1967													
Titan Co.	A - 69,5		x	K	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vestvatn	B - 47,5	x				x				x			x		x
Visterflo, innløp	B - 54,1	x													
Visterflo	B - 58,8	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Visterflo, utløp	B - 61,9	x	K												
Skinnerflo	(C - 54,4 (C - 58,2	x								x					x
Seutelva	C - 68,7	x													
Vesterelva	C - 70,2	x	K	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vesterelva v/Fredrik- mek. Verksted		x													

x : Innsemling av enkeltprøver

K : Innsemling av blandprøver ved korttidsundersøkelse

basiske komponenter er pH større enn 7,0. Rent sjøvann inneholder overskudd av base, og pH er omkring 8,0. Innenfor et begrenset pH-område, omkring 7, har den absolutte pH-verdi bare i liten grad praktisk betydning.

Spesifikk elektrolytisk ledningsevne er et mål for vannets totale innhold av oppløste salter.

Fargeverdien er et mål for vannets innhold av fargede komponenter. Turbiditet er et mål for vannets innhold av suspenderte partikler, og måles ved partiklenes evne til å reflektere og spre innfallende lys. Farge og turbiditet er sammen parametre som beskriver vannets utseende,

Kalsium og magnesium, som sammen tilnærmet utgjør vannets hårdhet, er blant hovedkomponentene i norske vanntyper. Konsentrasjonen av disse salter gir derfor en enkel karakteristikk av vanntypen. Også for vurdering av enkelte biologiske forhold har kalsium og magnesium betydning.

Salinitetsbegrepet som benyttes i forbindelse med sjøvann og brakkvann, betegner med små korreksjoner antall gram uorganiske salter pr. kg vann. Ved undersøkelser i brakkvann kan sjøvannsinnblandingen beregnes på grunnlag av salinitetsverdiene.

Ved lave konsentrasjoner uttrykkes sjøvannspåvirkningen bedre ved analyseresultatene for klorid. Ved beskrivelse av ferskvannsforkomster, og i noen grad vurdering av forurensningssituasjoner, er klorid en viktig komponent. I f.eks. kommunalt avløpsvann er kloridkonsentrasjonen relativt høy.

Sulfat er blant hovedkomponentene i norske vanntyper og vil sammen med kalsium, magnesium og klorid gi mulighet for en generell karakteristikk av vanntypen. I sjøvann er sulfatkonsentrasjonen normalt over 800 mg/l.

Fosfater tilhører gruppen av stoffer som er nødvendige for plantevekst. I forbindelse med vurdering av de biologiske forhold har fosfater stor betydning. Samtidig er det nær sammenheng mellom fosfatkonsentrasjonen og forurensningssituasjonen idet kommunalt avløpsvann inneholder relativt høye fosfatkonsentrasjoner.

Nitrogenforbindelsene tilhører på samme måte som fosforforbindelsene, plantenærings saltene. Liknende forhold som gjør seg gjeldende i forbindelse med fosfatene, gjelder også i noen grad nitrogenforbindelsene. Bl.a. på grunn av løselighetsforholdene er imidlertid transporten av nitrogenforbindelsene i naturen noe annerledes enn for fosfatene.

Organisk stoff er en viktig parameter ved vurdering av vannkvaliteten i et vassdrag. Det brukes en rekke forskjellige analysemetoder for å bestemme og karakterisere organisk stoff. I denne undersøkelsen er dikromattall og biokjemisk oksygenforbruk (BOF_5) benyttet. Det vil fore for langt å gå i detalj om betydningen av disse analysene.

Lignosulfonsyre (SSL) er en viktig komponent i avløpsvannet fra cellulosefabrikker. Denne komponent kan brukes som et mål for forurensningsbelastningen fra slike bedrifter, samtidig som den kan tjene som sporstoff ved vurdering av hydrodynamiske problemer.

4.3. Presentasjon av kjemiske analyseresultater

De kjemiske analyseresultatene er i det følgende presentert avsnittsvis: Øyeren, Øyeren - Sarpsfossen, Sarpsfossen - Melløs og estuarområdet fra Melløs til utløpet i havet.

Figurene 9 og 10 viser middelerverdier for kjemiske analyseresultater fra Øyeren. Verdiene er middel av analysetall fra forskjellige dyp, der enkeltobservasjoner er gitt vekt etter det vannsjikt det representerer.

Det viste seg ved bearbeiding av analyseresultatene for strekningen Øyeren - Sarpsfossen at variasjonen fra stasjon til stasjon var relativt liten. For praktiske formål kan derfor middelerverdiene for de månedlige observasjoner ved Askim vannverk, Furuholmen og Sarpsfossen representere analyseresultatene på denne strekningen. Figurene 11 og 12 viser variasjonen for de enkelte komponenter gjennom undersøkelsesperioden.

For å illustrere resultatene av prøveinnsamlingen 2 ganger pr. uke er det i tabell 7 gitt et sammendrag av resultatene fra disse prøver fra Askim vannverk.

Fig.9
Analyseresultater for Öyeren

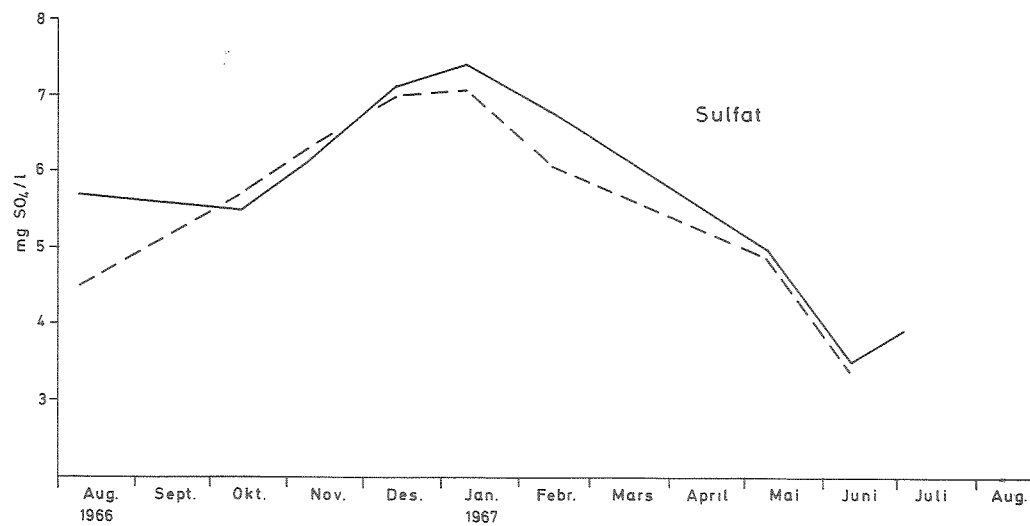
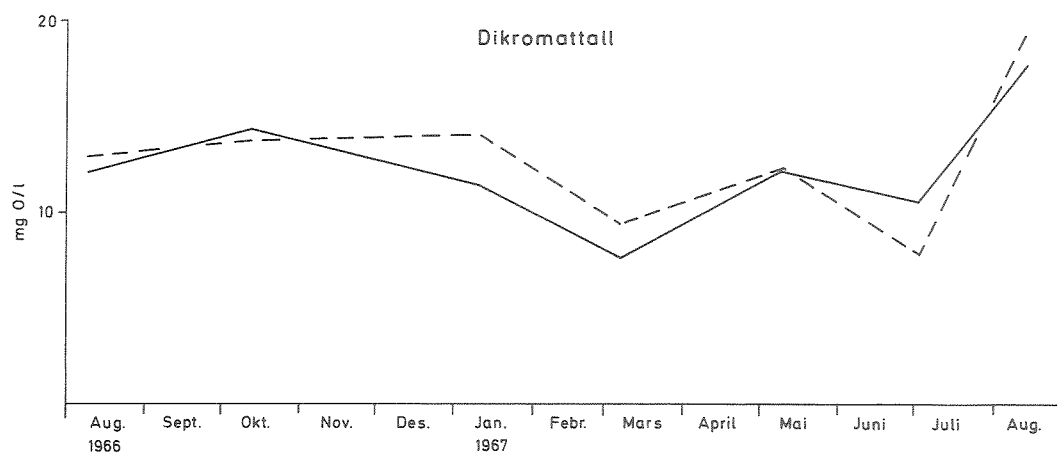
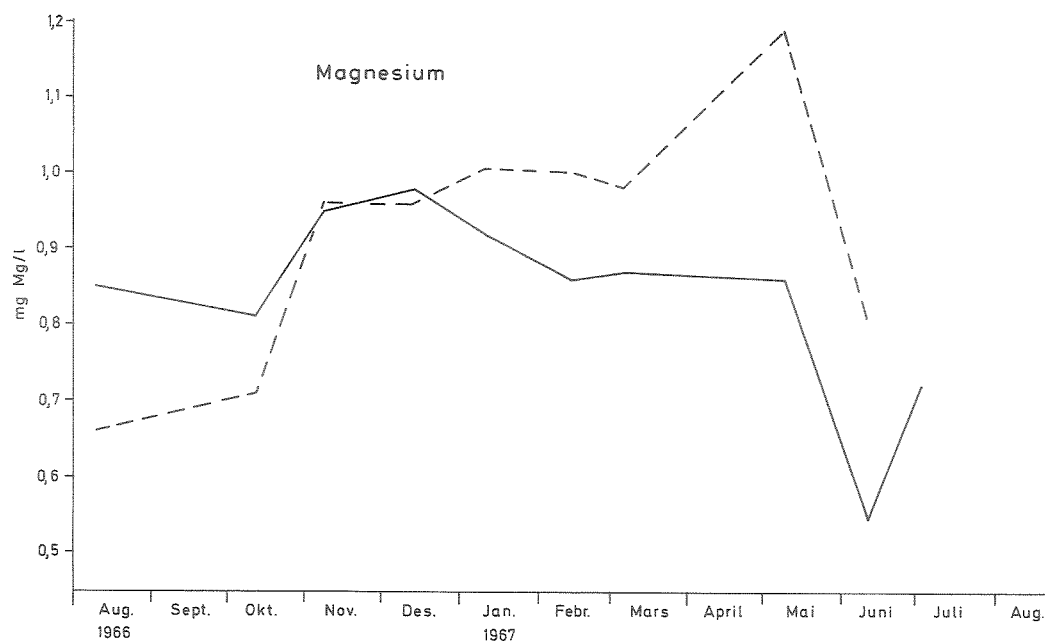
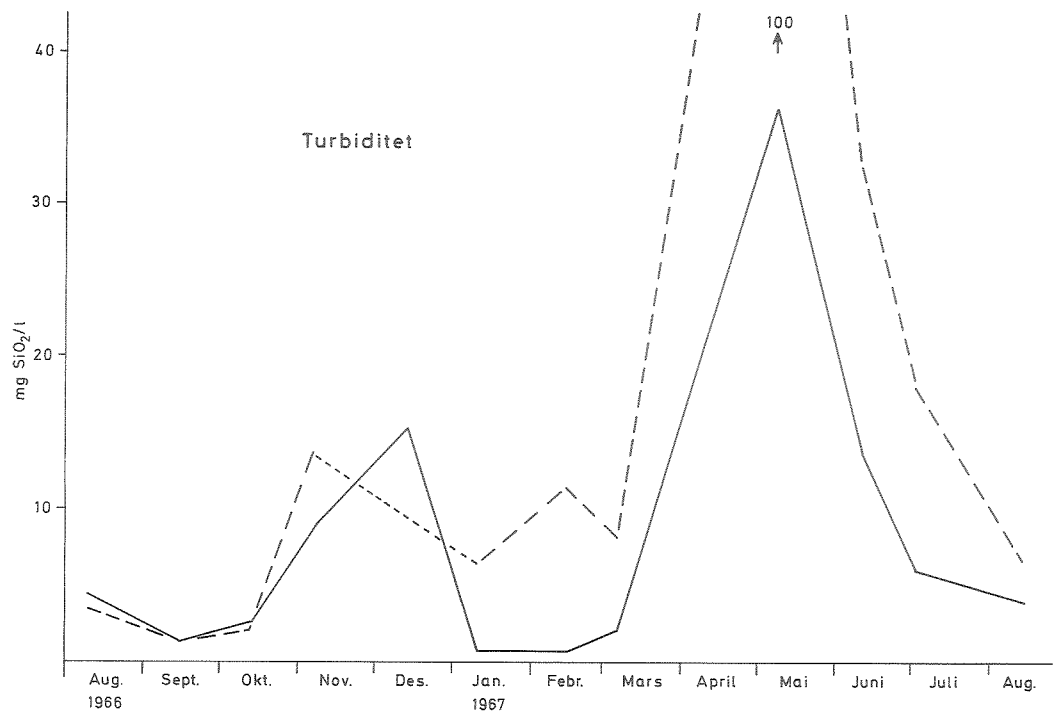
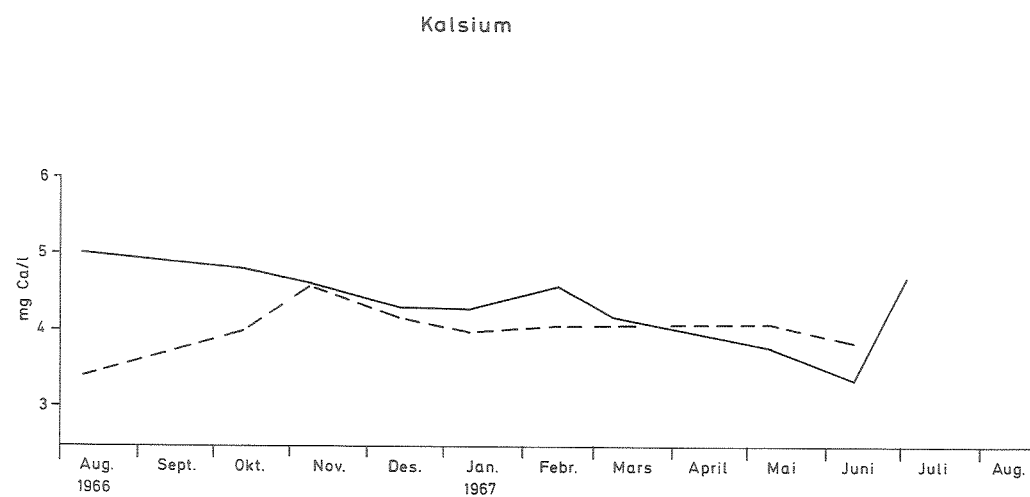
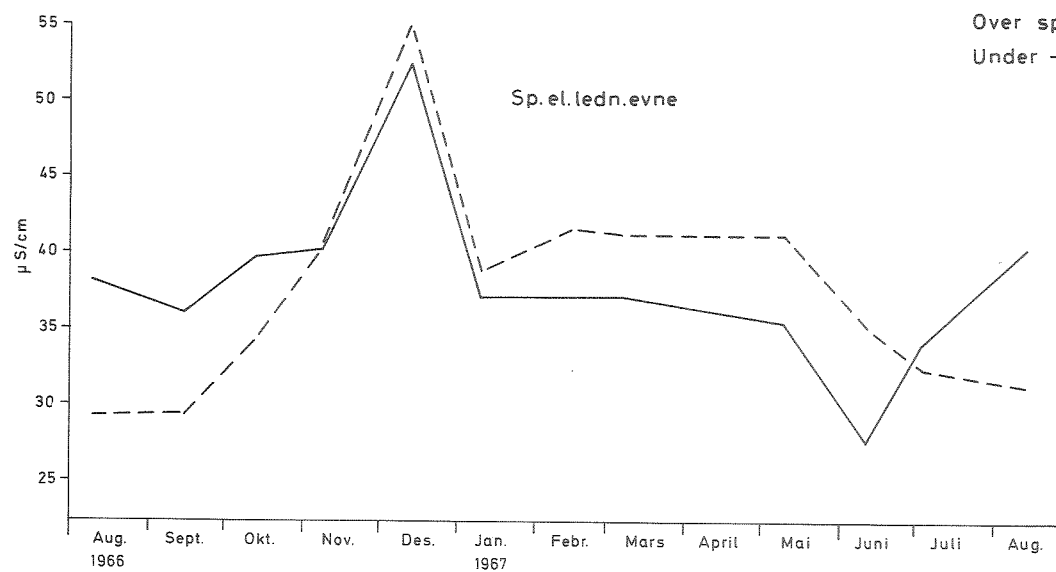


Fig.10
 Analyseresultater for Öyeren

Over sprangsjikt : ———
 Under " " : - - - -

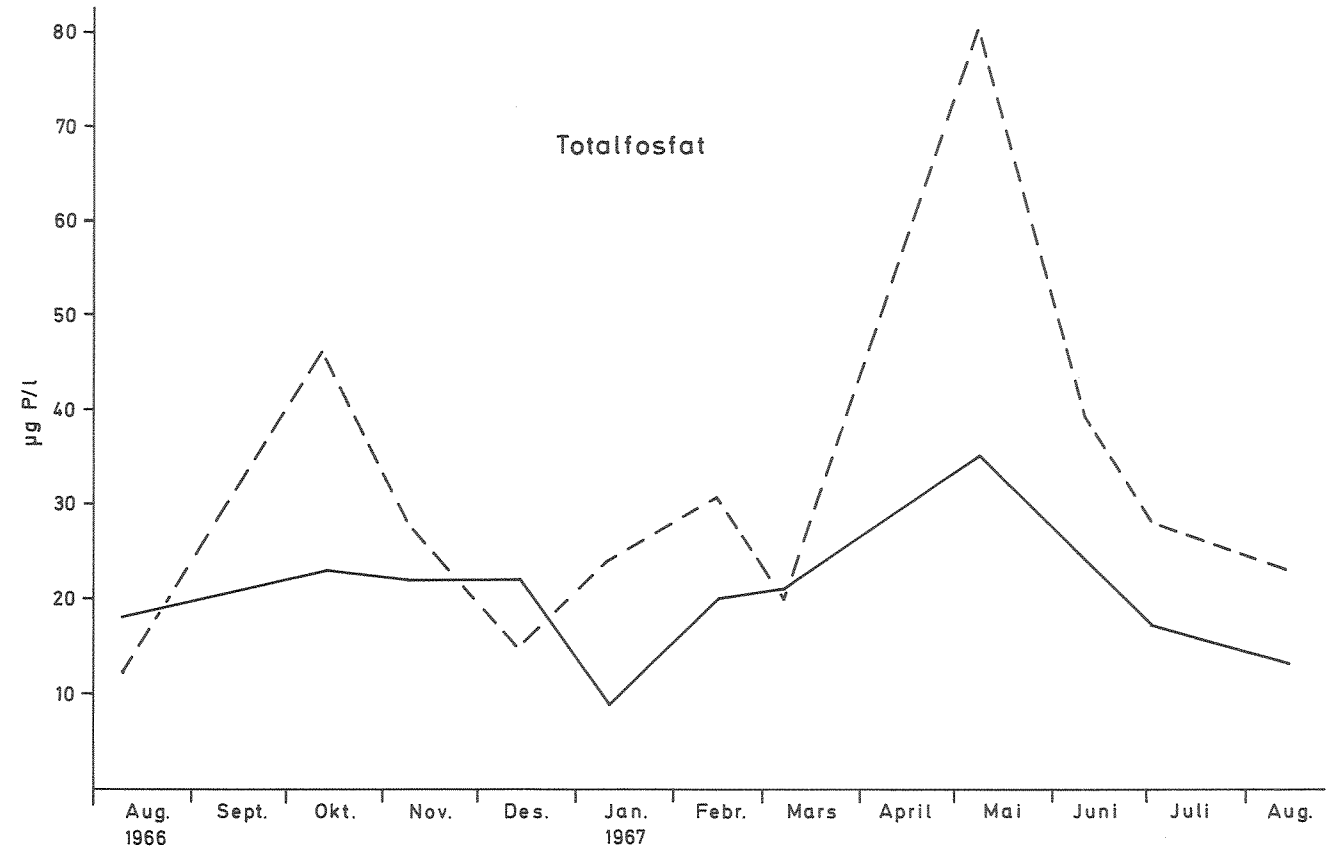
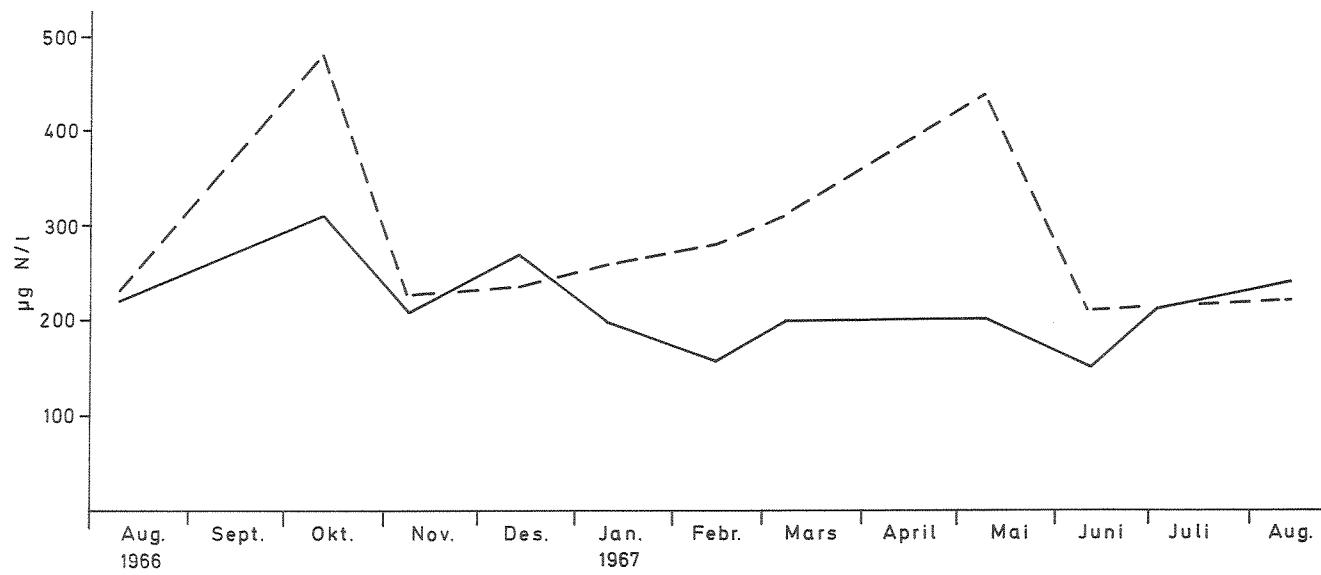
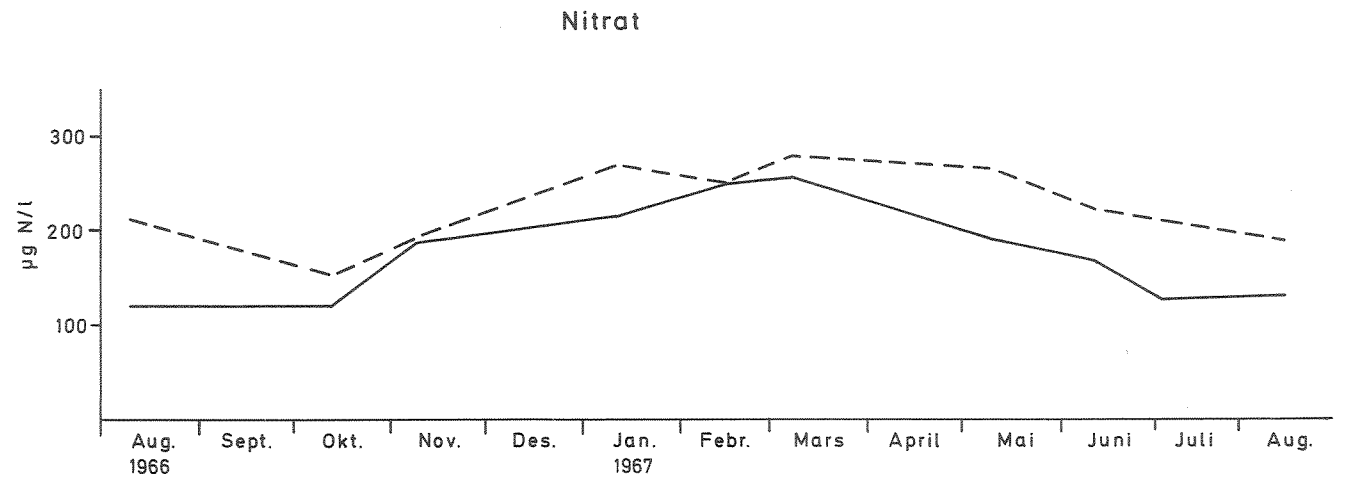
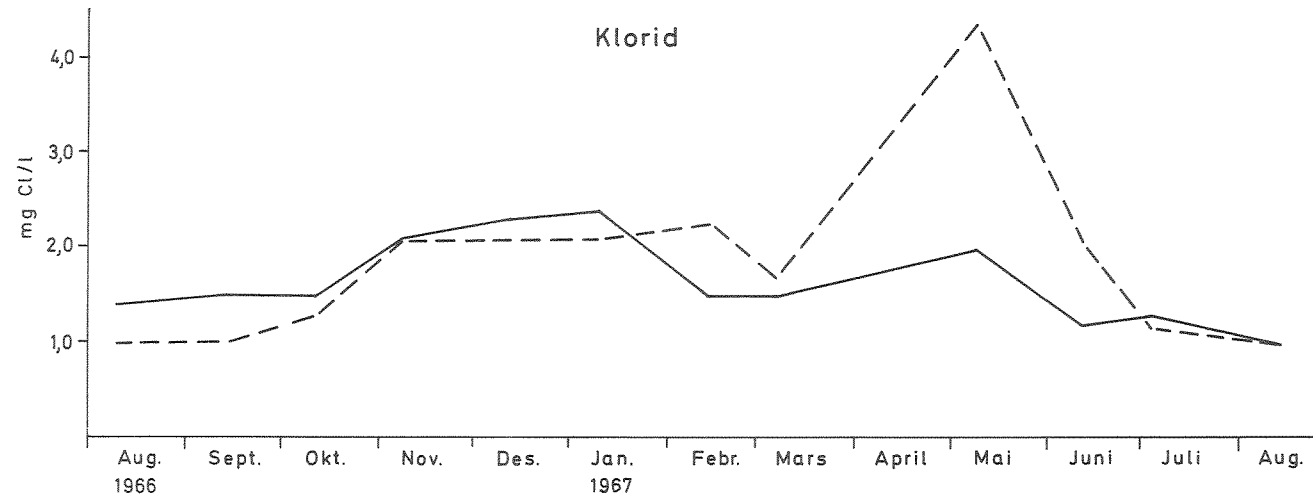


Fig.11
Middelverdi for månedlige observasjoner
Askim v.v., Furuholmen, Sarpsfossen

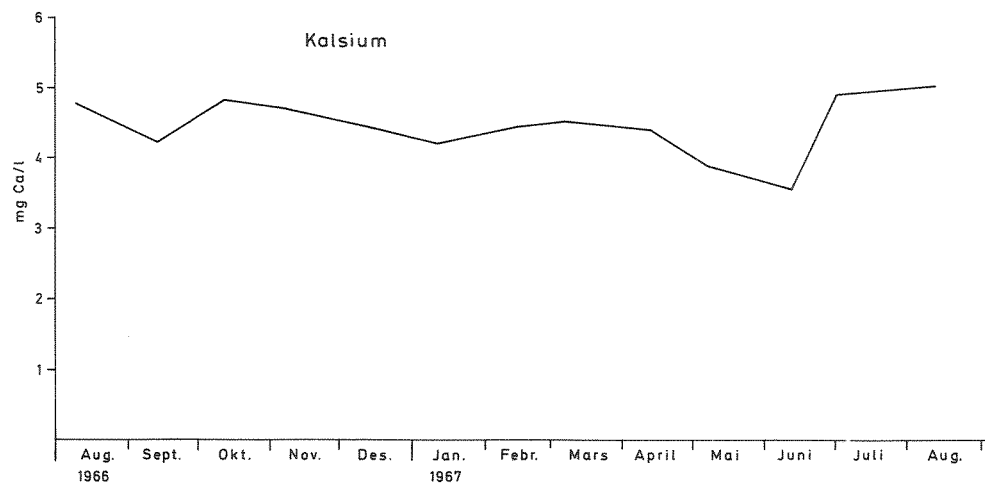
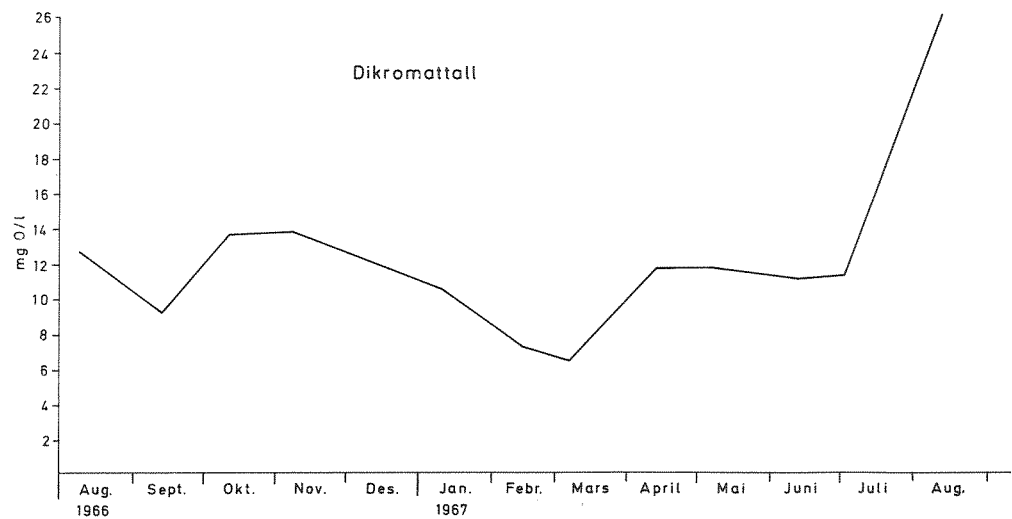
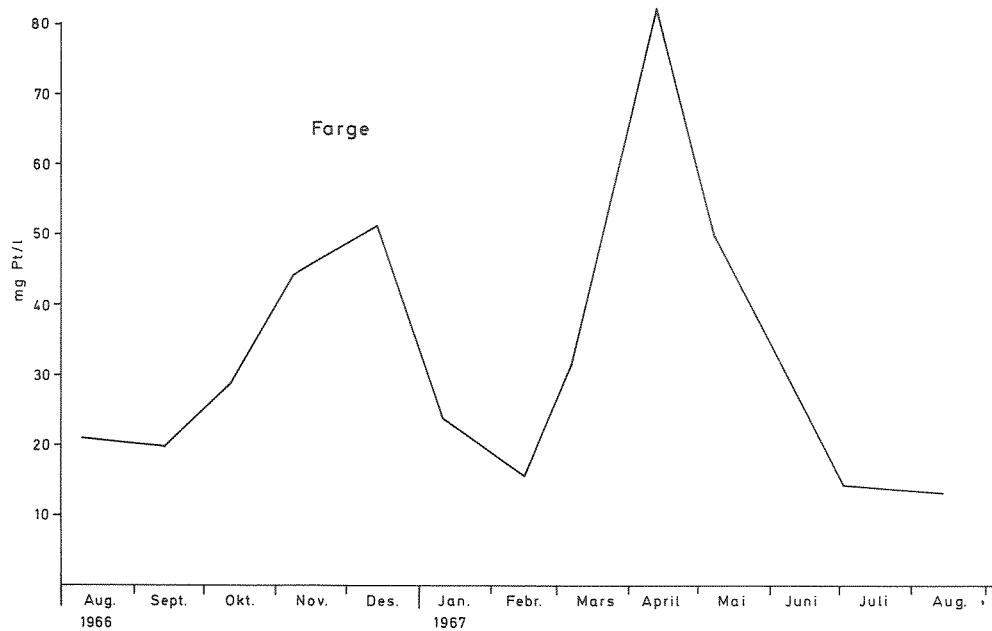
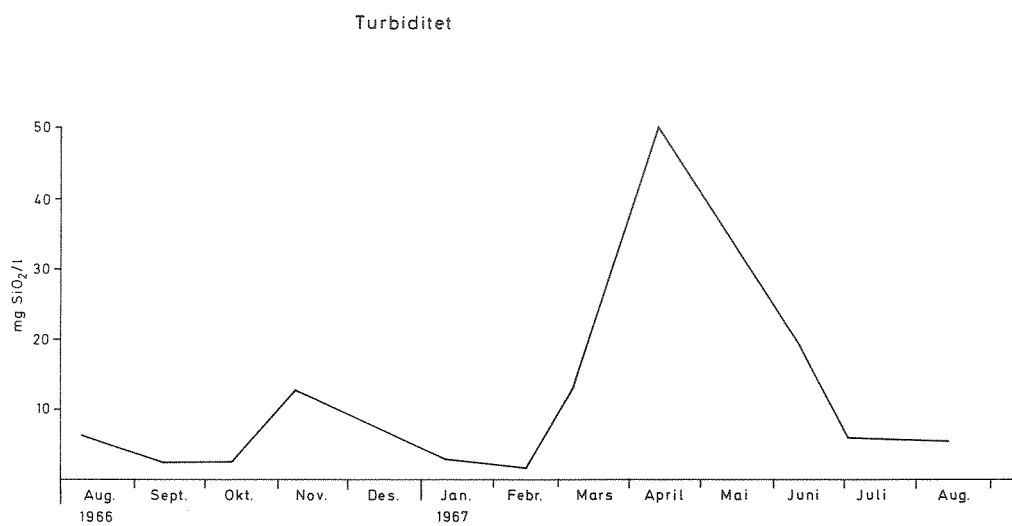
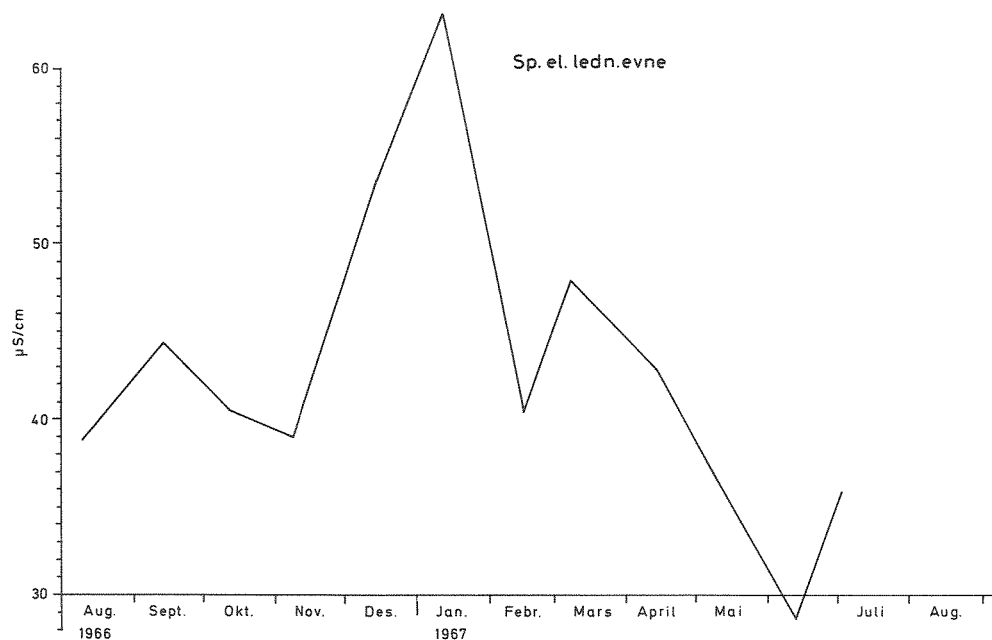
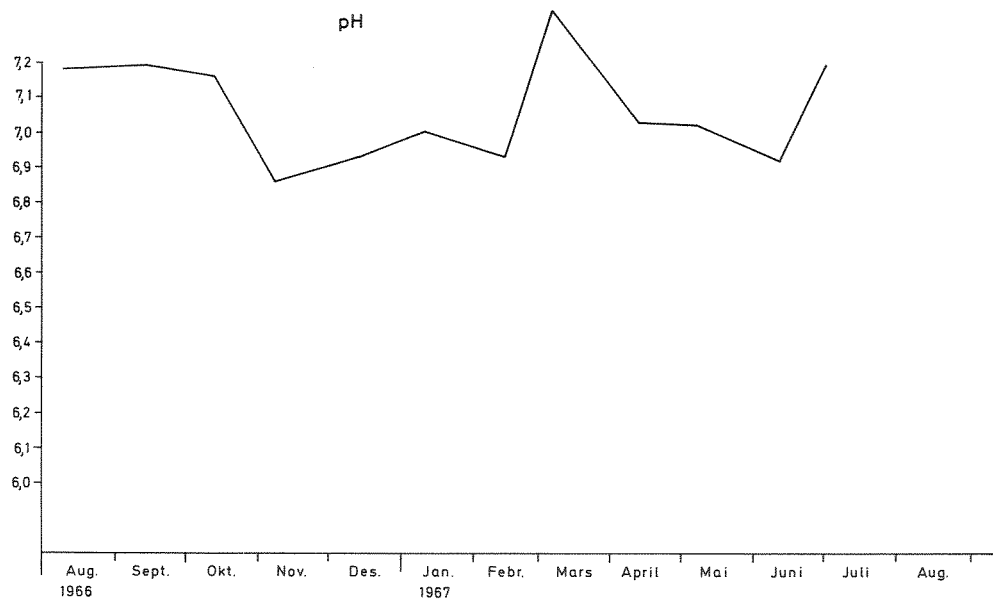
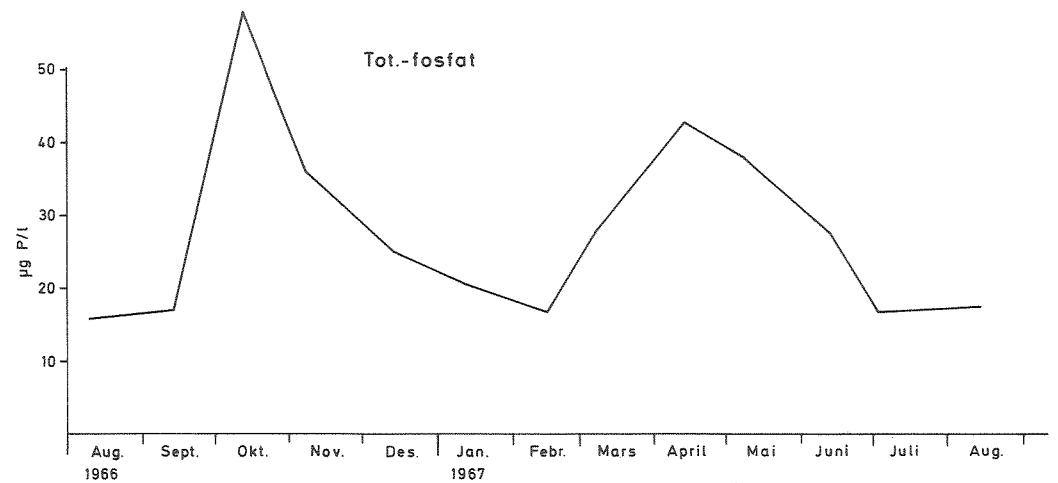
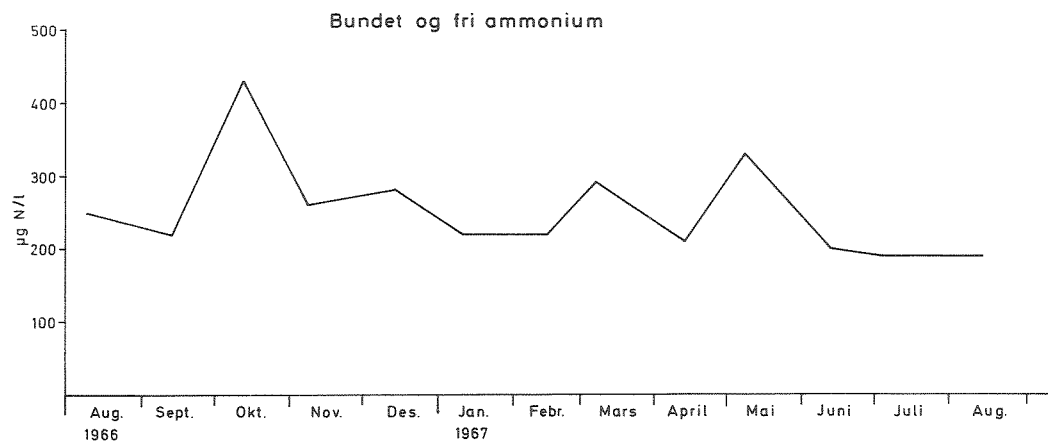
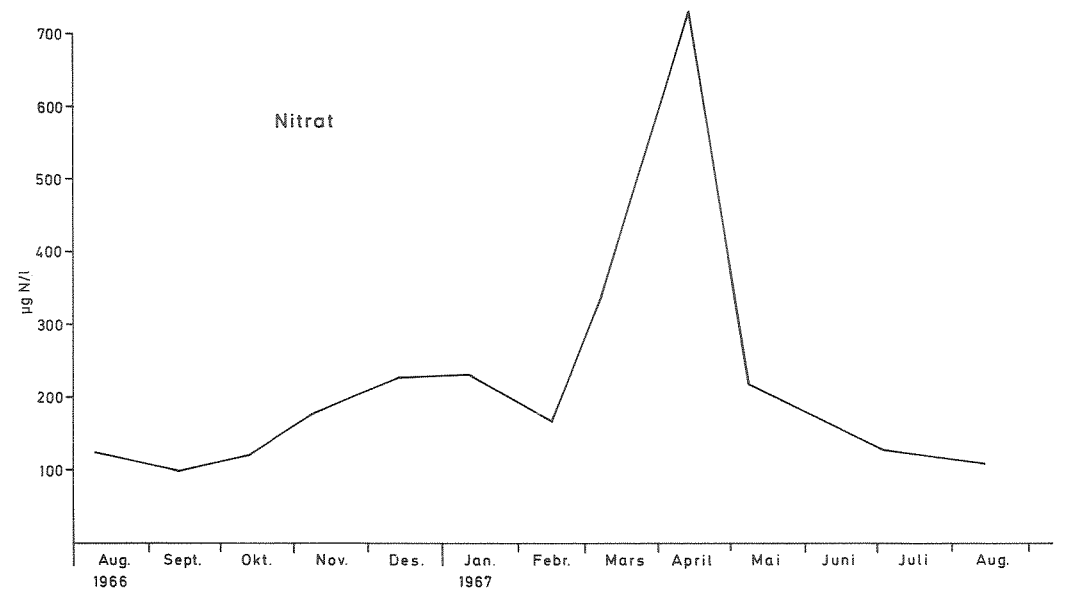
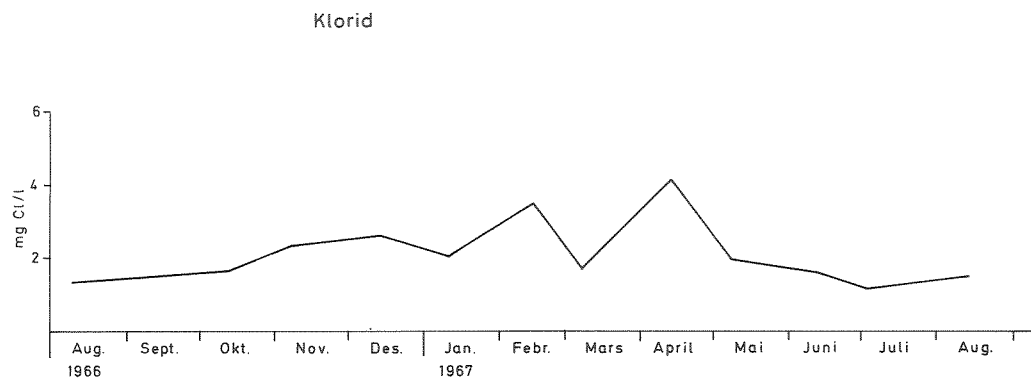
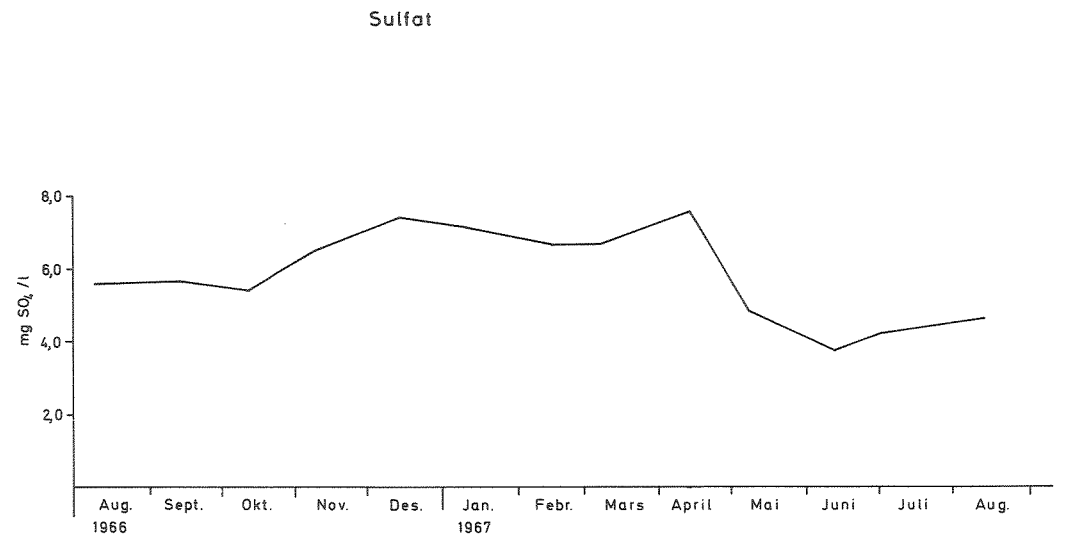
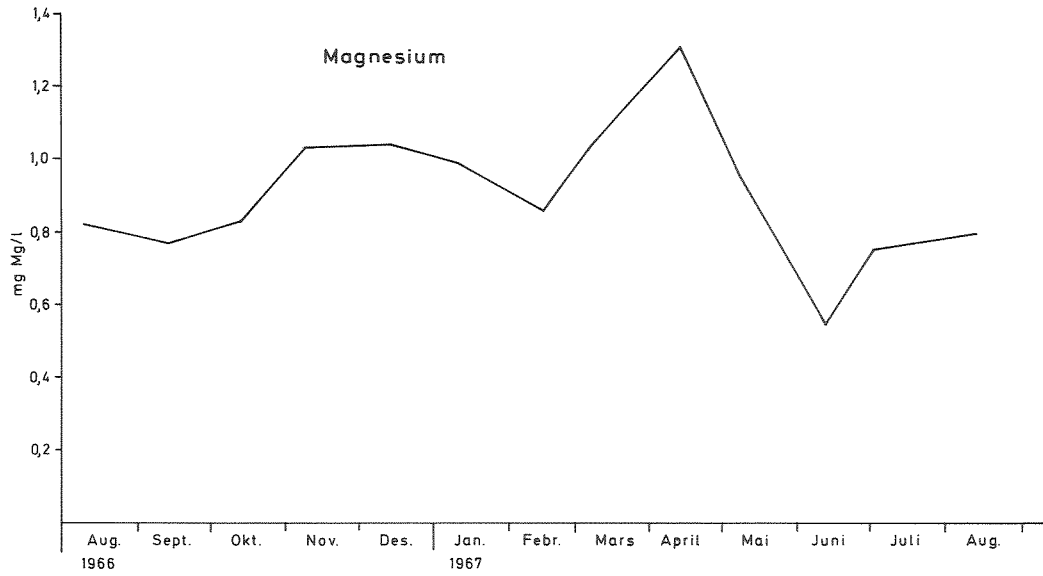


Fig.12
Middelverdi for månedlige observasjoner
Askim v.v., Furuholmen, Sarpsfossen



Tabell 7. Glåma. Observasjoner fra Askim vannverk.

Middelverdi, standardavvik og ekstremalverdier
beregnet månedsvis.

Måned	Surhetsgrad pH				Spes.el.ledn.evne $\mu\text{S}/\text{cm}$				Turbiditet mg SiO_2/l				Farge mg Pt/l			
	n	\bar{x}	s	x_{max} x_{min}	n	\bar{x}	s	x_{max} x_{min}	n	\bar{x}	s	x_{max} x_{min}	n	\bar{x}	s	x_{max} x_{min}
<u>1965</u>																
Juni	8	6,98	0,10	7,1 6,8	8	30,4	1,15	32,5 29,3	8	5,61	1,80	8,6 2,5	8	25,6	2,3	30 23
Juli	9	7,10	0,11	7,3 6,9	9	35,0	2,16	38,2 33,1	9	5,05	2,59	9,7 2,7	9	22,6	5,5	30 13
August	9	7,17	0,12	7,5 7,1	9	35,2	1,74	39,1 33,5	8	6,06	3,22	13,0 3,2	9	29,0	7,6	39 19
September	9	7,13	0,09	7,3 7,0	9	36,9	2,70	42,0 33,1	9	17,40	11,20	38,5 3,0	9	45,9	15,1	65 19
Oktober	8	7,08	0,12	7,3 7,0	8	35,9	1,56	38,5 33,4	8	5,58	3,07	10,6 2,2	8	32,6	2,7	37 29
November	9	7,07	0,12	7,3 7,0	9	38,6	0,94	40,0 37,0	9	2,63	1,59	5,8 0,56	9	25,1	4,9	33 17
Desember	7	7,00	0,08	7,1 6,9	7	41,8	0,80	43,2 40,8	7	1,81	0,74	2,9 0,88	7	16,4	2,0	20 14
<u>1966</u>																
Januar	9	6,93	0,08	7,0 6,8	9	42,7	2,41	46,2 39,0	9	0,87	0,46	2,0 0,56	9	13,0	2,4	16 10
Februar	8	7,01	0,12	7,2 6,8	8	40,3	4,68	46,5 31,2	8	1,02	0,54	2,2 0,56	8	13,7	5,6	27 10
Mars	9	6,85	0,06	7,0 6,8	9	42,2	1,09	43,9 40,8	9	1,35	0,67	3,0 0,63	8	15,9	3,0	23 14
April	7	6,87	0,07	7,0 6,8	7	46,8	2,38	51,0 43,7	6	6,47	7,20	21,0 2,38	6	25,2	11,8	43 14
Mai	9	6,60	0,12	6,9 6,4	9	36,1	9,52	51,0 25,4	8	35,10	17,90	59,0 11,5	9	64,5	15,6	89 41
Juni	8	6,85	0,24	7,1 6,4	8	39,9	2,50	36,6 28,6	7	3,85	1,57	7,0 2,1	7	25,5	12,2	50 1
Juli	8	7,06	0,09	7,2 6,9	8	36,3	1,3	39,0 34,5	8	2,43	0,47	3,4 1,9	9	15,2	3,7	20 10
August	9	7,07	0,08	7,2 6,9	9	35,7	2,3	40,0 32,8	9	2,49	0,72	3,3 1,2	9	25,0	8,3	39 14
September	9	7,10	0,04	7,2 7,0	9	34,7	2,0	37,0 30,9	9	1,49	0,37	2,3 1,1	9	23,3	2,5	27 18
Oktober	9	7,01	0,06	7,1 6,9	9	41,8	9,0	66,8 36,7	9	5,24	4,49	14,4 2,2	9	29,2	6,8	45 20
November	8	6,94	0,04	7,0 6,9	8	38,2	3,2	43,0 32,5	8	15,80	3,53	20,0 8,5	8	53,3	7,6	70 45
Desember	9	6,94	0,07	7,1 6,9	9	41,9	5,9	57,1 36,0	9	11,70	2,09	14,5 8,8	9	48,7	9,7	62 34
<u>1967</u>																
Januar	9	7,00	0,13	7,3 6,8	9	43,0	5,6	53,2 37,5	9	2,57	1,18	4,5 1,4	9	20,7	5,4	30 12
Februar	8	6,98	0,09	7,2 6,8	8	38,8	0,4	40,0 39,5	8	1,75	1,60	6,0 0,92	8	16,0	1,3	18 14
Mars	8	6,98	0,09	7,1 6,9	8	42,2	1,8	45,0 40,1	8	19,80	14,20	45,0 1,3	8	38,7	15,9	59 16
April	8	7,00	0,09	7,1 6,9	8	41,4	1,3	43,8 40,0	8	67,80	28,50	114 19,0	8	112	33,9	160 46
Mai	9	7,00	0,06	7,1 6,9	9	34,2	3,6	39,0 28,2	9	37,10	12,70	64,0 18,5	9	57,6	25,2	110 21
Juni	9	7,02	0,13	7,2 6,8	9	29,6	3,9	35,0 24,7	9	13,50	10,60	32,0 4,5	9	29,0	11,0	47 17
Juli	9	7,10	0,15	7,2 6,7	9	36,5	0,60	38,0 35,0	9	3,31	0,92	5,0 1,9	9	14,8	2,1	19 12
August	8	7,08	0,23	7,3 6,5	8	37,5	2,4	43,2 36,0	8	3,20	1,23	4,3 2,5	8	14,0	2,2	19 12

Ved bearbejdingen av de kjemiske analyseresultatene ble det benyttet en del statistiske parametre for å karakterisere tallmaterialet.

Tabell 8 viser resultater av en statistisk sammenlikning av observasjonene som er gjort ovenfor Sarpsfossen i forhold til tilsvarende observasjoner ved Melløs.

Bare de komponenter som viser en signifikant forskjell for de to avsnitt av elven, er tatt med i tabellen. For turbiditet, bundet og fri ammonium, nitrat og total fosfat tydet resultatene på at det ikke var signifikant forskjell mellom elvestrekningen ovenfor Sarpsfossen og ved Melløs.

Nedenfor Melløs gjør sjøvannsinblandingen tolkning av analyseresultatene komplisert. Noen direkte sammenlikning med resultatene fra vassdraget ovenfor er ikke mulig uten en omregning, hvor det tas hensyn til fortykningseffekten. For å vise størrelsesorden for en del komponenter er det i tabell 9 samlet middelerdier for resultater på 1 m dyp fra de fire stasjoner i Glåmas hovedløp: Sarpsborg mek. verksted, Torp, Fredrikstad bru og Titan Co.

For Vesterelva er tolkningen av analyseresultatene ytterligere kompliserte ved at ferskvannsmengden som passerer dette løp, er relativt liten, men ikke kjent i detalj.

I tabell 10 er det gjort en sammenlikning av middelerdier for stasjonen i Vesterelva og for stasjonen ved Titan Co. Statistisk analyse viser at det bare for totalfosfat er en signifikant forskjell mellom middelerdiene.

Analyseresultatene fra Visterflo er samlet som middelerdier fra forskjellige dyp i figurene 13 og 14.

Undersøkelsen viser at Vestvatn i undersøkelsesperioden har hatt karakter av elv mer enn av innsjø. Analyseresultatene fra Vestvatn er derfor i tabell 11 satt opp som middelerdier fra flere dyp og sammenliknet med middelerdier fra Glåma ovenfor Sarpsfossen fra tilsvarende tidspunkt.

Tabell 8. Sammenlikning mellom observasjoner fra Melløs og fra Glåma ovenfor Sarpsfossen.

Komponent	Stasjon	Ant.obs. n	Middel- verdi \bar{x}	Middel- differanse \bar{d}
pH	Ovenfor Sarpsf.	11	7,08	- 0,16
	Melløs	11	6,92	
Spes. el. ledn.evne 20°C, $\mu\text{S}/\text{cm}$	Ovenfor S.	11	44,0	8,95
	Melløs	11	52,9	
Farge mg Pt/l	Ovenfor S.	12	32,8	7,9
	Melløs	12	40,7	
Dikromat- tall mg O/l	Ovenfor S.	10	12,61	11,27
	Melløs	10	23,89	
Kalsium mg Ca/l	Ovenfor S.	12	4,53	0,475
	Melløs	12	5,01	
Magne- sium mg Mg/l	Ovenfor S.	12	0,934	0,042
	Melløs	12	0,976	
Sulfat mg SO_4 /l	Ovenfor S.	12	6,04	2,94
	Melløs	12	8,98	
Klorid mg Cl/l	Ovenfor S.	12	2,14	0,76
	Melløs	12	2,90	
SSL mg/l	Ovenfor S.	12	1,22	5,6
	Melløs	12	6,80	

Tabell 9. Middelverdier for månedlige analyseresultater fra Sarpsborg mek. verksted, Torp, Fredrikstad bru og Titan Co.

Stasjon Komponent	Sarpsborg mek.verksted	Torp	Fredrikstad bru	Titan Co.
pH	6,9	6,9	7,0	7,2
Spes.el.ledn.evne µS/cm	137	566	1260	6460
Turbiditet mg SiO ₂ /l	14,7	16,0	14,9	16,1
Farge, mg Pt/l	39	40	37	30
Dikromattall, mg O/l	24,0	23,4	23,3	35,9
Klorid, mg Cl/l	27,2	175	313	-
Salinitet, ‰ S	-	-	-	4,5
BFA, µg N/l	328	244	295	248
Nitrat, µg N/l	189	175	158	126
Totalfosfat, µg P/l	30	29	29,6	26
SSL, mg/l	7,1	9,1	8,6	8,1

Tabell 10. Sammenlikning av middelverdier for analyseresultater fra Østerelva og Vesterelva.

Stasjon Komponent	Titan Co. 1 m dyp	Vesterelva 1 m dyp
Salinitet, ‰ S	5,39	5,77
Farge, mg Pt/l	30	31
Totalfosfat, µg P/l	26	42
Nitrat, µg N/l	126	123
BFA, µg N/l	248	271
SSL, mg/l	8,1	7,7
BOF ₅ , mg O/l	2,3	2,3

Fig. 13

Månedlige observasjoner fra Visterflo

Gjennomsnitt fra forskjellige dyp

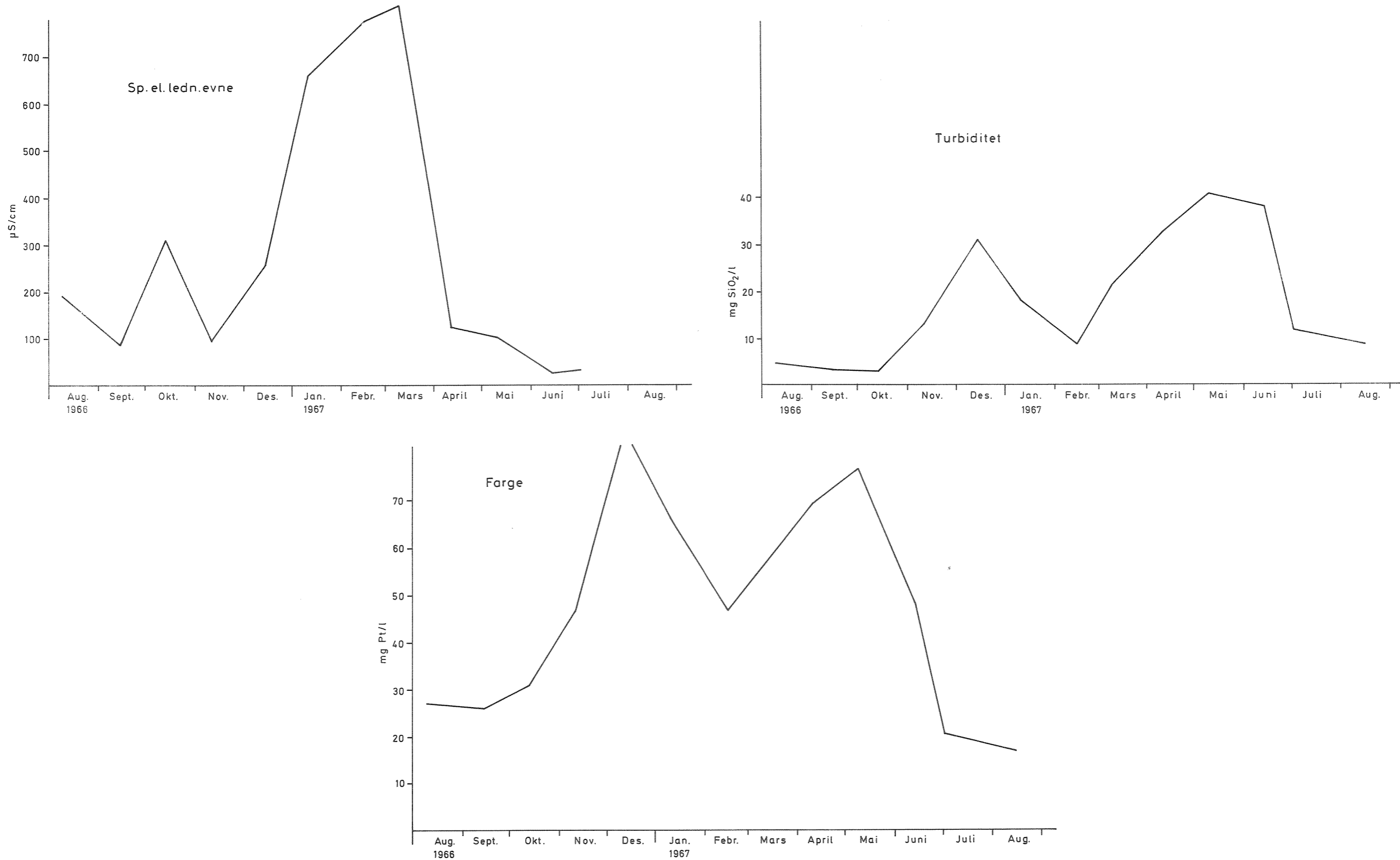
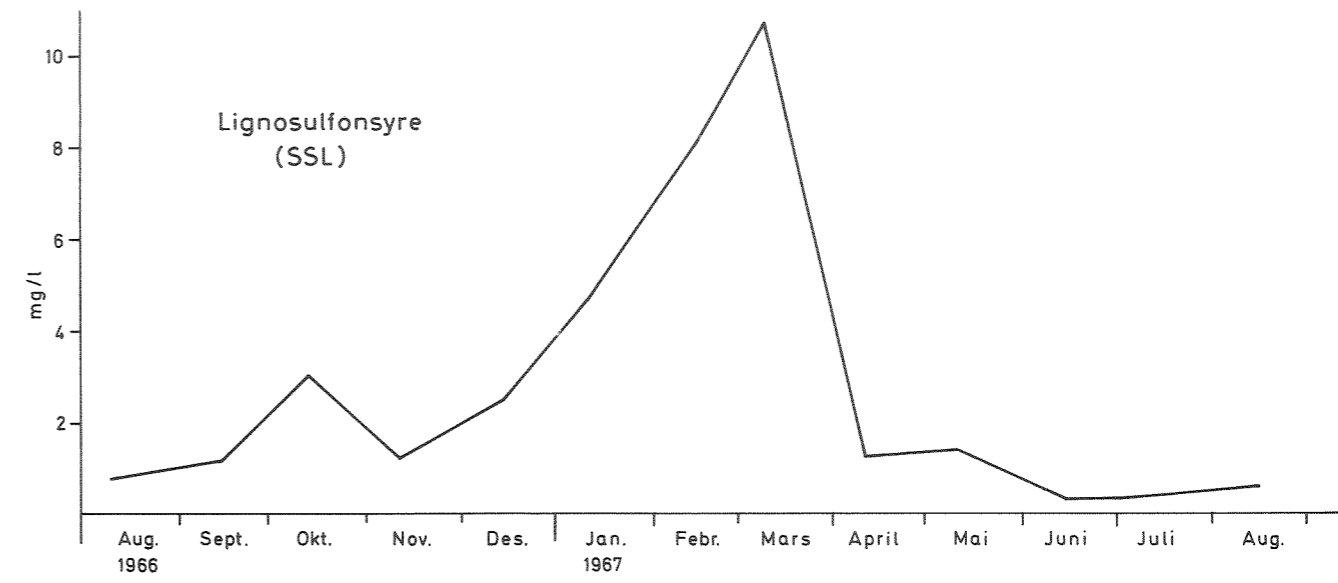
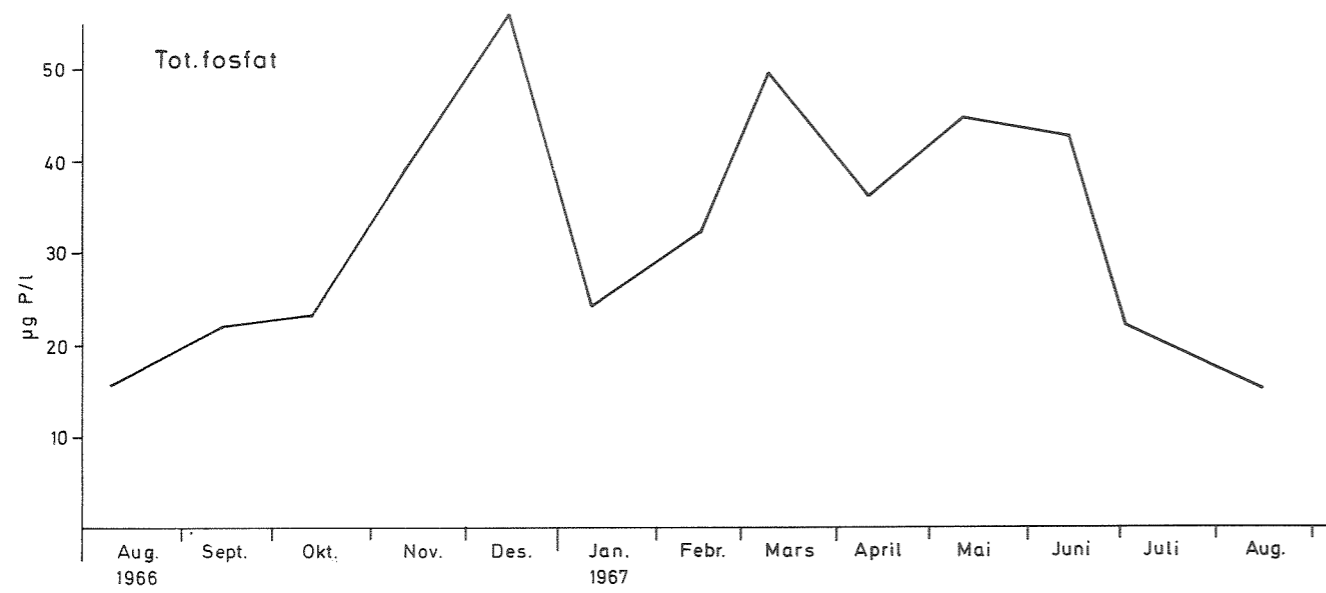
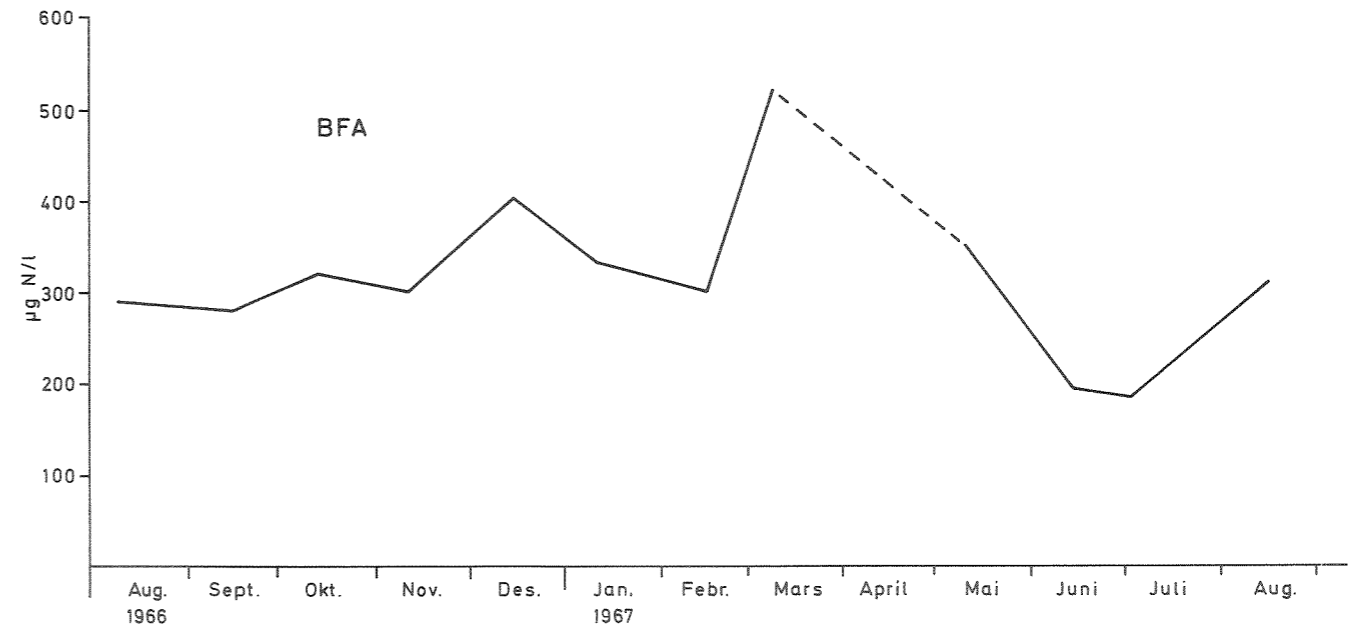
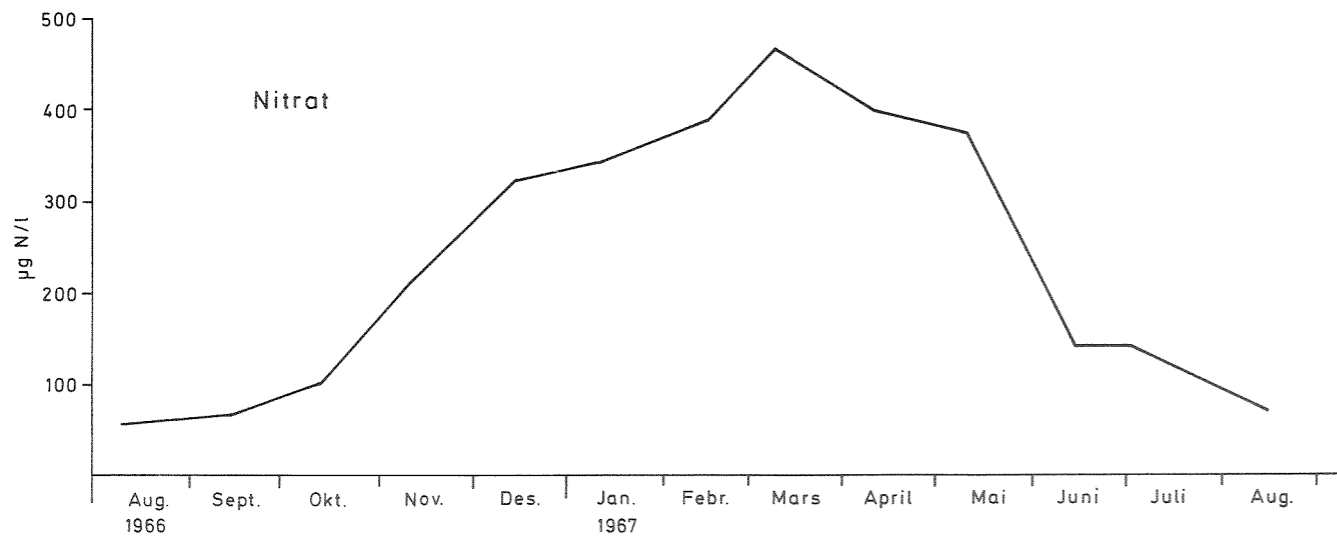


Fig.14
 Månedlige observasjoner fra Visterflo
 Gjennomsnitt fra forskjellige dyp



Tabell 11. Sammenlikning av observasjoner fra Vestvatn og Glåma.
Middelverdier for Vestvatn og for Askim, Furuholmen
og Sarpsfossen.

Komponent	November 1966		Mars 1967		Juni 1967		August 1967	
	Vestvatn	Glåma	Vestvatn	Glåma	Vestvatn	Glåma	Vestvatn	Glåma
pH	7,11	6,86	7,02	7,35	6,90	6,92		
Spes. el. ledn.evne 20 °C, µS/cm	47,3	39,0	49,8	47,9	32,6	28,8		
Turbiditet mg SiO ₂ /l	9,32	12,90	9,09	13,0	15,1	18,8	4,57	5,44
Farge mg Pt/l	40	44	55	31	36	27	14	13
Dikromattall mg O/l	11,6	13,8	9,9	6,5	9,9	11,1	24,4	26,1
Kalsium mg Ca/l	4,38	4,72	4,31	4,52	3,51	3,56	4,98	5,05
Magnesium mg Mg/l	0,98	1,03	1,36	1,04	0,65	0,55	0,87	0,80
Sulfat mg SO ₄ /l	6,36	6,50	7,50	6,70	1,80	3,80	5,80	4,65
Klorid mg Cl/l	2,89	2,37	7,00	1,73	1,84	1,63	2,07	1,53
BFA µg N/l	230	260	280	290	172	200	247	190
Nitrat µg N/l	193	179	373	340	128	161	90	110
Fosfat µg P/l	42	36	23	28	29	28	14	18

4.4 Diskusjon av kjemiske resultater

Bearbeiding av de kjemiske observasjonsdata viser at det ved alle stasjoner er en viss kvalitetsvariasjon gjennom året. Denne årstidsvariasjon synes for de kjemiske komponenters vedkommende å være nær knyttet til vannføringen. Noe forenklet kan det sies at høye vannføringer gir større fortynningsvannmengder, samtidig som det gir øket erosjon i nedbørfeltet. Det er derfor rimelig å vente høyest konsentrasjon av oppløste salter ved lave vannføringer, mens innholdet av suspenderte partikler er høyest i flomperioder. Observasjonene i forbindelse med undersøkelsen bekrefter denne enkle fremstilling av de prosesser som avgjør vannkvaliteten i Glåma. Det kompliserte samspill av prosesser som i virkeligheten bestemmer vannkvaliteten i vassdraget til enhver tid, er det umulig å komme nærmere inn på i denne sammenheng.

Til tross for de observerte årstidsvariasjoner gir middelerverdier for undersøkelsesperioden et godt mål for størrelsesorden av de enkelte komponenter og variasjoner fra stasjon til stasjon. Figurene 15 og 16 viser middelerverdier for månedlige observasjoner fra 1 m dyp for Glåmas hovedløp. Resultatene fra korttidsundersøkelsen er tegnet inn på figurene. I det følgende er de enkelte komponenter kort diskutert.

Den spesifikke elektrolytiske ledningsevne var praktisk talt konstant fra Øyeren til Sarpsfossen. På strekningen fra Sarpsfossen til Melløs økte ledningsevnen merkbart, hvoretter den ned til Sarpsborg mek. verksted økte sterkt som følge av sjøvannspåvirkningen. Nedenfor Sarpsborg mek. verksted ga den spesifikke ledningsevne bare uttrykk for sjøvannsinnblandingen.

Turbiditeten tiltok noe fra Øyeren til Askim vannverk, mens endringen fra Askim til Sarpsfossen var ubetydelig. Nedenfor Sarpsfossen var verdiene mer ujevne, og det var vanskelig å påvise noen tendens, men det syntes å være en svak økning mot utløpet. Under korttidsundersøkelsen var det relativt lave vannføringer, og tilsvarende lave turbiditetsverdier.

Middelerverdiene for farge var tilnærmet konstant fra Øyeren til Sarpsfossen. Videre til Melløs økte verdien noe, antakelig først og fremst

Fig. 15

Middelverdier for månedlige observasjoner fra 1m dyp
Öyeren – TitanCo

Resultater fra korttidundersøkelsen 30. aug. og 1. sept. 1966 markert med x

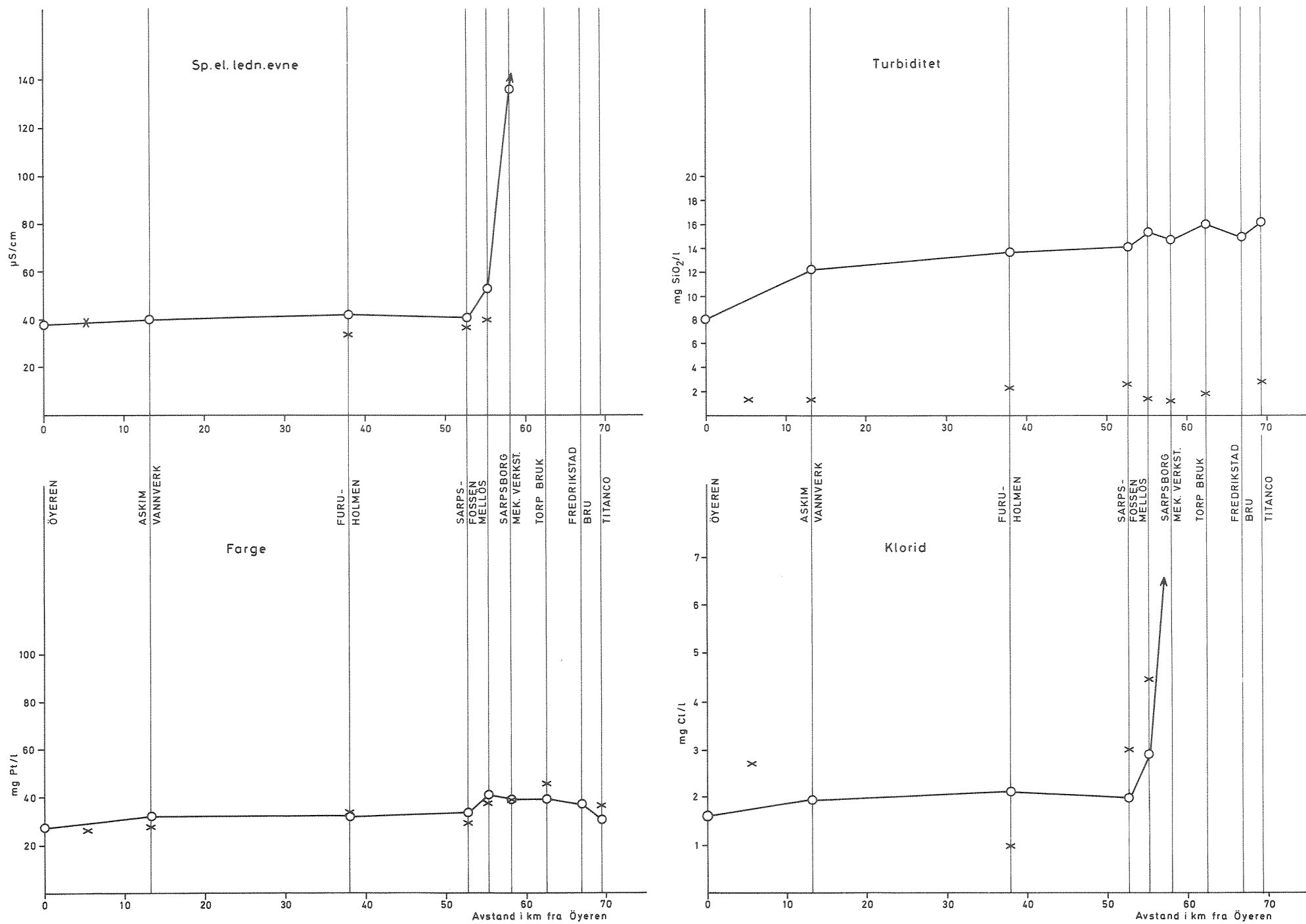
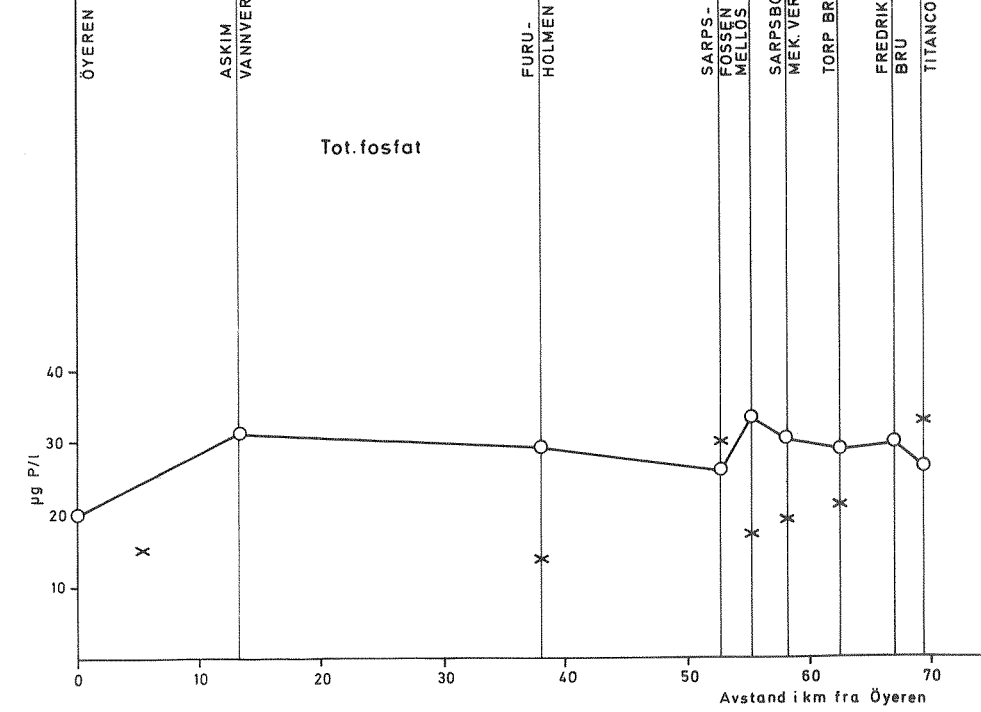
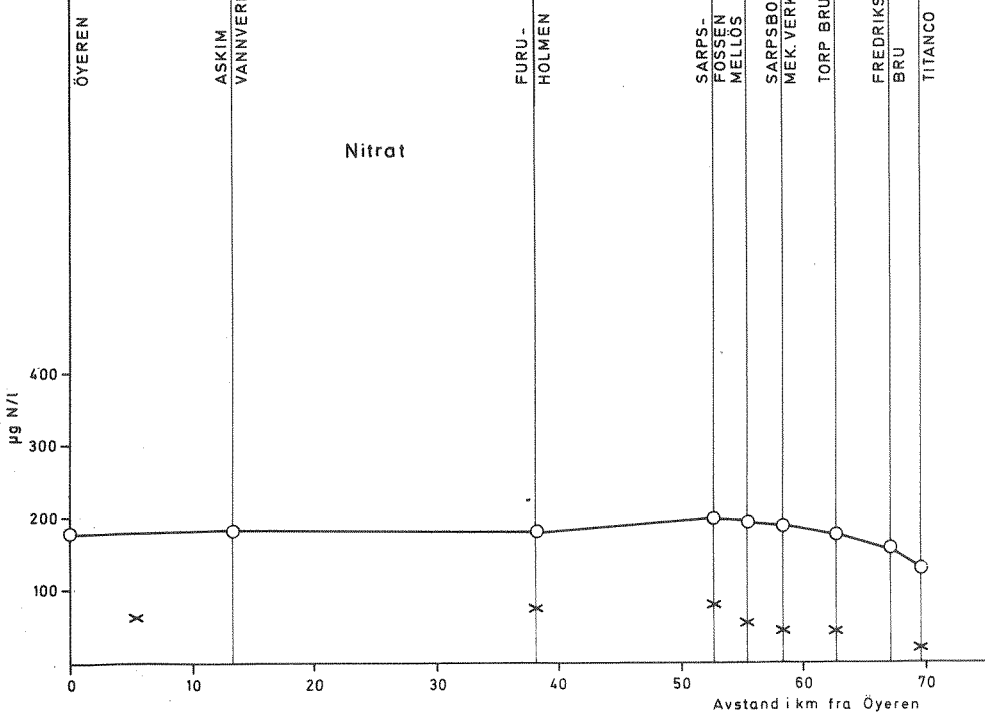
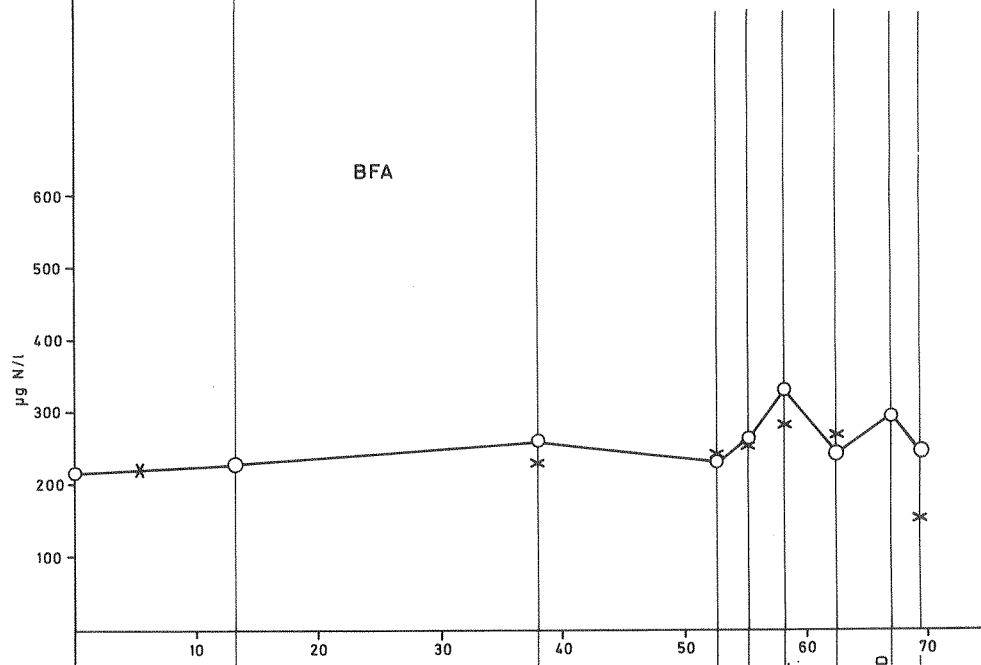
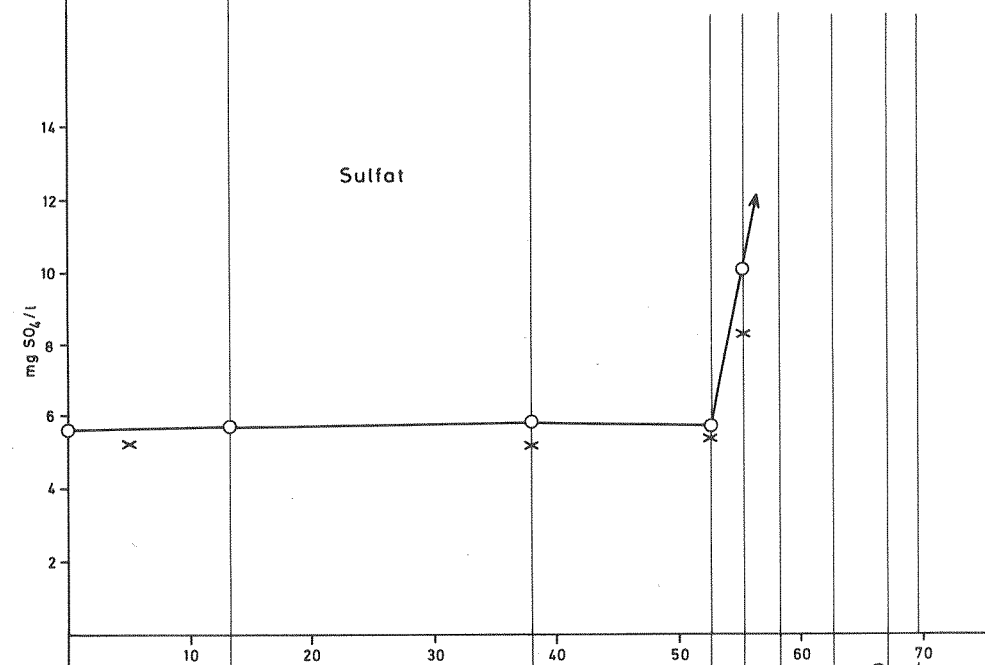
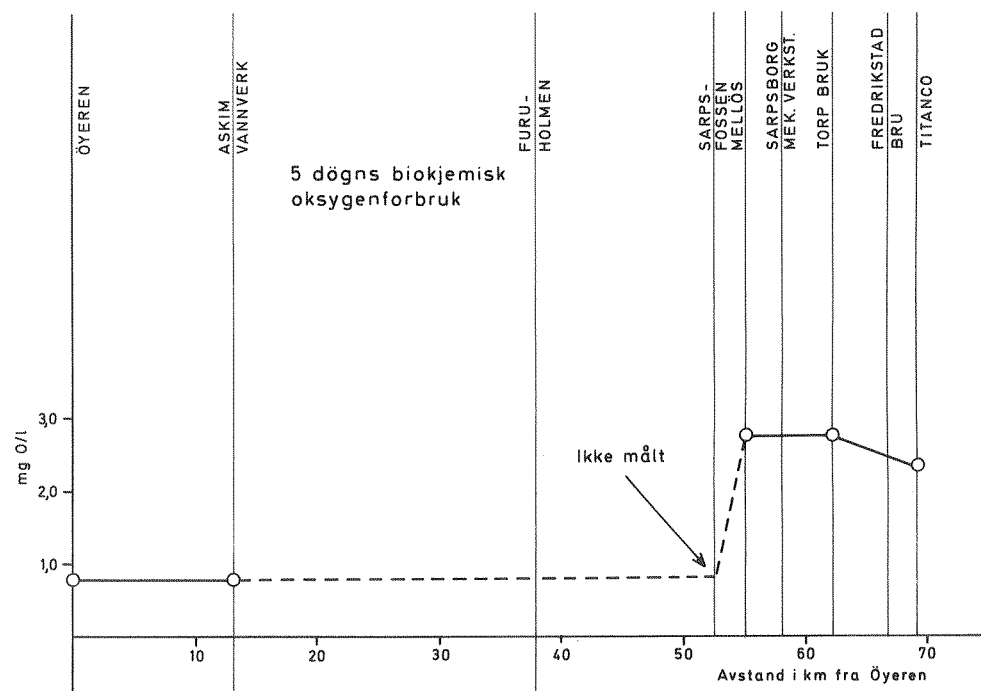
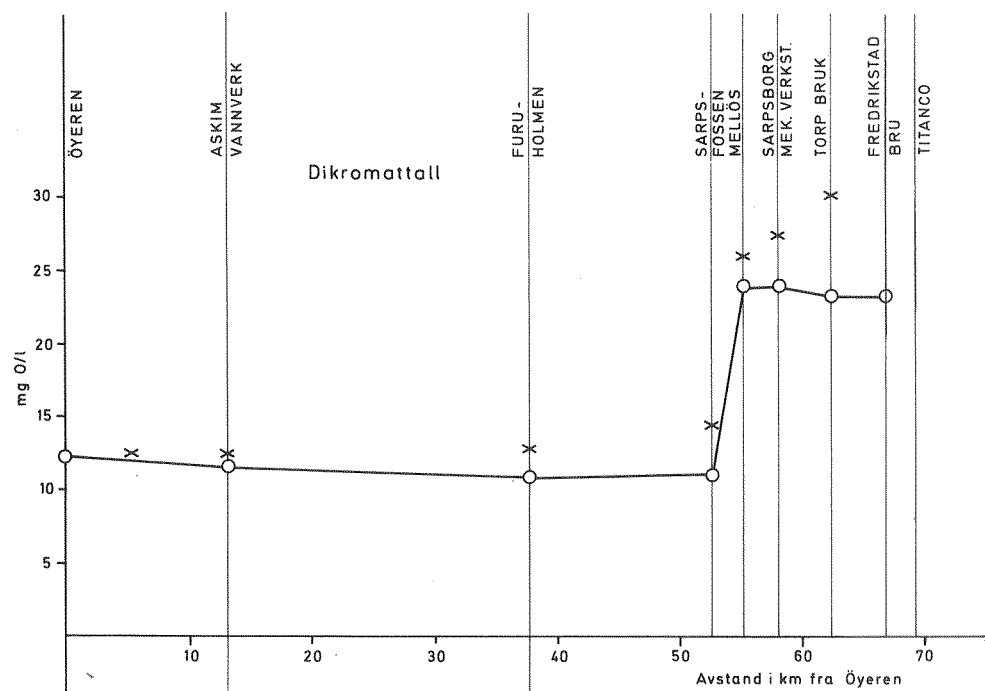


Fig. 16

Middelverdier for månedlige observasjoner fra 1m dyp

Øyeren - TitanCo

Resultater fra korttidundersøkelsen 30.aug. og 1.sept. 1966 markert med x



som følge av industriutslippene, hvoretter fargeværdiene viste en svakt avtakende tendens ut til utløpet i havet. Reduksjonen i fargeværdien i estuarområdet skyldes antakelig fortynningseffekten på grunn av sjøvannsinnblandingen.

Sulfat og klorid viste små endringer på strekningen fra Øyeren til Sarpsfossen. Videre ned til Melløs var det en markert økning, hvoretter sjøvannets innflytelse førte til en meget stor økning i disse komponentene. Både klorid og sulfat finnes i høye konsentrasjoner i sjøvann, og nedenfor Sarpsborg mek. verksted var disse komponenter bare mål for sjøvannsinnblandingen.

Bundet og fri ammonium viste små endringer fra Øyeren til Sarpsfossen. Herfra til Sarpsborg mek. verksted var det tilsynelatende en viss økning i verdien. Videre nedover elven var verdiene sterkt varierende, muligens med en svakt økende tendens.

Også nitratkonsentrasjonen var tilnærmet konstant ned til Sarpsfossen. Videre til Titan Co. var det en jevnt avtakende tendens, som antakelig skyltes fortynning på grunn av sjøvannsinnblandingen - eventuelt sammen med biologiske prosesser. Nitratverdiene som ble målt ved korttidsundersøkelser var lavere enn middelverdiene, men tendensen var den samme.

Det ble påvist en svak økning i totalfosfat-konsentrasjonen fra Øyeren til Askim vannverk, og videre en svakt avtakende tendens til Sarpsfossen. Bortsett fra en noe høyere middelverdi ved Melløs, er det en svakt avtakende tendens i konsentrasjonene videre mot utløpet. Også for denne komponent er det rimelig å anta at det er fortynningen med sjøvann som fører til avtakende konsentrasjoner mot utløpet.

Organisk stoff er analysert både som dikromattall og som biokjemisk oksygenforbruk (BOF_5), og de to analysemetoder synes å stemme godt overens. Nedenfor Melløs kan sjøvannspåvirkningen ha en viss betydning for påliteligheten i dikromattallet, og det er nødvendig å vurdere analyseresultatene ut fra dette.

Fra Øyeren til Sarpsfossen var forandringen i konsentrasjon av organisk stoff liten. Fra Sarpsfossen til Melløs er økningen meget markert både i dikromattall og BOF_5 -verdier, mens konsentrasjonen av organisk stoff praktisk talt er konstant til Torp eller Fredrikstad bru, hvoretter kon-

sentrasjonen avtar noe. Denne avtakende tendensen skyldes antakelig først og fremst fortynningseffekt, mens andre prosesser antakelig spiller liten rolle.

Det store tallmateriale som er skaffet til veie gjennom de kjemiske undersøkelser, har muliggjort en matematisk-statistisk bearbeidelse. Ved eventuelle senere utredninger vil dette grunnlaget ha stor betydning for vurdering av forholdene i relasjon til årstid, vannføring o.l.

5. RESULTATER FRA DEN BAKTERIOLOGISKE UNDERSØKELSE

Vannprøver for bakteriologiske analyser - bestemmelse av kimtall og coliforme bakterier - er samlet inn ved stasjonene for de månedlige vannprøver for kjemiske analyser.

De bakteriologiske undersøkelser viste at vannet i Øyeren og Glåma ovenfor Melløs generelt sett var moderat forurenset med coliforme bakterier. Ved Melløs økte innholdet av coliforme bakterier vesentlig, og ved prøvetakingsstasjonene nedenfor Melløs var innholdet av disse bakterier høyt, slik at elven på denne strekningen må karakteriseres som sterkt forurenset av kloakkvann. Under vårflommen steg innholdet av coliforme bakterier til verdier som må karakteriseres som høye, for hele strekningen fra Øyeren til Glåmas utløp ved Fredrikstad. Dette skyldes både tilførsel av coliforme bakterier i avrenningsvann fra jord og mark, og fra de oversvømte jordbruksområder og tettbebyggelser.

Kimtallsresultatene viste for strekningen Øyeren - Melløs normalt forløp - med høyere innhold av kim om vinteren enn i høstmånedene, og med tydelig økning i kimtall i forbindelse med regnvårsperioder om høsten. Dette er normalt for moderat eller lite forurensete vassdrag. Nedenfor Melløs var innholdet av heterotrofe bakterier vesentlig større, og dette kan skyldes både den økede kloakkvannspåvirkning og industriutslipp av nedbrytbare, organiske stoffer. Under lavlandsflommen i mai måned kom det som ventet en økning i kimtall på strekningen ovenfor Melløs. Snøsmeltningen i fjellområder fører vanligvis til smeltevann med lavt innhold av heterotrofe bakterier og organisk stoff, og det vil derfor virke fortynnende på det øvrige elvevann. Selv om høyfjellsflommen dette år førte til store oversvømmelser, viste den seg i juni måned allikevel å føre til en sterk reduksjon i totalt antall bakterier i elven på hele strekningen fra Øyeren til Glåmas utløp i havet.

Resultatene fra de bakteriologiske analyser for Vestvatn viste samme variasjonsmønster som nevnt for Glåma ovenfor Melløs.

Innholdet av coliforme og andre heterotrofe bakterier (kim) i de øvre vannmasser av Visterflo fulgte stort sett innholdet på elvestrekningen ovenfor Furuholmen, i de perioder da Visterflo må antas å bli tilført betydelige vannmengder gjennom Ågårdselva. I perioder med lavere vannføring lå både antall kim og coliforme bakterier på et høyere nivå enn tilsvarende analyser for elvestrekningen ovenfor Furuholmen, men innholdet av coliforme bakterier lå likevel på et vesentlig lavere nivå enn for strekningen nedenfor Melløs.

6. BIOLOGI

6.1 Bakgrunn

Det er utført flere undersøkelser som har bidratt til kjennskapet av de biologiske forhold i Glåma. Av større undersøkelser ved Norsk institutt for vannforskning kan nevnes:

1. Regional feltundersøkelse av Glåma ved Nordre Øyeren og Romeriksvassdraget 1958 - 1960.
2. Undersøkelse av limnologiske forhold i Øyeren 1961 - 1962.
3. Hydrobiologiske undersøkelser i Glåma ved Elverum 1966.
4. Undersøkelse av Glåma i Østfold 1965 - 1967.
5. Undersøkelse av elvestrekningen Aursunden - Øyeren 1967.
6. Sestonundersøkelse i Glåma 1967 - 1969.

I tillegg til dette er det gjort en rekke observasjoner mer eller mindre regelmessig i vassdraget i sammenheng med oppdragsvirksomhet eller av spesiell forskningsmessig interesse. Ved behandlingen av resultatene som fremkom av undersøkelsen av Glåma i Østfold, vil erfaringene fra de andre arbeidene inngå. I denne diskusjonen er det derfor ikke skarpt skilt mellom hvor resultatene stammer fra. Men det er selvsagt undersøkelsen i 1965 - 1967 som har gitt hovedtilfanget av resultater som er anvendt i denne fremstilling.

6.2 Generelt om de biologiske undersøkelser

Naturforholdene i våre elver er hittil lite studert og langt dårligere beskrevet enn for innsjøenes vedkommende. Undersøkelsene i Glåma har gitt muligheter til å få et bedre grunnlag for å forstå de prosesser av fysisk, kjemisk og biologisk natur som gjør seg gjeldende i strømmende vann.

Det er en vanskelig oppgave å utrede de biologiske forhold i et så stort elvesystem som det her dreier seg om. En vitenskapelig beskrivelse av de aktuelle organismesamfunn ville fordre innsats av en rekke spesialister i botanikk og zoologi, og observasjonene måtte strekke seg over lang tid. Det har vært nødvendig å konsentrere arbeidet om en beskrivelse av resipientens organismeliv som kan benyttes i forurensningsbedømmelsen, innenfor rammen av opplegget som den praktiske problemstilling satte.

Organismene i et vassdrag fordeler seg mellom samfunn knyttet til et underlag (benthos) og samfunn som lever i de frie vannmasser (plankton og nekton). Det vil imidlertid stadig være et bidrag fra de benthiske samfunn til en drift av organismer og organismefragmenter med det strømmende vann. Etter den innsamlingsmetode som brukes ved undersøkelser av partikkel-driften, er det hensiktsmessig å betegne denne komponent for seston - det som lar seg filtrere fra vannet.

Seston vil gjerne bestå av tre hovedbestanddeler: 1) Partikler som kommer fra omgivelsene til vassdraget, av terrestrisk opprinnelse eller nedfall fra atmosfæren, og som kan være av stor mengdemessig betydning. 2) Partikler, levende eller døde, som løsriveres fra bunn og begroinger, er vanligvis alltid til stede i vannmassene. 3) Plankton, **organismer som kan** leve sitt liv i vannmassene og opprettholde en bestand gjennom vekst der. Et elveplankton vil bare utvikles i lange vassdrag som gir mulighet for en tilstrekkelig oppholdstid til at frittlevende organismer kan utvikle seg under slike betingelser.

Benthiske samfunn vil være bundet til et bestemt område av vassdraget. Organismene knyttet til disse samfunn, lever omgitt av strømmende vannmasser som varierer i kjemiske og fysiske egenskaper omkring et gjennomsnitt som er karakteristisk for det aktuelle sted i vassdraget. Vassdragets

benthos vil være satt sammen av primærprodusenter, konsumenter og destruerer. Det vil være varierende i artssammensetning både kvalitativt og kvantitativt, avhengig av miljøforholdene på de ulike avsnitt i vassdraget. Den mengdemessige utvikling av autotrofe og heterotrofe organismer i de benthiske samfunn benyttes ved en vurdering av vannmassenes belastning med organisk stoff. Ved siden av dette er den kvalitative sammensetning av samfunnet viktig ved den biologiske bedømmelse av vassdragstilstander.

6.3 De biologiske undersøkelsesresultater

Resultatene av de biologiske undersøkelsene i Glåma er behandlet i tre deler:

1. Vegetasjonen i plankton og begroinger av vassdraget.
2. Forekomsten av høyere planter.
3. De fiskeribiologiske forhold.

Resultatene som er fremkommet, er stilt sammen i Delrapport 3: "Biologiske forhold." Det blir der gitt en mer utførlig behandling av Glåmas biologi. For å konkretisere de observerte forhold for denne sammenfattende rapport, er det laget enkelte utdrag av resultater som viser organismelivet som er fremtredende på vassdragsstrekningen.

I tabell 12 er viktige arter i planktonsamfunnet i Glåma listet.

Tabell 13 omfatter alger og mikroorganismer som inngår i begroingene av bunn og bredder (benthiske samfunn). Arter i den høyere vegetasjon er ført opp i tabell 14. Vassdragets fiskebestand er satt sammen av arter som er listet i tabell 15.

6.4 Sammendrag og diskusjon av de biologiske undersøkelsesresultater

6.4.1 Vegetasjon i plankton og begroinger

De undersøkelser som er utført av vassdraget Mjøsa - Vormå - Øyeren og Glåma ned til estuaret ved Fredrikstad, har vist at det i biologisk betydning utgjør et sammenhengende system. Organismesamfunnene i de strømmende vannmasser får sin utforming i Mjøsa og utvikles på de mer eller mindre stilleflytende partier i vassdraget. Øyeren gir vannmassene en oppholdstid på bortimot en måned, og planktonet får et lokalt innslag med arter. Men helt ut i sjøområdet mellom Østfoldlandet og Hvalerøygruppen er det Mjøsas og Øyerens algearter som preger det levende i vannet.

Tabell 12 Fremtredende bestanddeler i sestonprøver fra nedre Glåma
(Øyeren - Fredrikstad) i tiden mai 1965 - desember 1966

Seston	Lokaliteter				
	Øyeren 29/6-19/10 1965	Solbergfoss 2/2-7/12 1966	Askim vannverk 25/5-19/10 1965	Sarpsborg vannverk 25/5 1965-27/10 1966	Ringeverven 25/5 1965-6/12 1966
BACTERIA					
Sphaerotilus natans Kütz.		(+)			3-4
CYANOPHYCEAE					
Anabaena cf. flos-aquae (Lyngb.) breb.	+	+	+	+	+
Diverse blågrønnalger	+	+	+	+	+
CHLOROPHYCEAE					
Cf. Gloeocystis Nägeli sp.	+	+	+	3	+
Diverse planktoniske grønnalger	+	3	+	+	+
BACILLARIOPHYCEAE					
Asterionella formosa Hass.	+	3	+	3	+
Diatoma D.C. spp.	3	3	3-4	3	+
Fragilaria crotonensis Kittor	+	+	+	+	+
Melosira Ag. spp.	+	+	+	+	+
Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.	3-4	3-4	3	3-4	3
Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz.	+	+	+	+	+
CHRYSOPHYCEAE					
Dinobryon Ehr. spp.	3	3	+	+	+
ZOOPLANKTON					
Diverse rotatorier	+	+	+	+	+
VARIA					
Fiber					3-4
Marine organismer					+

Tabell 13 Fremtredende arter i benthossamfunnene i nedre Glåma
(Øyeren - Fredrikstad) i perioden mai 1965 - august 1966

Lokaliteter Begroingsorganismer	Øyeren 28/7 1965-25/8 1966	Solbergfoss 29/6 1965-22/6 1966	Askim vannverk 1/7 1965-25/8 1966	Furuholmen 5/7 1965-25/8 1966	Sarpsborg vannverk 25/5 1965-22/6 1966	Sandesund 7/7 1965-22/6 1966	Ringeverven 7/7 1965-22/6 1966
BACTERIA							
<i>Sphaerotilus natans</i> Kütz.						4-5	4-5
CYANOPHYCEAE							
Lyngbya Ag. sp.		+			3		
<i>Oscillatoria</i> Vaucher spp.	+	4	+	+	+		+
CHLOROPHYCEAE							
<i>Mougeotia</i> Ag. spp.			3	+			
<i>Oedogonium</i> Link spp.			+	+			
<i>Spirogyra</i> Link spp.	+		3-4	3-4	+	+	
<i>Ulothrix</i> Kütz.spp.	+	+	3	+	3-4	+	+
<i>Zygnema</i> Ag. spp.	3						
BACILLARIOPHYCEAE							
<i>Achnanthes</i> Bory sp.	+		+	3	+		
<i>Ceratoneis arcus</i> Kütz .	+	+	3	+	+	+	+
<i>Diatoma</i> D.C. spp.	+	+	4	3	+	+	+
<i>Didymosphenia geminata</i> (Lyngb.) M. Schmidt	+		+	4-5	3-4		+
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz.	+	+	3	+	+	+	+
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kütz.	+	+	3	+	+	+	+
Div. pennate diatomer	3	3	4	3	3	+	+
CHRYSTOPHYCEAE							
<i>Hydrurus foetidus</i> (Vill.) Trev.		+	+	+	+		

Tabell 14 Viktige arter i Glåmas høyere vegetasjon

Art	Øyeren Sarpsborg	Sarpsborg - brakkvanns- område	Brakkvanns- område
<i>Isoetes echinospora</i> Dur.	2		
<i>Sparganium angustifolium</i> Michx.	4	1	
<i>Sparganium ramosum</i> Huds.		1	1
<i>Sparganium simplex</i> Huds.	1	1	
<i>Potamogeton gramineus</i> L.	2		
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	4		
<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	3	1	
<i>Phragmites communis</i> Trin.		1	4
<i>Phalaris arundinacea</i> L.	3	3	1
<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) PB.	3	2	
<i>Scirpus tabernaemontanii</i> C.C.Gmel.			4
<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) R. Br.	4		
<i>Eleocharis palustris</i> R. Br. coll.	3	3	
<i>Eleocharis uniglumis</i> Schultes	1	1	3
<i>Carex acuta</i> L.	4	3	
<i>Carex aquatilis</i> Wahlenb.	3		
<i>Acorus calamus</i> L.	2	2	
<i>Juncus filiformis</i> L.	3	2	
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.			2
<i>Ranunculus peltatus</i> Schrank	3		
<i>Ranunculus reptans</i> L.	4		
<i>Subularia aquatica</i> L.	3		
<i>Crassula aquatica</i> (L.) Schönl.	3		
<i>Callitriche</i> L. spp.	4		
<i>Elatine hydropiper</i> L.	3		
<i>Elatine triandra</i> Schkur	2		
<i>Peplis portula</i> L.	1		

Forts.

Tabell 14. Forts.

Art	Øyeren Sarpsborg	Sarpsborg brakkvanns- område	Brakkvanns- område
Myriophyllum alterniflorum L.	4		2
Myriophyllum verticillatum L.			
Cicuta virosa L.	2	2	
Limosella aquatica L.	3		
Bidens tripartita L.	2	3	

Frekvens angitt etter subjektiv skala:

- 4 Meget vanlig
- 3 Vanlig
- 2 Forekommer spredt
- 1 Få enkeltfunn

Tabell 15. Fisk, rundmunner og kreps i Glåma nedenfor Øyeren.

Arter		Forekomst
<u>Fisk</u>		
Laks	<i>Salmo salar</i> L.	forekommer
Aure	<i>Salmo trutta</i> L.	vanlig
Sik	<i>Coregonus lavaretus</i> L.	forekommer
Lagesild	<i>Coregonus albula</i> L.	"
Harr	<i>Thymallus thymallus</i> L.	vanlig
Krøkle (nors)	<i>Osmerus eperlanus</i> L.	"
Gjedde	<i>Esox lucius</i> L.	meget vanlig
Karuss	<i>Carassius carassius</i> L.	forekommer
Ørekyt	<i>Phoxinus phoxinus</i> L.	vanlig
Gullbust (haslong)	<i>Leuciscus leuciscus</i> L.	meget vanlig
Vederbuk (årbuk, raufjøring)	<i>Leuciscus idus</i> L.	" "
Stam (stamme)	<i>Leuciscus cephalus</i> L.	vanlig
Sørv	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> L.	
Mort	<i>Rutilus rutilus</i> L.	meget vanlig
Flire	<i>Blicca bjoerkna</i> L.	vanlig
Brasme	<i>Abramis brama</i> L.	meget vanlig
Laue (løye)	<i>Alburnus alburnus</i> L.	" "
Asp	<i>Aspius aspius</i> L.	forekommer
Ål	<i>Anguilla anguilla</i> L.	meget vanlig
Lake	<i>Lota lota</i> L.	" "
Abbor	<i>Perca fluviatilis</i> L.	" "
Gjørs	<i>Lucioperca lucioperca</i> L.	vanlig
Hork (gørgjøs, ruskle)	<i>Acerina cernua</i> L.	meget vanlig
Steinulke	<i>Cottus poecilopus</i> Heckel	" "
Trepigget stingsild	<i>Gasterosteus aculeatus</i> L.	-
Nipigget "	<i>Pungitius pungitius</i> L.	-
Skrubbeflyndre	<i>Platichthys flesus</i> L.	forekommer
<u>Rundmunner</u>		
Havniøye	<i>Petromyzon marinus</i> L.	-
Elveniøye	<i>Lampetra fluviatilis</i> L.	meget vanlig
<u>Kreps</u>		
Flodkreps	<i>Potamobius astacus</i> L.	vanlig

Sommeren og høsten 1965 ble det i Øyeren funnet en ensartet benthosvegetasjon, som var dominert av et par arter av trådformede grønnalger. Juni - august 1966 var algesamfunnet derimot preget av *Oscillatoria* sp. med et innslag av pennate diatoméer.

På stasjonen ved Solbergfoss dominerte store matter av *Oscillatoria* både i 1965 og 1966. I tillegg var det en del pennate diatoméer og trådformede grønnalger.

Ved Askim vannverk ble det begge år registrert en både kvalitativt og kvantitativt rikere utviklet algeflora enn på de ovennevnte lokaliteter. Pennate diatoméer, deriblant *Didymosphenia geminata*, var mest fremtredende, men det var også et varierende utvalg av trådformede grønnalger til stede. I 1966 ble det ved en anledning funnet en større forekomst av *Hydrurus foetidus*.

Begroingen ved Furuholmen var av samme karakter som på stasjonen ovenfor, men med noe mer utpreget dominans av pennate diatoméer, spesielt *Didymosphenia geminata*. Denne tendensen var tydeligst i 1966, da grønnalgene var sparsomt representert.

Sammenliknet med Askim vannverk og Furuholmen, var vegetasjonen mengdemessig mindre ved Sarpsborg vannverk, men forøvrig var det stort sett de samme organismer som utgjorde hovedinnslaget. Bortsett fra sommeren og tidlig på høsten 1965, da grønnalgen *Ulothrix zonata* var vanlig, dannet *Didymosphenia geminata* det mest bestandige element i begroingsamfunnet.

På lokalitetene ved Sandesund og Ringeverven var trådbakterien *Sphaerotilus natans* fremtredende ved samtlige prøveinnsamlinger. Til dels var arten enerådende, men ved Sandesund ble det også registrert relativt store mengder av et par blågrønnalger, særlig *Lyngbya* sp. På begge steder var det mer sporadisk opptreden av varierende mengder trådformede grønnalger og pennate diatoméer.

For benthosvegetasjonens vedkommende kan man konkludere med at ned til stasjonen ved Sarpsborg vannverk bar begroingen preg av autotrofe organismer. Selv om det er registrert ulikheter i samfunnenes sammensetning og kvantitative utvikling, blir forskjellen mellom stasjonene først

markert når man tar med i vurderingen de to nederste lokalitetene, der innslaget av heterotrofe elementer (først og fremst *Sphaerotilus natans*) var dominerende.

Av organismer i sestonmaterialet var diatoméene jevnlig mest fremtredende i prøvene fra alle stasjoner, og hyppigst forekom representanter for slektene *Asterionella*, *Diatoma* og *Tabellaria*. Bortsett fra isolerte tilfeller med større mengder av *Gloeocystis* sp. og *Anabaena flos aquae* (Øyeren 1965), spilte grønnalger og blågrønnalger en kvantitativt sett beskjedne rolle. Blant Chrysophycéene kunne diverse arter av *Dinobryon* ha en viss mengdemessig betydning. Denne syntes imidlertid å avta nedover i vassdraget. Sammenfattende kan man for sestonet si at det var liten variasjon mellom prøvestedene, med unntak for Ringeverven, der driften av fibermateriale og løsrevet *Sphaerotilus natans* var markert, ved siden av at innslaget av marine organismer var tydelig.

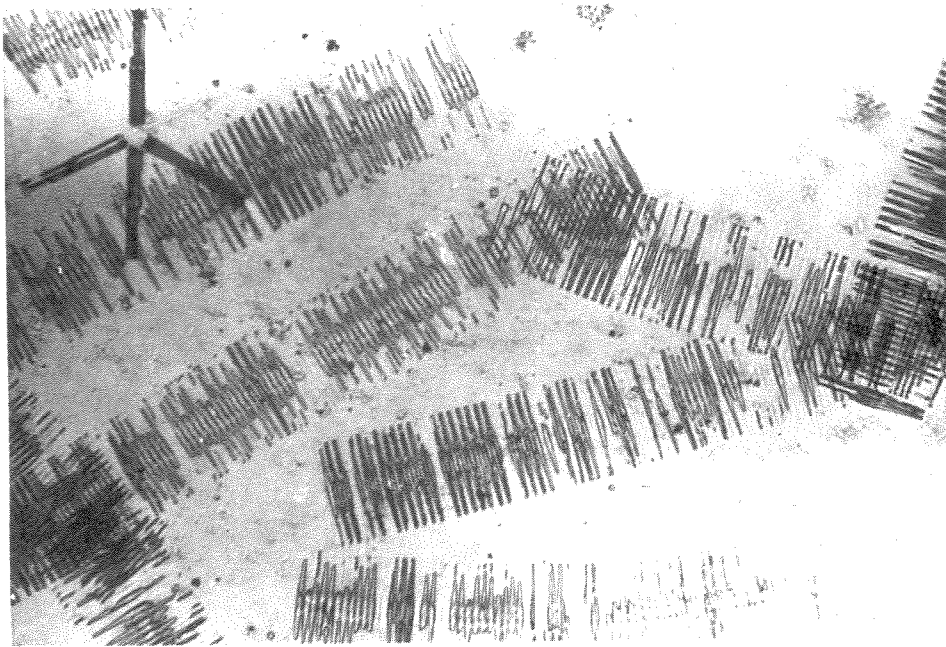
Planktonforholdene i vassdraget har vært fulgt med observasjoner siden 1958. Diatoméer har hatt en mengdemessig stor betydning i planktonsamfunnene. Viktige arter omfatter *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, *Tabellaria fenestrata* og *Rhizosolenia longiseta*. Planktonalgene viser typiske sesongmessige perioder for sin vekst og utvikling. Fra undersøkelsen i 1967 (se tabell 16) viste det seg f.eks. at *Asterionella formosa* hadde størst populasjon i juli - august, *Fragilaria crotonensis* kulminerte i august - september, mens *Tabellaria fenestrata* hadde størst forekomst mot slutten av september. I figur 17 er kiselalgen *Fragilaria crotonensis* vist. Denne algen har stor forekomst i Glåmas vannmasser.

Sommeren 1969 kom det for første gang til utvikling en masseforekomst med blågrønnalger i et omfang som tiltrakk seg betydelig oppmerksomhet. Algen som dannet disse store populasjoner, var *Anabaena flos-aquae*. Vannet ble farget grønnaktig, og det var utpreget jordaktig lukt og smak av vannet med algene.

Ser vi tilbake på resultatene av undersøkelser fra 1958 til i dag, er det diatoméer som har hatt den mengdemessig største forekomst i planktonet i Øyeren. Til dels er det store populasjoner som har utviklet seg. Blågrønnalgen *Anabaena flos-aquae* har vært til stede i planktonet hele tiden. Sommeren 1965 var det en begrenset oppblomstring, men masseforekomst,

Tabell 16 Kvantitativt viktige arter i seston
Glåma ved Solbergfoss, 11/5 - 13/11 1967

Organismer Dato	Asterionella formosa Hass.	Fragilaria crotonensis Kitton	Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.
11/5			1
18/5	+		1
25/5	1		1
1/6	+		+
8/6	1		
15/6	2-3		1
22/6	3-4		1-2
29/6	3-4		2
7/7	4	1	1-2
13/7	4	1	1-2
19/7	3	1	2
28/7	3-4	1	1-2
2/8	3-4	2	2
10/8	4	3-4	2
17/8	3	4	2
24/8	3	5	2-3
30/8	3	4-5	2
8/9	3-4	3	3
12/9	3	4	4
19/9	3	2	4
27/9	2-3	2	(3)4
4/10	2	2	3
9/10	2	2-3	3
20/10	1	1	2
28/10		+	+
13/11			1



Figur 17. Planktonforholdene i Glåmavassdraget.
Masseforekomst av kiselalgen *Fragilaria*
crotonensis ved Solbergfoss, innsamlet
24. august 1967.

eller vannblomst, av denne arten, ble ikke observert før sommeren 1969. Sammen med andre indikasjoner, slike som den kvalitative sammensetning av plankton og observasjoner av tiltakende begroing langs strendene av Øyeren og nedover vassdraget, peker dette på at den eutrofierende påvirkning av vannmassene er påtakelig.

På strekningen av Glåma etter samløpet med Vorma og ned til Øyeren er det i hovedtrekkene Vormas naturforhold som preger elven. Dette gjenspeiler seg i resultater fra undersøkelser både av benthos og seston. Det er påvist en drift i vannmassene av organismer av heterotrof natur. Dette skyldes forurensningsbelastning av vassdraget med organisk stoff. Noen opplysninger fra observasjoner utført i dette vassdragsavsnitt i 1967, medtas her.

Stasjonen i Vorma ved Svanfoss hadde en artsrik og frodig vegetasjon. Heterotrofe arter som *Sphaerotilus natans*, *Cladothrix dichotoma* og *Leptomitius lacteus* inngikk i samfunnet med stor biomasse. Vannmassene hadde en betydelig drift av fiber, *Sphaerotilus natans* og planktoniske alger fra Mjøsa. De biologiske forhold indikerte en utpreget organisk forurensning av Vorma på denne lokalitet. Industrielt avløpsvann sammen med husholdningskloakk gir årsak til denne forurensningsbelastning som vesentlig fører til en saprobiering av vassdraget.

Også nedstrøms samløpet mellom Vorma og Glåma var forurensningsvirkningene markerte. Autotrofe arter dominerte vegetasjonen med arter av grønnalger og diatoméer, men *Leptomitius lacteus* og *Sphaerotilus natans* var også vanlige i begroingene. I sestonmaterialet ble det funnet de karakteristiske organismer såvel fra Glåma som Vorma. Mengdemessig dominerte Vormas andel til sestonet. Fibertransporten med vannmassene var betydelig.

De erfaringene som er gjort etter undersøkelser av plankton i Øyeren, indikerer at transporten av heterotrofe organismer i elvevannet oppstrøms innsjøen bare i liten utstrekning når ned til Øyerens sørlige vannområder. Øyeren representerer et sedimenteringsbasseng for denne andel av sestonet. Når det i vannmassene på elvestrekningen Solbergfoss - Sarpsborg likevel er påvist drift av bakterier, sopp og protozoer, er dette mest sannsynlig et resultat av lokale forurensningssituasjoner. I vannmassene ved Kykkelsrud er det f.eks. gjort slike observasjoner. Likedan kan det nevnes at slamdannelse i kjølevannsfiltre for maskinene i fellesanlegget Kykkelsrud -

Fossumfoss kunne tilskrives heterotrof begroing (*Sphaerotilus natans*, *Crenothrix polyspora*).

På elvestrekningen Sarpsborg til utløpet blir innhold av fiber og driften av heterotrofe organismer det dominerende innslag i vannmassenes seston. Den overbelastning av vannmassene med organisk stoff som her finner sted, kommer tydelig til uttrykk i organismelivet i de frie vannmasser.

6.4.2 Forekomst av høyere planter

Glåma har i de største deler av undersøkelsesområdet en høyere vegetasjon som indikerer relativt lite påvirkede miljøforhold. Vegetasjonen er preget av det spesielle økologiske miljø i elven. Dette miljøet kan karakteriseres ved stikkordene lav strømhastighet, slake strender med leirete elvebanker, beiting av strendene og en meget variabel vannstand. De kompliserte økologiske forhold gjenspeiles i en mosaikkartet vegetasjon der artene inngår i mer eller mindre vel definerte soner langs strendene.

Det er vanlig å finne de tilsvarende vegetasjonstyper i andre elver (og innsjøer) med liknende miljøforhold som i Glåma. Vegetasjonen er stort sett lavvokst og har relativt liten produktivitet. Dette vegetasjonsbildet preger Glåma helt ned mot Sarpsborg. Unntaksvis finnes det en kvantitativt rikere vegetasjon, og da som regel i samband med sideelver belastet med plantenæringsstoffer. Det er likevel stort sett de samme arter som inngår i vegetasjonen, og vegetasjonsbildet endres i helhet lite. Et eksempel på vegetasjonssoneringen i Glåma er vist på figur 18.

Ved utløpet av enkelte sterkt forurensede bekker mangler oftest høyere vegetasjon helt. Dette kan delvis føres tilbake på sedimentenes karakter omkring slike utløp, de er gjerne svært løse og ustabile. Noe kan nok også skyldes mer direkte virkninger fra forurensningene, uten at en kan si årsaken sikkert. Rundt omkring de forurensede utløpene er det typisk en rik vegetasjon med ugress som vanligvis regnes for nitrat/fosfat-indikatorer (*Urtica dioica*, *Chamaenerion angustifolium*, *Rubus idaeus* med flere).

Langs selve hovedvassdraget er gjødslingsvirkninger på den høyere vegetasjonen vanskelig å spore. Lokalt kan en ha til dels utstrakte kolonier med *Potamogeton*-arter, *Myriophyllum alterniflorum*, *Sparganium*-arter etc., men det synes vanskelig å sette disse direkte i samband med aktuelle

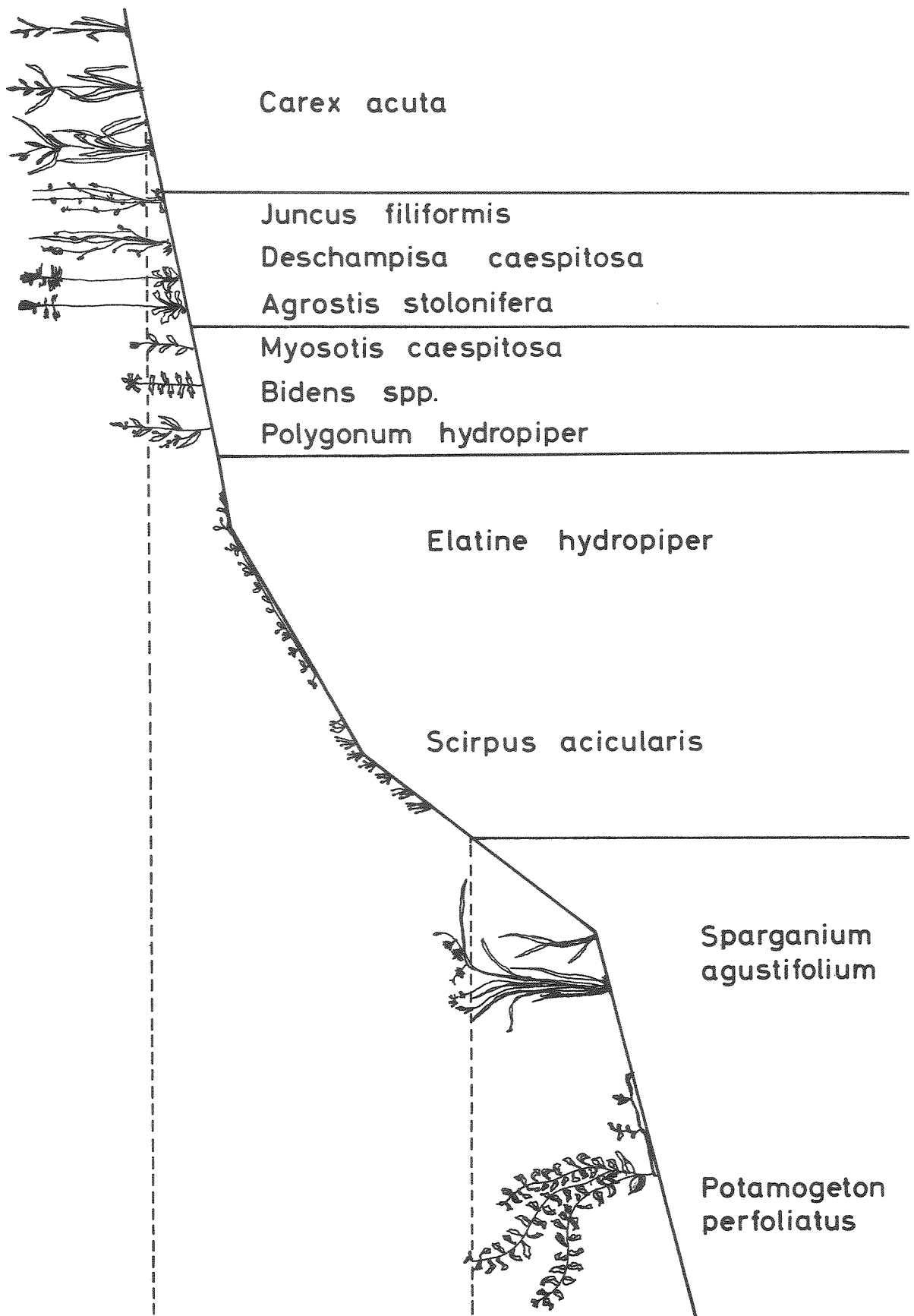


Fig.18 Vegetasjonsbelter i Glåmas övre del, skjematisk.

forurensingssituasjoner. Generelt er slike kolonier å betrakte som en utpreget pionervegetasjon og har en labil forekomst som bl.a. er erosjonsbetinget. Derimot synes det mer rimelig å knytte det påfallende fravær av submers vegetasjon i de nedre deler fra Sarpsborg til en sivilisatorisk belastning. I denne belastning må en inkludere båttrafikk, som er kjent for å kunne endre vegetasjonsforhold i vassdrag. Vegetasjons-"slitasje" på grunn av båttrafikk er likevel ikke nok til å forklare fraværet av isoetidevegetasjon på denne elvestrekning. Det er også påfallende at enkelte arter i den submers vegetasjon kommer tilbake i estuarområdet etter Fredrikstad, og da først i Vesterelv-området. Liknende forhold kjennes også fra Nitelva på Romerike, der samtlige rent submers arter forsvinner ved Lillestrøm og først opptrer igjen ute i Svелlet.

Vegetasjonsbildet i Glåmas sideløp (Ågårdselva - Skinnerflo - Visterflo) er meget forskjellig fra det vi kjenner i Glåma. Vi har her vegetasjonstyper med meget høyere produksjon og en rekke arter som indikerer et mer eutrofiert miljø. *Carex* - *Juncus*-vegetasjonen forsvinner, og erstattes av frodige *Glyceria maxima* - *Phragmites*-belter. Den submers vegetasjonen kan være svært rik, både artsmessig og i kvantitativ henseende. Store bevoksninger med næringskrevende arter som *Ceratophyllum demersum* og *Myriophyllum verticillatum* danner en slående kontrast til vegetasjonsforholdene i Glåma. En rekke steder i dette området skjer igjengroing i til dels betydelig grad. Området bærer preg av gunstigere miljøforhold for høyere vegetasjon, kombinert med en ikke ubetydelig tilførsel av plantenæringsstoffer.

6.4.3 De fiskeribiologiske forhold

Glåma i Østfold har en stor bestand av ferskvannsfisk på hele strekningen fra Øyeren og ut til munningen ved Fredrikstad. Til sammen er det kjent 26 arter av fisk som forekommer mer eller mindre vanlig på de forskjellige strekninger. I tillegg finnes krysning mellom mort og brasme, to arter rundmunnert samt kreps.

Fiskebestanden i vassdraget, sett under ett, domineres av karpefiskene med mort, brasme, vederbuk, stam, flire og gullbust som de mest vanlige arter. Gjedde, abbor og lake forekommer også i relativt stort antall over hele strekningen, mens gjørsen synes å ha sin største forekomst i de nedre deler, da spesielt Skinnerflo og Visterflo. Laksefiskene forekommer fortrinnsvis på de strømhårde partiene ved de større fosser og i strykene. Laksen vandrer

opp til Sarpsfossen og Sølvstufoss i Ågårdselva. Enkelte eksemplarer skal også kunne gå forbi Sølvstufoss til Vorma. Det samme gjelder for sjøauren, mens stasjonær aure (elveaure) samt harr til dels finnes i relativt gode forekomster på strømrike lokaliteter opp til Øyeren.

Laksen og ålen er i dag vassdragets viktigste fiskearter i økonomisk henseende. Viktige fiskearter er også gjedde, abbor, gjørs, aure og harr. Karpefiskene er bare i liten grad gjenstand for spesielt fiske og ansees av fiskerne for å være av liten verdi.

Av forhold som i dag har skadelig innflytelse på fiskebestanden, gjør særlig forurensninger og vassdragsreguleringer seg gjeldende. Forurensningsvirkninger er først og fremst blitt påvist i Glåmas hovedløp fra Sarpsfossen og ned mot munningen ved Fredrikstad. Det har her vært konstatert relativt omfattende akutte tilfeller av fiskedød ved flere anledninger. Årsaken til dette er utvilsomt spesielle industriutslipp, gjerne i sammenheng med ugunstige situasjoner som f.eks. lav vannføring, høy temperatur og store konsentrasjoner av fisk. Industriutslipp og boligkloakk fører også til begroing og transport og sedimentasjon av fnokker og partikler som kan skade fiskens reproduksjon. Forurensningene forårsaker videre ulemper for utøvelsen av fisket og skaper uheldige estetiske forhold. Ovenfor Sarpsborg bevirker forurensningene på lokale områder ulemper for fisket og lager utrivelige forhold for ferdsel ved vassdraget.

Reguleringene av vassdraget er til hinder for fiskens passasje, og fører flere steder til at rogn og fisk blir skadet ved hurtige vannstandsreguleringer.

6.5 Noen konklusjoner av de biologiske undersøkelser

Undersøkelsen av plankton og benthos i Øyeren har vist at det gjør seg gjeldende en eutrofierende utvikling på dette vassdragsavsnitt. Det er tiltakende begroing av strender, og arter som regnes som eutrofieringsindikatorer, har stor mengdemessig forekomst i planktonet.

En rekke lokale områder på elvestrekningen Øyeren - Sarpsborg er utsatt for sterk kloakkvannsforurensning. Dette fører til en transport av kloakkvannspartikler og en drift av bakterier, sopp og protozoer med vannmassene. Belastningen er imidlertid ikke stor nok til å medføre

en tydelig påvirkning av organismelivet i elvens hovedvannmasser. Resultatene av benthosundersøkelsene og den høyere vegetasjon viser forhold som er vanlige for lite påvirkede vassdrag på Østlandet.

Vassdragsavsnittet Sarpsborg og til utløpet er karakterisert av biologiske forhold som følger overbelastning med organisk stoff. Samtidig viser vegetasjonen en rekke trekk som følger forurensninger med plantenæringsstoffer. Vassdragets evne til selvrensning er langt overskredet. Masseforekomst av bakterier, sopp og protozoer preger organismesamfunnene. Det er en betydelig transport av fiber med vannmassene. Omfattende tilfeller av fiskedød er rapportert. Undersøkelsen viser at det ved bruken av Glåma som resipient på denne strekningen i meget liten grad er tatt hensyn til forholdene i elven.

7. HYDRODYNAMISK BESKRIVELSE AV ESTUAROMRÅDET

7.1 Innledning

Med estuar menes det område hvor ferskvann og sjøvann blandes når en elv munner ut i et fjordbasseng eller i havet. Glåmas estuarområde er begrenset av Hvalerøyene i sør, og strekker seg oppover elven mot Sarpsborg - Tune. NIVA's forskningsfartøy "H.H. Gran" har foretatt en rekke tokter i estuarområdet. Tøktene ble i alt vesentlig foretatt sommeren 1966.

Det ble utført målinger av vannets temperatur og saltholdighet samt bestemmelse av hastighetsfordeling og denne parameters variasjon med dybde og vannføring i Glåma.

Skal veiledning kunne gis om hvordan utslipp av avløpsvann i resipienten bør utføres for å gi minst mulige skadevirkninger, er det nødvendig med en god forståelse av de hydrodynamiske forhold i estuarområdet ved varierende vannføring i Glåma.

På tross av at blandingsmekanismen i estuaret er komplisert, har vi i dag, basert på observasjoner og beregninger, et forholdsvis godt bilde av ferskvannets og saltvannets bevegelser i estuarområdet.

Den gjennomsnittlige tidevannsforskjell er liten i forhold til ferskvannsføringen i Glåma, noe som betinger en markert lagdeling av estuarets vannmasser.

I kystområder med større tidevannsskiftninger vil forholdstallet være mindre, og når dette kommer under en viss grense, blir sjøvann og ferskvann blandet fra topp til bunn.

Observasjoner viser at elvevannet i Glåma flyter over det tyngre sjøvann som trenger oppover langs elvebunnen. Mellom de to lag vil det være et sjikt hvor sjøvann og elvevann blandes.

Tettheten i vannmassene vil i det vesentlige være bestemt av saliniteten. Estuarer av denne type kalles gjerne for halokline estuarer. Med haloklin menes et lag hvor den vertikale salinitetsgradienten er stor sammenliknet med den gjennomsnittlige salinitetsgradient. Saliniteten i nærheten av haloklinens øvre grense er meget liten, da man her har overgangen til ferskvann. Ved den nedre begrensningsslinje er saliniteten den samme som i sjøvannet.

I figurene 19 og 20 er saltvannskilens inntrengning i estuarområdet vist skjematisk for henholdsvis vannføringene $440 \text{ m}^3/\text{sek}$ og $1246 \text{ m}^3/\text{sek}$. Med elvemunning forstås i disse diagrammene Glåmas trange løp ved Øra.

Under blandingen i haloklinen blir sjøvann trukket opp i lag av mindre tetthet. Dette medfører bruk av energi. Blandingsprosessen av elvevann og sjøvann er derfor helt avhengig av hvor store energimengder som tilføres systemet ved ferskvannstransporten.

I selve elvemunningen er gjerne saliniteten i overflaten kommet opp i $10 - 20 \text{ ‰}$. Men etter hvert er det ikke tilstrekkelig energi i vannmassene til å trekke opp vann fra sjøvannssjiktet. Den vertikale blanding skjer derfor langsomt selv om toppsjiktet fortsetter å strømme ut av estuaret. Dette er årsaken til at elvevannet gjør seg gjeldende relativt langt utenfor elvemunningen.

Saliniteten øker med dybden og mot sjøen. I estuarer med dårlig blanding ligger isolinjene for salinitet ganske tett i haloklinen, mens den innbyrdes avstand er stor nærmere overflaten. Øverst i estuarområdet har

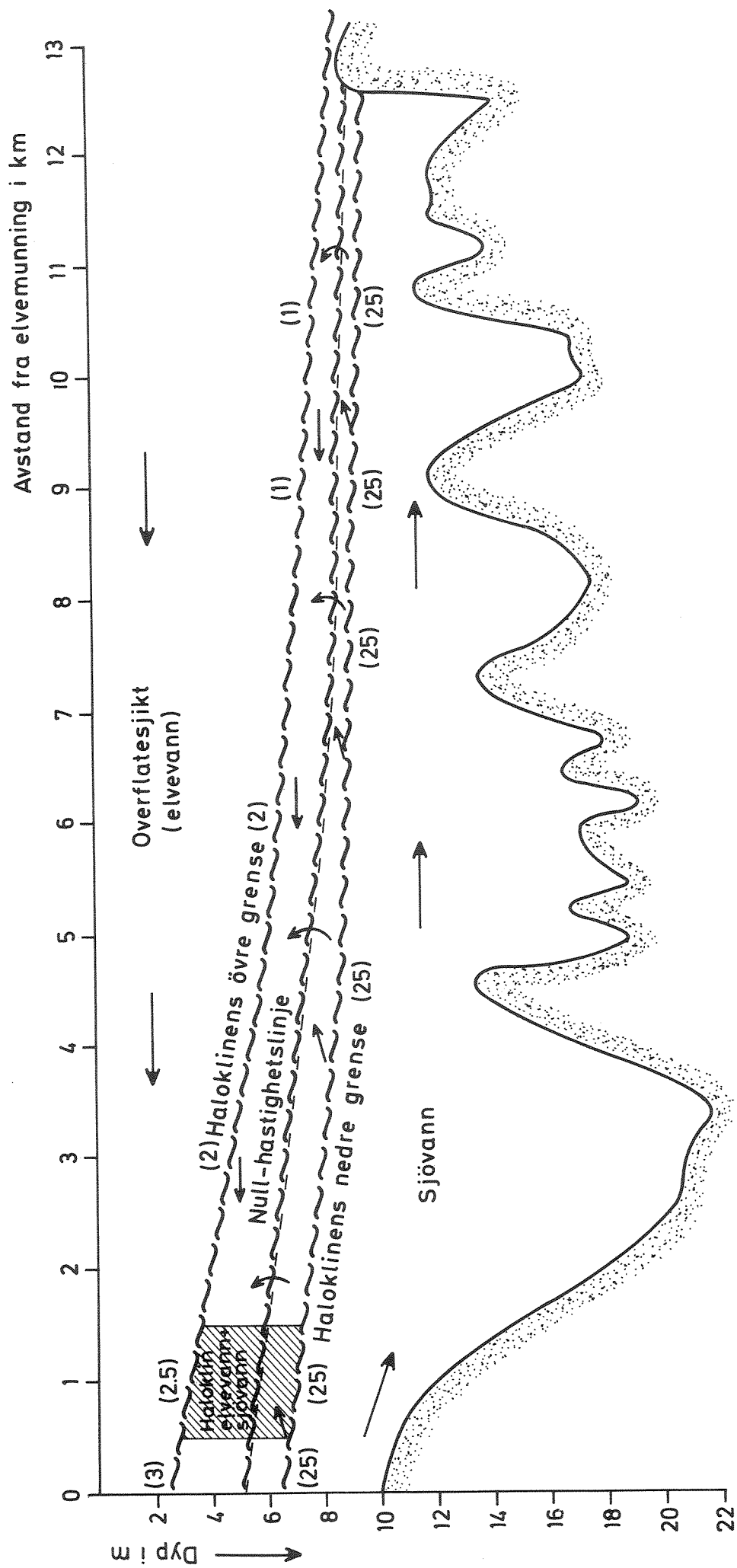


Fig.19

Observerv strömningssituasjon i Glåmas estuar ved $Q = 448 \text{ m}^3/\text{sek}$.

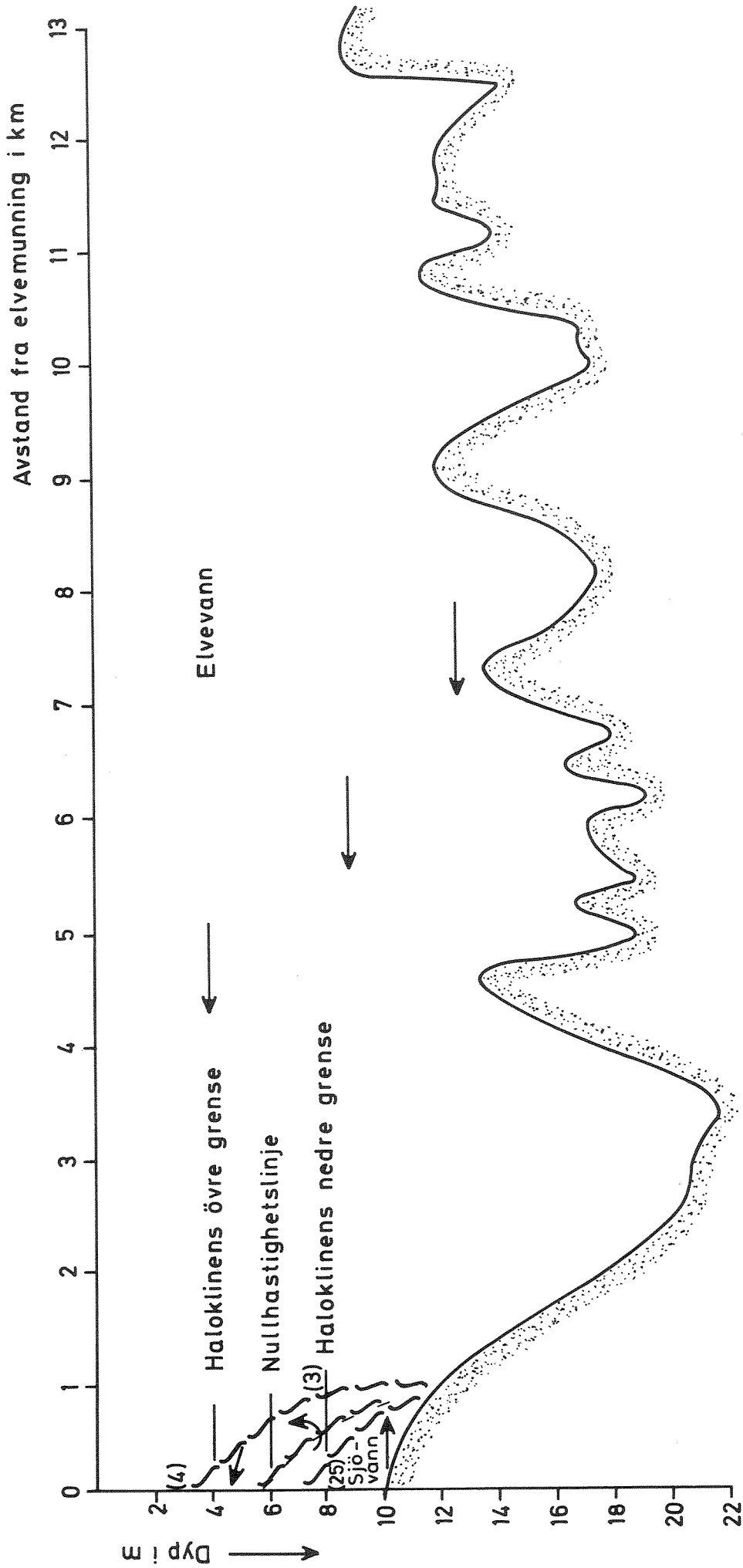


Fig. 20

Observerv strömningssituation i Glåmas estuar ved $Q = 1246 \text{ m}^3/\text{sek}$

(3), (25) = salinitet i ‰
 → = strömretning

isolinjene gjerne en karakteristisk kileform. Isolinjene avgrensner her saltvannskilen. Kilespissen angir det punkt der sjøvann når lengst opp i elven. Dette kan ligge mange kilometer ovenfor det punkt hvor saliniteten i overflatevannet fremdeles er null.

Strømningen i estuarområdet representerer en fin balanse mellom hydrostatiske krefter. Disse skyldes tetthetsforskjellen mellom saltvann og ferskvann og dynamiske krefter som varierer med vannføringen i elven og delvis også i tidevannet. Isolinjene vil derfor aldri være helt i ro, men flytter seg stadig. I Glåmas estuarområde er tidevannsvariasjonene små. Saltvannskilens lengde og høyde er derfor vesentlig bestemt av Glåmas vannføring. Ved lave vannføringer vil saltvannskilen kunne strekke seg helt opp til Sarpsborg og inn i Visterflo. Ved økende vannføring skyves saltvannskilen utover mot munningen, og ved store vannføringer (1000 - 1200 m³/sek) greier ikke saltvann å trenge opp i elven i det hele tatt.

Det sjøvann som blir blandet med elvevannet i haloklinen, blir kompensert av en inngående strøm i saltvannskilen. Mengden av sjøvann som strømmer inn, avtar oppover fra elvemunningen, og mengden balanserer i et hvert snitt av en tilsvarende mengde sjøvann som strømmer mot sjøen, forutsatt at tidevannsstrømmene er så små at de kan neglisjeres i en praktisk sammenheng. Som resultat av dette vil både saliniteten i elvevannet og utgående transportmengde i overflaten øke. Størst blir transportmengden i elvemunningen.

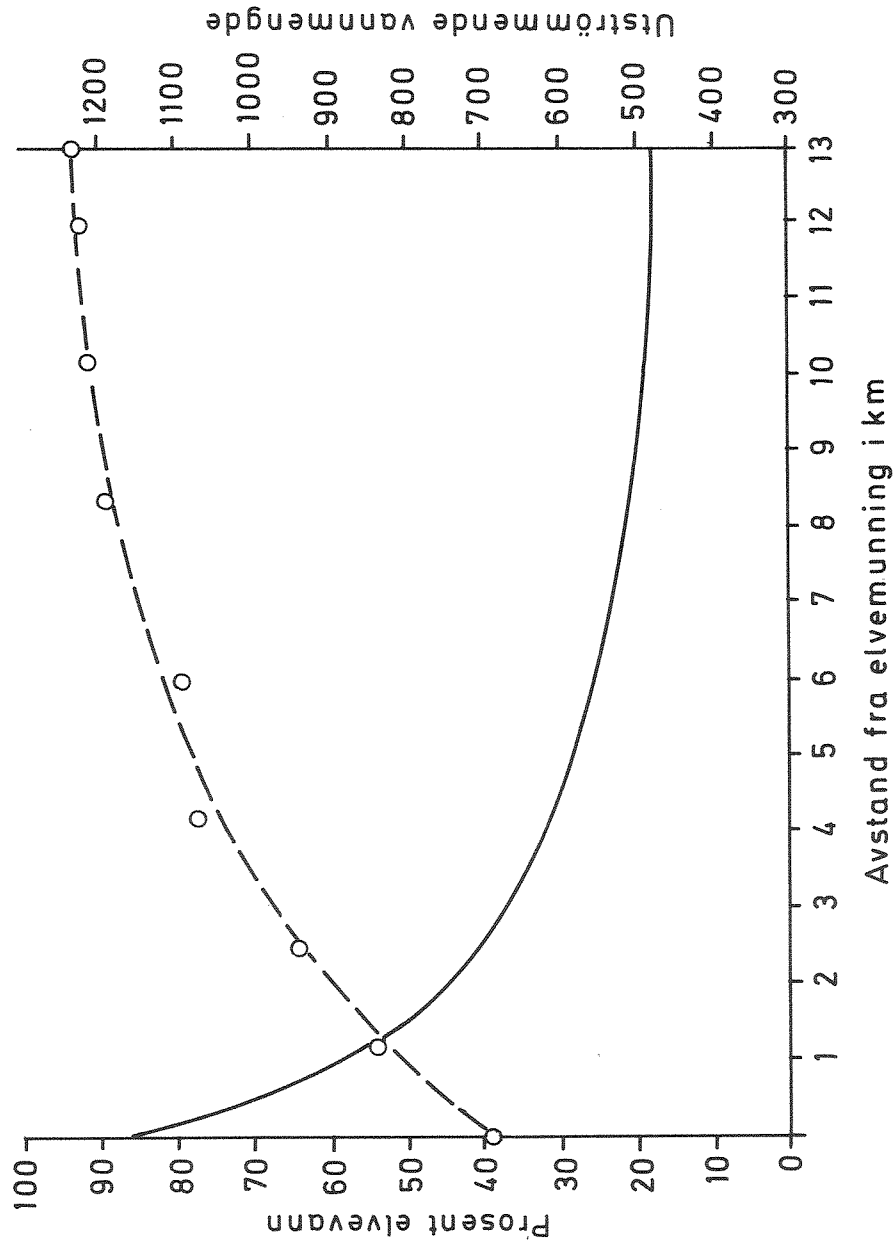
I figur 21 er forholdet belyst for vannføring 448 m³/sek.

Strømhastigheten i Glåma bestemmes vesentlig av vannføringen. Ved store vannføringer vil man ha utstrømmende elvevann helt til bunnen. Hastigheten i overflaten er relativt liten, men den holder seg tilnærmet konstant helt til bunnen. Ved mindre vannføringer hvor sjøvannet trenger oppover langs elvebunnen, er hastigheten størst i overflaten og avtar så mot null i nedre del av haloklinen. I saltvannskilen er strømmen inngående, men hastigheten her er vanligvis mindre enn i overflaten. Det er vanskelig å bestemme den nøyaktige grense mellom utgående og inngående strømmer, da strømningsbildet i grensesjiktet er ustabil og turbulent. Målinger viser at 0-hastigheten ligger noe høyere enn nedre begrensningelinje for haloklinen. På figurene 19 og 20 er 0-hastighetslinjen tegnet inn.

Fig.21 Utstrømmende vannmengde (sjøvann + elvevann)

$Q_e = 448 \text{ m}^3/\text{s}$

— utstrømmende vannmengde
- - - prosent elvevann



Tetthetsforholdene i estuaret er også indirekte en funksjon av vannføringen. Vannets tetthet er bestemt av to faktorer, salinitet og temperatur, hvorav salinitet er mest utslagsgivende. Ved mindre vannføringer med sjøvannssjikt langs bunnen og avtakende salinitet mot overflaten er derfor saliniteten i det enkelte lag avgjørende for tettheten. Ved store vannføringer, da innflytelsen av salinitet følgelig er liten, vil tettheten nedover i dypet stort sett være bestemt av vannets temperatur. Temperaturdifferansen mellom overflaten og bunn vil imidlertid variere lite, og man har under slike vannføringssituasjoner ikke den samme grad av lagdeling.

Basert på observasjoner ved tre forskjellige vannføringer, er forholdet mellom saltvanns- og ferskvannstransport mot sjøen ved Titan Co. A/S nær elvemunning ved Øra nærmere belyst i figur 22. Ved økende vannføring i Glåma vil:

tilgjengelig energi i ferskvannsstrømmen til å bringe tungt saltvann opp i lag med lettere ferskvann øke. Dette medfører at kompensasjonsstrømmen av saltvann langs bunnen øker med økende ferskvannsføring. Dette forhold regulerer intensiteten av saltvannsinnblandinger -

tilgjengelig energi til å fortrenge saltvannskilen mot sjøen øke. Dette forhold regulerer den del av 0-hastighetsflaten som ligger oppstrøms det aktuelle elvetverrsnitt.

Produktet av intensitet x flate gir en maksimalverdi for det aktuelle tverrsnitt ved Titan Co. A/S på omlag $260 \text{ m}^3/\text{sek}$ saltvann ved en ferskvannsføring på omlag $900 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Forholdet er illustrert i tabell 17.

Ved dimensjonering av et dypvannsutslipp er beliggenheten av grenseflaten mellom saltvann og ferskvann, eller tetthetssprangsjiktet som det kalles, en viktig faktor. Generelt er beliggenheten illustrert i figurene 19 og 20. I figur 23 er forholdet nærmere belyst utenfor Titan Co. A/S. Det vises både observert og beregnet beliggenhet. Beregningene er basert på resultater fra modellforsøk beskrevet i litteraturen. Uoverensstemmelsen i de to kurver antas å ha sammenheng med den meget ujevne elvebunn, se figur 19.

Fig. 22

Glåmas estuarområde

Observert forhold mellom transport av ferskvann og saltvann

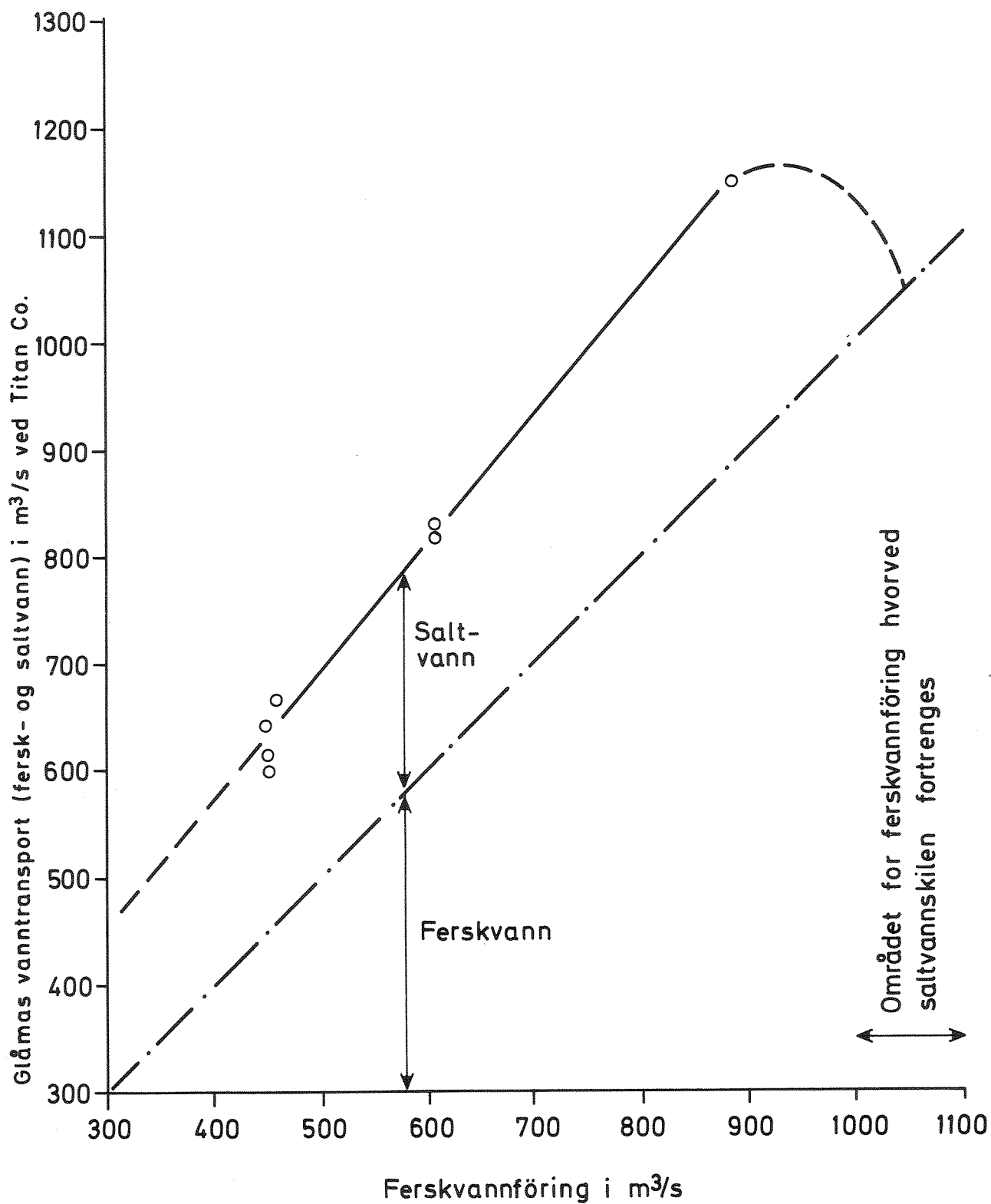
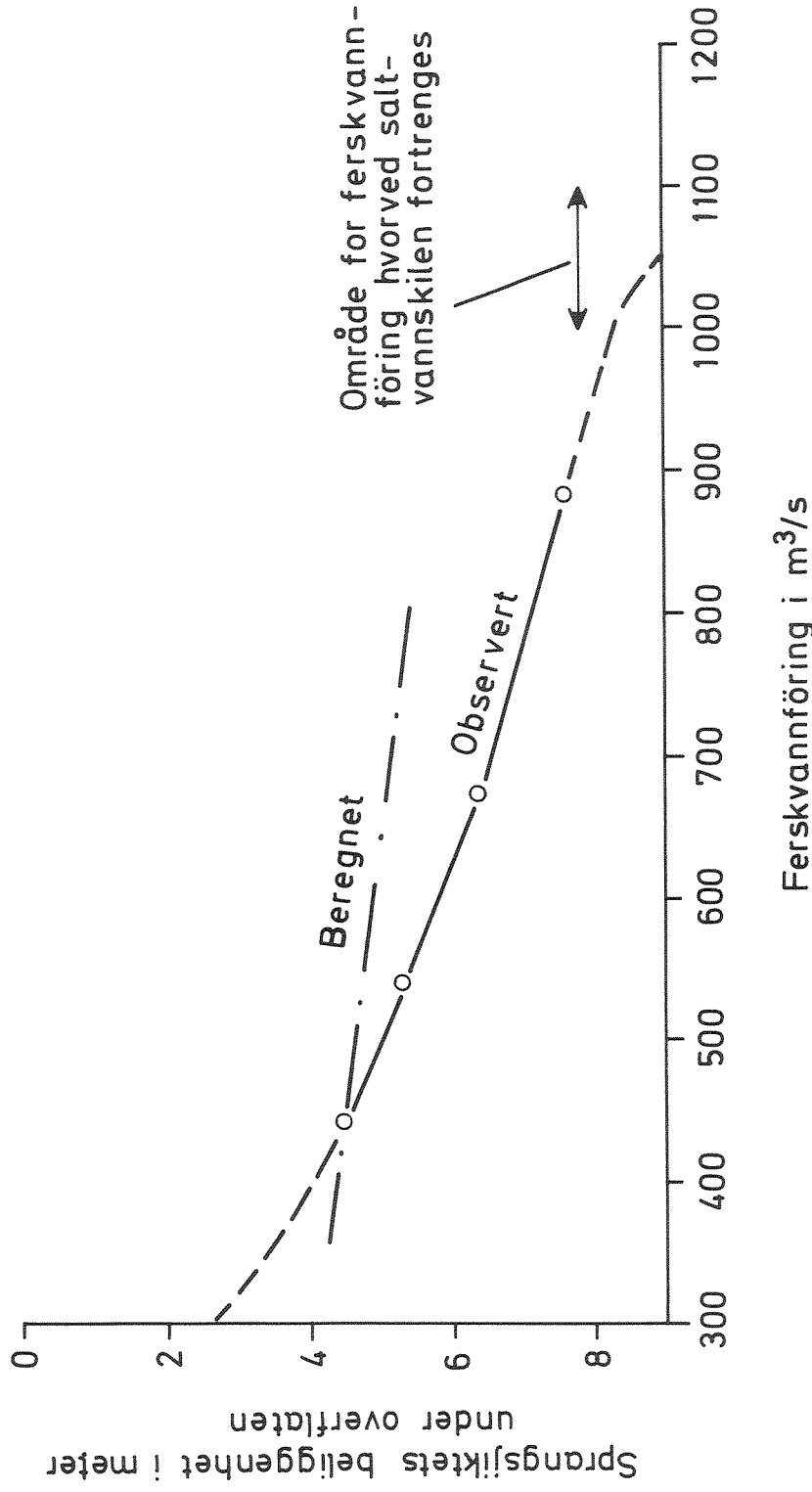


Fig. 23

Glåmas estuarområde

Forhold mellom ferskvannføring og sprangsjiktets beliggenhet



Tabell 17. Forholdet mellom saltvanns- og ferskvannstransport mot sjøen.

Q_F Ferskvanns- føring m^3/s	Q_S Saltvanns- føring m^3/s	$\frac{Q_S}{Q_F}$ %	Anmerkning:
400	170	43	
500	190	38	
600	210	35	
700	230	33	
800	250	31	
900	260	29	
1200	0	0	Saltvannskilen fortrengt

På den annen side hersker det god overensstemmelse mellom beregnet og målt inntrengningslengde for saltvannskilen. Ved en vannføring på $440 m^3/sek$ er både den beregnede og observerte inntrengningslengde ca. 13,5 km.

7.2 Glåmas estuarområde som resipient for avløpsvann

Uansett forutgående rensing er det viktig å oppnå en best mulig utnyttelse av resipientens fortynningsmuligheter. Man har behov for kunnskap om vannutskiftningsmekanismene slik at avløpsvann kan føres ut i resipienten på riktigste måte og derved unngå lokale forurensningseffekter.

I resipienter med en markert lagdeling er en innlagring av avløpsvannet under overflatesjiktet mulig. Innlagringen bør skje i sjikt hvor strømmen er utgående, slik at en opphopning av avløpsvannet unngås ved utløpsstedet, samtidig som avløpsvannets oppholdstid i estuaret reduseres mest mulig.

En riktig innblanding av avløpsvannet i resipientens vannmasser (initialfortynning) er forutsetningen for å oppnå effektiv horisontal spredning (sekundærfortynning) av avløpsvannet.

Under situasjoner med store vannføringer og utstrømmende ellevann helt til bunnen, har ferskvannføringen alene en stor fortynningskapasitet. Det vil da vanskelig oppstå uønskede lokale forurensningssituasjoner. Ved

lavere vannføringer med sjøvann langs bunnen et stykke oppstrøms elvemunningen og elvevann i overflaten, er en innlagring av avløpsvannet under og delvis i overflatelaget mulig. Innlagringen bør da skje i et sjikt hvor avløpsvannet hurtig blir transportert mot havet. Av figurene 19 og 20 ses at det egnede innlagringsnivået er like over 0-hastighetslinjen i haloklinen. I den blir avløpsvann blandet med brakkvann, samtidig som det transporteres mot havet. Dette forutsetter at det fortynnede avløpsvann har samme tetthet som brakkvannet i det sjikt hvor innlagringen bør finne sted.

Glåma blir benyttet som resipient både for industrielt avløpsvann med varierende tetthet og kommunalt avløpsvann med omlag samme tetthet som elvevann. Før innlagring kan finne sted, må derfor avløpsvannets tetthet reguleres ved hjelp av initialfortynning eller på annen måte, slik at tettheten avpasses til det ønskede innlagringsnivå. Anordning av forurensningstilførslene etter slike prinsipper vil ikke bare sikre en god innblanding i de utgående vannmasser, men også redusere forurensningsvirkningen i overflatesjiktet under perioder da avløpsvannet nødvendigvis vil komme helt opp til overflaten, men da sterkt fortynnet.

Fortynningen kan ved en hensiktsmessig utløpsanordning foregå som initialfortynning ute i resipienten. Da strømforholdene i Glåma er bestemt av vannføringen, og avløpsvannets tetthet varierer, er det vanskelig å foreslå generelt hvordan utløpene bør ordnes. Utløpsledninger bør imidlertid føres ut i elvens hovedløp, og andre bruksinteresser, som f.eks. båttrafikk, gjør at man ikke fritt kan velge i hvilken dybde utslippet skal foregå. Som regel må ledningen legges på bunnen. Dette vil da medføre at ved vannføringer i Glåma under en viss grense vil haloklinen heves, og innlagring av fortynnet avløpsvann vil kunne foregå i saltvannskilen. Siden vannet i saltvannskilen strømmer oppover elven, er det viktig at det lettere avløpsvann blir lite innblandet i saltvannet. På den annen side må fortynningen være tilstrekkelig til å hindre at avløpsvannet trenger igjennom overflatesjiktet.

Jo større fortynningen er i sjøvannssjiktet, desto mer av avløpsvannet vil transporteres oppover elven av den inngående strøm. Det vil følge-
lig kunne oppstå forurensningseffekter på oppstrømssiden av utslippet. Med de ujevne bunnforhold i Glåmas estuarområde vil stagnerte bunnvannmasser lett kunne påvirkes. Ved hurtig omskiftning til store vannføringer

i Glåma med utstrømmende elvevann helt til bunnen, vil slike påvirkede bunnvannmasser skiftes ut og derved kunne forårsake akutte forurensnings-situasjoner nedstrøms.

7.3 Avløpsvannets initialfortynning

Selve fortynningsmekanismen avhenger av en rekke faktorer, og kan tilnærmet beregnes. Når utslippet foregår i saltvannskilen, vil avløpsvannet bli påvirket av en oppadrettet kraft. Dette skyldes avløpsvannets mindre tetthet i forhold til det omliggende sjøvann. (Spesielt avløpsvann med tetthet større enn sjøvannets, vil på den annen side bli liggende langs bunnen).

Når et utløp er plassert under vann, kan man anordne fallforholdene på land og størrelsen på utløpets åpning slik, at avløpsvannet presses som en stråle ut i resipienten. Som følge av strålens utløpshastighet vil avløpsvannet være i besittelse av kinetisk energi. Er strålen rettet oppover, vil den kinetiske energi virke sammen med den potensielle energi som oppstår på grunn av tetthetsdifferansen mellom de to væsker. Under bevegelsen opp gjennom sjøvannssjiktet vil avløpsvannet ha et tap av energi til omgivelsene i form av friksjon og turbulensdannelse. Dette medfører at avløpsvannet blandes opp med sjøvann. Fortynningen er størst i randsonen av strålen.

På grunn av fortynningen vil oppdriften og dermed stigehastigheten, avta. Avgjørende for bevegelse og fortynning er avløpsvannets mengde, tetthet, utstrømningshastighet og retning, dessuten antall dyser på utløpsledningen og dysediameter.

Denne initialfortynning kan beskrives ved en funksjon av to variable:

$$S_m = f(y/D, F) \quad (1)$$

hvor

y = vertikal stigehøyde fra utslipp

D = diameter av dyse

F = det densimetriske Froudes tall

$$F = \frac{V_o}{\sqrt{\frac{\rho_s - \rho_o}{\rho_o} \cdot g D}} \quad (2)$$

hvor

V_o = utstrømningshastighet

ρ_s = sjøvannssjiktets tetthet

ρ_o = avløpsvannets tetthet.

Etter å ha passert gjennom sjøvannssjiktet trenger avløpsvannet opp i de utstrømmende vannmasser. Er avløpsvannet tilstrekkelig fortynnet, vil innlagring finne sted i sjikt med samme tetthet som det fortynnede avløpsvann. Under spesielle forhold kan imidlertid avløpsvannets kinetiske energi forårsake en videre heving av avløpsvannet med fare for gjennombrudd til overflaten. Avløpsvannets større tetthet i forhold til det omliggende vann vil imidlertid virke mot inntrengning og bevegelse oppover.

Under transporten mot fjorden vil vannføringen i elven øke (se figur 19). Dette gir økte muligheter for fortynning av avløpsvannet. Samtidig vil en ytterligere fortynning av avløpsvannet finne sted (sekundærfortynning).

7.4 Eksempel på teknisk utnyttelse av estuarets fortynningsmuligheter

Som et eksempel på hvordan man kan nyttiggjøre seg de spesielle hydrodynamiske forhold i Glåmas estuarområde, kan nevnes det spesielle utløpsarrangement for avløpsvannet fra en av de større industribedriftene i området (Titan Co. A/S).

Fabrikken fremstiller titandioksyd fra ilmenitt, og avløpsvannets innhold av svovelsyre og jernsulfat er de faktorer som krever størst oppmerksomhet ved utledning i Glåma. Svovelsyre har først og fremst betydning på grunn av syrevirkningen i utslippet. Sjøvann har stor evne til å nøytralisere syre, og en tilstrekkelig fortynning med sjøvann vil derfor vesentlig redusere skadevirkninger som skyldes svovelsyren. Tilsvarende krever innholdet av jern en rask og effektiv innblanding i hovedvannmassene, slik at overskuddet av jern fra utslippsområdet kan transporteres vekk og fortynnes. Oppløste jernsalter vil ikke være til stede i store konsentrasjoner, da alt jern vil oksyderes og felles ut som treverdige jernhydroksyd.

Oppløseligheten av jern-III-hydroksyd er meget liten, og det vil bli utfellinger selv i meget små konsentrasjoner i elvevannet.

Selve utfellingsfasen og sedimentering av jernhydroksyd-fnokker kan gi problemer dersom fortynningen er for liten.

Utslippsanordningen skal etter dette virke slik at avløpsvannet snarest mulig fortynnes med sjøvann av hensyn til syrevirkningen. Samtidig skal mest mulig av avløpsvannet innlagres i de utoverstrømmende vannmasser.

Det anlagte dypvannsutslipp består av seks utløpsrør i polyetylen, hver påmontert to dyser på henholdsvis 90 og 110 mm. Ledningen er plassert på tvers i Glåmas hovedstrøm og danner en vinkel på ca. 60° med horisontalen i retning med Glåmas hovedstrøm. Avløpsvannets spesifikke vekt varierer mellom 1,010 og 1,020.

Ved å regulere avløpsvannets spesifikke vekt ved innpumping av overflatevann fra Glåma, og utstrømningshastigheten gjennom dysene på utløpsrørene, kan fortynning og innlagring i estuaret kontrolleres.

I figur 24a er forholdet mellom Froudes tall, fortynning og høyde over utslipp, vist (likning 1). Dette forhold er generelt og fremkommet på bakgrunn av en rekke målinger og teoretiske arbeider, spesielt i USA.

Som det fremgår av figuren, gir et Froudes tall i området 10 til 50 den minste fortynning i gitt høyde over utslippet. Når utslippet foregår i saltvannskilen, bør man derfor forsøke å holde Froudes tall innenfor disse grenser, slik at minst mulig av avløpsvannet transporteres oppover elven av den inngående saltvannsstrøm.

Ved store vannføringer i Glåma med utstrømmende elvevann helt til bunnen, er det viktig å få en god initialfortynning før avløpsvannet når overflaten. Dette betinger et høyest mulig Froudes tall, noe man også vil få på grunn av den lille tetthetsforskjellen mellom ρ_s og ρ_o . Dette fremgår av figur 24b, som grafisk fremstiller likning (2).

Spesielle undersøkelser som NIVA har foretatt i forbindelse med utslippet fra Titan Co. A/S viser at avløpsvannets bevegelse påvirkes av den innovergående strøm i bunnlaget. Ved å regulere avløpsvannets tetthet og

Fig. 24a

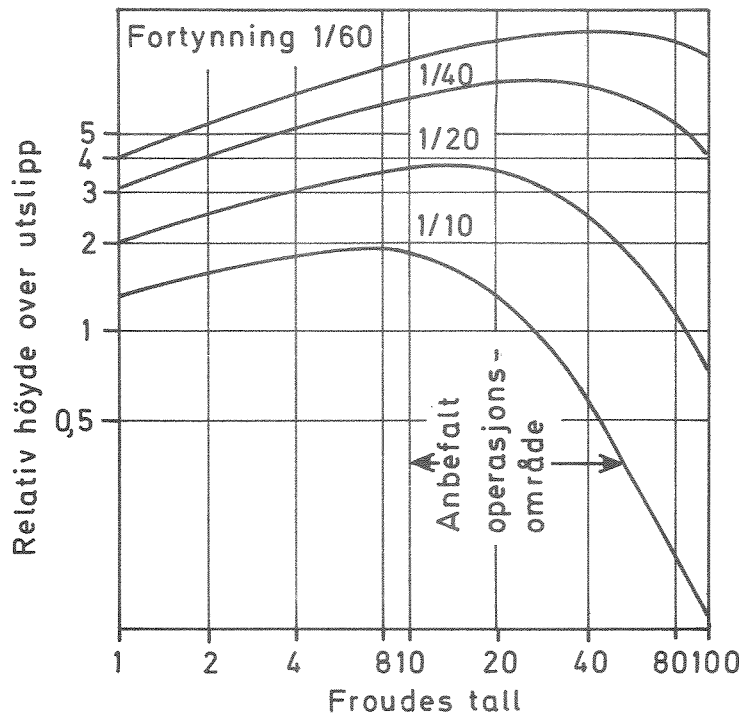
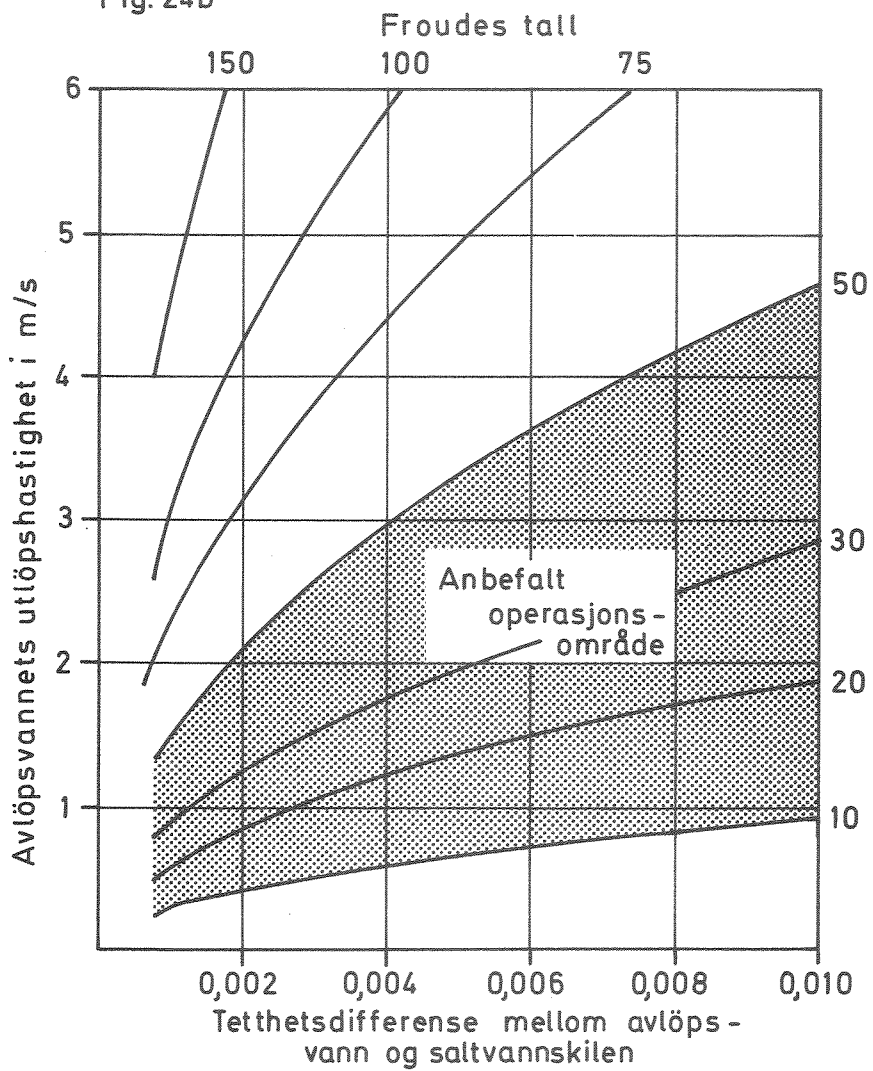


Fig. 24b



utstrømningshastighet i overensstemmelse med de skiftende hydrografiske forhold i estuarområdet, kan denne effekt gjøres minst mulig.

Utslippsarrangementet ved Titan Co. A/S gir en effektiv fortykning og innlagring av avløpsvannet, ved at utslippsbetingelsene varieres i takt med situasjonen i estuarområdet. Prosessene i bedriftens utslippsstasjon styres i stor grad automatisk.

Med hensiktsmessig valg av utslippsarrangement vil det på tilsvarende måte være mulig i større grad å utnytte estuarets fortykningsvannmengder også for andre utslipp i denne del av Glåma.

Glåmas estuarområde får et betydelig tilskudd i fortykningsvannmengde gjennom den saltvannsinnblanding som foregår. Da tidevannsvariasjonene er små, er saltvannspåvirkningen og lagdeling i estuarområdet primært bestemt av vannføringen i Glåma. Ved vannføringer under 1000 - 1200 m³/sek er estuaret lagdelt, og avløpsvannet kan innlagres under og i overflatesjiktet. Ved større vannføringer gir de økte vannmengder tilstrekkelige fortykningsmuligheter for avløpsvannet. På bakgrunn av hyppige tetthetsmålinger i resipienten er det mulig å styre spredningen av avløpsvannet i henhold til den hydrografiske situasjon i estuaret.

8. SAMMENFATTENDE DISKUSJON

Undersøkelsen av Glåma i Østfold har vært en stor og interessant oppgave for NIVA, og den har gitt et omfattende observasjonsmateriale. Det viktigste av materialet er behandlet i de enkelte delrapporter, men det er fortsatt stoff til utredninger og interessante bearbeidelser av observasjoner og materiale.

En sammenfattende diskusjon av det betydelige datamaterialet blir lite nyansert og kan lett gi et for enkelt inntrykk av forholdene. På den annen side er en slik forenkling nødvendig for at stoffet skal bli tilgjengelig for alle dem som i forskjellige forbindelser skal sette seg inn i forholdene i Glåma. For spesielt interesserte må det derfor anbefales at den sammenfattende diskusjon vurderes og brukes i tilknytning til de enkelte delrapporter.

Undersøkelsen har vist at det er naturlig å vurdere den nåværende situasjon i Glåma i Østfold i tre hovedavsnitt, med enkelte mindre områder som i denne sammenheng skiller seg noe ut. Det kan kanskje være nødvendig i denne sammenheng å presisere at en tilsvarende deling ikke kan anbefales når det gjelder utnyttelsen av Glåma som naturressurs. I en slik sammenheng vil det etter hvert tvinge seg frem en arbeidsform som har videre perspektiver og omfatter hele vassdraget, når de enkelte interesser skal veies mot hverandre.

De tre naturlige hovedavsnitt av Glåma i Østfold er Øyeren, strekningen fra Øyeren til Sarpsfossen - med Mingevatn - Vestvatn - og områdene nedenfor Sarpsfossen. De mer spesielle områder i Glåma er for det første Visterflo, Skinnerflo og Kjolbergelva - Seutelva, samt mindre lokale områder som er influert av spesielle utslipp o.l. De tre hovedavsnittene vil først bli diskutert, hvoretter en del mindre områder vil bli kort omtalt.

De biologiske undersøkelsene har vist at forholdene i Øyeren og i Glåma nedenfor Øyeren er sterkt preget av vassdraget ovenfor innsjøen. Spesielt har forholdene i Mjøsa og Øyeren stor betydning.

For de kjemiske undersøkelser er det valgt å ta utgangspunkt i Øyeren vannmasser. Dette skyldes ikke at vannkvaliteten i Øyeren er uavhengig

av de påvirkninger vassdraget mottar i den øvrige del av nedbørfeltet, men kan mer oppfattes som et praktisk utgangspunkt for den kjemiske undersøkelsen. Dessuten er det mulig ved diskusjon av kjemiske observasjoner fra Øyeren i noen grad å slutte seg til betydningen av de forskjellige tilførsler til vassdraget. På dette grunnlaget kan det slås fast at for kjemisk-fysiske parametre som elektrolytisk ledningsevne, partikkelinnhold, kalsium-, magnesium- og kloridkonsentrasjonen avviker forholdene i Øyeren lite fra det som kan antas å skyldes naturlige prosesser. I noen grad kan nok disse prosesser være influert av menneskelig aktivitet, slik som øket erosjon og liknende forhold knyttet til virksomhet i jordbruk og skogbruk.

Resultatene av de biologiske undersøkelser er stort sett i overensstemmelse med de kjemiske observasjonene. Biologiske metoder er imidlertid på mange måter mer følsomme enn de kjemiske.

Undersøkelser av plankton og benthos i Øyeren har vist at det gjør seg gjeldende en eutrofierende utvikling. Det er tiltakende begroing av strender, og samtidig har arter som regnes for eutrofieringsindikatorer, etter hvert fått stor mengdemessig forekomst i planktonet.

Sterkt økende planktonforekomst er observert i de siste år, til dels etter at den intense kjemiske undersøkelsen foregikk. Den store belastning vassdraget mottar ovenfor Øyeren, forklarer denne utvikling. Det synes også å foregå en viss selvrensning av Glåmas vannmasser i Øyeren, til tross for den korte oppholdstiden vannmassene har her.

De biologiske undersøkelsene viser at vannmassene i Vorma, før samløp med Glåma, er tydelig påvirket av forurensninger med organisk stoff. Avløpsvann fra treforedlingsindustri sammen med husholdningskloakk, gir årsak til denne forurensningsbelastning. I den nordlige enden av Øyeren sedimenterer fnokkene av heterotrofe organismer som er utviklet i Vorma og til dels i Glåma nedenfor samløpet med Vorma. Det er dessuten en betydelig fibertransport i vannmassene ovenfor Øyeren. I tillegg til disse påvirkninger av vannmassene i Øyeren, har man utslipp av kommunalt og industrielt avløpsvann til Øyeren og vassdragene Nitelva, Leira og Rømuva i Øyeren lokale nedbørfelt.

På strekningen fra Øyeren til Sarpsfossen foregår det, etter de kjemiske og biologiske resultatene, små endringer i vannkvaliteten. Det er relativt små tilsig av vann fra det lokale nedbørfelt, det er kort oppholdstid for vannmassene - antakelig mindre enn to døgn for strekningen fra Vamma til Sarpsfossen. Forurensningsbelastningen fra den lokale industri og bebyggelse er moderat, men avløpsvann er ført til Glåma uten tilstrekkelig rensing og ledes ut i vannmassene på en tilfeldig måte.

På dette grunnlag er det klart at det er av stor betydning hvilken kvalitet vannmassene har ved utløpet av Øyeren. Det kan innskytes at innsjøer normalt er trege systemer, hvor uheldige utviklinger går langsomt, og hvor en restaurering av forholdene i innsjøen vil gi meget store tekniske og økonomiske problemer.

Selv om vannmassene i Glåma mellom Øyeren og Sarpsfossen både kjemisk og biologisk synes å være lite påvirket av forurensninger, er det flere forhold som krever oppmerksomhet.

For det første har vassdraget på denne strekningen størst betydning som vannkilde for befolkning og industri - en brukerinteresse som stiller høye krav til vannkvaliteten. Videre må det antas en øket bruk av Glåma som resipient i dette området på grunn av øket utbygging, og til dels avlastning av mindre, lokale resipienter. Endelig er det også på denne strekning av Glåma påvist tegn til at lokale områder er utsatt for sterk kloakkvannsforurensning, som medfører transport av kloakkvannspartikler, bakterier, sopp og protozoer i vannmassene.

Sett samlet, synes de kjemiske og biologiske forhold i vannmassene fra Øyeren til Sarpsfossen å gjøre vannet egnet som råvann for de store vannverkene som ligger her. Det vil imidlertid være nødvendig med en planmessig innsats for å opprettholde denne situasjonen i fremtiden. Det blir særlig viktig å sanere enkelte av de lokale utslipp som i dag lager uheldige forhold på elvestrekningen.

På grunn av den varierende vannkvalitet i Glåma, er vannet ikke egnet som drikkevann uten at det underkastes omfattende rensing.

For fisket i Glåma har den generelle forurensningssituasjon på denne strekningen tilsynelatende hatt liten betydning hittil. De betydelige reguleringer som er gjort, kan derimot hindre fiskens passasje, og fisk og rogn kan skades ved raske vannstandsvekslinger.

Nedenfor Sarpsfossen viser både kjemiske og biologiske observasjoner klart at Glåma er sterkt belastet med forurensningskomponenter - først og fremst organisk stoff, men også plantenæringsstoffer. Det er liten forskjell på Østerelva og Vesterelva i denne sammenheng, men det er mulig at innholdet av forurensninger er noe høyere i Vesterelva. En rekke brukerinteresser er skadelidende ved en forurensningstilstand som den foreliggende nedenfor Sarpsfossen. I en slik situasjon er det vanskelig å veie de enkelte interesser mot hverandre.

De tiltak som må gjennomføres for å beskytte vassdraget, vil i stor grad være avhengig av en slik avveining.

Av viktige interesser i dag i dette avsnitt av vassdraget kan nevnes fiske, rekreasjon, skipsfart, industrivannforsyning og resipientbruk. Fiske og rekreasjon er de to bruksmåter som antakelig stiller de høyeste generelle krav til vannkvaliteten, mens industrivannforsyningen vil kunne medføre spesielle krav.

Det er ikke realistisk med den nåværende aktivitet i Glåmas nedbørfelt nedenfor Sarpsfossen å stille krav om at elven restaureres og bringes tilbake til sin "naturlige tilstand". Dette er et krav som ikke kan oppfylles, i hvert fall ikke på relativt kort sikt. Et mer rimelig krav er ønsket om å opprettholde og forbedre fisket, samt at elven tilfredsstiller trivselsmessige krav. Dette siste gjelder først og fremst rent estetiske momenter, som vannets utseende, begroing o.l. Elvens naturlige dyre- og planteliv bør fortsatt ha eksistensmuligheter også i dette område av vassdraget.

Kvaliteten i Glåmas vannmasser nedenfor Sarpsborg oppfyller i dag ikke disse krav, og det vil være nødvendig å sette inn tekniske tiltak dersom de ønskes oppfylt.

Det er normalt mulig å forbedre vannkvaliteten i et vassdrag på to prinsipielt forskjellige måter. Utslippene kan underkastes rensing, eller

de kan samles og overføres til en annen resipient. En ukritisk anvendelse av denne siste fremgangsmåte er meget betenkelig og vil som regel bare gi en kortsiktig løsning av problemet. I sammenheng med Glåmas estuarområde er det helt nødvendig å ta hensyn til de viktige rekreasjonsområder som ligger i elvens munningsområde og til forholdene i Oslofjorden og kystområdene generelt.

Undersøkelsen har vist at organisk stoff utgjør en viktig del av forurensningsbildet. Hovedtilførslen av organisk stoff kommer fra treforedlingsindustrien, og det vil være nødvendig å redusere disse utslipp hvis det skal kunne ventes forbedring. Det store antall enkeltutslipp av kommunal kloakk gir mange muligheter for lokale ulemper, i tillegg til at også kommunale utslipp bidrar til den generelle forurensningen. I den nåværende situasjon er det rimelig å anta at plantenæringsstoffene spiller en rolle for forurensningsvirkningene, men at lokale ulemper av estetisk og hygienisk art er av størst betydning foreløpig. Det trinnvise arbeid for å forbedre forholdene i Glåmas estuarområde bør derfor for de kommunale kloakker først ta sikte på å redusere slike lokale problemer. Å utnytte estuarområdets fortynningsvannmasser på en effektiv måte er her av betydning.

Forholdene i Vestvatn skiller seg lite fra de som er registrert i Glåma ovenfor Sarpsborg, mens det i Visterflo til tider også er en sterk påvirkning av vannmassene fra Glåma ved Greåker.

Skinnerflo er en spesiell lokalitet som er betydelig påvirket både av organisk stoff og plantenæringsstoffer. Det kreves antakelig omfattende tiltak for å hindre at en alvorlig forurensningssituasjon skal utvikle seg her.

Hvalerøyene utenfor Glåmas munning er et viktig ferie- og rekreasjonsområde. Vannkvaliteten rundt øyene er i høy grad avhengig av kvaliteten i Glåmas vannmasser, og de forbedringer som kan oppnås ved tiltak i Glåma vil også gi bedring i dette området. Undersøkelsen har ikke gitt anledning til noen inngående undersøkelser her, men det er vist at Glåmas innflytelse i mange situasjoner strekker seg langt utover. I dette området vil det være av betydning å utrede en rekke spørsmål som det ikke har vært mulig å ta med innenfor rammen av den foreliggende undersøkelsen. Problemstillinger som har pekt seg ut som viktige, er bl.a. virkningen

av plantenæringsstoffer og betydningen av de mange industriutslipp i Glåmas nedre del, samt utskiftnings- og fortynningsmekanismer i fjordsystemet. Ut fra det relativt sparsomme materiale som foreligger fra dette området, er det klart at det vil kreves en stor innsats for å besvare disse spørsmål.

9. PRAKTISKE KONKLUSJONER

1. Undersøkelsene som danner grunnlag for den foreliggende rapport, har gitt et omfattende materiale som kan danne utgangspunkt for en overvåkning av forholdene i Glåma. En slik overvåkning er nødvendig for å kunne gripe inn og forhindre en uheldig utvikling i vassdraget. Uten observasjoner over en lengre tidsperiode er det vanskelig å foreta en kvantitativ vurdering av endringer i vannmassenes kvalitet.
2. Forholdene i Glåma i Østfold vil i stor grad være influert av utviklingen som foregår i nedbørfeltet ovenfor Øyeren. Det gjør seg gjeldende markerte forurensningsvirkninger i Glåma i dette området. Biologiske undersøkelser har vist at forurensning med organisk stoff og gjødselstoffer her allerede er så stor at forholdene i vannmassene delvis er preget av dette.

Det er nødvendig å forvalte og bruke Glåma som den sammenhengende naturressurs den utgjør, og ikke la enkelte lokale interesser veie for tungt når det fattes beslutninger om bruken av vassdraget.

3. Glåma utgjør en del av grunnlaget for den samfunnsutvikling som kommer i disse områdene, og vassdraget må behandles slik at det opprettholder sin verdi som naturressurs.

Særlig må Glåmas betydning som vannkilde for befolkning, landbruk og industri understrekes. Denne brukerinteresse må det etter vår mening legges stor vekt på, idet det forøvrig i Østfold ikke finnes vannkilder med tilsvarende kapasitet og kvalitet.

4. Fordi den ubetinget viktigste brukerinteresse for Glåma på strekningen fra Øyeren til Sarpsborg er vannforsyning, er det enkelt å fastlegge en målsetting for denne del av vassdraget:

Vannmassene i Glåma må på lang sikt kunne benyttes som råvann for vannverkene og som vannkilde for industri og landbruk.

For å sikre at denne målsettingen kan oppfylles, kreves allerede umiddelbart en betydelig innsats. Først og fremst må muligheter for uhell og feil i industribedrifter som kan influere på vannkvaliteten, reduseres til et minimum. Dette gjelder ikke bare i det område av Glåma som er undersøkt, men også for en rekke bedrifter i hele nedbørfeltet ovenfor Øyeren. Fordi det er såvidt mange industriutslipp som kan ha betydning i denne sammenheng, er det vanskelig å peke på bestemte bedrifter.

Videre bør de daglige utslipp fra industribedrifter kartlegges og vurderes med sikte på å redusere utslipp av stoffer som kan gi hygieniske eller biologiske skadevirkninger. Dette arbeid bør de enkelte kommuner gjennomføre, fortrinnsvis ved koordinert virksomhet. Materialet vil også komme til praktisk nytte i forbindelse med planlegging, bygging og drift av renseanlegg.

Det kommunale avløpsvann ovenfor Sarpsborg vil kreve forskjellige rens tiltak, avhengig av avløpsvannmengder, utslippets plassering og utforming. Utgangspunktet bl.a. av estetiske grunner, bør være at intet avløpsvann slippes ut uten at sedimenterbare partikler og flytestoffer effektivt er fjernet (mekanisk rensing). Med den økede belastning som etterhvert vil komme på Glåma som resipient, vil det bli nødvendig å holde utslipp av organisk stoff og plantenæringsstoffer på et lavest mulig nivå. Dette gjør det naturlig, allerede i dag, å anbefale mer omfattende rensing av utslipp til Glåma eller til mindre sidevassdrag nær Glåmas hovedløp.

På strekningen fra Øyeren til Sarpsfossen er det nødvendig å sørge for en planmessig sanering og utbygging av kloakksystemene.

5. Nedenfor Sarpsfossen er Glåma i dag sterkt påvirket av industrielt avløpsvann og kommunale kloakkutslipp. For å bedre situasjonen kreves omfattende tiltak.

Størst betydning i dag har den store belastning med organisk stoff, men også for plantenæringsstoffer er det en markert økning i denne

del av Glåma på grunn av de mange kommunale utslipp. Fordi tiltak som kan bedre forholdene krever tid, er det rimelig å gå skrittvis frem. Følgende generelle punkter kan danne grunnlaget for en slik trinnvis plan:

- I. Cellulose- og papirindustriens utslipp av organisk stoff og fiber reduseres mest mulig. Samtidig gjennomføres tiltak i næringsmiddelindustri, kjemisk industri o.l. for å minske disse industrigruppers utslipp av organisk stoff og næringsalter. Det bør generelt gjennomføres tiltak som tar sikte på å redusere industriens utslipp av toksiske stoffer og andre komponenter.

Tekniske muligheter foreligger for å redusere industriens utslipp vesentlig, men den økonomiske side er ikke vurdert av NIVA.

- II. Parallelt med industriens tiltak for å redusere belastningen i Glåma gjennomføres sanering av de gamle kloakksystemer. Det store antall utslipp til Glåma må overføres til et mindre antall utslippspunkter, hvor det snarest mulig bygges mekaniske renseanlegg. Av hensyn til forholdene utenfor Glåmas munningsområde bør det ved disse renseanleggene allerede på planleggingsstadiet tas hensyn til at de skal kunne bygges ut for mer omfattende rensing, f.eks. med bruk av kjemiske fellingsmidler.

Bygging av store felles transportsystemer for overføring av avløpsvannet til andre resipienter kan på det nåværende tidspunkt ikke anbefales, uten at de skadevirkninger som kan oppstå, er grundig utredet.

- III. For å opprettholde og utvikle bestanden av laks og eventuelle andre fiskearter i Glåma i Østfold, er det nødvendig at forurensningsbelastningen i området nedenfor Sarpsborg reduseres. Generelt er dette dekket gjennom de tiltak som er nevnt i punktene I og II.

I tillegg er det nødvendig å redusere de daglige utslipp av giftige stoffer, samtidig som mulighetene for uhell i bedriftene

reduseres til et minimum. Dette må, som nevnt i pkt. 4, skje ved et detaljert kartleggingsarbeid med sikte på å registrere bedrifter som har utslipp av eller som behandler stoffer som kan gi skadevirkninger. Utslipp av slike stoffer kan dels reduseres ved endringer i prosesser og arbeidsrutiner og dels ved rens tiltak før avløpsvannet ledes ut i vassdraget.

6. En del ulemper i Glåma skyldes skjødesløshet, dårlig utnyttelse av den fortynningsvannmengde som er til disposisjon osv. Slike forhold vil skifte fra dag til dag, men ulemper av denne art bør kunne fjernes med forholdsvis enkle midler. Som eksempler kan nevnes oljeutslipp, skumflak, kloakker som ender på elvebredden, osv.

Estuarområdets spesielle vannutskiftningsmekanisme kan også nevnes her, idet det er viktig at utslipp som ledes ut i estuaret, planlegges med kjennskap til de spesielle strømforhold som foreligger.

7. Undersøkelsen av Glåma i Østfold har gitt et omfattende datamateriale. Problemene som er knyttet til vannforurensninger, vil endre seg i tiden fremover. Det vil være naturlig først å utrede nye problemer på grunnlag av de erfaringer som allerede foreligger. Grunnlagsmaterialet som er samlet i forbindelse med denne undersøkelsen, har derfor stor verdi, og det vil stadig være aktuelt å bruke dette som referanse.

Det er klart at undersøkelsen av Glåma i Østfold ikke må betraktes som et avsluttet arbeid. Videre undersøkelser som kan følge opp arbeidet som allerede er gjort og overvåke utviklingen i vassdraget, vil være nødvendig. Planer for denne overvåkingstjenesten bør utarbeides så snart som mulig.